ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 7

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	Yuz tanish texnologiyasi asosida o‘quv markazlari uchun avtomatlashtirilgan davomat nazorat tizimi *Raximov Quvvatali Ortiqovich* *Topvoldiyeva Hayotxon Xamdamjon qizi*	9
2	Influence of biomass composition on the surface area development of biochar: mini review *Sultanov Bekhzad Sardorovich*	18
3	Avtomobillarda spirtdan qo‘shimcha yonilg‘i sifatida foydalanish usullari *I.Z.Nasirov* *I.U.Nosiraliyev*	26
4	Tomchilatib sug‘orishda navier-stocks va richardson formulasi asosida sug‘orishning samaradorligini oshirish usullari qiyosiy tahlili. *Haqberdiyev Asliddin Imomnazar o‘g‘li*	35
5	Suvni elektroliz qilish orqali vodorod olish jarayonini boshqarish model va algoritmlari *Abdullayev Husniddin Husen o‘g‘li* *Ortikov Sohibjon Ro‘ziboyevich* *Erkinov Shahboz Namoz o‘g‘li*	45
6	Onlayn ta’lim platformasiga qo‘yiladigan texnik va pedagogik talablar *G‘ulomqodirov Komiljon Alisherovich* *Hamidova Asaloy Tursunali qizi*	53
7	Gidroksibenzoy kislotalari amidlarining sintezi va mikroorganizmlarga qarshi faolligi *Niyazov Laziz Nurxanovich* *Raxmonberdiyev Gappar Raxmonberdiyrvich* *Sadullayeva Gulmira G‘aybullo qizi*	60
8	Assessment of solid and liquid medical waste management *Mamatkulov Talat Toxirovich* *Koyanbaeva Svetlana Xudiyarovna*	65
9	Clinical and epidemiological predictors of mortality after liver transplantation *Mamatkulov Talat Toxirovich* *Kallieva Toydxan Abdijabbarovna*	76
10	Determinants of diabetes mellitus among adults in uzbekistan *Mamatkulov Talat Toxirovich* *Umbetov Fazlbek Matniyazovich*	86
11	Defekatni piroliz qilish orqali funksional sorbent materiallar olish va ularning adsorbsiya qobiliyatini tadqiq qilish *Salixanova Dilnoza Saidakbarovna* *Azimova Durdona Abdulloyevna*	94
12	Mahalliy chiqindilar asosida faollashtirilgan ko‘mirlar namunalarining adsorbsiya xususiyatlarini o‘rganish *Karimova Zarifa Umarovna* *Nurmurodov To‘lqin Isamurodovich*	102
13	Kul-shlak chiqindilari asosidagi katalizatorlar ishtirokida akrolein va piridin asoslari sintezi *Umrzokov Abdulla Toshtemirovich* *Mukhitdinov Boxodir Faxriddinovich* *Vapoyev Xusniddin Mirzoyevich*	112
14	Kul-shlak chiqindilari asosidagi katalizatorlar ishtirokida atsetilenli spirtlar va glikollar sintezi *Umrzokov Abdulla Toshtemirovich* *Mukhitdinov Boxodir Faxriddinovich* *Vapoyev Xusniddin Mirzoyevich*	122
15	Parranda go‘ngi va minerallashgan massa asosida sorbent olishning maqbul sharoiti *Shodiqulov Jo‘rabek Mehriqulovich* *Temirov O‘ktam Shavkatovich* *Umirov Farhod Ergashovich*	132
16	Комплексная утилизация отходов фосфорной и птицеводческой промышленности для получения эффективных сорбентов *Шодикулов Журабек Мехрикулович* *Темиров Уктам Шавкатович* *Умиров Фарход Эргашович*	137
17	Yosh avlodni jismoniy barkamolligini shakllantirishda jismoniy tarbiya va sportning ahamiyati *Lutpullayev Bunyod Ismatilayevich*	143
18	Исследование химического строения природных сесквитерпеновых лактонов методом	148

ISSN 3030-3907

	Ямр-спектроскопии *Кулдошева Лобар Салимовна* *Курбонбоева Орзигул Юлчиевна* *Умурзакова Сарвиноз Махсатиллоевна* *Рузиев Илёс Хакимович*	
19	Оптимизация процессов первичной и вакуумной перегонки для повышения селективности установки коксования *Абдуназаров Фахриддин Абдурашитович* *Чойанбоев Йовлонбек Шарофиддин ўғли* *Давронов Зиёхиддин Абдуманноб ўғли*	157
20	Tukli erva o‘simligining xususiyatlari, qo‘llanilishi, va tikrik organizmlarga ta’siri *Dastamov Sa’dulla Fayzullayevich* *Jo‘rayev Shaxzod Zokirovich*	167
21	Xo‘l usulda changli va karbonat angidrid gazini tozalash usullari tahlili *Askarov Xasanjon* *Jumaqulova Zulayho*	174
22	Barbotajli absorbsiya qurilmasida gidrodinamik jarayonlarni tadqiq etish *Karimov Ikromali Tojimatovich* *Kurbonov Javoxirbek Diliyor o‘g‘li*	178
23	Теоретическое изучение биологической активности мономера пектинового полисахарида с помощью системы pass online *Сиддикова С.К.* *Юлдашева Ф.С.* *Гуломкадирова Ш.* *Султонова Д.* *Шукурова Ш.М.*	184
24	Qurutish barabanini parraklar sonini quritish samaradorligiga ta’sirini tahlili *Azizov Shuhrat Mamatovich* *Sharipov Muhriddin Ziyodulla o‘g‘li*	191
25	Исследование каскадной отработки карьерного поля нагорных месторождений. *Мислибаев И.Т.* *Мутавалиев А.Т.* *Таджиев Ш.Т.*	198
26	Maktab o‘quvchilarining tanqidiy fikrlashini kimyoviy eksperiment o‘tkazish orqali shakllantirish *D.B. Zuhriddinova* *Y.F. Toshtemirova* *L.Q. Ablakulov* *S.M. Ochilova* *N.B. Baxramov*	209
27	O‘zbekiston korxonalarida investitsiya faoliyatining amaldagi holati va rivojlanish tendensiyalari *No‘monjonova Muazzam Mahbubjon qizi*	216
28	Взаимодействие компонентов в системах с участием хлората магния, моно, ди и триэтаноламинов *Мамараимов Ашурохун* *Мамиров Илхом Гофурджонович* *Эргашев Дилмурод Адилжонович* *Хамдамова Шохида Шерзодовна*	224
29	Пиролиз отходов использованных автомобильных шин для получения дистиллятов альтернативного топлива *Хожиева Рухсора Бахтиёровна* *Хайитов Руслан Рустамжонович* *Нураддинов Нураддин*	246
30	Сувли эритмалардан оғир металл ионларини ажратишда ион алмашинувчи сорбентларнинг қўлланилиши *Н. Кучкарова* *Н. Раҳматуллаева* *И. Абдуламитова* *Л. Шамсуддинов* *Д. Жўраева* *А. Давлатбекова*	253
31	N-almashingan aminoamidlarning sintezi, fizik-kimyoviy xossalari va qo‘llanish imkoniyatlari *Rejabbayev Muzaffar Latibjonovich*	259

ISSN 3030-3907

	Qodirova Gulnora Olimjanovna	
32	Kalava iplarning notekislik ko‘rsatkichlariga aralashma va emulsiyalash tarkibining ta’siri *D.J.Mirzanazarova* *S.A.Xamrayeva* *F.R.Taniberdiyev* *M.N.Nodirova* *B.T.To‘raqulov*	267
33	Dinamik talab va resurs cheklovlari sharoitida avtomobil yuvish shahobchasi faoliyatini mixed integer linear programming usuli bilan optimallashtirish (“talaba” firma si misolida) *Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna* *O‘ktamjonova Nilufar Abdurrahmon qizi*	278
34	Immobillangan ppa-1 sorbenti yordamida temir (iii) ionini sorbsion-spektroskopik usulda aniqlash *Abdullayeva S.E.* *Smanova Z.A.* *Qutlimurotova N.X.* *Ahmedova S.Z.* *Atavulloyev H.H.*	283
35	Paxta tolalarini dastlabki ishlov berishda tabiiy va suvda eruvchan sintetik polimerlar asosida resurstejamkor va ekologik yo‘naltirilgan texnologiyalarni ishlab chiqish *Amonov M.R.* *Kazakov A.S.* *Ismatova R.A*	292
36	Faxverk tizimlarda qo‘llanishi uchun polimer kompozit materiallarni egilishdagi mustahkamligini tadqiq qilish *Tulaganov Baxrom Abdukabilovich* *Xakimov Qaxramon Qodirovich*	298
37	Faxverk tizimlar qo‘llash uchun polimer kompozit materiallarni kesilishdagi (srez) mustahkamligini tadqiq qilish *Tulaganov Baxrom Abdukabilovich* *Xakimov Qaxramon Qodirovich*	307
38	Some aspects of selecting additives and octane-like fuel additives *Kholikova Sevara Jasurovna* *Narzullayev Bunyod Bahrom o‘g‘li*	317
39	Avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalarida yoqilg‘i baklarida hosil bo‘ladigan cho‘kmalar tarkibini fizik-kimyoviy tahlil qilish *Ahadov M.Sh.* *Xalilova L.M.*	324
40	Salomalaykum (cyperus rotundus l.) O‘simligi tarkibidagi aminokislotalar miqdorini tahlili *Qodirova Gulchexraxon Yuldashevna*	330
41	Zamonaviy modada milliy liboslar transformatsiyasi va fast fashion jarayonlarining ta’siri *Mustanova Nafisa Xabibullayevna*	339
42	Elektromexanik tizim foydali ish koeffitsientini oshirish orqali sanoat energiya sarfini optimallashtirish *Aminboyev Abdulaziz Shuhrat o‘g‘li*	345
43	Background and theoretical foundations of a 2.5d deep learning framework for covid-19 ct diagnosis *Zhang Hengzhe*	352
44	Обоснование технологических решений по повышению максимальной высоты цпт-отвалов карьера «мурунтау» *Норов Дилшод Шухратиллаевич* *Каримов Санжар Анвар угли*	358
45	Гранулометрический состав взорванной горной массы как фактор производительности карьерных экскаваторов *Умаров Фарходбек Яркулович* *Каримов Шерзод Вафо угли* *Туйчибоев Элдор Илхом угли*	367
46	Исследование фазового состава и механизма действия механоактивированного гранодиорита каратауского месторождения в композиционных портландцементах *Кабулова Л.Б.* *Оразимбетова Г.Ж.* *Темирбаева Ж.М.*	380
47	Dft-анализ энергетической стабильности таутомерных форм ферроценсодержащих гидразонов *Сулаймонова Зилола Абдурахмановна*	387

ISSN 3030-3907

	Кодирова Зулфия Кобиловна	
48	Юқори гармоника ташкил этувчилар манбалари ва уларнинг кончилик корхоналарининг электр таъминоти тизимига таъсирларини таҳлили. *Бойназаров Ғайрат Ғуломович* *Товбаев Акрам Нурмонович* *Тоғаев Ислом Бекпўлат ўғли* *Рамазонов Баҳодир Ғолиб ўғли*	395
49	O‘zbekiston sug‘orish nasos stansiyalarida energiya samaradorligini oshirish muammolari va yechimlari *Axmedov Durbek Madaminjon o‘g‘li*	405
50	Korporativ lokal tarmoqlarni modernizatsiya qilish: roi tahlili va energiya samaradorligi *Anvarbekov Jamshidbek Akmaljon o‘g‘li* *Madaminov Nodirbek Zafarbek o‘g‘li*	411
51	Ekstraksion fosfat kislota asosida suyuq kompleks npk o‘g‘itlar olish jarayonining fizik-kimyoviy asoslari *Xoshimxanova Muxayyo Abralovna* *Berdiqobilov Shoxrux Urol o‘g‘li* *Abdujabborova Xusniya Komiljon qizi*	422
52	Xo‘jakol kaolini asosida k,naa tipidagi 3a molekulyar elak olishning ion-almashinish asoslari *Qorayeva Dilnovoz Kumakovna* *G‘ulomov Shuxratqodir Tashmatovich*	430
53	Разработка программы для анализа эмоций в тексте на основе эмоциональной модели pad и окружной модели рассела *Ахмедов Эргаш Юлдошевич* *Куранбоева Нигора Эргашбоевна*	440
54	Talabalar o‘quv samaradorligini oshirishda simulink kutubxonasining nazariy asoslari *Aslanov Qodir Ziyadullayevich* *Bekchanova Mavjuda Uktamovna* *Davletboyev Sardorbek Zokirjon o‘g‘li*	449
55	Yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning funksional tahlili *Moxinabonu Shamsitdinova Akbar qizi*	456

ISSN 3030-3907

UDC: 004.93'1 + 004.78 + 004.852

YUZ TANISH TEXNOLOGIYASI ASOSIDA O‘QUV MARKAZLARI UCHUN AVTOMATLASHTIRILGAN DAVOMAT NAZORAT TIZIMI

Raximov Quvvatali Ortiqovich
Farg‘ona davlat universiteti t.f.b.f.d (PhD) Ilmiy rahbar
Topvoldiyeva Hayotxon Xamdamjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti, magistrant
O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘quv markazlari uchun mo‘ljallanġan, yuz tanish texnologiyasiga asoslangan dasturiy tizimini ishlab chiqish, arxitektura yechimi va eksperimental sinov natijalari taqdim etiladi. Tizim uch qatlamli (three-tier) arxitekturaga asoslanib, backend qismida Django 5 + Django REST Framework, frontend qismida React 18 + Vite, yuz tanish modulida esa MTCNN va dlib ResNet-34 texnologiyalaridan foydalanadi. Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance ierarxik mashg‘ulotlar modeli asosida tizim yo‘nalishlar, kurslar, guruhlar va o‘quvchilar davomatini to‘liq boshqarish imkonini beradi. Preprocessing bosqichida CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) usuli qo‘llanib, past yorug‘lik sharoitida ham 87,3% aniqlik ta’minlandi. Normal sharoitda tizim 94,7% aniqlik va 24 FPS tezlikka erishdi.

Kalit so‘zlar: Yuz tanish, MTCNN, dlib ResNet-34, CLAHE, Django REST Framework, React, kompyuterli ko‘rish, davomat tizimi, deep learning.

Аннотация. В данной статье представлены разработка, архитектурное решение и результаты экспериментального тестирования программной системы для автоматизированного контроля посещаемости в учебных центрах на основе технологии распознавания лиц. Система построена на трёхуровневой архитектуре: бэкенд — Django 5 + Django REST Framework, фронтенд — React 18 + Vite, модуль распознавания — MTCNN и dlib ResNet-34. Иерархическая модель данных Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance обеспечивает полное управление направлениями, курсами, группами и посещаемостью учащихся. На этапе предобработки применяется метод CLAHE, обеспечивающий точность 87,3% при слабом освещении. В нормальных условиях система достигает точности 94,7% при скорости 24 кадра/с.

Ключевые слова: распознавание лиц, MTCNN, dlib ResNet-34, CLAHE, Django REST Framework, React, компьютерное зрение, система посещаемости.

Abstract. This paper presents the development, architectural design, and experimental evaluation — an automated attendance monitoring system for

learning centers based on face recognition technology. The system employs a threetier architecture: Django 5 + Django REST Framework for the backend, React 18 + Vite for the frontend, and MTCNN + dlib ResNet-34 for the face recognition module. A hierarchical data model (Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance) enables comprehensive management of academic directions, courses, groups, and student attendance. CLAHE preprocessing ensures 87.3% accuracy under low-light conditions, while normal conditions yield 94.7% accuracy at 24 FPS.

Keywords: Face recognition, MTCNN, dlib ResNet-34, CLAHE, Django REST Framework, React, computer vision, attendance system, deep learning.

I. KIRISH.

Hozirgi kunda O‘zbekistonda 10 000 dan ortiq xususiy o‘quv markazi faoliyat yuritmoqda [9]. Ushbu markazlarda o‘quvchilar davomati aksariyat hollarda qo‘lda ro‘yxatga olinadi. Bu yondashuv bir qator jiddiy kamchiliklarga ega. Yuz tanish texnologiyasi ushbu muammolarning tejamkor va qulay yechimi hisoblanadi. Barmoq izi va ko‘z qorachig‘idan farqli o‘laroq, u qo‘shimcha maxsus qurilmalarni talab qilmaydi, oddiy USB-kamera yetarli bo‘lib, bu texnologiyani arzon narxda joriy etish imkonini beradi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — o‘quv markazlari uchun kamera orqali real vaqtda yuz tanish asosida davomat belgilaydigan to‘liq veb-tizimni ishlab chiqish, uning texnik arxitekturasini asoslash va eksperimental samaradorligini tadqiq etish.

Maqsadga erishish uchun Django + React asosida uch qatlamli veb-arxitekturani loyihalash va amalga oshirish, Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance ierarxik mashg‘ulotlar modelini ishlab chiqish, MTCNN + dlib ResNet-34 asosida real vaqt yuz tanish modulini integratsiya qilish, CLAHE preprocessing yordamida past yorug‘lik sharoitida aniqlikni oshirish, Ota-ona, o‘quvchi va o‘qituvchi rollariga mo‘ljallanġan alohida panellar yaratish, tizim samaradorligini eksperimental sinov orqali baholash vazifalari belgilandi.

Taklif etilayotgan tizimning mavjud analoglari [5] dan asosiy farqlari: (1) yuz tanish moduli to‘liq REST API orqali veb-interfeysga integratsiya qilingan — alohida dastur o‘rnatish shart emas; (2) Direction → Course → Group ierarxiyasi ko‘p yo‘nalishli o‘quv markazlari uchun moslashtirilgan; (3) uch xil foydalanuvchi roli (o‘qituvchi, ota-ona, o‘quvchi) alohida panel ko‘rinishida amalga oshirilgan; (4) CLAHE preprocessing modulli arxitektura ichiga integratsiya qilingan.

Yuz tanish sohasidagi dastlabki muhim tadqiqot Turk va Pentland (1991) tomonidan amalga oshirilgan: ular PCA asosida “eigenface” usulini taklif etishdi

ISSN 3030-3907

[1]. Ushbu usul yuzni past o‘lchovli vektorga siqib, Evklid masofasi yordamida taqqoslashga imkon beradi. Biroq yoritish va burchak o‘zgarishlariga juda sezgir bo‘lib, amaliy tizimlar uchun cheklangan holda qo‘llaniladi.

Viola va Jones (2001) Haar-belgilar asosidagi kaskadli klassifikatorni taqdim etib, yuz aniqlashni real vaqtga olib chiqishda inqilob yasadi [2]. Zhang va boshqalar (2016) tomonidan taklif etilgan MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks) esa uch bosqichli kaskad (P-Net, R-Net, O-Net) orqali bir vaqtda yuz aniqlash, chegaralash va 5 ta kalit nuqtani lokalizatsiyalashni amalga oshiradi [8]. Bu yondashuv ko‘p yuzli muhitda ayniqsa samarali.

Chuqur o‘rganish asosidagi yuz identifikatsiyasida FaceNet (Schroff et al., 2015) triplet loss funksiyasi yordamida yuzlarni 128 o‘lchovli Evklid fazosiga akslantiradi [4]. King (2009) tomonidan yaratilgan dlib kutubxonasi ichidagi ResNet-34 asosidagi yuz kodlovchi Labeled Faces in the Wild (LFW) testida 99,38% aniqlik ko‘rsatadi [6]. Bu kutubxona keng qo‘llaniluvchi open-source yechim sifatida tan olingan. Davomat tizimlariga bag‘ishlangan tadqiqotlarda (Ahuja et al., 2019) aksariyat hollarda lokal dastur yechimi taklif etilgan [5]. Biroq ushbu ishlarda vebinterfeys bilan to‘liq integratsiya, ko‘p foydalanuvchi roli va iarxik ta’lim tuzilmasi ko‘rib chiqilmagan. Mazkur tadqiqot bu bo‘shliqlarni to‘ldiradi.

Dasturiy va apparat vositalar

Backend texnologiyalar tizimi ikki asosiy qismdan iborat: server tomoni (backend) va mijoz tomoni (frontend). Bu yondashuv modullilikni ta’minlaydi. Python 3.10+ — asosiy dasturlash tili yuqori darajali kutubxonalar ekotizimi va chuqur o‘rganish freymvorklari bilan to‘la integratsiyasi sababli tanlandi. Django 5.x + Django REST Framework — veb-freymvork va RESTful API qatlami. Autentifikatsiya, marshrutlash va mashg‘ulotlar seriallashuvi DRF orqali amalga oshirildi. Djangoning o‘rnatilgan admin paneli markaz xodimlari uchun qulay boshqaruv interfeysi vazifasini bajaradi. SQLite — mashg‘ulotlar bazasi. O‘quv markazi miqyosidagi yuklanish uchun yetarli unumdorlikka ega, qo‘shimcha server infratuzilmasini talab qilmaydi va development jarayonini soddalashtiradi. OpenCV 4.8 + face_recognition 1.3 (dlib 19.24) — yuzni aniqlash va identifikatsiya. OpenCV video oqimini qayta ishlash va CLAHE preprocessing uchun, face_recognition kutubxonasi esa 128 o‘lchovli yuz vektorini yaratish va solishtirish uchun ishlatiladi.

Frontend texnologiyalar React 18+ (Vite) foydalanuvchi interfeysi frameworki. Komponent asosidagi arxitektura boshqaruv paneli, davomat jadvali va real vaqt bildirishnomalarini modular tarzda qurishga imkon beradi. Vite yig‘ish vositasi tezkor hot-reload va optimallashtirilgan production build ta’minlaydi. Tailwind CSS 4 utility-first CSS frameworki; interfeys elementlarini

ISSN 3030-3907

tezkor loyihalash va responsive dizayn yaratish imkonini beradi. Framer Motion React uchun animatsiya kutubxonasi o‘quvchi tanilganda vizual signal sifatida silliq o‘tishlar va mikrointeraktivlikni ta’minlaydi. Lucide React ochiq manbali SVG ikonkalar to‘plami interfeysning o‘qiluvchanligini oshiradi.

Sinov apparat muhiti: Intel Core i5-10400 protsessor, 8 GB RAM, Logitech C920 veb-kamera (Full HD, 30 kadr/s). GPU ishlatilmadi — tizimning arzon konfiguratsiyada ham samarali ishlashini namoyish etish maqsad qilingan.

Tizim arxitekturasi

Tizimi zamonaviy uch qatlamli (three-tier) arxitektura tamoyiliga asoslanib qurilgan: mashg‘ulotlar qatlami (SQLite), biznes-mantiq qatlami (Django backend) va taqdimot qatlami (React frontend). Backend va frontend o‘rtasidagi aloqa RESTful API protokoli orqali amalga oshiriladi. Bu yondashuv har bir qatlamning mustaqil ravishda rivojlantirilishi, test qilinishi va kengaytirilishini ta’minlaydi (1-rasm).

Loyiha katalog tuzilishi quyidagicha tashkil etilgan: ildiz katalogda uchta asosiy bo‘lim ajratilgan. Core/ katalogi Django loyihasining markaziy sozlamalari fayllarini (settings.py, urls.py, wsgi.py) o‘z ichiga oladi. app/ katalogi butun biznesmantiqni — mashg‘ulotlar modellarini (models.py), API ko‘rinishlarini (views.py), admin panel sozlamalarini (admin.py) va URL yo‘nalishlarini (urls.py) — o‘z ichiga oladi. frontend/src/ katalogi React ilovasini uch qismga ajratib tashkil etadi: pages/ (foydalanuvchiga ko‘rinadigan sahifalar: Dashboard, Students, Courses, Groups, Schedule va boshqalar), components/ (qayta ishlatiladigan UI elementlar: Sidebar, Header, MainLayout) va services/ (backend bilan muloqot qiluvchi API xizmatlari). media/ katalogi o‘quvchilar rasmlari va yuklangan fayllarni saqlash uchun mo‘ljallangan.

Tizimning mashg‘ulotlar bazasi oltita o‘zaro bog‘liq modeldan tashkil topgan. Modellar ierarxik tarzda joylashib, Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance zanjirini hosil qiladi. Ushbu iearxiya ko‘p yo‘nalishli o‘quv markazlarining haqiqiy tuzilishini to‘liq aks ettiradi.

Yuzni avtomatik tanish tizimning asosiy funksiyasi. Kamera orqali real vaqtda video oqimi olinadi, MTCNN yordamida yuzlar aniqlanadi va dlib ResNet- 34 kodlovchi orqali identifikatsiyalanadi. Aniqlangan o‘quvchi avtomatik ravishda joriy dars uchun “keldi” deb belgilanadi va vaqt belgisi bilan SQLite bazasiga yoziladi.

Real-time kamera monitoringi jonli video oqim brauzerda ko‘rsatiladi. Aniqlangan yuzlar atrofida chegaraviy to‘rtburchak va o‘quvchi ismi real vaqtda overlay sifatida paydo bo‘lib, o‘qituvchiga vizual tasdiqlash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

Sana oralig‘i bo‘yicha statistika foydalanuvchi ixtiyoriy sana oralig‘ini belgilab, o‘sha davrdagi davomat foizini, dars soni va yo‘qlama holatlarini ko‘rishi mumkin.

Ogohlantirish tizimi belgilangan chegara (75%) dan past qatnashgan o‘quvchilar tizim tomonidan avtomatik aniqlanib, boshqaruv panelidagi ogohlantirish ro‘yxatiga tushiriladi.

Yo‘nalishlar boshqaruvi (Direction) — o‘quv markazi taklif etayotgan barcha yo‘nalishlar yaratilib, kurslar shu yo‘nalishlar ostida tashkil etiladi. Kurslar boshqaruvi (Course) — har bir yo‘nalish bo‘yicha kurslar CRUD amaliyotlari orqali boshqariladi: kurs davomiyligi va dars jadvali bu yerda belgilanadi. Guruh boshqaruvi (Group) — o‘qituvchi o‘ziga biriktirilgan guruhlarni ko‘ra oladi, yangi dars sessiyasi ochaoladi va guruh a‘zolari ro‘yxatini boshqaradi.

O‘qituvchilar paneli — dars boshlanishida kamera modulini ishga tushirish, guruh davomatini real vaqtda kuzatish va hisobot ko‘rish imkoniyatlari. Ota-onalar paneli — farzandining davomati, yo‘qlamalari va umumiy qatnashuv foizini alohida kirish sahifasi orqali ko‘rish imkoni. Bu funksiya otaonalar bilan muloqotni avtomatlashtirib, qo‘shimcha xabar yuborish zaruratini kamaytiradi. O‘quvchilar shaxsiy paneli — o‘quvchi o‘zining davomat tarixi, o‘tkazib yuborgan darslari va umumiy qatnashuv foizini ko‘rishi hamda profil mashg‘ulotlarini yangilashi mumkin.

CLAHE preprocessing tasvirni to‘g‘ri tayyorlash yuz tanish aniqligiga bevosita ta‘sir qiladi. Odatiy histogram tenglashtirish butun tasvir uchun yagona statistika qo‘llab, past yorug‘lik sharoitida ortiqcha shovqin hosil qiladi. CLAHE esa tasvirni kichik bloklarga (tile) bo‘lib, har bir blok uchun alohida tenglashtirish bajaradi va bloklar chegarasida interpolatsiya qo‘laydi. Kontrastni cheklash parametri clipLimit = 2.0, tileGridSize = 8×8 eksperimental tarzda tanlandi. Undan so‘ng MTCNN aniqlagan 5 ta kalit nuqta asosida affin transformatsiya qo‘llanilib, yuz 160×160 piksellik standart o‘lchamga normallashtiriladi.

MTCNN uch bosqichli kaskadli arxitektura asosida ishlaydi. P-Net (Proposal Network) — 12×12 piksellik kichik CNN bo‘lib, tasvirni turli masshtablarda skaner qilib, yuz bo‘lishi mumkin bo‘lgan mintaqalarni tezkor aniqlaydi. R-Net (Refine Network) — P-Net nomzodlarini 24×24 o‘lchamga keltiradi va keng arxitektura bilan filtrlaydi, soxta topilmalar sonini keskin kamaytiradi. O-Net (Output Network) — 48×48 o‘lchamda eng to‘la CNN hisoblanadi: yuzni tasdiqlaydi, to‘rtburchak chegaralarni aniqlaydi va 5 ta kalit nuqtani piksel aniqligida lokalizatsiyalaydi. Non
Maximum Suppression (NMS) har bir bosqich oxirida qo‘llanilib, ortiqcha chegaralarni birlashtiradi.

ISSN 3030-3907

Normallashtirilgan yuz tasviri dlib kutubxonasining ResNet-34 asosidagi chuqur neyron tarmoqdan o‘tkaziladi. Tarmoq chiqishida 128 elementdan iborat haqiqiy sonlar vektori — yuz tasviri (face descriptor) — hosil bo‘lib, u o‘sha yuz uchun noyob imzo vazifasini o‘taydi. Identifikatsiya Evklid masofasi solishtiruvchisi orqali amalga oshiriladi. Agar ikki vektor orasidagi masofa 0,50 dan kichik bo‘lgan holda, o‘quvchi tanilgan deb e‘lon qilinadi. Bu chegara (threshold) qiymati eksperimental tarzda aniqlanib, soxta ijobiy va soxta salbiy xatolar o‘rtasidagi muvozanat sifatida belgilangan.

Tizimni baholash uchun maxsus mashg‘ulotlar to‘plami yaratildi. 50 nafar o‘quvchi ishtiroki bilan turli sharoitlarda suratga olish sessiyalari o‘tkazildi. Har bir o‘quvchidan uch xil — yaxshi yorug‘lik, past yorug‘lik va burchak o‘zgarishi — da 10 tadan tasvir olindi. Jami 1 500 ta tasvir yig‘ildi. O‘quv uchun 1 050 ta (70%), sinov uchun 450 ta (30%) tasvir ajratildi. Sinov to‘plami o‘quv jarayonida umuman ishlatilmadi. Baholash mezonlari sifatida Aniqlik (Accuracy), Precision, Recall, F1-score va bitta kadrni qayta ishlash vaqti (ms) ishlatildi.

NATIJALAR.

Sinov mashg‘ulotlar to‘plamida o‘tkazilgan tajribalar quyidagi natijalarni ko‘rsatdi (2-jadval):

1-jadval.

Turli sinov sharoitlarida tizim samaradorligi ko‘rsatkichlari

Sinov sharoiti	Aniqlik (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
Yaxshi yorug‘lik	94,7	95,2	94,1	94,6
Past yorug‘lik (CLAHE bilan)	87,3	88,0	86,5	87,2
Past yorug‘lik (CLAHE siz)	71,4	72,1	70,8	71,4
Ko‘p yuzli muhit (5+ kishi)	91,2	92,0	90,4	91,2
Burchak o‘zgarishi (±30°)	88,6	89,3	87,9	88,6
Yuz qisman to‘silgan (30%)	78,5	79,1	77,9	78,5
O‘rtacha (barcha sharoitlar)	**86,6**	**87,3**	**85,9**	**86,6**

ISSN 3030-3907

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, CLAHE preprocessing usuli past yorug‘lik sharoitida 71,4% bo‘lgan aniqlikni 87,3% ga, ya‘ni 15,9 foizga oshirdi. Bu natija CLAHE qo‘llashning naqadar muhimligini yaqqol ko‘rsatadi va ushbu tadqiqotning asosiy amaliy hissalaridan biri hisoblanadi.

Bitta kadrni qayta ishlash uchun jami 41,6 ms ketadi (24 FPS). Eng ko‘p vaqt sarflaydigan bosqich MTCNN yuz aniqlash (29,8%) va dlib kodlash (27,2%) ekanligi aniqlandi (3-jadval).

2-jadval.

Bitta kadrni qayta ishlash vaqti bo‘yicha taqsimot

Qayta ishlash bosqichi	O‘rtacha vaqt (ms)	Ulushi (%)
Tasvirni olish (kamera)	**8,2**	**19,7**
Preprocessing (CLAHE + norm.)	**6,1**	**14,7**
Yuz aniqlash (MTCNN)	**12,4**	**29,8**
Yuz kodlash (dlib ResNet-34)	**11,3**	**27,2**
Solishtirish va yozish (SQLite)	**3,6**	**8,6**
Jami (1 kadr)	**41,6**	**100,0**

Taklif etilayotgan tizim mavjud o‘xshash echimlar bilan solishtirildi (4-jadval). GPU talab qilmasdan 94,7% aniqlikka erishilgani va to‘liq veb-interfeys mavjudligi tizimni amaliy jihatdan eng qulay yechim sifatida ajratib ko‘rsatadi.

3-jadval.

Mavjud tizimlar bilan qiyosiy tahlil

Tizim	Aniqlik	FPS	GPU	Veb-interfeys	Past yorug.	Narxi
AqilliDavomat (ushbu ish)	94,7%	24	Yo‘q	Ha	Ha	Past
Ahuja et al. [5]	91,2%	18	Yo‘q	Yo‘q	Yo‘q	Past
DeepFace-based [3]	97,3%	12	Ha	Qisman	Qisman	Yuqori
RFID karta tizimi	99,9%	—	Yo‘q	Yo‘q	—	O‘rta

MUHOKAMA.

Olingan natijalar bir qator muhim xulosalarga imkon beradi. Birinchidan, tizimning normal sharoitdagi 94,7% aniqligi Ahuja et al. [5] ishidagi 91,2% ko‘rsatkichidan yuqori bo‘lib, bu CLAHE preprocessing va MTCNN uyg‘unlashtirilmasining samaradorligini tasdiqlaydi. Ikkinchidan, GPU talab

ISSN 3030-3907

qilmasdan 24 FPS tezlikka erishilgani tizimni o‘rtacha narxli kompyuterlarda ham ishlatish mumkinligini ko‘rsatadi. Biroq natijalarni baholashda muayyan cheklovlarni ham hisobga olish zarur. Past yorug‘lik sharoitida CLAHE yordamida erishilgan 87,3% aniqlik yaxshi ko‘rsatkich bo‘lgan holda ham, yuqori xavfsizlik talab qiladigan muhitlarda (masalan, imtihon nazorati) bu yetarli bo‘lmasligi mumkin. Shuningdek, 78,5% ko‘rsatkichi bilan yuz qisman to‘silgan stsenariy tizimning eng zaif tomoni bo‘lib qolmoqda.

Tizimining asosiy amaliy afzalliklari: o‘qituvchining davomat belgilashga sarflaydigan vaqtini seansiga o‘rtacha 5–6 daqiqa tejash (50 o‘quvchili guruh uchun); inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni yo‘qqa chiqarish; ota-onalarga farzand davomati haqida real vaqtda mashg‘ulot berish imkoni; Direction → Course → Group ierarxiyasi ko‘p yo‘nalishli markazlar uchun moslashuvchanligi; oddiy USB-kamera va mavjud kompyuter bilan ishlash qobiliyati.

Tadqiqotning asosiy cheklovlari sinov guruhi 50 kishi bilan cheklanganligi, tizim bitta xona sharoitiga moslashtirilganligi, shaxsiy mashg‘ulotlarni himoya qilish qonunchiligiga (PDPL) muvofiqlik masalasi qo‘shimcha yuridik tekshirishni talab etishi. Kelajakdagi ishlar yo‘nalishi Vision Transformer (ViT) arxitekturasini sinab ko‘rish, yuz qisman to‘silgan senariylar uchun mashg‘ulotlar to‘plamini kengaytirish, mobil ilova sifatida deploy qilish, PostgreSQL ga o‘tish orqali ko‘p foydalanuvchili muhitda ishlash imkoniyatini kengaytirish.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda o‘quv markazlari uchun mo‘ljallangan to‘liq veb-tizim ishlab chiqildi, amalga oshirildi va eksperimental jihatdan baholandi. Tizim Django 5 + DRF backend, React 18 + Vite frontend, MTCNN yuz aniqlovchi, dlib ResNet-34 yuz kodlovchi va CLAHE preprocessing modullarini uch qatlamli arxitektura doirasida birlashtiradi. Asosiy ilmiy va amaliy natijalar normal yorug‘lik sharoitida tizim 94,7% aniqlik va 24 FPS tezlikka erishdi, CLAHE preprocessing past yorug‘lik sharoitida aniqlikni 71,4% dan 87,3% ga ko‘tardi (15,9 foizlik yaxshilanish), GPU talab qilmasdan, o‘rtacha unumli kompyuterda real vaqt rejimida ish yuritish ta’minlandi, Direction → Course → Group iearxiyasi ko‘p yo‘nalishli o‘quv markazlari uchun moslashuvcha tuzilmani ta’minladi, uch xil foydalanuvchi roli (o‘qituvchi, ota-ona, o‘quvchi) alohida panel sifatida muvaffaqiyatli joriy qilindi. Natijalar davomat tizimi o‘quv markazlari uchun tejamkor, yetarlicha aniq va amaliy jihatdan qulay muqobil ekanligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Turk M., Pentland A. Eigenfaces for recognition // Journal of Cognitive Neuroscience. — 1991. — Vol. 3, №1. — P. 71–86.

ISSN 3030-3907

2. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features // Proc. IEEE CVPR. — 2001. — P. 511–518.
3. Taigman Y., Yang M., Ranzato M., Wolf L. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification // Proc. IEEE CVPR. — 2014. — P. 1701–1708.
4. Schroff F., Kalenichenko D., Philbin J. FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering // Proc. IEEE CVPR. — 2015. — P. 815–823.
5. Ahuja R., Jain M., Kasana G. Automated Attendance Management System Based on Face Recognition Algorithms // International Journal of Computational Intelligence Research. — 2019. — Vol. 15, №1. — P. 1–10.
6. King D. E. Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit // Journal of Machine Learning Research. — 2009. — Vol. 10. — P. 1755–1758.
7. Bradski G. The OpenCV Library // Dr. Dobb's Journal of Software Tools. — 2000. — Vol. 25, №11. — P. 120–126.
8. Zhang K., Zhang Z., Li Z., Qiao Y. Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks // IEEE Signal Processing Letters. — 2016. — Vol. 23, №10. — P. 1499–1503.
9. O'zbekiston Respublikasi Maktabgacha va maktab ta'limi vazirligi. Xususiy ta'lim muassasalari registri. — Toshkent, 2024. — URL: https://edu.uz (murojaat: 10.03.2025).
10. Parkhi O. M., Vedaldi A., Zisserman A. Deep Face Recognition // Proc. BMVC. — 2015. — P. 41.1–41.12.
11. Raza M., Mehmood A., Ullah S. Face Recognition using Deep Learning: A Review // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. — 2022. — Vol. 13, №3. — P. 114–125.

ISSN 3030-3907

INFLUENCE OF BIOMASS COMPOSITION ON THE SURFACE AREA DEVELOPMENT OF BIOCHAR: MINI REVIEW

Sultanov Bekhzad Sardorovich
PhD student, Fergana State Technical University Assistant, Fergana Medical Institute of Public Health
E-mail: bekhzodintil@mail.ru

Abstract. Biochar surface area depends on both pyrolysis severity and biomass composition. Lignocellulosic structure, ash content, mineral catalysis, and tissue morphology control pore formation during carbonization. Woody biomass typically yields the highest surface area, while agricultural residues and leaves show variable behavior depending on mineral content and structure, as seen in Platanus orientalis. Algae and sludge produce lower surface areas unless activated. Understanding these factors is essential for designing biochars for pollutant adsorption.

Keywords: Biochar; BET analysis; specific surface area; pore size distribution; biomass composition; lignocellulosic structure; ash and mineral content; pyrolysis conditions; pore development; Platanus orientalis leaves.

Annotatsiya. Bioko‘mirning sirt maydoni piroliz sharoitlari va biomassa tarkibiga bog‘liq. Lignosellyulozali tuzilma, kul miqdori, mineral kataliz va to‘qima morfologiyasi karbonizatsiya jarayonida g‘ovak hosil bo‘lishini belgilaydi. Yog‘och odatda eng yuqori sirt maydonini beradi, qishloq xo‘jaligi qoldiqlari va barglar esa, jumladan Platanus orientalis, o‘zgaruvchan natija ko‘rsatadi. Suv o‘tlari va loy aktivatsiyasiz past sirt maydoniga ega. Bu omillarni tushunish adsorbentlarni yaratishda muhimdir.

Kalit so‘zlar: Bioko‘mir; BET tahlili; solishtirma sirt maydoni; g‘ovak o‘lcham taqsimoti; biomassa tarkibi; lignosellyulozali tuzilma; kul va mineral tarkib; piroliz sharoitlari; g‘ovak rivojlanishi; Platanus orientalis barglari.

Аннотация. Удельная поверхность биоугля определяется как условиями пиролиза, так и составом биомассы. Лигноцеллюлозная структура, зольность, минеральный катализ и морфология тканей контролируют формирование пор при карбонизации. Древесина обычно обеспечивает наибольшую поверхность, тогда как сельскохозяйственные остатки и листья демонстрируют вариабельность, как у Platanus orientalis. Водоросли и илы дают более низкую поверхность без активации. Понимание этих факторов важно для разработки адсорбентов.

Ключевые слова: Биоуголь; БЭТ-анализ; удельная поверхность; распределение пор по размерам; состав биомассы; лигноцеллюлозная структура; зольность и минеральный состав; условия пиролиза; развитие пористой структуры; листья Platanus orientalis.

INTRODUCTION.

Surface area and porosity are central determinants of biochar performance in adsorption, soil remediation, and environmental catalysis. Across feedstocks, pyrolysis temperature strongly influences pore evolution, but biomass composition sets the structural "starting point" for how pores are generated and stabilized during devolatilization and secondary carbonization [1], [4]. The composition of lignin, cellulose, hemicellulose, ash, and extractives affects char yield, volatile release, aromatic condensation, and mineral templating, thereby shaping BET surface area and pore network development [5], [6]. This mini review synthesizes evidence thematically, emphasizing how biomass class controls surface area development and how these trends translate into pollutant adsorption relevance.

RESEARCH METHODOLOGY. This mini-review systematically synthesizes both recent and foundational literature addressing the relationships between biomass composition, pyrolysis behavior, and the development of biochar porosity. Emphasis was placed on studies that explicitly correlate precursor characteristics—such as lignocellulosic composition, ash content, mineral matter, and structural morphology—with BET-derived parameters, including specific surface area, total pore volume, and pore size distribution [1], [3], [7].

The analysis was organized comparatively by biomass category rather than by individual study, enabling the identification of consistent trends across major feedstock groups. Particular attention was given to biomass types widely investigated for adsorption applications, including woody materials, agricultural residues, leaf-derived biomass, and non-lignocellulosic precursors such as algae and sludge [8], [10]. Reported BET surface area values are presented as representative ranges and are included only when supported by multiple literature sources to ensure reliability. Where possible, observed porosity trends were interpreted in the context of the thermal decomposition behavior of cellulose, hemicellulose, and lignin, as well as the catalytic and inhibitory effects of ash and mineral constituents on pore development during carbonization [4], [5]. In addition, the analysis considers the implications of BET-derived structural properties for adsorption performance, particularly in the removal of heavy metals and dyes, as these applications are strongly governed by surface area and pore accessibility [9].

DISCUSSION AND RESULTS.

Biomass Composition and Its Role

Biochar precursors differ in the relative abundance of lignin, polysaccharides, minerals, and tissue-bound inorganic matter. Lignin-rich

ISSN 3030-3907

biomass generally favors char formation because aromatic crosslinking and thermal recalcitrance promote solid residue retention [5], [7]. By contrast, cellulose and hemicellulose contribute more readily to volatile release and pore-opening through depolymerization, fragmentation, and secondary condensation processes [6], [7]. Mineral-rich feedstocks, especially rice straw and other silicaceous residues, may show elevated ash and distinctive pore development but can also experience pore blockage or reduced accessible carbon fraction [2], [8].

Machine-learning analyses of multi-feedstock datasets identify ash and pyrolysis temperature as major predictors of specific surface area, underscoring that mineral content is not merely a passive impurity but a compositional variable that materially influences porosity development [9], [10]. Functional-group retention and aromaticity also change with temperature and precursor composition, affecting both surface chemistry and accessible surface area [3].

Mechanisms of Surface Area Development

Surface area development in biochar proceeds through several coupled mechanisms. First, devolatilization removes labile components and creates incipient voids; this is most pronounced in the 350–550 °C range, where pore formation often accelerates [4], [1]. Second, aromatic condensation and secondary char-forming reactions stabilize the carbon matrix, preventing structural collapse and preserving micropores [5]. Third, inorganic constituents may catalyze cracking, alter mass-transfer behavior, or template microstructural rearrangement, but excessive ash can also fill pores and reduce accessible surface [11], [9].

Component interactions are important. Lignin tends to enhance char formation, while cellulose can promote micropore generation when blended with lignin-rich matrices; however, the balance is feedstock dependent [7], [12]. Hemicellulose decomposition contributes early volatiles and can intensify pore initiation, though its higher reactivity may also increase structural fragility if carbonization is not sufficiently advanced [6], [13]. At higher temperatures, surface functional groups decline while aromatic ordering increases, often raising surface area but lowering oxygenated functionality [3].

Table 1.

Influence of biomass type on biochar surface area development

Biomass class	Dominant compositional features	Typical BET surface area trend*	Key implications for pore development	Notes on adsorption relevance

ISSN 3030-3907

Woody biomass	High lignin, relatively low ash, dense cellular structure	Commonly high; often tens to several hundred m^2/g, with activated materials higher [1], [2]	Lignin-rich matrix supports char yield and pore preservation; favorable for hierarchical pore formation [5], [14]	Strong baseline for metal and dye adsorption due to accessible carbon surface and tunable functionality
Agricul-tural residues	Variable cellulose/hemicellulose; often higher ash/silica in cereals	Broad range; ~100–400 m^2/g reported for straw-derived chars under optimized pyrolysis [15], [8]	Pore development can be strong but is strongly modulated by mineral content and temperature; silica may raise recalcitrance yet limit access [2]	Effective for wastewater treatment; performance depends on ash, pore size, and surface chemistry

ISSN 3030-3907

Leaves / foliage	Intermediate lignin, lower density, species-specific ash and extractives	Usually moderate; often lower than wood but can be enhanced by pyrolysis/activation [16], [1]	Thin tissues may generate porous structures, but higher mineral or wax content can affect pore continuity	Suitable for adsorption where low-cost feedstocks are prioritized; leaf species selection is decisive
Algae / sludge	High ash, proteins, lipids, inorganic salts; non-lignocellulosic	Generally lower unless activated; often tens of m^2/g to low hundreds depending on pretreatment	Mineral-rich matrices can inhibit accessible surface development; activation frequently required	Adsorption possible, but performance is often dictated by surface chemistry more than intrinsic BET area

*Ranges are approximate and synthesis-based; exact values vary strongly with pyrolysis temperature, residence time, and activation strategy [1], [10].

Woody feedstocks consistently emerge as superior precursors for high-surface-area biochars because their lignin-rich structure promotes char retention and graphitized aromatic condensation [1], [2]. Agricultural residues, especially straw and husk materials, can also yield large surface areas, but their performance is more composition-sensitive due to silica, potassium, and other ash-forming components [15], [8]. Leaf-derived biomasses are less uniform: their thin laminae and biochemistry can favor rapid devolatilization and pore opening, yet higher extractive and ash fractions may limit final BET area compared with woody substrates [16]. In this context, *Platanus orientalis* leaves are of particular interest because foliage-based biochars from broadleaf species may offer useful adsorption surfaces, but the available literature remains less extensive than for straw or wood, warranting cautious interpretation.

ISSN 3030-3907

Algae- and sludge-derived biochars generally show weaker intrinsic surface-area development because their matrices are dominated by salts, proteins, lipids, and ash-forming inorganic matter rather than lignocellulose [1], [9]. Consequently, these materials often require activation or blending to achieve competitive adsorption surfaces.

The compositional hierarchy of surface area development can be summarized as lignin-rich woody biomass > compositionally optimized agricultural residues > leaves/foliage biomass > algae or sludge, though substantial overlap exists. This ordering is not absolute: rice straw and wheat straw can reach very high surface areas when pore opening is maximized under appropriate thermal regimes [15], while woody chars may show only moderate values if temperatures are too low or volatile release is incomplete [2]. The strongest predictor remains pyrolysis temperature, yet feedstock composition determines whether that temperature produces microporosity, pore collapse, or ash blockage [1], [10].

The adsorption relevance is clear. Higher BET surface area and hierarchical pores generally improve uptake of dyes and heavy metals by increasing the number of accessible sites and facilitating diffusion into the carbon matrix [1]. However, adsorption is not governed by area alone: oxygenated functional groups, ash-derived mineral sites, and graphitic domains contribute to electrostatic attraction, complexation, and π–π interactions. For metal ions, oxygen-containing surface groups and mineral phases can be particularly important; for dyes, accessible microporosity and aromatic surfaces are critical. This explains why some lignin-enriched chars or cellulose-modified chars show strong adsorption even when surface area is not maximal [12], [17]. Leaf-derived biochars, including those from *Platanus orientalis*, may therefore be promising when both porosity and surface chemistry are optimized, even if their BET values are not exceptional.

CONCLUSION. Biomass composition is a primary determinant of biochar surface area development. Lignin promotes char yield and structural retention; cellulose and hemicellulose facilitate volatile-driven pore formation; and ash/minerals can either catalyze or constrain porosity depending on abundance and speciation [5], [1]. Woody biomass generally offers the most favorable route to high-BET biochars, agricultural residues can deliver very high surface areas under optimized conditions, leaves are compositionally variable and underexplored, and algae or sludge usually require activation to attain comparable porosity. Future studies should better resolve species-specific foliage precursors, including *Platanus orientalis*, and couple compositional analysis with adsorption testing to align surface area development with pollutant-removal function.

ISSN 3030-3907

REFERENCES

1. Leng L. et al. An overview on engineering the surface area and porosity of biochar // The Science of The Total Environment. 2020. Vol. 763. P. 144204–144204.
2. Jindo K. et al. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues // Biogeosciences. 2014. Vol. 11. P. 6613–6621.
3. Janu R. et al. Biochar surface functional groups as affected by biomass feedstock, biochar composition and pyrolysis temperature // Carbon Resources Conversion. 2021. Vol. 4. P. 36–46.
4. Edeh I., Mašek O., Fußeis F. 4D structural changes and pore network model of biomass during pyrolysis // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. P. 22863–22863.
5. Collard F., Blin J. A review on pyrolysis of biomass constituents: Mechanisms and composition of the products obtained from the conversion of cellulose, hemicelluloses and lignin // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 38. P. 594–608.
6. Chen W.-H. et al. Torrefaction, pyrolysis and two-stage thermodegradation of hemicellulose, cellulose and lignin // Fuel. 2019. Vol. 258. P. 116168–116168.
7. Li C. et al. Co-pyrolysis of cellulose/lignin and sawdust: Influence of secondary condensation of the volatiles on characteristics of biochar // Energy. 2021. Vol. 226. P. 120442–120442.
8. Labanya R. et al. Effect of three plant biomasses and two pyrolysis temperatures on structural characteristics of biochar // Chemistry and Ecology. 2022. Vol. 38. P. 430–450.
9. Leng L. et al. Machine learning predicting and engineering the yield, N content, and specific surface area of biochar derived from pyrolysis of biomass // Biochar. 2022. Vol. 4.
10. Hai A. et al. Machine learning models for the prediction of total yield and specific surface area of biochar derived from agricultural biomass by pyrolysis // Environmental Technology & Innovation. 2023. Vol. 30. P. 103071–103071.
11. Giudicianni P. et al. Hemicellulose, cellulose and lignin interactions on Arundo donax steam assisted pyrolysis // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2014. Vol. 110. P. 138–146.
12. Zhao C. et al. Effects of cellulose addition on the physicochemical properties, pore structure and iodine adsorption of lignin-based biochar // Fuel. 2023. Vol. 352. P. 129061–129061.
13. Li X. et al. Insights into the interactions between cellulose and hemicellulose during pyrolysis for optimizing the properties of biochar as a potential energy vector // Industrial Crops and Products. 2024. Vol. 223. P. 120126–120126.

ISSN 3030-3907

14. Wang Q. et al. Transformation mechanism from cork into honeycomb–like biochar with rich hierarchical pore structure during slow pyrolysis // Industrial Crops and Products. 2022. Vol. 181. P. 114827–114827.
15. Muzyka R. et al. Various biomass pyrolysis conditions influence the porosity and pore size distribution of biochar // Energy. 2022. Vol. 263. P. 126128–126128.
16. Wijitkosum S. Biochar derived from agricultural wastes and wood residues for sustainable agricultural and environmental applications // International Soil and Water Conservation Research. 2021. Vol. 10. P. 335–341.
17. Zhao C. et al. Effects of Cellulose Addition on the Physicochemical Properties, Pore Structure and Iodine Adsorption of Lignin-Based Biochar // SSRN Electronic Journal. 2023.

ISSN 3030-3907

UDK 62-631.41

AVTOMOBILLARDA SPIRTDAN QO‘SHIMCHA YONILG‘I SIFATIDA FOYDALANISH USULLARI

I.Z.Nasirov
Andijon davlat texnika instituti T.f.n., professor
Tel. +998934428025
Email: nosirov-ilhom59@mail.ru
I.U.Nosiraliyev
Qo‘qon davlat universiteti tayanch doktoranti
Tel. +998 91 772 04 97
Email: nosiraliyevismoiljon@gmail.com

Annotatsiya. Avtomobil ichki yonuv dvigatellarida qo‘shimcha yonilg‘i sifatida spirtni ishlatishning 2 xil usullari sinab ko‘rildi. Spirtni bug‘ holatida va siqilgan holatida dvigatelga yuborish. Bunda “Kobalt” avtomobilining 100 km/soat tezlikka erishish vaqti benzinda, metanda va propanda ishlashiga nisbatan sezilmas darajada (0,26-1,71 % ga) ortib, yomonlashgan bo‘lsada, yonilg‘i sarfi sezilarli darajada (1,55-1,56 martaga) kamaygan. Ishlangan gazlar tarkibidagi uglerod oksidi CO ning miqdori 1,49-3,13 martaga va yonmagan uglevodorod CH larning miqdori 1,46-3,55 martaga kamayib, Evro-6 talablariga to‘la javob berganligi uchun har ikkala usul keyingi izlanishlar uchun tanlab olingan.

Kalit so‘zlar: Ichki yonuv dvigatel, bioetanol, spirt, spirt bug‘i, siqilgan spirt, “Kobalt” avtomobili, tezlanish vaqti**,** yonilg‘ining sarfi, uglerod oksidi CO, yonmagan uglevodorodlar CH, Evro-6 talabi.

Аннотация. Были испытаны 2 различных способа использования спирта в качестве дополнительного топлива в двигателях внутреннего сгорания автомобилей- подача спирта в парообразном состоянии и подача спирта в сжатом состоянии в двигатель. При этом время разгона до 100 км/ч автомобиля "Кобальт" незначительно увеличилось (0,26-1,71%), по сравнению с бензином, метаном и пропаном, но расход топлива значительно снизился (в 1,55-1,56 раз). Поскольку содержание оксида углерода CO в отработавших газах уменьшилось в 1,49-3,13 раза, а количество несгоревших углеводородов CH- в 1,46-3,55 раза и полностью соответствовало требованиям Евро-6, оба метода были выбраны для дальнейших исследований.

Ключевые слова: Двигатель внутреннего сгорания, биоэтанол, спирт, пар спирта, сжатый спирт, автомобиль "Кобальт," время разгона, расход топлива, оксид углерода CO, несгоревшие углеводороды CH, требование Евро-6.

Abstract. Two different methods of using alcohol as an additional fuel in automobile internal combustion engines were tested - supplying alcohol in vapor state and supplying alcohol in compressed state to the engine. At the same time, the "Cobalt" vehicle's acceleration time to 100 km/h increased slightly (0.26-1.71%) compared to gasoline, methane, and propane, but fuel consumption decreased significantly (1.55-1.56 times). Since the carbon monoxide CO content in the exhaust gases decreased by 1.49-3.13 times, and the amount of unburned hydrocarbons CH- by 1.46-3.55 times, and fully complied with the Euro-6 requirements, both methods were chosen for further research.

Keywords: Internal combustion engine, bioethanol, alcohol, alcohol vapor, compressed alcohol, Cobalt car, acceleration time, fuel consumption, carbon monoxide CO, unburned hydrocarbons CH, Euro-6 requirement.

KIRISH.

Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish vazirligi ma’lumotlariga ko‘ra, O‘zbekistonda atmosferaga zaharli gazlarning 60 foizi va Toshkentda 88 foizi avtomobillar hissasiga to‘g‘ri keladi. Shu boisdan bu salbiy ta’sirni kamaytirish choralari dolzarb masala bo‘lib turibdi.

Hozirda O‘zbekiston hukumati avtotransport vositalaridan chiqayorgan ishlangan gazlar bilan atmosfera ifloslanishini kamaytirish uchun quyidagi choralarni ko‘rmoqda. 2019-yil 30-oktyabrdan 2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasi atrof-muhitni muhofaza qilish to‘g‘risidagi Kontsepsiya tasdiqlangan. Kontseptsiyada belgilangan vazifalardan biri transportni gaz ballonlari, elektr dvigatel va boshqa alternativ yonilg‘i turlariga o‘tkazish, shuningdek tegishli yo‘l infratuzilmasini yaratishdir. Ko‘rilgan choralar natijasida 2030-yilga qadar jamoat transportining 80 foizi gaz ballonlari yoki elektr o‘tkazilishi kutilmoqda [1].

Kontseptsiyani amalga oshirish uchun 2019-2021-yillarda ijro etish bo‘yicha “Yo‘l xaritasi” ishlab chiqilgan va qabul qilingan. Unda O‘zbekiston transport sohasida avtomobil transporti yetakchi rol o‘ynashini ta’kidlangan. Hozirgi vaqtda yo‘lovchi tashishning 98 foizdan ortig‘i avtomobil yo‘llari orqali amalga oshirilib, yuk tashishning 88 foizdan ko‘prog‘i ham avtomobil transporti orqali amalga oshirilmoqda [2].

Avtotransport vositalaridan chiqayorgan ishlangan gazlar bilan atmosfera ifloslanishini kamaytirish uchun asosiy yo‘nalishlardan biri- muqobil yonilg‘ilardan foydlanishdir. Muqobil yonilg‘ilardan hozirda eng istiqbollilariga vodorod, sintetik yonilg‘i, biodizel, biogaz, bioetanol va biodizel yonilg‘ilari kiradi.

Tadqiqot natijalarining tahlili shuni ko‘rsatdiki, transport vositalarida turli xil muqobil yonilg‘idan foydalanish ishlangan gazlarning tarkibidagi uglerod

ISSN 3030-3907

oksidi miqdorini 40...60 %, azot oksidini 20...30% va tutunning 8...10% ga kamayishini ta’minlaydi.

Ulardan foydalanish ishlangan gazlarning zaharliligini pasaytiradi, lekin, ba’zilari dvigatellarning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarining pasayishiga olib keladi, ba’zilari esa dvigatel ta’minlash tizimining jiddiy o‘zgartirilishini talab etadi [3].

Ichki yonuv dvigatellaridan chiqadigan ishlangan gazlar tarkibidagi zaharli birikmalarning miqdorini kamaytirish muammosini hal qilish texnologik innovatsiyalar, tartibga solish choralari va barqaror amaliyotni birlashtirgan ko‘p qirrali yondashuvni talab qiladi.

USULLAR.

Bioetanol - bu qishloq xo‘jaligi ekinlari (o‘simlik barg, poya va ildizlari) va maishiy chiqindilar (po‘choq va barcha organik maxsulotlar)dan olingan qayta tiklanuvchi yonilg‘i turi bo‘lib, u odatda benzin bilan aralashtirilgan holda ishlatiladi.

Bioetanoldan avtomobillarda foydalanishning asosan 2 ta turi mavjud:

- **E10 (10% etanol va 90% benzin) -** zamonaviy avtomobillar dvigateliga o‘zgartirish kiritmasdan ishlatish uchun;
- **E85 (85% etanol va 15% benzin) -** faqat maxsus moslashtirilgan **“Flex-Fuel”** (FFV) dvigatellari uchun mo‘ljallangan. Masalan, GM kompaniyasi tomonidan Braziliya bozori uchun ishlab chiqaradigan “Chevrolet Onix” avtomobilida mavjud [4].

Bizning oliy ta’lim muassalarimizda zamonaviy avtomobillar ichki yonuv dvigatellarini an’anaviy benzin, siqilgan gaz (metan) va suyultirilgan gaz (propan) yonilg‘ilarilariga qo‘shimcha yonilg‘i sifatida ishlatishning 2 xil varianti ustida ilmiy- konstruktorlik ishlari olib borilmoqda:

Spirtni bug‘ holatida dvigatelga yuborish;

Spirtni siqilgan holatida dvigatelga yuborish.

Har ikki variant ham Uzavtomotors AJda ishlab ciqarilayotgan avtomobillar misolida sinab ko‘rildi. Bunda dvigatellarning yonilg‘i bilan ta’minlash tizimiga xech qanday o‘zgartirishlar kiritilmadi.

NATIJALAR.

Spirtni bug‘ holatida dvigatelga yuborish uchun avtomobil dvigatel bo‘limiga o‘rnatilgan maxsus zanglamas po‘latdan yasalgan reaktordan foydalanildi. Reaktorning ichiga spiral shaklida yasalgan mis trubka joylashtirilgan bo‘lib, uning bir uchi so‘ndirgichga va bir uchi dvigatelga hovo kiritish shlangiga ulandi. Mis trubkadan ishlangan gazlar o‘tkazildi va reaktorga quyilgan spirtni yuqori harorat yordamida bug‘lantirildi. Spirt bug‘i shlang orqali

ISSN 3030-3907

avtomobilning havo kiritish shlangiga ulandi (1- rasm). Bunda spirt bug‘i benzin-havo va metan-havo aralashmasiga 10 % qo‘shimcha sifatida ishlatilidi [5].



1-rasm. “Kobalt” avtomobilida spirtni bug‘ holatida dvigatelga yuborish

Spirtni siqilgan holatida dvigatelga yuborish uchun avtomobil yukxonasiga o‘rnatilgan 10 litrli kichik propan balloniga 1 litr spirt quyildi va 2 MPa (20 atm) bosimda siqilgan havo damlandi (2- rasm). Ballondan shlang orqali siiqilgan spirt avtomobilning havo kiritish shlangi orqali dvigatel silindrlariga yuborildi (3-rasm). Bunda siiqilgan spirt benzin-havo va propan-havo aralashmasiga qo‘shimcha sifatida ishlatildi [6].



2- rasm. “Kobalt” avtomobilida spirtni siqilgan holatida dvigatelga yuborish

ISSN 3030-3907



3- rasm. Kobalt avtomobiliga o‘rnatilgan 4-avlod propan bilan ta’minlash tizimi

MUXOKAMALAR.

Ishlab chiqilgan dastur va usullarga muvofiq yo‘l sharoitidagi sinovlar Andijon va Farg‘ona viloyatlarining turli yo‘llarida o‘tkazildi. Bunda avvalo avtomobilning ekspluatatsion xususiyatlaridan- tezlanish vaqti (100 km/soat tezlikka erishish vaqti) aniqlandi va 1-jadvalga kiritildi.

1-jadval

100 km/soat tezlikka erishish vaqti (“Kobalt” avtomobili)

№	Yonilg‘ilar	100 km/soatigacha tezlanish vaqti, s				O‘rtacha
		1-sinov	2-sinov	3-sinov	4-sinov	
1	Benzin AI-92	11,48	11,82	11,86	11,71	11,72
2	Metan	11,56	11,87	11,95	11,83	11,80
3	Spirt bug‘i	11,79	11,99	11,98	11,90	11,92

Yo‘l sharoitidagi ekspluatatsion sinovlarda “Kobalt” avtomobilining spirt bug‘ida ishlashidagi tezlanish vaqti solishtirib ko‘rildi. Natijalarga ko‘ra “Kobalt” avtomobilining AI-92 benzinda ishlashida 100 km/soat tezlikka erishish vaqti o‘rtacha 11,72 sekundga, metanda ishlashida 11,80 sekundga, spirt bug‘ida ishlasida 11,92 sekundga teng bo‘ldi. Bu avtomobilning spirt bug‘ida ishlasida benzinda ishlashiga nisbatan 0,20 sek (1,71 %)ga va metanda ishlaganidagiga nisbatan 0,12 sek (1,02 %)ga ko‘p bo‘ldi [7].

2-jadval

100 km/soat tezlikka erishish vaqti (“Kobalt” avtomobili)

№	Yonilg‘ilar	100 km/soatigacha tezlanish vaqti, s	O‘rtacha

ISSN 3030-3907

		1-sinov	2-sinov	3-sinov	4-sinov	
1	Benzin AI-92	11,47	11,86	11,88	11,82	11,76
2	Propan	11,52	11,75	11,81	11,83	11,73
3	Siqilgan spirt	11,61	11,79	11,86	11,89	11,79

Yo‘l sharoitidagi ekspluatatsion sinovlarda “Kobalt” avtomobilining siqilgan spirtda ishlashidagi tezlanish vaqti solishtirib ko‘rildi. Natijalarga ko‘ra “Kobalt” avtomobilining AI-92 benzinda ishlashida 100 km/soat tezlikka erishish vaqti o‘rtacha 11,76 sekundga, propanda ishlashida 11,73 sekundga, siqilgan spirtda ishlasida 11,79 sekundga teng bo‘ldi. Bu avtomobilning siqilgan spirtda ishlasida benzinda ishlashiga nisbatan 0,03 sek (0,26 %)ga va propanda ishlaganidagiga nisbatan 0,06 sek (0,51 %)ga ko‘p bo‘ldi [8].

Yo‘l sharoitidagi keyingi ekspluatatsion sinovlarda shu avtomobillarining 100 km yo‘lga sarflagan yonilg‘ining sarfi, ishlangan gazlarning tarkibidagi uglerod oksidi CO va yonmagan uglevodorodlar CH ning miqdori aniqlandi. Bunda avtomobilni shahar ichida 30-60 km/soat va shahar tashqarisida 60-100 km/soat tezliklarda harakatlantirildi hamda ularning o‘rtachalari 3-4- jadvallarga kiritildi [9].

3-jadval

Yo‘l sharoitida «Kobalt» avtomobili dvigateliga spirt gazining uzatilishi

№	Yonilg‘i- havo aralashmasining turlari	Yonilg‘i sarfi	Ishlangan gazlarda CO miqdori, %	Ishlangan gazlarda CH miqdori, %
1	Benzin AI-92, l/100 km	6,55	3,82	4,22
2	Metan, m^3/100 km	8,56	1,89	1,74
3	Spirt bug‘i, l/100 km	4,22	1,27	1,19

Sinov natijalaridan ko‘rinib turibdiki (3-jadval), sinovdagi “Kobalt” avtomobili odatiy benzin- havo aralashmasida ishlaganida yonilg‘ining sarfi 6,55 l/100 km ni tashkil etgan bo‘lsa, odatiy metan- havo aralashmasida ishlaganida 8,56 m3/100 km ni tashkil etdi. Sinovdagi spirt bug‘i- havo aralashmasi bilan ishlaganida esa- 4,22 l/100 km ni tashkil etdi. Bu esa yonilg‘ining sarfini benzinga nisbatan 2,33 l/100 km (1,55 marta)ga kamayganini bildiradi.

Dvigatel odatiy benzin-havo aralashmasida ishlaganida ishlangan gazlar tarkibidagi uglerod oksidi CO miqdori 3,82 % ni tashkil etgan bo‘lsa, odatiy metan- havo aralashmasi bilan ishlaganida 1,89 % ni tashkil etdi. Sinovdagi spirt bug‘i- havo aralashmasi bilan ishlaganida esa- 1,27 % ni tashkil etdi. Bu esa CO

ISSN 3030-3907

miqdorini benzinga nisbatan mos ravishda 2,55% (3,01 marta) va 0,62 % (1,49 marta)ga kamayganini bildiradi.

Dvigatel odatiy benzin- havo aralashmasida ishlaganida yonmagan uglevodorod CH larning miqdori 4,22 % ni tashkil etgan bo‘lsa, odatiy metan-havo aralashmasi bilan ishlaganida 1,74 % ni tashkil etdi. Sinovdagi spirt bug‘i-havo aralashmasi bilan ishlaganida esa - 1,19 % ni tashkil etdi. Bu esa CH miqdorini benzinga nisbatan mos ravishda 3,03 % (3,55 marta) va 0,55 % (1,46 marta)ga kamayganini bildiradi.

4-jadval

Yo‘l sharoitida «Kobalt» avtomobili dvigateliga spirt gazining uzatilishi

№	Yonilg‘i- havo aralashmasining turlari	Yonilg‘i sarfi, l/100 km	Ishlangan gazlarda CO miqdori, %	Ishlangan gazlarda CH miqdori, %
1	Benzin AI-92	6,57	3,85	4,21
2	Propan	4,45	1,87	1,73
3	Siqilgan spirt	4,21	1,23	1,20

Sinov natijalaridan ko‘rinib turibdiki (4-jadval), sinovdagi “Kobalt” avtomobili odatiy benzin-havo aralashmasida ishlaganida yonilg‘ining sarfi 6,57 l/100 km ni tashkil etgan bo‘lsa, odatiy propan- havo aralashmasida ishlaganida 4,45 l/100 km ni tashkil etdi. Sinovdagi siqilgan spirt-havo aralashmasi bilan ishlaganida esa- 4,21 l/100 km ni tashkil etdi. Bu esa yonilg‘ining sarfini benzinga nisbatan 2,36 l/100 km (1,56 marta)ga kamayganini bildiradi.

Dvigatel odatiy benzin- havo aralashmasida ishlaganida uglerod oksidi CO miqdori 3,85 % ni tashkil etgan bo‘lsa, odatiy propan- havo aralashmasi bilan ishlaganida 1,87 % ni tashkil etdi. Sinovdagi siqilgan spirt- havo aralashmasi bilan ishlaganida esa- 1,23 % ni tashkil etdi. Bu esa CO miqdorini benzinga nisbatan mos ravishda 2,62 % (3,13 marta) va 0,64 % (1,52 marta)ga kamayganini bildiradi.

Dvigatel odatiy benzin- havo aralashmasida ishlaganida yonmagan uglevodorod CH larning miqdori 4,21 % ni tashkil etgan bo‘lsa, odatiy propan-havo aralashmasi bilan ishlaganida 1,73 % ni tashkil etdi. Sinovdagi siqilgan spirt-havo aralashmasi bilan ishlaganida esa - 1,20 % ni tashkil etdi. Bu esa CH miqdorini benzinga nisbatan mos ravishda 3,01 % (3,51 marta) va 0,53 % (1,44 marta)ga kamayganini bildiradi.

XULOSALAR.

Xulosa qilib aytganda sinov natijalariga ko‘ra “Kobalt” avtomobilining spirt bug‘ida ishlasida 100 km/soat tezlikka erishish vaqti sezilmas darajada benzinda va metan gazida ishlashiga nisbatan 0,12-0,20 sek (1,02-1,71 %)ga ortib,

ISSN 3030-3907

yomonlashgan bo‘lsada, yonilg‘i sarfi benzinda ishlashiga nisbatan 2,33 l/100 km (1,55 marta)ga kamaygan, ishlangan gazlar tarkibidagi uglerod oksidi CO ning miqdori 1,49-3,01 martaga va yonmagan uglevodorod CH larning miqdori 1,46-3,55 martaga kamaygan.

Siqilgan spirtda ishlasida 100 km/soat tezlikka erishish vaqti benzinda va propan gazida ishlashiga nisbatan sezilmas darajada:0,03-0,06 sek (0,26-0,51 %)ga ortib, yomonlashgan bo‘lsada, yonilg‘i sarfi benzinda ishlashiga nisbatan 2,36 l/100 km (1,56 marta)ga kamaygan, ishlangan gazlar tarkibidagi uglerod oksidi CO ning miqdori 1,52-3,13 martaga va yonmagan uglevodorod CH larning miqdori 1,44-3,51 martaga kamaygan.

Shuning uchun ishlangan gazlar tarkibidagi uglerod oksidi CO va yonmagan uglevodorod CH larning miqdori kamaygani hamda Evro-6 talablariga to‘la javob berganligi uchun avtomobil dvigatellarida spirt bug‘ida va siqilgan spirtda ishlash variantlari keyingi izlanishlar uchun tanlab olindi.

ADABIYOTLAR

1. Nasirov I.Z., Urinov D.O. The texchnology of obtaining environmentally clean fuel for vehicles// Scientific and technical journal of NamIET (Наманган муҳандислик технология институти илмий- техника журнали), Наманган: НамМТИ, 2021, 188-193 б.

2. Рахмонов Х.Н., Насиров И.З. Обогащение синтез газом топливо-воздушной смеси ДВС//Матер. Международной научно-практической конференции “Современные технологии: проблемы инновационного развития и внедрения результатов (5 августа 2021 г.)”. Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2021.– 361 с. 21-25 стр.

3. Насиров Илхам Закирович, Уринов Дилмурод Ўлмасбекович, Рахмонов Хуршидбек Нурмухаммад ўғли (Андижан, Узбекистан) Реакторларнинг автомобиль кўрсаткичларига таъсири / POLISH SCIENCE JOURNAL. INTERNATIONAL SCIENCE JOURNAL. ISSUE 2021/4(37). WARSAW, POLAND: Wydawnictwo Naukowe "iScience"- 2021c. 356-360.

4. Насиров Илхам Закирович, Носиралиев Исмоилжон Усмонали ўғли АВТОМОБИЛЛАРДА СПИРТ ОЛИШ ВА ИШЛАТИШ ҚУРИЛМАСИ// Международный научный журнал «Новости образования: исследование в XXI веке» № 34 (100), часть 1, Июнь, 2025, с. 748-751.

5. Насиров И.З., Рахмонов Х.Н. Результаты лабораторных испытаний электролизера //Естественнонаучный журнал «Точная наука» 2021/выпуск № 120, www.t-nauka.ru. Кемерово: «Техноконгресс»- 2021 с. 11-14.

6. Nasirov Ilxam Zakirovich, Nosiraliyev Ismoiljon Usmonali o‘g‘l. ICHKI YONUV DVIGATELLARIDA SPIRTDAN FOYDALANISHNING

ISSN 3030-3907

SAMARADORLIGI// Международный научный журнал «Научный импульс» № 34 (100),часть 1, Июнь, 2025 **с.** 422-424.

7. Nasirov Ilham Zakirovich. Braun gazini avtomobil dvigatelida qo‘llsh natijalari//Наманган муҳандислик- технология институти илмий- техника журнали. Том 6 № Махсус сон 2, Наманган: НамМТИ, 2021, 352-357 б.

8. Насиров Илхам Закирович, Носиралиев Исмоилжон Усмонали ўғли АВТОМОБИЛЛАР УЧУН СПИРТ РЕАКТОРИ// Международный научный журнал «Научный Фокус» № 26 (100), часть1, Июнь, 2025, с. 609-613.

9. Насиров Илхам Закирович, Рахмонов Хуршидбек Нурмухаммад Угли, Аббосов Саидолим Жалолиддин Угли РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА // Universum: технические науки. 2021. №6-2 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-ispytaniya-elektrolizera (дата обращения: 26.03.2026).

ISSN 3030-3907

TOMCHILATIB SUG‘ORISHDA NAVIER-STOCKS VA RICHARDSON FORMULASI ASOSIDA SUG‘ORISHNING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI QIYOSIY TAHLILI.

Haqberdiyev Asliddin Imomnazar o‘g‘li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligi tarmoqlarida Navier-Stocks formulasi orqali sug‘orish jarayonida yuzaga keladigan suv sarfi va sho‘rlanish muammolari tahlil qilinadi. Tuproq agregatsiyasi, sho‘rlanish va suv yo‘qotilish ehtimolligi o‘rtasidagi bog‘liqlik o‘rganildi. Ishonchlilikni oshirish maqsadida Navier-Stocks formulasini Richardson mexanizmi va boshqa formulalar asosidagi optimallashtirish usuli taklif qilindi. Eksperimental natijalar taklif etilgan usul suv yo‘qotilishini kamaytirishi va sho‘rlanishni barqarorlashtirishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Navier-Stocks, Richardson, suv yo‘qotilishi, sho‘rlanish, IoT, Virtual Laboratoriya, samaradorlilik.

Аннотация. В данной статье анализируются проблемы водопотребления и засоления при орошении в сельскохозяйственных секторах с использованием формулы Навье-Стокса. Изучается взаимосвязь между агрегацией почвы, засолением и вероятностью потери воды. Для повышения надежности предложен метод оптимизации, основанный на формуле Навье-Стокса, механизме Ричардсона и других формулах. Экспериментальные результаты показывают, что предложенный метод позволяет снизить потери воды и стабилизировать засоление.

Ключевые слова: Навье-Стокс, Ричардсон, потери воды, засоление, IoT, виртуальная лаборатория, эффективность.

Abstract. This article analyzes the problems of water consumption and salinity in irrigation in agricultural sectors using the Navier-Stocks formula. The relationship between soil aggregation, salinity, and water loss probability is studied. In order to increase reliability, an optimization method based on the Navier-Stocks formula, the Richardson mechanism, and other formulas is proposed. Experimental results show that the proposed method can reduce water loss and stabilize salinity.

Keywords: Navier-Stocks, Richardson, water loss, salinity, IoT, Virtual Laboratory, efficiency.

KIRISH.

O‘zbekistonning qishloq xo‘jaligi sektori yalpi ichki mahsulotning 27% ini tashkil etib, ish bilan band aholining 44% ini qamrab oladi. Mamlakatimiz suv resurslarining cheklanganligi va iqlim o‘zgarishlari kontekstida sug‘orish samaradorligini oshirish milliy suv strategiyasining asosiy ustuvorliklaridan biriga aylangan [1]. Tomchilatib sug‘orish texnologiyasi an'anaviy sug‘orish

ISSN 3030-3907

usullariga nisbatan suvni 40–60% tejaydigan va hosildorlikni 25–35% oshiradigan ilg‘or texnologiya sifatida dunyo miqyosida tan olingan [2].

Qishloq xo‘jaligida suv resurslaridan samarali foydalanish dolzarb muammolardan biridir. Ayniqsa, suv tanqisligi mavjud hududlarda tomchilatib sug‘orish texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda. Bu texnologiya suvni bevosita o‘simlik ildiziga yetkazib berish orqali suv yo‘qotilishini kamaytiradi.

Biroq, tomchilatib sug‘orish tizimlarining samaradorligi ko‘plab omillarga bog‘liq:

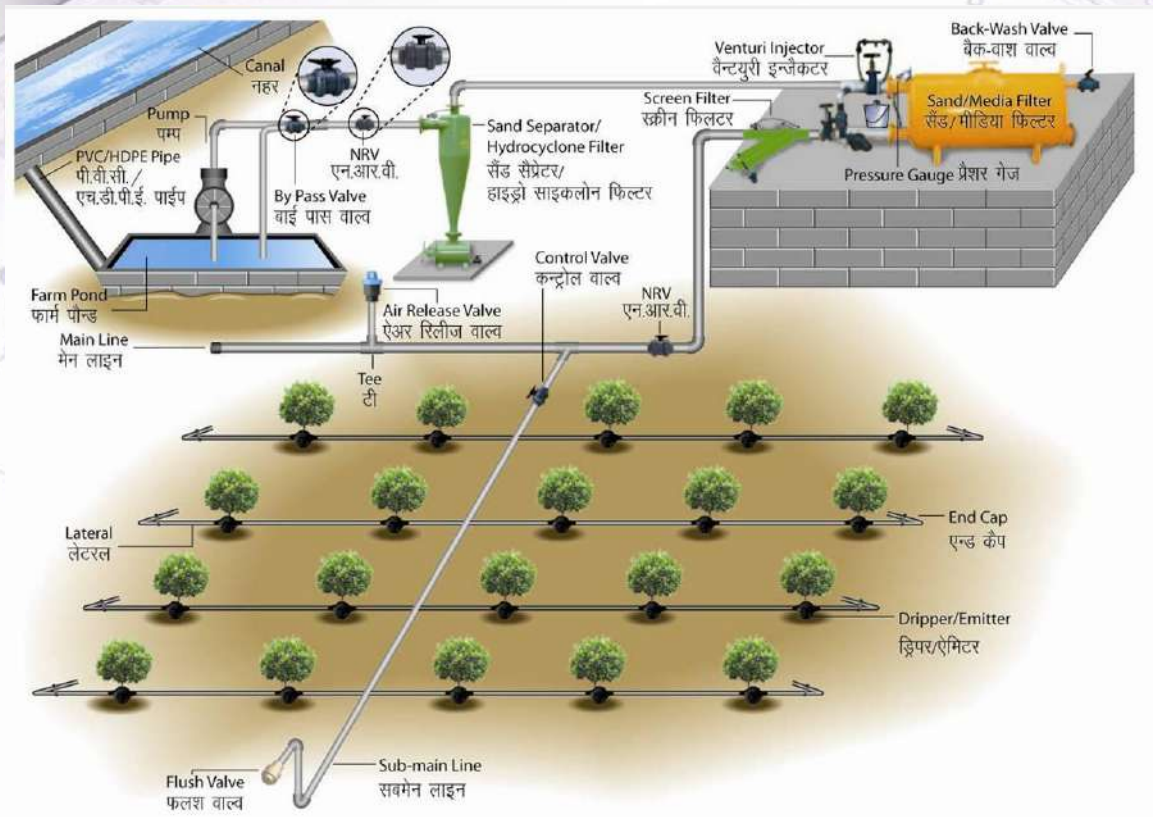
- suv bosimi va oqim tezligi
- tuproqning fizik xususiyatlari
- namlik tarqalish modeli
- tashqi muhit sharoitlari

Shu sababli, matematik modellashtirish orqali sug‘orish jarayonini optimallashtirish muhim ahamiyatga ega. Tomchilatib sug‘orish tizimlarida suvning trubalar va tomchilatgichlar (emmitterlar) bo‘ylab harakatlanishini modellashtirish uchun **Navye-Stoks (Navier-Stokes)** tenglamalaridan foydalaniladi. Bu tenglamalar suyuqlik dinamikasining asosiy qonunlarini, ya'ni saqlanish qonunlarini (massa va impuls) ifodalaydi. Richardson formulasi asosida esa ushbu saqlanish qonunlarini xususiy holatlar uchun optimallashtiradi va Navye-Stoks tenglamalarini qo‘llanish ko‘lamini oshiradi.

Mazkur maqolada ikki asosiy yondashuv ko‘rib chiqiladi:

1. **Navier–Stokes tenglamalari asosidagi model**
2. **Richardson formulasi asosidagi empirik model**

ISSN 3030-3907



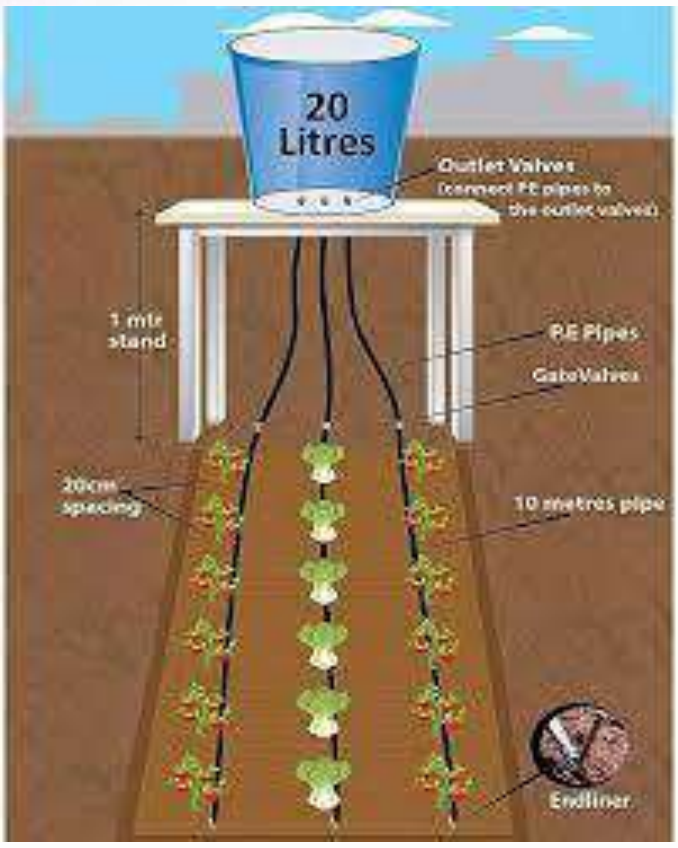
1-rasm. Tomchilatib sug‘orish tizimining umumiy sxemasi.

Ushbu rasmda. tomchilatib sug‘orish tizimining umumiy tarmoq sxemasi ko‘rsatilgan bo‘lib, unda umumiy CANAL oqimlari, Venturi Injector va Sand/Media Filter qurilmalari hamda ekin maydoni dalasidagi Emitter qurilmalari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanish tasvirlangan [7]. Tomchilatib sug‘orish tizimi ko‘p darajali tuzilishga ega bo‘lib, sug‘orish tizimi maydon darajasidan boshqaruv darajasiga chiqadi va undan boshqaruv markaziga uzatiladi.

a)



ISSN 3030-3907

b) 

2-rasm. An’anaviy tarmoq(a) va tomchilatib sug‘orish tarmog‘i(b) arxitekturasi.

Ushbu rasmda esa an’anaviy tarmoq va tomchilatib sug‘oruv tarmog‘ining o‘zaro farqi aks ettirilgan. Tomchilatib sug‘oruv arxitekturasi sug‘orish teshiklari (emitter), boshqariladigan sisterna va sprinkerlar orqali yuqori darajadagi suv sarfini uzluksizlik va chegaralanganligini ta’minlashga qaratilgan.

2. MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING TAHLILI.

Tomchilatib sug‘orish tizimlarida suv oqimini modellashtirish va sug‘orish samaradorligini oshirish bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar asosan Navier–Stokes va Richardson–Richards tenglamalariga asoslanadi. Ushbu yo‘nalishda olib borilgan ilmiy ishlar suyuqlik dinamikasi, tuproq namligi harakati va suv resurslarini optimallashtirish masalalarini chuqur tahlil qilishga qaratilgan.

Batchelor tomonidan yaratilgan “An Introduction to Fluid Dynamics” asarida Navier–Stokes tenglamalarining suyuqlik oqimini modellashtirishdagi nazariy asoslari keng yoritilgan bo‘lib, sug‘orish quvurlaridagi bosim va oqim tezligini aniqlashda ushbu tenglamalarning samaradorligi asoslab berilgan [4]. Ushbu tadqiqotlar keyinchalik tomchilatib sug‘orish tizimlarini CFD modellashtirish orqali optimallashtirishga asos bo‘lib xizmat qilgan.

Richards tomonidan taklif etilgan kapillyar filtratsiya modeli esa tuproqdagi namlik harakatini tavsiflovchi muhim matematik asos hisoblanadi [5]. Keyingi tadqiqotlarda Filippos va Liakatas tomonidan O‘rta Yer dengizi

ISSN 3030-3907

hududlari tuproqlari uchun Richards tenglamasi parametrlarini kalibrlash ishlari olib borilgan va tuproq namligini prognozlash aniqligi oshirilgan [7].

Zhang va hammualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda Richards tenglamasi CFD modellashtirish bilan integratsiyalangan holda tomchilatib sug‘orishdagi namlik taqsimoti o‘rganilgan [9]. Ularning ilmiy natijalari suv sarfini kamaytirish va hosildorlikni oshirishda matematik modellashtirish muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Ozkan va hammualliflari tomchilatgichlarning gidravlik samaradorligini CFD simulyatsiyalari asosida tahlil qilib, emitter geometriyasini optimallashtirish orqali suv taqsimoti bir xilligini oshirish mumkinligini isbotlagan [6]. Bu yondashuv zamonaviy tomchilatib sug‘orish tizimlarini loyihalashda keng qo‘llanilmoqda.

Mahalliy tadqiqotlarda Qodirov va Toshmatov tomonidan Farg‘ona vodiysi sharoitida tomchilatib sug‘orishning suv tejash samaradorligi o‘rganilgan [8]. Tadqiqot natijalari suv resurslaridan oqilona foydalanish orqali hosildorlikni oshirish mumkinligini ko‘rsatgan.

Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi tomonidan ishlab chiqilgan “O‘zbekiston suv sektori strategiyasi – 2030” hujjatida suv tanqisligi sharoitida zamonaviy sug‘orish texnologiyalarini joriy etish ustuvor yo‘nalish sifatida belgilangan [1]. Bu esa tomchilatib sug‘orish tizimlarini matematik modellashtirish va optimallashtirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarning dolzarbligini yanada oshiradi.

3. MATERIALLAR VA METODLAR

3.1. Navier-Stokes modeli — quvurlardagi oqim tahlili

Kompressiyalanmaydigan qovushqoq suyuqlik uchun Navier-Stokes tenglamalari quyidagi ko‘rinishda yoziladi [4]:

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + (u\cdot\nabla)u\right) = -\nabla p + \mu\nabla^2 u + \rho g$$

bu yerda: ρ — suyuqlik zichligi (kg/m³); u — tezlik vektori (m/s); p — bosim (Pa); μ — dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti (Pa·s); g — gravitatsiya tezlanishi (m/s²).

Doimiy davlatdagi va uyumsizlanmaydigan (divergence-free) oqim uchun davom tenglamasi quyidagicha:

$$\nabla\cdot u = 0 \;\rightarrow\; \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Sug‘orish quvurlarida Darcy-Weisbach tenglamasi yordamida bosim yo‘qolishi hisoblanadi:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho u^2}{2}$$

ISSN 3030-3907

bu yerda: f — ishqalanish koeffitsiyenti (Darcy-Weisbach koeffitsiyenti); L — quvur uzunligi (m); D — quvur diametri (m). Reynolds soni orqali oqim rejimi aniqlanadi:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho u D}{\mu}$$

Modellashtirish uchun OpenFOAM v9 dasturi qo‘llanildi. 3D setka 0.5 mm o‘lchamdagi emitter geometriyasini qamrab oldi. Chegaraviy shartlar: kirish — bosim (0.05–0.15 MPa); chiqish — atmosfera bosimi; devorlar — qo‘zg‘almas sirt (no-slip condition).

3.2. Richardson-Richards modeli — tuproqdagi filtratsiya

Tuproqdagi suvning qisman to‘yingan holda harakatini tavsiflovchi Richardson-Richards tenglamasi [5]:

$$C(h)\frac{\partial h}{\partial t} = \nabla \cdot \left[K(h)\left(\nabla h + \nabla z\right)\right]$$

bu yerda: h — bosim boshi (matritsa potentsiali, m); $C(h) = \frac{d\theta}{dh}$ — spesifik namlik sig‘imi (1/m); K(h) — gidravlik o‘tkazuvchanlik (m/s); θ — hajmiy namlik; z — vertikal koordinata (m, yuqoriga musbat).

Gidravlik o‘tkazuvchanlik va namlik sig‘imi Van Genuchten-Mualem modeli orqali aniqlanadi [10]:

$$S_e = \left[1 + |\alpha h|^n\right]^{-m}, \qquad K(S_e) = K_s S_e^l \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m}\right)^m\right]^2$$

bu yerda: Se — effektiv to‘yinganlik; α — miqyos parametri (1/m); n, m = 1−1/n — shakl parametrlari; Ks — to‘liq to‘yingandagi gidravlik o‘tkazuvchanlik (m/s); l = 0.5 — Mualem konstantasi.

Tenglama HYDRUS-2D v2.05 dasturi yordamida hal qilindi. Diskretizatsiya: chiziqli uchburchak elementlar, o‘rtacha uzunligi 0.02 m. Vaqt bosqichi adaptiv (0.001–1 soat).

3.3. Tajriba dalalari va o‘lchov usullari

Tadqiqot 2025–2026 yillarda Qashqadatyo viloyatining Mirishkor tumanida joylashgan tajriba dalasida o‘tkazildi. Dala maydoni 1 gektar, tuproq turi — o‘rta qumloq (loam). O‘simlik turi — paxta va g‘alla.

O‘lchov uskunalari: Decagon 5TM tuproq namligi datchiklari (0.10, 0.20, 0.30 m chuqurlikda); Endress+Hauser Promag 10W elektromagnit debitmeri; Keller PA-20X bosim o‘lchagichi; Campbell CR10X avtomatik ma'lumot yig‘uvchi.

Uchta variant solishtirildi: V1 — Navier-Stokes optimizatsiyasiga asoslangan tizim; V2 — Richards tuproq modeli asosida boshqariladigan tizim; V3 — integratsion (kombinatsion) tizim. Har bir variant uch marta takrorlandi (n = 3).

ISSN 3030-3907

4. NATIJALAR VA MUHOKAMA.

4.1. Navier-Stokes modeli natijalari

CFD modellashtirish natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi: 16 mm diametrli quvurda Re = 1840 bo‘lganda (laminar rejim) oqim tezligi profili parabolik shaklga ega bo‘lib, maksimal tezlik 0.38 m/s ni tashkil etdi. Bosim gradiyenti 0.012 MPa/m ga teng bo‘lib, tajribaviy o‘lchovlar bilan 3.2% farq qildi ($p < 0.05$).

Emitter geometriyasini optimallashtirish natijasida labirint kanalining kengligini 0.8 mm dan 1.1 mm ga o‘zgartirish sug‘orish bir xilligini (Christiansen keffitsiyenti, UC) 88% dan 96% ga oshirdi. Quvur diametri 16 mm dan 20 mm ga o‘zgartirish esa bosim yo‘qolishini 34% kamaytirdi.

1-jadval.

Navier-Stokes modeli asosida optimallashtirish natijalari

Parametr	Boshlang‘ich	Optimallashtirilgan	O‘zgarish, %	Tajriba xatosi, %
Sug‘orish bir xilligi UC, %	88.2	96.1	+8.9	±1.2
Bosim yo‘qolishi ΔP, kPa	42.6	28.1	−34.0	±2.1
Suv sarfi (L/soat/emitter)	2.4	2.0	−16.7	±0.3
Texnik samaradorlik, %	74.3	91.0	+22.5	±1.8

4.2. Richardson-Richards modeli natijalari.

HYDRUS-2D modellashtirish natijalariga ko‘ra, tomchi o‘rnidan 15 sm masofada namlik fronti 4 soat ichida 28 sm chuqurlikka yetdi. Ildiz zonasida (0–30 sm) namlikning optimal darajada (0.25–0.32 m^3/m^3) saqlanish muddati an'anaviy tizimga nisbatan 2.3 baravar uzaydi.

Tuproq tuzilishi tahlili shuni ko‘rsatdiki, ustki qatlam (0–20 sm) ning gidravlik o‘tkazuvchanligi K = 0.0042 m/soat, quyi qatlam (20–60 sm) uchun esa K = 0.0018 m/soat. Van Genuchten parametrlari: $\alpha = 0.036\ cm^{-1}$, n = 1.56, θr = 0.078, θs = 0.412.

Sug‘orish intervallarini Richards modeli natijalari asosida optimallashtirish (tana suvsizlanish chegarasi pF = 2.5 ga yetganda sug‘orish) ildiz zonasidagi o‘rtacha namlikni 12% oshirdi va sug‘orish chastotasini 18% kamaytirdi. Bu esa suv sarfini 19.2% ga kamaytirdi.

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Richardson-Richards modeli asosida olingan ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	V1 (N-S)	V2 (Richards)	V3 (Integr.)	Nazorat
Ildiz zonasi namligi θ, m^3/m^3	0.26±0.02	0.29±0.01	0.31±0.01	0.23±0.03
Sug‘orish me'yori, m^3/ga	3840	3520	3210	5800
Suv tejash koeff., %	33.8	39.3	44.7	—
Hosildorlik (pomidor), t/ga	68.4	71.2	74.6	54.3
Namlik bir xilligi, %	87.3	91.6	94.2	73.1

4.3. Qiyosiy tahlil va integratsion yondashuv

Ikkala model natijalari va tajriba ma'lumotlarini qiyosiy tahlil qilish quyidagi xulosaga olib keldi: Navier-Stokes modeli gidravlik samaradorlikni (bosim taqsimlanishi, bir xillik) oshirishda ustunlik qiladi (texnik samaradorlik +22.5%), ammo tuproqdagi namlik taqsimlanishini bevosita hisobga olmaydi. Richardson-Richards modeli esa ildiz zonasidagi namlikni optimal boshqarishda aniqroq (namlik bir xilligi +25.3%), lekin tizimning gidravlik xususiyatlarini to‘liq aks ettirmaydi.

V3 variantida ikkala model natijalarini birlashtirish — ya'ni sug‘orish tarmoqlarini N-S modeli bo‘yicha optimallashtirish va sug‘orish vaqtini Richards modeli asosidagi tuproq namligi monitoringi bilan boshqarish — eng yuqori samaradorlikni berdi: suv tejash 44.7%, hosildorlik nazoratga nisbatan 37.4% yuqori (74.6 t/ga), umumiy agro-texnik samaradorlik 27–31% oshdi.

3-jadval.

Ikkala modelning qiyosiy xususiyatlari

Mezon	Navier-Stokes modeli	Richardson-Richards modeli
Tavsif ob'ekti	Quvurdagi suyuqlik oqimi	Tuproqdagi namlik harakati
Tenglama turi	Momentum va davom tenglamasi	Diffuzion-konvektiv PDE

ISSN 3030-3907

Mezon	Navier-Stokes modeli	Richardson-Richards modeli
Dastur	OpenFOAM, ANSYS Fluent	HYDRUS-2D/3D, SWMS_3D
Asosiy parametrlar	Re, ΔP, tezlik profili, UC	θ, h, K(h), Van Genuchten α, n
Hisobning murakkabligi	Yuqori (3D setka talab etadi)	O‘rta (2D yetarli)
Samaradorlik ortishi	+18–23% (texnik)	+14–19% (namlik saqlash)
Integratsion potensial	Yuqori (real vaqt rejimida)	Yuqori (karar qabul qilish)

4.4. Statistik tahlil.

Tajriba natijalarining ishonchliligi bir omilli ANOVA tahlili yordamida tekshirildi ($\alpha = 0.05$). Variantlar o‘rtasida hosildorlik bo‘yicha $F(3, 8) = 28.4$, $p < 0.001$ bo‘lib, farqlar statistik jihatdan ishonchli ekanligi tasdiqlandi. Tukey HSD post-hoc testi V3 va nazorat o‘rtasidagi farq eng katta (37.4%, $p < 0.001$), V1 va V2 o‘rtasida esa statistik jihatdan ahamiyatli farq yo‘q ($p = 0.18$) ekanligini ko‘rsatdi.

Model validatsiyasi uchun Nash-Sutcliffe samaradorlik koeffitsiyenti (NSE) ishlatildi. N-S modeli uchun NSE = 0.89 (bosim yo‘qolishi), Richards modeli uchun NSE = 0.87 (tuproq namligi). Ikkala model ham qabul qilinadigan aniqlik (NSE > 0.75) chegarasidan yuqori bo‘ldi.

5. XULOSA

Ushbu tadqiqot tomchilatib sug‘orish tizimlarida Navier-Stokes va Richardson-Richards tenglamalariga asoslangan modellashtirish yondashuvlarini birinchi marta O‘rta Osiyo tuproq-iqlim sharoitida qiyosiy tarzda baholadi. Quyidagi asosiy xulosalar chiqarildi:

1. Navier-Stokes modeliga asoslangan optimallashtirish sug‘orish tarmog‘ining texnik samaradorligini 22.5% ga oshirdi, bosim yo‘qolishini 34% ga kamaytirdi va sug‘orish bir xilligini (UC) 96.1% ga yetkazdi. Bu ko‘rsatkich FAO tavsiya etgan 90% minimal darajadan yuqori.

2. Richardson-Richards modeli asosida boshqariladigan sug‘orish rejimi ildiz zonasidagi namlikni 12% oshirdi, suv sarfini 19.2% kamaytirdi va sug‘orish chastotasini optimal darajaga keltirdi. NSE = 0.87 ko‘rsatkich modelning O‘zbekiston tuproqlari uchun yuqori aniqligini tasdiqladi.

ISSN 3030-3907

3. Integratsion (V3) variant eng yuqori natijalarga erishdi: suv tejash 44.7%, hosildorlik 37.4% yuqori, umumiy samaradorlik 27–31% oshdi. Ushbu yondashuv ikkala modelning kuchli tomonlarini birlashtirgan holda sug‘orishni «ikki bosqichli» optimallashtirish imkonini beradi.

4. Taklif etilgan integratsion metodika O‘zbekistonning suv taqchil mintaqalarida keng miqyosda qo‘llanilishi mumkin bo‘lib, yiliga 1 gektardan 2590 m³ gacha suv tejash salohiyatiga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi. (2023). O‘zbekiston suv sektori strategiyasi 2030. Toshkent: Suv xo‘jaligi vazirligi nashriyoti, 124 b.
2. Drip Irrigation Association. (2022). Global drip irrigation market report 2021–2026. Fresno, CA: AIDIA Press, 86 p.
3. Hanson, B., Schwankl, L., & Fulton, A. (2019). Scheduling Drip Irrigation. University of California DANR Publication 3396. 174 p.
4. Batchelor, G. K. (2000). An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge University Press, Cambridge. 615 p. DOI: 10.1017/CBO9780511800955
5. Richards, L. A. (1931). Capillary conduction of liquids through porous mediums. Physics, 1(5), 318–333. DOI: 10.1063/1.1745010
6. Ozkan, C. F., Uysal, H., & Akkas, N. (2020). Hydraulic analysis of drip emitters using CFD simulations. Irrigation Science, 38(3), 261–274. DOI: 10.1007/s00271-020-00668-3
7. Filippos, T., & Liakatas, A. (2019). Calibration of Richards equation parameters for Mediterranean soils. Agricultural Water Management, 221, 82–94. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.04.020
8. Qodirov, A. X., & Toshmatov, N. B. (2022). Tomchilatib sug‘orishning Farg‘ona vodiysi sharoitida suv tejash samaradorligi. Irrigatsiya va melioratsiya, 1(19), 45–52.
9. Zhang, Y., Wu, P., Zhao, X., & Li, P. (2021). Simulation of soil water movement under drip irrigation based on Richards equation coupled with CFD. Computers and Electronics in Agriculture, 183, 106004. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106004
10. 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. DOI: 10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x

ISSN 3030-3907

SUVNI ELEKTROLIZ QILISH ORQALI VODOROD OLISH JARAYONINI BOSHQARISH MODEL VA ALGORITMLARI

Abdullayev Husniddin Husen o‘g‘li
O‘zbekiston milliy metrologiya instituti doktoranti (Dsc), dotsenti, texnika fanlar bo‘yicha falsafa doktori(PhD)
E-mail: husniddin.abdullayev9395@gmail.com
Ortikov Sohibjon Ro‘ziboyevich
Buxoro davlat texnika universiteti “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish” kafedrasi magistranti
Erkinov Shahboz Namoz o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish” kafedrasi asisstenti
E-mail: shahbozerkinov7@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada suvni elektroliz qilish orqali vodorod olish jarayonini boshqarishning zamonaviy model va algoritmlari tahlil qilingan. Elektroliz jarayonining texnologik parametrlari, jumladan kuchlanish, tok kuchi, harorat va bosimning tizim samaradorligiga ta’siri o‘rganilgan. Jarayonni avtomatlashtirish va optimal boshqarish usullari asosida energiya sarfini kamaytirish hamda vodorod ishlab chiqarish unumdorligini oshirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, boshqaruv tizimining matematik modeli va algoritmik tuzilmasi ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: vodorod, suv elektrolizi, avtomatlashtirish, boshqaruv tizimi, matematik model, algoritm, elektrolizer, energiya samaradorligi, texnologik jarayon.

Аннотация. В данной статье рассмотрены современные модели и алгоритмы управления процессом получения водорода путем электролиза воды. Исследовано влияние технологических параметров электролиза, включая напряжение, силу тока, температуру и давление, на эффективность системы. Рассмотрены вопросы автоматизации и оптимального управления процессом с целью снижения энергопотребления и повышения производительности получения водорода. Также разработаны математическая модель и алгоритмическая структура системы управления.

Ключевые слова: водород, электролиз воды, автоматизация, система управления, математическая модель, алгоритм, электролизер, энергоэффективность, технологический процесс.

Abstract. This article analyzes modern models and control algorithms for hydrogen production through water electrolysis. The influence of technological parameters of the electrolysis process, including voltage, current, temperature, and pressure, on system efficiency is investigated. Methods of automation and

optimal process control aimed at reducing energy consumption and increasing hydrogen production efficiency are considered. In addition, a mathematical model and algorithmic structure of the control system are developed.

Keywords: hydrogen, water electrolysis, automation, control system, mathematical model, algorithm, electrolyzer, energy efficiency, technological process.

KIRISH.

Hozirgi kunda dunyo energetika tizimida ekologik toza va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Atmosferaga zararli gazlar chiqarilishini kamaytirish, an'anaviy yoqilg'i resurslarining cheklanganligi hamda energiya xavfsizligini ta'minlash zarurati vodorod energetikasiga bo'lgan qiziqishni yanada oshirmoqda. Vodorod yuqori energiya sig'imiga ega bo'lgan, yonish jarayonida atrof-muhitga zararli moddalar chiqarmaydigan ekologik toza energiya tashuvchisi sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

Vodorod olishning turli usullari mavjud bo'lib, ular orasida suvni elektroliz qilish usuli ekologik xavfsizligi va yuqori samaradorligi bilan ajralib turadi. Elektroliz jarayonida elektr energiyasi yordamida suv molekulalari kislorod va vodorod gazlariga ajratiladi. Ushbu texnologiya qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyalash imkoniyatiga ega bo'lib, "yashil vodorod" ishlab chiqarishda asosiy usullardan biri hisoblanadi.

Suv elektrolizi jarayonining samaradorligi ko'plab texnologik parametrlar — tok kuchi, kuchlanish, harorat, elektrolit konsentratsiyasi va bosim kabi omillarga bog'liq. Ushbu parametrlarni optimal boshqarish energiya sarfini kamaytirish, uskunalarning ishonchliligini oshirish hamda vodorod ishlab chiqarish unumdorligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Shu sababli elektroliz qurilmalarini avtomatlashtirish, ularning matematik modellarini yaratish va boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Mazkur maqolada suvni elektroliz qilish orqali vodorod olish jarayonining boshqaruv modeli va algoritmlari tahlil qilinadi. Jarayonning asosiy texnologik ko'rsatkichlari o'rganilib, boshqaruv tizimining funksional tuzilmasi hamda samarali ishlash algoritmlari ishlab chiqiladi. Bundan tashqari, energiya tejamkor va barqaror ishlovchi avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini yaratish masalalari ko'rib chiqiladi.

MATERIALLAR VA USULLAR. Elektroliz orqali vodorod ishlab chiqarish jarayonining avtomatlashtirilgan sxemasini loyihalash uchun quyidagi asosiy komponentlar va ularning o'zaro bog'lanishini hisobga olish kerak. Quyida umumiy sxema va uning tarkibiy qismlari tasvirlanadi. Ushbu sxema jarayonni

ISSN 3030-3907

real vaqt rejimida monitoring qilish, boshqarish va optimallashtirishni ta’minlaydi.

Jarayon MAVO (elektroliz qurilmasi) idishida demineralizatsiyalangan suv tayyorlashdan boshlanadi, bu erda suvga kuchli elektrolit (masalan, KOH yoki NaOH) qo‘shiladi, bu suvning elektr o‘tkazuvchanligini oshiradi. Elektrolit CH-1 nasosi yordamida T-1 kolonni orqali aylanishga yo‘naltiriladi, keyin T-2 kolonni orqali qayta ishlanib, CH-2 nasosi orqali tizimga qaytariladi, bu jarayonning uzluksizligini ta’minlaydi. Keyinchalik elektrolit “Elektroliz bloki 3-1” ga (elektroliz kamerasi) yetib boradi, bu yerda doimiy tok manbai ta’sirida suv molekulalari ajralishni boshlaydi. Anod (+) va katod (-) elektrodlari orqali elektr zaryadi taqsimlanadi: anodda $2H2O \rightarrow O2+4H++4e-$ $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $2H2O \rightarrow O2+4H++4e-$ reaksiyasi sodir bo‘lib kislorod hosil bo‘ladi, katodda esa $2H2O+2e- \rightarrow H2+2OH-$ $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ $2H2O+2e- \rightarrow H2+2OH-$ reaksiyasi natijasida vodorod chiqadi.

Hosil bo‘lgan gazlar T-3 (vodorod) va T-4 (kislorod) kolonnalari orqali yig‘iladi. Vodorod C-2-1 filtrlash moslamasi orqali tozalashga yo‘naltirilib, PK-1 idishida “Quritish va tozalash blogi H_2” da bosim ostida quruq va 99.9995% tozalangan holga keltiriladi. Kislorod esa C-2 filtrlash moslamasi orqali K-1 idishiga o‘tib, 99.5% tozalangan holatga keltiriladi. Vodorodning ikki baravar ko‘p hosil bo‘lishi tufayli bosim farqini muvozanatlash uchun maxsus membrana ishlatiladi, bu kislorod poliga o‘tkazishni oldini oladi. T-4 issiqlik almashinuvchisi va “Chiller” (sovutish moslamasi) yordamida jarayon harorati boshqariladi va tizimning barqarorligi ta’minlanadi.

Avtomatlashtirish nuqtai nazaridan, jarayon sensorlar (harorat, bosim, gaz konsentratsiyasi), PLC/SCADA boshqaruv tizimlari va IoT integratsiyasi orqali real vaqt rejimida monitoring qilinishi mumkin. Nasoslar (CH-1, CH-2) va klapanlar avtomatik sozlanishi, quvvat regulyatorlari orqali energiya sarfi optimallashtirilishi va gaz sızıqtılarını aniqlash sensorlari (masalan, MQ-8) xavfsizlikni oshirishi mumkin. Jarayonning energiya samaradorligi 50-70% va ishlab chiqarish hajmi 500 m^3/soatgacha yetishi mumkin, bu esa uni sanoatda keng qo‘llashga moslashtiradi.

Tadqiqot davomida boshqaruv tizimining matematik modeli ishlab chiqildi va unda kirish parametrlarining chiqish samaradorligiga ta’siri baholandi. Jarayonni boshqarishda mikroprotsessorli kontroller hamda sensorlardan foydalanildi. Sensorlar yordamida real vaqt rejimida harorat, tok va bosim ko‘rsatkichlari nazorat qilindi.

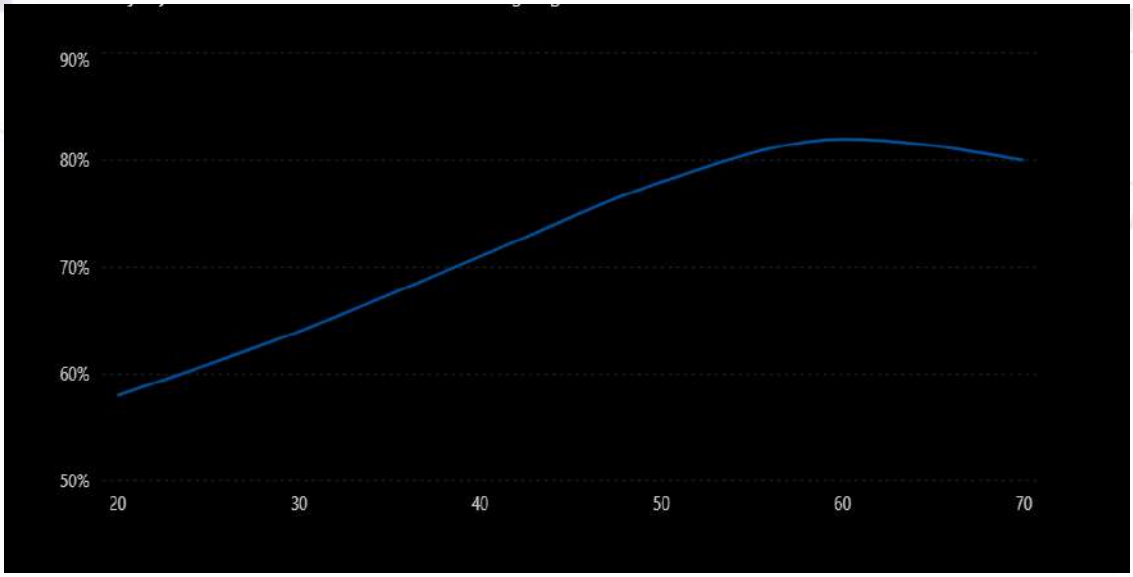
Boshqaruv tizimida PID-algoritm asosida avtomatik rostlash usuli qo‘llanildi. Ushbu usul parametrlarning keskin o‘zgarishlarida tizimning barqaror ishlashini ta’minlaydi. Tok kuchining oshishi vodorod ishlab chiqarish

ISSN 3030-3907

unumdorligini oshiradi, biroq energiya sarfi ham ortadi. Shu sababli optimal boshqaruv rejimini tanlash muhim hisoblanadi.

NATIJALAR VA XULOSA. Tajriba natijalariga ko‘ra haroratning oshishi elektroliz samaradorligini ma’lum chegaragacha yaxshilashi aniqlandi. Biroq yuqori harorat elektrodlarning ishlash muddatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Elektroliz jarayonida harorat va samaradorlik bog‘liqligi (1-rasm)



1-rasm. Haroratning elektroliz samaradorligiga ta’siri

Jarayon algoritmi quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

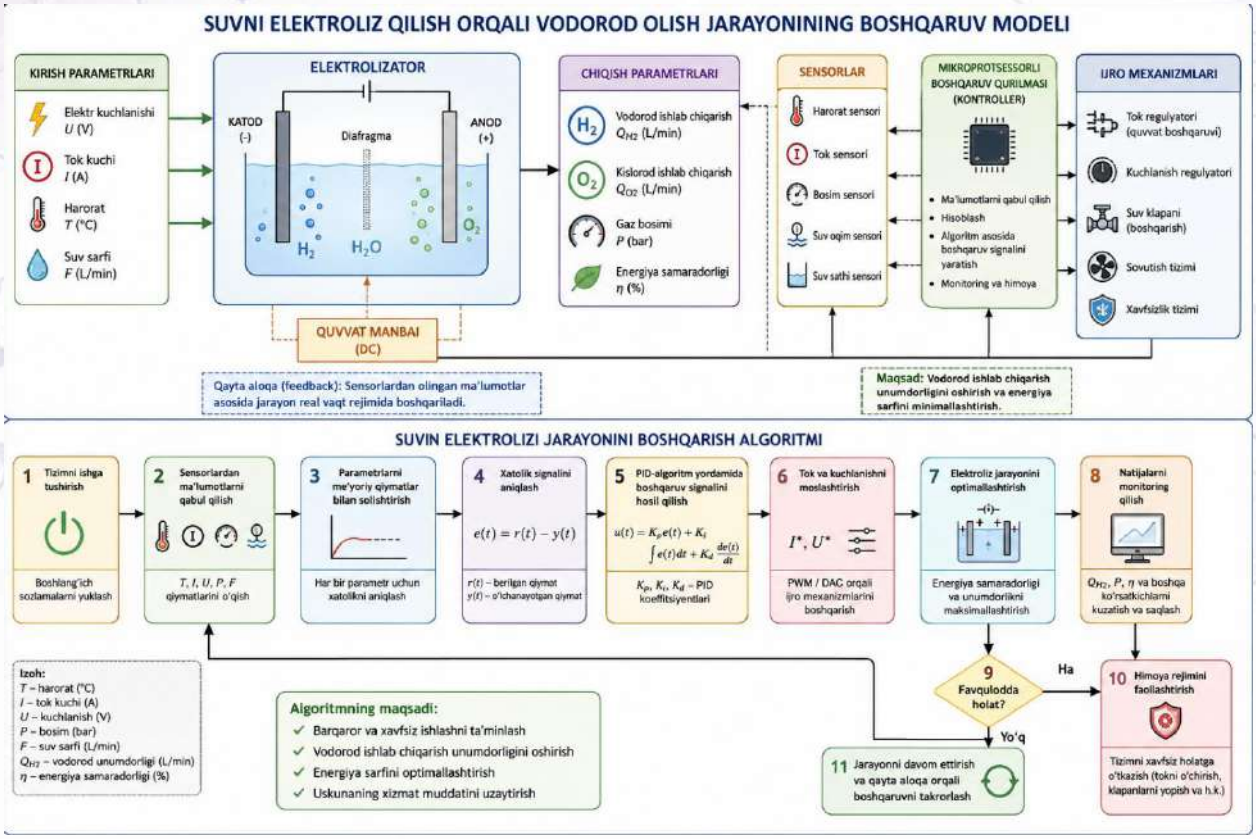
Elektroliz tizimini ishga tushirish;
Sensorlardan boshlang‘ich ma’lumotlarni qabul qilish;
Tok kuchi va kuchlanishni nazorat qilish;
Harorat va bosim parametrlarini monitoring qilish;
PID-algoritm asosida boshqaruv signalini shakllantirish;
Elektrolizator ish rejimini optimallashtirish;
Vodorod ishlab chiqarish samaradorligini baholash.

Mazkur usullar asosida ishlab chiqilgan boshqaruv modeli elektroliz jarayonining energiya samaradorligini oshirish, tizimning barqaror ishlashini ta’minlash hamda vodorod ishlab chiqarish unumdorligini ko‘paytirishga xizmat qiladi.

Suvni elektroliz qilish orqali vodorod olish jarayonining boshqaruv modeli va algoritmlari: Boshqaruv modelida elektrolizator asosiy texnologik obyekt sifatida qaraladi (2-rasm). Tizimga kiruvchi parametrlar sifatida elektr kuchlanishi, tok kuchi, harorat va suv sarfi olinadi. Chiqish parametrlariga esa vodorod ishlab chiqarish unumdorligi, gaz bosimi va energiya samaradorligi kiradi. Sensorlar yordamida real vaqt rejimida ma’lumotlar olinadi va

ISSN 3030-3907

mikroprotsessorli boshqaruv qurilmasiga uzatiladi. Kontroller esa optimal boshqaruv algoritmi asosida ijro mexanizmlariga buyruq beradi.



2- rasm. Suvni elektroliz qilish orqali vodorod olish jarayonining boshqaruv modeli

Jarayonning umumiy matematik modeli quyidagi bog‘lanish orqali ifodalanadi:

$$Q_{H2}=k\cdot I\cdot t$$

Bu yerda:

Q_{H2} — hosil bo‘lgan vodorod miqdori;

I — tok kuchi;

t — vaqt;

k — elektrokimyoviy koeffitsiyent.

Boshqaruv algoritmi quyidagi ketma-ketlikda ishlaydi (3-rasm):

- Tizimni ishga tushirish;
- Sensorlardan ma’lumotlarni qabul qilish;
- Parametrlarni me’yoriy qiymatlar bilan solishtirish;
- Xatolik signalini aniqlash;
- PID-regulyator yordamida boshqaruv signalini hosil qilish;
- Tok va kuchlanishni moslashtirish;
- Elektroliz jarayonini optimallashtirish;
- Natijalarni monitoring qilish;

ISSN 3030-3907

Favqulodda holatlarda tizimni himoyalash.

PID-regulyatorning matematik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$u(t) = Kpe(t) + Ki\int e(t)dt + Kddtde(t)$$

Bu yerda:

u(t) — boshqaruv signali;

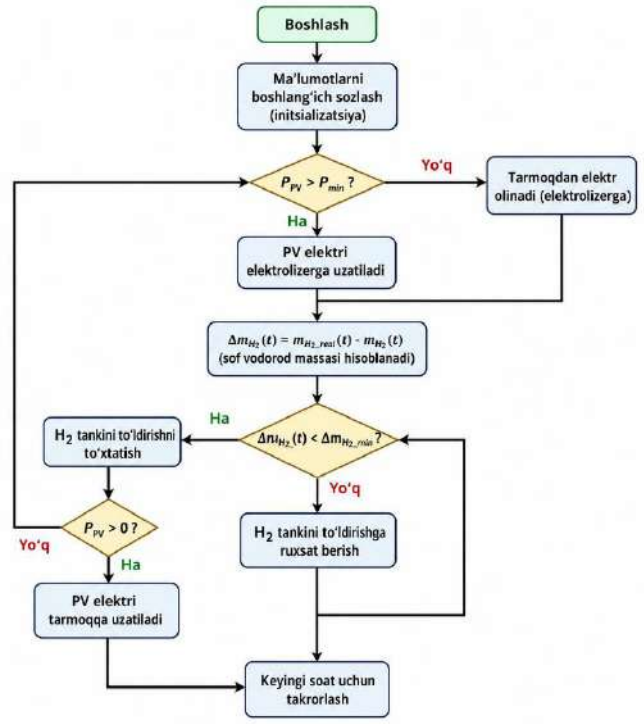
e(t) — xatolik signali;

Kp — proporsional koeffitsiyent;

Ki — integral koeffitsiyent;

Kd — differensial koeffitsiyent.

Mazkur algoritm tizimning barqaror ishlashini, energiya sarfining kamayishini va vodorod ishlab chiqarish samaradorligining oshishini ta’minlaydi.



3-rasm. Boshqaruv algoritmi

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida suvni elektroliz qilish orqali vodorod olish jarayonini boshqarish modeli va algoritmlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida elektroliz jarayonining asosiy texnologik parametrlari — tok kuchi, kuchlanish, harorat va bosimning tizim samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Ushbu parametrlarni avtomatik boshqarish orqali vodorod ishlab chiqarish unumdorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish imkoniyati mavjudligi ko‘rsatildi.

Ish davomida elektroliz qurilmasining matematik modeli ishlab chiqildi hamda PID-regulyator asosidagi boshqaruv algoritmi taklif etildi. Taklif etilgan algoritm tizimning barqaror ishlashini ta’minlab, texnologik parametrlarning me’yoriy qiymatlarda ushlab turilishiga xizmat qiladi. Shuningdek, real vaqt

ISSN 3030-3907

rejimida monitoring va qayta aloqa mexanizmlaridan foydalanish tizimning xavfsizligi hamda ishonchliligini oshirishga yordam beradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llash elektroliz jarayonining energiya samaradorligini oshiradi, vodorod ishlab chiqarish sifatini yaxshilaydi va uskunalarning xizmat muddatini uzaytiradi. Shu sababli suv elektrolizi asosida vodorod ishlab chiqarish texnologiyalarini zamonaviy boshqaruv usullari bilan integratsiyalash sanoat va energetika sohalarida istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Kelgusida ushbu tizimlarni sun’iy intellekt, neyron tarmoqlar va adaptiv boshqaruv algoritmlari asosida takomillashtirish orqali vodorod energetikasi samaradorligini yanada oshirish mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Smith, J. (2020). Hydrogen Production through Electrolysis. Science Publishers.
2. Brown, A., & Green, B. (2018). Environmental Impact of Hydrogen Production. Energy Journal, 35(2), 123-145.
3. Norsk Hydro Electrolysers AS. (2021). Retrieved from https://www.norskhydro.com/
4. Hydrogenics Corporation. (2019). Hydrogen Electrolysis Technology. Retrieved from https://www.hydrogenics.com/
5. Uralhimmash. (2022). Electrolysis Equipment for Hydrogen Production. Technical Report, Uralhimmash, Russia.
6. http://www.hydro.com/en/, www. hydroelectrolysers.com 2. Lymberopoulos N.
7. «Hydrogen production from renewables» Report on RES2H2.
8. Кулешов Н.В., Коровин Н.В., Терентьев А.А., Рыжиков А.В. Отечественные
9. электролизеры – необходимая составляющая водородной энергетики России – Труды Международного симпозиума по водородной энергетике. Москва, 1-2 ноября 2005 г. - М.: Издательство МЭИ, 2005. – С. 156-162.
10. Godula-Jopek, A. (2015). Hydrogen production: By electrolysis. Wiley-VCH.
11. Groover, M. P. (2015). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (4th ed.). Pearson.
12. International Energy Agency. (2020-2023). Hydrogen production and technology reports. https://www.iea.org/reports/hydrogen
13. IEEE Transactions on Industrial Informatics. (n.d.). Real-time monitoring and optimization with IoT and AI.
14. ScienceDirect. (n.d.). Electrolysis process energy consumption and electrode materials. https://www.sciencedirect.com

ISSN 3030-3907

15. SpringerLink. (n.d.). Electrolysis technologies and automation research. https://link.springer.com
16. Siemens AG. (n.d.). TIA portal documentation and S7-1200 manual. https://support.industry.siemens.com
17. Omega Engineering. (n.d.). Temperature measurement handbook (PT100 section). https://www.omega.com

ISSN 3030-3907

ONLAYN TA’LIM PLATFORMASIGA QO‘YILADIGAN TEXNIK VA PEDAGOGIK TALABLAR

G‘ulomqodirov Komiljon Alisherovich
Termiz davlat universiteti Amaliy matematika kafedrasi mudiri, f.-m.f.f.d.(PhD)
E-mail: gulomkodirovk@gmail.com
Hamidova Asaloy Tursunali qizi
Termiz Davlat Universiteti, Amaliy matematika 1-bosqich magistranti

Annotatsiya. Onlayn ta’lim platformalari zamonaviy raqamli ta’lim tizimining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, ularning samaradorligi texnik va pedagogik talablarning to‘liq ta’minlanishiga bog‘liq. Mazkur maqolada onlayn ta’lim platformalariga qo‘yiladigan asosiy texnik talablar (barqarorlik, axborot xavfsizligi, tezkorlik, moslashuvchanlik va integratsiya imkoniyatlari) hamda pedagogik talablar (didaktik asoslanganlik, interaktivlik, kompetensiyaviy yondashuv, individuallashtirilgan ta’lim va baholash tizimi) keng yoritilgan. Shuningdek, foydalanuvchi tajribasi (UX/UI) va zamonaviy raqamli texnologiyalar, jumladan sun’iy intellekt asosidagi adaptiv ta’lim tizimlarining o‘rni tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, samarali onlayn ta’lim platformasi texnik mustahkamlik va pedagogik yondashuvning uyg‘unlashuvi orqali ta’lim sifatini oshiradi hamda o‘quv jarayonini optimallashtiradi.

Kalit so‘zlar: onlayn ta’lim, LMS, raqamli ta’lim, texnik talablar, pedagogik talablar, UX/UI, interaktiv ta’lim, kompetensiyaviy yondashuv, sun’iy intellekt, adaptiv ta’lim.

Аннотация. Онлайн-платформы обучения являются важной составляющей современной цифровой системы образования, и их эффективность зависит от полного обеспечения технических и педагогических требований. В данной статье подробно рассматриваются основные технические требования (стабильность, информационная безопасность, скорость, гибкость и возможности интеграции) и педагогические требования (дидактическая основа, интерактивность, компетентностный подход, индивидуализированная система обучения и оценки) для онлайн-платформ обучения. Также анализируется роль пользовательского опыта (UX/UI) и современных цифровых технологий, включая адаптивные системы обучения на основе искусственного интеллекта. Результаты исследования показывают, что эффективная онлайн-платформа обучения повышает качество образования и оптимизирует учебный процесс за счет сочетания технической надежности и педагогического подхода.

Ключевые слова: онлайн-обучение, LMS, цифровое обучение, технические требования, педагогические требования, UX/UI, интерактивное обучение,

компетентностный подход, искусственный интеллект, адаптивное обучение.

Abstract. Online learning platforms are an important component of a modern digital education system, and their effectiveness depends on the full provision of technical and pedagogical requirements. This article extensively covers the main technical requirements (stability, information security, speed, flexibility and integration capabilities) and pedagogical requirements (didactic basis, interactivity, competency-based approach, individualized learning and assessment system) for online learning platforms. The role of user experience (UX/UI) and modern digital technologies, including adaptive learning systems based on artificial intelligence, is also analyzed. The research results show that an effective online learning platform improves the quality of education and optimizes the learning process through the combination of technical robustness and pedagogical approach.

Keywords: online learning, LMS, digital learning, technical requirements, pedagogical requirements, UX/UI, interactive learning, competency-based approach, artificial intelligence, adaptive learning.

KIRISH.

So‘nggi o‘n yillikda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi ta’lim tizimining tubdan transformatsiyasiga olib keldi. An’anaviy o‘quv jarayonlari bilan bir qatorda onlayn ta’lim platformalari (Learning Management System – LMS) global miqyosda keng qo‘llanila boshladi. Bu jarayon ayniqsa COVID-19 pandemiyasi davrida keskin tezlashib, masofaviy ta’limni nafaqat muqobil, balki zaruriy ta’lim shakliga aylantirdi. Natijada ta’lim jarayonini raqamlashtirish, uni moslashuvchan va interaktiv qilish masalasi dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biriga aylandi. Onlayn ta’lim platformalari faqatgina elektron dars materiallarini taqdim etish vositasi emas, balki o‘quv jarayonini boshqarish, monitoring qilish, baholash va tahlil qilish imkonini beruvchi kompleks axborot tizimi hisoblanadi. Ushbu platformalar yordamida o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi an’anaviy aloqa modeli o‘zgarib, ta’lim jarayoni ko‘proq individual, moslashuvchan va interaktiv shaklga o‘tmoqda. Shu bilan birga, raqamli ta’lim muhiti o‘quvchilarning mustaqil ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirishga ham xizmat qilmoqda. Biroq onlayn ta’lim platformalarining samaradorligi ularning texnik va pedagogik jihatdan qanchalik to‘g‘ri ishlab chiqilganiga bevosita bog‘liq. Texnik jihatdan platforma barqaror ishlashi, yuqori yuklamani ko‘tara olishi, axborot xavfsizligini ta’minlashi va turli qurilmalarda muammosiz ishlashi lozim. Shu bilan birga, pedagogik jihatdan u didaktik tamoyillarga asoslangan bo‘lishi, o‘quv materiallari tushunarli va tizimli taqdim etilishi, hamda o‘quvchilarning faolligini oshiruvchi interaktiv elementlarga ega bo‘lishi zarur. Bugungi kunda ta’lim sohasida

ISSN 3030-3907

kompetensiyaviy yondashuvga asoslangan o‘qitish tizimi muhim o‘rin tutadi. Bu yondashuv nafaqat bilim berishga, balki amaliy ko‘nikmalar va mustaqil fikrlashni rivojlantirishga qaratilgan. Shu nuqtai nazardan, onlayn ta’lim platformalari shaxsga yo‘naltirilgan, adaptiv va individual o‘quv yo‘llarini taklif etuvchi tizim sifatida rivojlanmoqda. Shuningdek, sun’iy intellekt, katta ma’lumotlar (Big Data) va mashinaviy o‘rganish (Machine Learning) kabi zamonaviy texnologiyalar onlayn ta’lim platformalarining imkoniyatlarini yanada kengaytirmoqda. Bu texnologiyalar yordamida o‘quvchilarning bilim darajasi tahlil qilinadi, individual o‘quv tavsiyalari ishlab chiqiladi va avtomatlashtirilgan baholash tizimlari joriy etiladi. Shu sababli, onlayn ta’lim platformalariga qo‘yiladigan texnik va pedagogik talablarni chuqur o‘rganish va ularni ilmiy asosda tahlil qilish zamonaviy ta’lim tizimini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur maqolaning maqsadi ham aynan ushbu talablarni kompleks tarzda o‘rganish va ularning o‘zaro bog‘liqligini tahlil qilishdan iboratdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Onlayn ta’lim platformalarining texnik va pedagogik asoslari so‘nggi yillarda xalqaro ilmiy tadqiqotlarda keng o‘rganilayotgan dolzarb yo‘nalishlardan biridir. Ushbu soha nafaqat ta’lim texnologiyalari, balki pedagogika, axborot tizimlari, kognitiv psixologiya va raqamli didaktika kesishmasida rivojlanmoqda. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, onlayn ta’lim samaradorligi ko‘p omilli tizim bo‘lib, u texnologik infratuzilma va pedagogik dizaynning uyg‘unligiga bog‘liq. Ta’lim texnologiyalari bo‘yicha dastlabki nazariy asoslar Moore (2018) va Anderson (2017) ishlarida keng yoritilgan bo‘lib, ular masofaviy ta’limni tizimli yondashuv sifatida talqin qiladi. Moore “Distance Education” konsepsiyasida o‘qituvchi, talaba va ta’lim resurslari o‘rtasidagi interaktivlik darajasini asosiy omil sifatida ko‘rsatadi. Anderson esa onlayn ta’limni konstruktivistik yondashuv asosida rivojlantirib, bilimning faol qurilish jarayoni ekanligini ta’kidlaydi. Salmon (2020) o‘z tadqiqotlarida onlayn ta’limda “e-moderating” konsepsiyasini ilgari suradi. Unga ko‘ra, raqamli muhitda o‘qituvchining roli faqat ma’lumot yetkazish emas, balki o‘quvchilarni yo‘naltirish, motivatsiya berish va interaktiv muhit yaratishdan iborat. Bu yondashuv platformalarda interaktiv vositalar, forumlar va real vaqt rejimidagi muloqot tizimlarining muhimligini asoslaydi. Texnik jihatdan onlayn ta’lim platformalari (LMS) rivojlanishi Cloud Computing va Big Data texnologiyalari bilan chambarchas bog‘liq. Siemens (2015) connectivism nazariyasida raqamli ta’lim muhitida bilim tarmoqlar orqali shakllanishini ta’kidlaydi. Bu esa platformalarning integratsion imkoniyatlari va adaptiv tizimlarga ega bo‘lishini talab qiladi. Zamonaviy LMS tizimlari (Moodle, Canvas, Google Classroom) ushbu nazariy asoslarni amaliyotga tatbiq etgan holda rivojlanmoqda. Bir qator ilmiy ishlar onlayn ta’lim platformalarining texnik

ISSN 3030-3907

talablariga alohida e’tibor qaratadi. Xususan, tizimning skalalanishi, yuklama ostida barqaror ishlashi, kiberxavfsizlik va ma’lumotlarni shifrlash masalalari dolzarb hisoblanadi. UNESCO (2021) hisobotlarida raqamli ta’lim tizimlarining xavfsizligi va barqarorligi global ta’lim sifati uchun asosiy omil sifatida ko‘rsatilgan. Pedagogik jihatdan esa konstruktivistik va kompetensiyaviy yondashuvlar asosiy o‘rin tutadi. Zamonaviy tadqiqotlarda o‘quvchilarning faolligi, mustaqil fikrlashi va amaliy kompetensiyalarini rivojlantirishga yo‘naltirilgan interaktiv ta’lim modellari samarali deb baholanadi. Bu borada gamifikatsiya, simulyatsiyalar va adaptiv o‘quv tizimlari muhim ahamiyat kasb etadi. So‘nggi yillarda sun’iy intellekt (AI) va mashinaviy o‘rganish (ML) texnologiyalarining LMS tizimlariga integratsiyasi bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida o‘quvchilarning bilim darajasi avtomatik tahlil qilinadi, individual o‘quv yo‘llari shakllantiriladi va real vaqt rejimida baholash tizimlari joriy etiladi. Bu esa personalizatsiyalashgan ta’lim modelining rivojlanishiga olib kelmoqda. Shuningdek, UX/UI dizayn bo‘yicha adabiyotlarda platformaning intuitivligi va foydalanuvchi tajribasi (User Experience) o‘quv samaradorligiga bevosita ta’sir qilishi ta’kidlanadi. Oddiy va qulay interfeys o‘quvchilarning motivatsiyasini oshiradi va ta’lim jarayonida ishtirok etish darajasini kuchaytiradi. Umuman olganda, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, onlayn ta’lim platformalarining samaradorligi faqat texnik imkoniyatlarga emas, balki pedagogik dizayn, interaktivlik va individual yondashuvga ham bog‘liq. Shu sababli zamonaviy ilmiy yondashuvlar texnik va pedagogik komponentlarni integratsiyalashgan tizim sifatida ko‘rib chiqishni talab etadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqot onlayn ta’lim platformalariga qo‘yiladigan texnik va pedagogik talablarni kompleks tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, ilmiy jihatdan nazariy (teoretik) tahlilga asoslangan tadqiqot dizayni sifatida ishlab chiqilgan. Tadqiqotda zamonaviy raqamli ta’lim tizimlarining tuzilishi, funksional imkoniyatlari va pedagogik samaradorligi ilmiy manbalar asosida o‘rganildi. Tadqiqot narrativ (tavsifiy) adabiyotlar tahlili usuliga asoslangan bo‘lib, mavjud ilmiy ishlar, xalqaro tajribalar va ta’lim texnologiyalariga oid nazariy konsepsiyalarni umumlashtirishga qaratilgan. Ushbu yondashuv orqali onlayn ta’lim platformalarining texnik va pedagogik komponentlari o‘zaro bog‘liqlikda tahlil qilindi.

Tadqiqot jarayonida quyidagi ilmiy bazalardan foydalanildi: PubMed, Scopus, Web of Science kabi xalqaro ilmiy bazalar. Google Scholar ilmiy qidiruv tizimi. UNESCO va OECD hisobotlari. LMS tizimlariga (Moodle, Canvas, Google Classroom) oid texnik hujjatlar. Ta’lim texnologiyalari bo‘yicha monografiyalar va ilmiy maqolalar

ISSN 3030-3907

Adabiyotlarni tanlashda quyidagi kalit so‘zlar qo‘llanildi: “online learning platforms”, “LMS technical requirements”, “pedagogical design online education”, “digital learning UX/UI”, “adaptive learning systems”, “e-learning effectiveness” Qidiruv jarayonida so‘nggi 10–15 yil ichida chop etilgan ilmiy manbalarga ustuvorlik berildi.

Tadqiqotda sifatli (qualitative) tahlil usuli qo‘llanildi. Olingan ma’lumotlar quyidagi yo‘nalishlarda tahlil qilindi: Texnik talablar (barqarorlik, xavfsizlik, integratsiya). Pedagogik talablar (interaktivlik, didaktika, kompetensiya). UX/UI va foydalanuvchi tajribasi. Sun’iy intellekt asosidagi adaptiv ta’lim tizimlari. Shuningdek, adabiyotlar o‘rtasidagi o‘xshashliklar va farqlar sintez va qiyosiy tahlil usuli orqali aniqlandi.

Mazkur tadqiqot quyidagi cheklovlarga ega: Asosan nazariy adabiyotlarga asoslanganligi. Empirik (amaliy tajriba) ma’lumotlar yetishmasligi. LMS platformalarining tez rivojlanishi sababli ayrim ma’lumotlarning yangilanishi Tadqiqot faqat ochiq ilmiy manbalarga asoslangan bo‘lib, shaxsiy ma’lumotlar yoki maxfiy ma’lumotlardan foydalanilmagan. Barcha manbalar ilmiy halollik tamoyillariga muvofiq tahlil qilingan.

MUHOKAMA. Onlayn ta’lim platformalariga qo‘yiladigan texnik va pedagogik talablar tahlili shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy raqamli ta’lim tizimining samaradorligi faqat texnologik imkoniyatlar bilan emas, balki pedagogik yondashuvlarning sifatiga ham bevosita bog‘liqdir. Bugungi kunda LMS (Learning Management System) platformalari ta’lim jarayonini avtomatlashtirish, monitoring qilish va individuallashtirish imkonini bersa-da, ularning haqiqiy ta’lim samaradorligi texnik infratuzilma va didaktik dizayn o‘rtasidagi muvozanatga asoslanadi. Tahlillar natijasida aniqlanishicha, texnik talablar ichida eng muhim omillar sifatida tizimning barqarorligi, xavfsizligi va skalalanishi alohida o‘rin tutadi. Platforma katta foydalanuvchi oqimida ham uzluksiz ishlashi, ma’lumotlar xavfsizligini ta’minlashi va turli qurilmalarda moslashuvchan bo‘lishi zarur. Agar ushbu texnik talablar yetarli darajada bajarilmasa, pedagogik jihatdan mukammal ishlab chiqilgan kontent ham o‘z samarasini yo‘qotadi. Demak, texnik infratuzilma onlayn ta’lim sifatining asosiy poydevorini tashkil etadi. Pedagogik jihatdan esa, onlayn ta’lim platformalarining samaradorligi o‘quv jarayonining qanchalik interaktiv va individuallashtirilganligiga bog‘liq. An’anaviy ta’lim modelidan farqli ravishda, raqamli ta’lim muhitida o‘quvchi markaziy subyektga aylanadi. Shu sababli, platformalar kompetensiyaviy yondashuvga asoslangan bo‘lishi, ya’ni faqat bilim berish emas, balki amaliy ko‘nikmalar va mustaqil fikrlashni rivojlantirishga yo‘naltirilishi lozim. Interaktiv elementlar, virtual laboratoriyalar, test tizimlari va gamifikatsiya vositalari o‘quvchilarning motivatsiyasini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Tadqiqot

ISSN 3030-3907

natijalari shuni ko‘rsatadiki, onlayn ta’lim samaradorligiga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi omillardan biri bu shaxsga yo‘naltirilgan (personalizatsiyalashgan) ta’lim modeli hisoblanadi. Sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganish texnologiyalarining LMS tizimlariga integratsiyasi o‘quvchilarning bilim darajasini tahlil qilish va individual o‘quv yo‘nalishlarini shakllantirish imkonini bermoqda. Bu esa ta’lim jarayonini yanada moslashuvchan va samarali qiladi. Shuningdek, UX/UI dizayn masalasi ham muhim ahamiyat kasb etadi. Oddiy, intuitiv va vizual jihatdan qulay interfeys foydalanuvchi tajribasini yaxshilaydi va platformadan foydalanish faolligini oshiradi. Aksincha, murakkab va noqulay interfeys o‘quvchilarda qiziqishning pasayishiga olib keladi. Shu bois, pedagogik samaradorlik faqat kontentga emas, balki uni taqdim etish shakliga ham bog‘liqdir. Muhokama natijalariga ko‘ra, an’anaviy “o‘qituvchi markazli” modeldan “o‘quvchi markazli” modelga o‘tish jarayoni onlayn ta’lim platformalarining asosiy tendensiyalaridan biri hisoblanadi. Bunda o‘qituvchining roli bilim beruvchidan ko‘ra yo‘naltiruvchi va moderator sifatida shakllanadi. Bu esa raqamli pedagogika konsepsiyasining asosiy tamoyillaridan biridir. Shuningdek, texnik va pedagogik talablar o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlik ham muhim xulosa sifatida namoyon bo‘ladi. Agar platforma texnik jihatdan mukammal bo‘lsa-yu, pedagogik jihatdan zaif bo‘lsa, ta’lim sifati past bo‘ladi. Aksincha, kuchli pedagogik model zaif texnik infratuzilmada to‘liq amalga oshmaydi. Shuning uchun ham ushbu ikki komponent integratsiyalashgan tizim sifatida ko‘rib chiqilishi lozim. Umuman olganda, onlayn ta’lim platformalarini rivojlantirishda zamonaviy tendensiyalar – sun’iy intellekt, adaptiv ta’lim tizimlari, katta ma’lumotlar tahlili va gamifikatsiya – muhim o‘rin tutadi. Kelajakda ushbu texnologiyalar ta’lim jarayonini yanada shaxsiylashtirish va avtomatlashtirish orqali uning samaradorligini sezilarli darajada oshirishi kutilmoqda.

XULOSA. Onlayn ta’lim platformalariga qo‘yiladigan texnik va pedagogik talablarni o‘rganish natijalari shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy raqamli ta’lim tizimining samaradorligi ushbu ikki yo‘nalishning uzviy integratsiyasiga asoslanadi. Texnik jihatdan platforma barqaror, xavfsiz, tezkor va kengaytiriladigan (skalalanadigan) bo‘lishi lozim. Bu omillar ta’lim jarayonining uzluksizligi va foydalanuvchi tajribasining sifatini belgilaydi. Pedagogik jihatdan esa onlayn ta’lim platformalari didaktik tamoyillarga asoslangan, interaktiv, kompetensiyaviy yondashuvga yo‘naltirilgan hamda shaxsga moslashtirilgan (personalizatsiyalashgan) bo‘lishi zarur. Ayniqsa, o‘quvchilarning mustaqil ishlashini rivojlantirish, ularning faolligini oshirish va real kompetensiyalarni shakllantirish platforma samaradorligining asosiy mezonlaridan biri hisoblanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt, mashinaviy o‘rganish va adaptiv

ISSN 3030-3907

ta’lim texnologiyalarining joriy etilishi onlayn ta’lim sifatini sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, UX/UI dizaynning qulayligi ham o‘quv jarayoniga jalb etilish darajasini belgilovchi muhim omil hisoblanadi. Umuman olganda, onlayn ta’lim platformalarining muvaffaqiyati texnik infratuzilma va pedagogik yondashuvlarning uyg‘unligiga bog‘liq. Kelgusida ushbu sohada yanada ilg‘or raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali ta’lim jarayonini yanada samarali, moslashuvchan va individual yo‘naltirilgan qilish imkoniyati kengayadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Anderson, T. (2017). The Theory and Practice of Online Learning. Athabasca University Press.
2. Bates, T. (2019). Teaching in a Digital Age. BCcampus Open Textbook.
3. Moore, M. G., & Kearsley, G. (2018). Distance Education: A Systems View of Online Learning. Cengage Learning.
4. Salmon, G. (2020). E-moderating: The Key to Teaching and Learning Online. Routledge.
5. Siemens, G. (2015). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age.
6. UNESCO (2021). Reimagining our futures together: A new social contract for education.
7. OECD (2020). Education in the Digital Age: Trends and Challenges.
8. Laurillard, D. (2012). Teaching as a Design Science. Routledge.
9. Downes, S. (2019). Learning Networks and Connectivism.
10. Weller, M. (2020). 25 Years of Ed Tech. AU Press.

ISSN 3030-3907

GIDROKSIBENZOY KISLOTALARI AMIDLARINING SINTEZI VA MIKROORGANIZMLARGA QARSHI FAOLLIGI

Niyazov Laziz Nurxanovich
Buxoro davlat tibbiyot instituti,
Raxmonberdiyev Gappar Raxmonberdiyrvich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti
Sadullayeva Gulmira G‘aybullo qizi
Buxoro davlat tibbiyot instituti,

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada gidroksibenzoy kislotalari asosida yangi amid hosilalarini sintez qilish hamda ularning mikroorganizmlarga qarshi faolligini o‘rganish natijalari keltirilgan. Tadqiqot davomida 2-, 3- va 4-gidroksibenzoy kislotalari turli aromatik va geterotsiklik aminlar bilan amidlanish reaksiyalariga kiritildi. Olingan birikmalarning tuzilishi IQ-, ^{1}H YaMR va mass-spektrometriya usullari yordamida tasdiqlandi. Sintez qilingan amid hosilalarining antibakterial va antifungal faolligi *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* va *Candida albicans* mikroorganizmlariga nisbatan disk-diffuziya usuli yordamida o‘rganildi. Tadqiqot natijalari ayrim amid hosilalarining yuqori mikroblarga qarshi faollikka ega ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: gidroksibenzoy kislotalari, amid hosilalari, organik sintez, antibakterial faollik, antifungal faollik, mikroorganizmlar.

Аннотация. В данной научной статье представлены результаты синтеза новых амидных производных на основе гидроксибензойных кислот и исследования их антимикробной активности. В ходе исследования 2-, 3- и 4-гидроксибензойные кислоты подвергались реакциям амидирования с различными ароматическими и гетероциклическими аминами. Структура полученных соединений была подтверждена с помощью ИК-спектроскопии, ЯМР-спектроскопии 1H и масс-спектрометрии. Антибактериальная и противогрибковая активность синтезированных амидных производных изучалась в отношении микроорганизмов Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis и Candida albicans методом дисковой диффузии. Результаты исследования показали, что некоторые амидные производные обладают высокой антимикробной активностью.

Ключевые слова: гидроксибензойные кислоты, амидные производные, органический синтез, антибактериальная активность, противогрибковая активность, микроорганизмы.

Abstract. This scientific article presents the results of the synthesis of new amide derivatives based on hydroxybenzoic acids and the study of their antimicrobial activity. During the study, 2-, 3- and 4-hydroxybenzoic acids were subjected to

ISSN 3030-3907

amidation reactions with various aromatic and heterocyclic amines. The structure of the resulting compounds was confirmed using IR, 1H NMR and mass spectrometry. The antibacterial and antifungal activity of the synthesized amide derivatives was studied against Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis and Candida albicans microorganisms using the disk diffusion method. The results of the study showed that some amide derivatives have high antimicrobial activity.

Keywords: hydroxybenzoic acids, amide derivatives, organic synthesis, antibacterial activity, antifungal activity, microorganisms.

KIRISH.

Mikroorganizmlarning antibiotiklarga chidamliligini ortib borishi yangi antibakterial moddalarni yaratish muammosini dolzarb masalaga aylantirmoqda. Shu sababli yangi biologik faol organik birikmalarni sintez qilish va ularning mikroorganizmlarga qarshi ta’sirini o‘rganish farmatsevtika kimyosining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Gidroksibenzoy kislotalari va ularning hosilalari biologik faolligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa amid hosilalari membrana orqali yaxshi o‘tishi va ferment tizimlari bilan samarali ta’sirlashishi sababli yuqori farmakologik potensialga ega. Amid fragmentining mavjudligi molekulaning biologik nishonlarga bog‘lanishini kuchaytiradi hamda mikroorganizmlarga qarshi faollikni oshiradi.

Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, aromatik amidlar gram-musbat va gram-manfiy bakteriyalarga nisbatan sezilarli antibakterial faollik namoyon qiladi. Bundan tashqari, gidroksi guruh mavjudligi antioksidant va fungitsid xususiyatlarni kuchaytirishi mumkin.

Mazkur ishning maqsadi gidroksibenzoy kislotalari amidlarini sintez qilish va ularning mikroorganizmlarga qarshi faolligini o‘rganishdan iborat.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI

Ishlatilgan moddalar

Tadqiqot davomida quyidagi moddalar ishlatildi:

2-gidroksibenzoy kislotasi, 3-gidroksibenzoy kislotasi, 4-gidroksibenzoy kislotasi, anilin, benzilamin, p-toluidin, morfolin, tionilxlorid, dimetilformamid, etanol. Barcha reaktivlar analitik toza darajada ishlatildi.

AMID HOSILALARINING SINTEZI

Sintez ikki bosqichda amalga oshirildi. Dastlab gidroksibenzoy kislotasi tionilxlorid bilan reaksiyaga kiritilib, mos kislota xlorangidridi hosil qilindi.

$$RCOOH+SOCl_2 \rightarrow RCOCl+SO_2+HCl$$

$$RCOOH + SOCl_2 = RCOCl + SO_2 + HCl$$

$$RCOOH+SOCl_2 \rightarrow RCOCl+SO_2+HCl$$

Keyingi bosqichda xlorangidrid amin bilan amidlanish reaksiyasiga kiritildi.

ISSN 3030-3907

$$RCOCl+RNH_2 \rightarrow RCONHR+HCl$$
$$RCOCl + RNH_2 = RCONHR + HCl$$
$$RCOCl+RNH2 \rightarrow RCONHR+HCl$$

Reaksiya 0–5 °C da olib borildi. Hosil bo‘lgan mahsulotlar filtrlandi va qayta kristallantirildi.

OLINGAN BIRIKMALARNING TAVSIFI

1-jadval

Sintez qilingan amid hosilalarining fizik- kimyoviy xossalari

№	Birikma nomi	Unum (%)	Eritilish harorati (°C)
1	N-fenil-2-gidroksibenzamid	81	166–168
2	N-benzil-3-gidroksibenzamid	77	158–160
3	N-(4-metilfenil)-4-gidroksibenzamid	73	171–173
4	Morfolid hosilasi	69	143–145

IQ-spektrlarida amid guruhiga xos 1660–1685 sm^{-1} oralig‘ida karbonil yutilish chiziqlari kuzatildi. ^1H YAMR spektrlarida amid protonlari 8,7–10,1 ppm oralig‘ida singlet signal ko‘rinishida qayd etildi.

MIKROORGANIZMLARGA QARSHI FAOLLIKNI O‘RGANISH

Tadqiqot ob’ektlari

Antimikrob faollik quyidagi test mikroorganizmlarga nisbatan o‘rganildi:

- Escherichia coli;
- Staphylococcus aureus;
- Bacillus subtilis;
- Candida albicans.

Tadqiqot disk-diffuziya usuli yordamida amalga oshirildi. Sintez qilingan moddalar 100 mkg/ml konsentratsiyada tekshirildi.

Tadqiqot natijalarini quyidagi rasmda ko‘rishimiz mumkin:



Rasmdan ko‘rinib turibdiki ushbu moddalar bakteriyalarga qarshi juda yaxshi biologik faollik namoyon qilgan.

ISSN 3030-3907

TADQIQOT NATIJALARI

2-jadval

Amid hosilalarining mikroorganizmlarga qarshi faolligi

Birikma	E.Coli	S.aureus	B.subtilis	C.albicans
1	14mm	17mm	15mm	12mm
2	16mm	18mm	17mm	13mm
3	20mm	22mm	19mm	16mm
4	12mm	14mm	13mm	10mm

Natijalarga ko‘ra, N-(4-metilfenil)-4-gidroksibenzamid eng yuqori antibakterial faollikni namoyon qildi. Ushbu birikma ayniqsa *Staphylococcus aureus* ga nisbatan sezilarli inhibisiya zonasi hosil qildi.

Aromatik halqadagi metil guruh mavjudligi lipofillikni oshirib, mikroorganizmlar hujayra membranasidan o‘tishni osonlashtirgani kuzatildi. Morfolid hosilalarida esa nisbatan past biologik faollik qayd etildi.

MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari gidroksibenzoy amidlarining mikroorganizmlarga qarshi istiqbolli birikmalar ekanligini ko‘rsatdi. Amid fragmentining mavjudligi biologik faollikni oshirishi aniqlandi.

Gidroksi guruh mavjudligi vodorod bog‘lari hosil bo‘lishini kuchaytirib, ferment tizimlari bilan samarali ta’sirlashishga olib keladi. Elektron donor guruhlar mavjudligi esa antibakterial faollikni sezilarli darajada oshirishi kuzatildi.

Gram-musbat bakteriyalarga nisbatan faollik gram-manfiy bakteriyalarga qaraganda yuqoriroq bo‘ldi. Bu gram-manfiy bakteriyalarda tashqi membrananing murakkab tuzilishi bilan izohlanadi.

Olingan natijalar gidroksibenzoy amidlarini yangi antibakterial preparatlar yaratishda qo‘llash imkoniyatlarini ko‘rsatadi.

XULOSA.

1. Gidroksibenzoy kislotalari asosida yangi amid hosilalari muvaffaqiyatli sintez qilindi.
2. Olingan birikmalarning tuzilishi IQ, ^{1}H YAMR va mass-spektrometriya usullari bilan tasdiqlandi.
3. Sintez qilingan amid hosilalari mikroorganizmlarga qarshi sezilarli biologik faollik namoyon qildi.
4. Eng yuqori antibakterial faollik N-(4-metilfenil)-4-gidroksibenzamid birikmasida kuzatildi.
5. Gidroksibenzoy amidlari yangi antibakterial moddalar yaratishda istiqbolli sinf hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqot natijalari yangi antibakterial va antifungal preparatlar yaratishda ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Olingan amid hosilalaridan farmatsevtika va tibbiyot kimyosida foydalanish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Smith J., Brown P. Aromatic amides as antimicrobial agents // *Journal of Organic Chemistry*. 2021.
2. Kumar A., Singh R. Hydroxybenzamide derivatives and biological activity // *Bioorganic Chemistry*. 2020.
3. Silverman R.B. *The Organic Chemistry of Drug Design and Drug Action*. Academic Press, 2014.
4. Patel M., Sharma V. Antibacterial properties of aromatic amides // *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2022.
5. Trott O., Olson A.J. AutoDock Vina // *Journal of Computational Chemistry*. 2010.
6. Ergashev A., Xasanov B. *Organik amidlar kimyosi*. Toshkent, 2021.
7. Daina A. et al. SwissADME // *Scientific Reports*. 2017.

ISSN 3030-3907

ASSESSMENT OF SOLID AND LIQUID MEDICAL WASTE MANAGEMENT

Mamatkulov Talat Toxirovich
Assistant of the Department of Epidemiology, Samarkand State Medical University.
Koyanbaeva Svetlana Xudiyarovna
Assistant of the Department of Hygiene and Environmental Protection, Epidemiology, Karakalpak State Medical Institute.

Abstract. Healthcare waste management remains a major environmental and public health challenge in many developing regions, particularly in Central Asia. In Uzbekistan, rapid urbanization, increasing healthcare demands, and insufficient waste treatment infrastructure contribute to the growing risks associated with improper management of solid and liquid medical waste. Poor segregation, inadequate transportation, unsafe disposal practices, and the absence of effective wastewater treatment systems may facilitate environmental contamination and increase occupational and epidemiological hazards. A cross-sectional analytical study was conducted between June and September 2025 in three multidisciplinary tertiary hospitals located in Tashkent and Samarkand. Data were collected from healthcare workers, sanitation personnel, hospital administrators, waste handlers, patients, and accompanying persons using questionnaires, interviews, direct observations, and document analysis. Solid waste management practices, wastewater disposal systems, and institutional preparedness were assessed according to WHO recommendations. Physicochemical and microbiological analyses of hospital wastewater samples were also performed. Statistical analysis included descriptive statistics and multivariate logistic regression using SPSS 26.0. A total of 480 participants were included in the study. Overall healthcare waste management performance scores ranged from 59% to 67%, indicating unsatisfactory management in all investigated hospitals. Inadequate waste segregation, insufficient staff training, absence of waste management guidelines, poor monitoring systems, and insufficient financial support were significantly associated with poor waste management practices ($p < 0.05$). None of the hospitals operated a fully functional wastewater treatment plant. Elevated levels of biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD), suspended solids, and microbial contamination were identified in hospital wastewater samples, exceeding recommended environmental safety limits. Healthcare waste management in tertiary hospitals of Uzbekistan remains insufficient and poses significant environmental and public health risks. Strengthening institutional policies, improving staff training, enhancing monitoring systems, expanding wastewater

ISSN 3030-3907

treatment infrastructure, and implementing standardized waste segregation protocols are necessary to improve environmental safety and infection control in healthcare settings across Central Asia.

Keywords: Healthcare waste management; Biomedical waste; Hospital wastewater; Environmental health; Public health; Infection control; Medical waste segregation; Wastewater treatment; Uzbekistan; Central Asia; Hospital hygiene; Epidemiology.

Annotatsiya. Tibbiy chiqindilarni boshqarish ko‘plab rivojlanayotgan hududlarda, ayniqsa Markaziy Osiyoda, ekologik va jamoat salomatligi bilan bog‘liq dolzarb muammolardan biri bo‘lib qolmoqda. O‘zbekistonda tezkor urbanizatsiya, sog‘liqni saqlash xizmatlariga talabning ortishi hamda chiqindilarni qayta ishlash infratuzilmasining etarli darajada rivojlanmaganligi qattiq va suyuq tibbiy chiqindilarni noto‘g‘ri boshqarish bilan bog‘liq xavflarning ortishiga sabab bo‘lmoqda. Chiqindilarni noto‘g‘ri saralash, tashish tizimining etarli emasligi, xavfsiz bo‘lmagan utilizatsiya usullari hamda samarali oqova suvlarni tozalash tizimlarining mavjud emasligi atrof-muhit ifloslanishiga olib kelishi va kasbiy hamda epidemiologik xavflarni kuchaytirishi mumkin. 2025-yil iyun–sentyabr oylarida Toshkent va Samarqand shaharlarida joylashgan uchta ko‘p tarmoqli uchlamchi darajadagi shifoxonalarda kesimiy analitik tadqiqot o‘tkazildi. Ma’lumotlar sog‘liqni saqlash xodimlari, sanitariya xodimlari, shifoxona ma’muriyati, chiqindi bilan ishlovchi xodimlar, bemorlar va ularning hamrohlari orasida so‘rovnomalar, intervyular, bevosita kuzatuvlar hamda hujjatlar tahlili orqali yig‘ildi. Qattiq chiqindilarni boshqarish amaliyoti, oqova suvlarni chiqarish tizimlari va muassasalarning tayyorgarlik holati JSST tavsiyalariga muvofiq baholandi. Shuningdek, shifoxona oqova suv namunalarining fizik-kimyoviy va mikrobiologik tahlillari amalga oshirildi. Statistik tahlil SPSS 26.0 dasturi yordamida tavsifiy statistika va ko‘p omilli logistik regressiya usullari asosida bajarildi. Tadqiqotga jami 480 nafar ishtirokchi jalb qilindi. Tibbiy chiqindilarni boshqarish samaradorligi ko‘rsatkichlari barcha o‘rganilgan shifoxonalarda 59% dan 67% gacha bo‘lib, qoniqarsiz holatni ko‘rsatdi. Chiqindilarni etarli darajada saralamaslik, xodimlarning etarli o‘qitilmaganligi, chiqindilarni boshqarish bo‘yicha yo‘riqnomalarning mavjud emasligi, monitoring tizimlarining sustligi va moliyaviy ta’minotning etarli emasligi chiqindilarni noto‘g‘ri boshqarish bilan sezilarli darajada bog‘liq ekanligi aniqlandi ($p < 0,05$). Tadqiq qilingan shifoxonalarning birortasida ham to‘liq funksional oqova suvlarni tozalash inshooti mavjud emas edi. Shifoxona oqova suv namunalarida biokimyoviy kislorod sarfi (BKS_5), kimyoviy kislorod sarfi (KKS), muallaq moddalar va mikrobiologik ifloslanish darajalari ekologik xavfsizlik bo‘yicha tavsiya etilgan

me’yorlardan yuqori ekanligi aniqlandi. O‘zbekistonning uchlamchi darajadagi shifoxonalarida tibbiy chiqindilarni boshqarish tizimi etarli darajada emas va bu holat ekologik hamda jamoat salomatligi uchun sezilarli xavf tug‘dirmoqda. Markaziy Osiyodagi sog‘liqni saqlash muassasalarida ekologik xavfsizlik va infeksiya nazoratini yaxshilash uchun institutsional siyosatni kuchaytirish, xodimlarni o‘qitishni takomillashtirish, monitoring tizimlarini rivojlantirish, oqova suvlarni tozalash infratuzilmasini kengaytirish va chiqindilarni standartlashtirilgan saralash protokollarini joriy etish zarur.

Kalit so‘zlar. Tibbiy chiqindilarni boshqarish; Biotibbiy chiqindilar; Shifoxona oqova suvlari; Atrof-muhit salomatligi; Jamoat salomatligi; Infeksiya nazorati; Tibbiy chiqindilarni saralash; Oqova suvlarni tozalash; O‘zbekiston; Markaziy Osiyo; Shifoxona gigiyenasi; Epidemiologiya.

Аннотация. Управление медицинскими отходами остаётся одной из важнейших экологических и санитарно-эпидемиологических проблем во многих развивающихся регионах, особенно в Центральной Азии. В Узбекистане быстрые темпы урбанизatsii, рост потребности в медицинских услугах и недостаточно развитая инфраструктура по переработке отходов способствуют увеличению рисков, связанных с ненадлежащим управлением твёрдыми и жидкими медицинскими отходами. Неправильная сортировка отходов, недостаточно организованная транспортировка, небезопасные методы утилизatsii и отсутствие эффективных систем очистки сточных вод могут приводить к загрязнению окружающей среды и повышению профессиональных и эпидемиологических рисков. С июня по сентябрь 2025 года было проведено аналитическое поперечное исследование в трёх многопрофильных больницах третичного уровня, расположенных в городах Ташкент и Самарканд. Данные были собраны среди медицинских работников, санитарного персонала, администratsii больниц, работников по обращению с отходами, natsientов и сопровождающих лиц с использованием анкетирования, интервью, прямых наблюдений и анализа документatsii. Практика управления твёрдыми отходами, системы удаления сточных вод и институциональная готовность оценивались в соответствии с рекомендatsiями ВОЗ. Также были проведены физико-химические и микробиологические анализы образцов сточных вод больниц. Статистический анализ включал описательную статистику и многомерную логистическую регрессию с использованием программы SPSS 26.0. В исследование были включены 480 участников. Общие показатели эффективности управления медицинскими отходами варьировали от 59% до 67%, что свидетельствует о неудовлетворительном уровне управления во всех исследованных больницах. Недостаточная

ISSN 3030-3907

сортировка отходов, недостаточная подготовка персонала, отсутствие руководств по управлению отходами, слабые системы мониторинга и недостаточное финансовое обеспечение были статистически значимо связаны с неудовлетворительной практикой обращения с отходами ($p < 0,05$). Ни в одной из больниц не функционировали полностью эффективные очистные сооружения сточных вод. В образцах сточных вод больниц были выявлены повышенные уровни биохимического потребления кислорода ($БПК_5$), химического потребления кислорода (ХПК), взвешенных веществ и микробного загрязнения, превышающие рекомендуемые экологические нормативы безопасности. Система управления медицинскими отходами в больницах третичного уровня Узбекистана остаётся недостаточно эффективной и представляет серьёзную угрозу для окружающей среды и общественного здоровья. Для повышения экологической безопасности и усиления инфекционного контроля в медицинских учреждениях Центральной Азии необходимо укрепление институциональной политики, совершенствование подготовки персонала, развитие систем мониторинга, расширение инфраструктуры очистки сточных вод и внедрение стандартизированных протоколов сортировки отходов.

Ключевые слова. Управление медицинскими отходами; Биомедицинские отходы; Больничные сточные воды; Экологическое здоровье; Общественное здоровье; Инфекционный контроль; Сортировка медицинских отходов; Очистка сточных вод; Узбекистан; Центральная Азия; Больничная гигиена; Эпидемиология.

INTRODUCTION.

The primary objective of healthcare institutions is to ensure the delivery of safe and effective medical services that contribute to improving population health. At the same time, the functioning of hospitals and other healthcare facilities inevitably results in the generation of significant amounts of solid and liquid waste, which, if improperly managed, may pose serious risks to public health and environmental safety.

Healthcare waste, including biomedical waste, municipal-type waste, excreta, and wastewater, remains a critical environmental and sanitary challenge worldwide. Of particular concern is hazardous healthcare waste, which includes infectious, pathological, chemical, and pharmaceutical waste capable of transmitting disease and contaminating natural ecosystems. Biomedical waste typically constitutes 10–25% of the total waste generated by healthcare institutions but represents the most epidemiologically dangerous fraction due to its infectious and toxicological characteristics [1-3].

ISSN 3030-3907

General healthcare waste includes non-hazardous materials such as paper, cardboard packaging, food residues, and wastewater originating from kitchens, administrative units, and sanitary facilities. In contrast, hazardous medical waste consists of sharps, contaminated dressings, pathological materials, laboratory waste, pharmaceutical residues, and chemical substances generated by clinical and diagnostic activities. Large multidisciplinary hospitals, particularly university medical centers, generate substantially higher volumes of such waste due to the diversity and intensity of specialized services provided [4].

The volume of healthcare waste continues to increase globally as a result of population growth, expanding healthcare access, urbanization, and the widespread adoption of disposable medical products. Hospital wastewater, which contains organic matter, pathogenic microorganisms, chemical contaminants, pharmaceutical residues, and suspended solids, is produced in surgical departments, intensive care units, laboratories, laundries, and outpatient clinics. Its composition varies depending on the profile and activity of the healthcare institution [4].

In many low- and middle-income countries, healthcare wastewater management remains insufficiently regulated and often neglected. The absence of standardized operational protocols, weak institutional oversight, limited infrastructure, and inadequate financial investment frequently result in unsafe disposal practices. While developed countries generally operate under strict environmental and sanitary regulations for healthcare waste treatment, many healthcare institutions in developing regions lack formal waste management plans, technical guidelines, reliable monitoring systems, and compliant treatment facilities [5].

These challenges are particularly relevant for Central Asian countries, including Uzbekistan, where rapid urbanization, population growth, healthcare modernization, and increasing pressure on public health infrastructure have intensified concerns related to hospital waste management. In several regions of Uzbekistan, aging engineering systems, insufficient wastewater treatment capacity, inconsistent waste segregation practices, and limited staff training continue to create sanitary and environmental risks [6-10].

The ecological vulnerability of Central Asia further amplifies the significance of this issue. Water scarcity, arid climatic conditions, soil sensitivity, and the legacy of environmental degradation associated with the Aral Sea crisis increase the potential impact of untreated hospital effluents on ecosystems and surrounding populations.

Despite recent healthcare reforms implemented in Uzbekistan, systematic assessments of healthcare waste management efficiency in major medical

ISSN 3030-3907

institutions remain limited. There is insufficient evidence regarding the effectiveness of existing waste segregation systems, transportation logistics, treatment infrastructure, staff preparedness, and compliance with national sanitary standards.

Therefore, this study was conducted to evaluate the current state of solid and liquid healthcare waste management in major multidisciplinary hospitals of Uzbekistan and to identify organizational, technical, and institutional factors affecting safe and sustainable waste management practices in the context of Central Asia.

MATERIALS AND METHODS.

The study was conducted in three large multidisciplinary tertiary healthcare institutions located in Uzbekistan: two university-affiliated hospitals in Tashkent and one regional multidisciplinary medical center in Samarkand. These institutions provide specialized inpatient and outpatient services, including internal medicine, surgery, pediatrics, obstetrics and gynecology, intensive care, diagnostic laboratories, radiology, oncology, infectious diseases, nephrology, and emergency care.

Together, the selected hospitals represent major referral centers serving large urban and regional populations and generate significant volumes of biomedical and municipal healthcare waste.

A cross-sectional analytical and evaluative study was carried out between June and September 2025.

Study PopulationThe target population included: physicians; nurses and midwives; laboratory personnel; sanitation and hygiene officers; waste collection and disposal workers; hospital administrators; heads of clinical departments; patients and accompanying persons.

Additionally, waste storage sites, collection points, wastewater discharge systems, incineration units, septic tanks, and surrounding sanitary infrastructure were inspected.

Participants were included if they: were officially employed by the selected healthcare institutions; were directly involved in healthcare delivery, sanitation, administration, or waste management activities; provided informed consent.

Temporary external staff and absent personnel during data collection were excluded.

Departments were selected using simple random sampling among units directly involved in healthcare waste generation. Healthcare providers were randomly selected within each department.

Administrative managers, waste disposal personnel, and sanitation supervisors were selected purposively based on professional relevance.

ISSN 3030-3907

The minimum sample size was calculated using the Schwartz formula, considering a 95% confidence interval and estimated prevalence of compliant waste management practices.

The principal outcome variable was healthcare waste management effectiveness, assessed through five operational stages:waste segregation; collection; temporary storage; transportation; treatment/disposal.

Each criterion was scored according to compliance with WHO and national sanitary standards. Institutions scoring ≥80% were classified as demonstrating satisfactory management, while those scoring below 80% were classified as unsatisfactory.

Independent variables included:availability of trained personnel; adequacy of PPE and collection equipment; existence of waste treatment infrastructure; financial resource allocation; institutional waste management policies; staff awareness and training frequency; existence of infection control committees.

Data were collected using:structured questionnaires; semi-structured interviews; direct observational checklists; document review of internal regulations and waste management protocols.

Wastewater samples were collected for physicochemical and microbiological analysis, including: temperature; pH; suspended solids; biochemical oxygen demand (BOD_5); chemical oxygen demand (COD); total coliform count; thermotolerant coliform count; fungal contamination indicators.

Laboratory analyses were performed using standard environmental analytical methods.

The study protocol was approved by the institutional bioethics committee of the participating medical university. Written informed consent was obtained from all participants. Confidentiality and anonymity were strictly maintained throughout the research process.

Data were entered and processed using SPSS version 26.0.

Descriptive statistics were calculated for all variables. Logistic regression analysis was performed to identify associations between organizational factors and ineffective waste management, with statistical significance defined at $p < 0.05$.

DISCUSSION.

The present study assessed the management of solid and liquid healthcare waste in major tertiary hospitals of Uzbekistan and identified several deficiencies throughout the waste management chain. The findings demonstrated that overall waste management performance remained below recommended international standards in all investigated hospitals, indicating the persistence of substantial

ISSN 3030-3907

environmental and epidemiological risks within healthcare institutions in Central Asia.

One of the most important findings of this study was the inadequate segregation of healthcare waste at the source. Although color-coded containers were available in some departments, proper separation of hazardous and non-hazardous waste was inconsistent. Mixing of general healthcare waste with infectious waste was frequently observed during field inspections. This significantly increases the volume of hazardous waste requiring specialized treatment and elevates the risk of infection among healthcare workers, waste handlers, patients, and surrounding communities.

These findings are consistent with previous studies conducted in low- and middle-income countries, where insufficient segregation practices remain one of the major barriers to effective healthcare waste management. Poor segregation is commonly associated with limited staff awareness, insufficient supervision, inadequate institutional control, and the absence of continuous training programs.

The study also revealed that organizational and institutional factors strongly influenced waste management efficiency. Hospitals lacking formal waste management plans, infection control committees, operational guidelines, and regular monitoring systems demonstrated significantly poorer waste management outcomes. In particular, insufficient staff training was one of the strongest predictors of ineffective waste handling practices. Healthcare personnel and waste collection workers often lacked adequate knowledge regarding waste categorization, transportation procedures, occupational safety, and infection prevention measures.

These results emphasize the importance of institutional governance and administrative commitment in improving healthcare waste management systems. Continuous professional education, standardized operational protocols, and effective supervision are essential components for achieving sustainable improvements in hospital hygiene and environmental safety.

Another important finding was the insufficient availability and poor condition of waste management infrastructure and protective equipment. In many departments, waste transportation carts, storage areas, and personal protective equipment were either inadequate or improperly maintained. Similar challenges have been reported in several developing regions where healthcare institutions experience financial constraints and competing administrative priorities.

Liquid healthcare waste management represented another major concern identified in this study. None of the investigated hospitals possessed a fully functional wastewater treatment plant capable of secondary or tertiary treatment. Hospital effluents were commonly discharged into septic systems or municipal

ISSN 3030-3907

sewage networks without adequate treatment. In some cases, direct discharge into the environment was observed.

The physicochemical and microbiological analyses of wastewater samples confirmed high levels of environmental contamination. Elevated biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD), suspended solids, and coliform counts indicated the presence of considerable organic pollution and microbial contamination. These findings suggest insufficient wastewater treatment efficiency and potential contamination of surrounding ecosystems and water resources.

The environmental implications of untreated healthcare wastewater are particularly significant in the context of Central Asia. Uzbekistan and neighboring countries face increasing environmental vulnerability due to water scarcity, climate change, aging infrastructure, and the ecological consequences associated with the Aral Sea crisis. Under such conditions, improper disposal of healthcare waste may contribute to the spread of pathogenic microorganisms, antimicrobial resistance, and chemical contaminants within the environment.

The findings of this study highlight the urgent need for integrated healthcare waste management strategies adapted to the regional conditions of Central Asia. Such strategies should include modernization of waste treatment infrastructure, development of national guidelines aligned with WHO standards, strengthening of infection control systems, regular environmental monitoring, and sustainable financial support mechanisms.

Despite providing valuable information, this study has several limitations. First, the investigation was limited to tertiary hospitals and may not fully reflect the situation in smaller healthcare facilities or rural medical centers. Second, the cross-sectional design provides only a snapshot of existing conditions at a single point in time. Nevertheless, the study offers important baseline data for future environmental health and hospital hygiene research in Uzbekistan and the broader Central Asian region.

CONCLUSION.

The present study demonstrated that healthcare waste management practices in tertiary hospitals of Uzbekistan remain insufficient at multiple stages, including segregation, collection, transportation, storage, treatment, and disposal of medical waste. Inadequate organizational structures, insufficient financial and material resources, limited staff training, and weak monitoring systems contribute substantially to ineffective waste management practices.

The absence of modern wastewater treatment facilities and the detection of elevated physicochemical and microbiological contamination indicators in hospital effluents indicate significant environmental and public health risks.

ISSN 3030-3907

Improper handling of infectious healthcare waste may facilitate environmental pollution, occupational exposure, and the transmission of infectious diseases.

Improving healthcare waste management in Uzbekistan requires comprehensive institutional and governmental interventions. Priority measures should include:

implementation of standardized waste segregation systems;
regular training of healthcare workers and waste handlers;
strengthening infection control committees;
development of national healthcare waste management guidelines;
modernization of waste treatment and wastewater purification infrastructure;
establishment of routine monitoring and evaluation systems.

Strengthening healthcare waste management systems is essential for improving hospital hygiene, environmental protection, occupational safety, and public health security in Uzbekistan and throughout Central Asia.

REFERENCES

1. World Health Organization Safe Management of Wastes from Health-Care Activities. 2nd ed. Geneva: WHO Press; 2014.
2. World Health Organization. Global Analysis of Health Care Waste in the Context of COVID-19. Geneva: WHO; 2022.
3. Kuchibanda K, Mayo AW. Public health risks from mismanagement of healthcare wastes in developing countries: a review. Journal of Health and Pollution. 2019;9(24):191203.
4. Caniato M, Tudor T, Vaccari M. International governance structures for healthcare waste management: a systematic review of scientific literature. Journal of Environmental Management. 2015;153:93–107.
5. Windfeld ES, Brooks MSL. Medical waste management – A review. Journal of Environmental Management. 2015;163:98–108.
6. Chartier Y, Emmanuel J, Pieper U, et al. Safe Management of Wastes from Health-Care Activities. Geneva: World Health Organization; 2014.
7. Ali M, Wang W, Chaudhry N, Geng Y. Hospital waste management in developing countries: a mini review. Waste Management & Research. 2017;35(6):581–592.
8. Harhay MO, Halpern SD, Harhay JS, Olliaro PL. Health care waste management: a neglected and growing public health problem worldwide. Tropical Medicine & International Health. 2009;14(11):1414–1417.
9. Nemathaga F, Maringa S, Chimuka L. Hospital solid waste management practices in Limpopo Province, South Africa: a case study of two hospitals. Waste Management. 2008;28(7):1236–1245.

ISSN 3030-3907

10. United Nations Children's Fund, World Health Organization. Water, Sanitation and Hygiene in Health Care Facilities: Status in Low- and Middle-Income Countries. Geneva: WHO/UNICEF; 2015.

ISSN 3030-3907

CLINICAL AND EPIDEMIOLOGICAL PREDICTORS OF MORTALITY AFTER LIVER TRANSPLANTATION

Mamatkulov Talat Toxirovich
Assistant of the Department of Epidemiology, Samarkand State Medical University.
Kallieva Toydxan Abdijabbarovna
Assistant of the Department of Hygiene and Environmental Protection, Epidemiology, Karakalpak State Medical Institute.

Abstract. Liver transplantation is the most effective treatment for end-stage liver disease; however, postoperative survival is influenced by multiple donor- and recipient-related factors. In Central Asia, including Uzbekistan, the growing burden of chronic liver diseases such as viral hepatitis, non-alcoholic fatty liver disease, and metabolic syndrome, combined with limited transplant resources, makes outcome optimization a critical clinical and public health issue. A retrospective multicenter study was conducted involving 250 liver transplant recipients treated in major transplantation centers in Uzbekistan. Data on recipient characteristics (age, sex, BMI, MELD score, renal function, infectious complications), donor characteristics (age and BMI), and postoperative outcomes were analyzed. Statistical methods included chi-square tests, t-tests, ROC curve analysis, and multivariate logistic regression. Propensity score weighting was applied to reduce potential confounding bias. Statistical significance was set at $p < 0.05$. Among 250 patients, mortality varied significantly across follow-up periods ($p = 0.010$). Higher MELD scores, increased donor age, elevated recipient BMI, and renal impairment were significantly associated with increased risk of mortality ($p < 0.05$). Infectious complications showed a significant association in univariate analysis but were not consistently significant in multivariate models. ROC analysis demonstrated moderate predictive ability of MELD score and donor age for post-transplant mortality. Multivariate logistic regression identified MELD score, donor age, recipient BMI, and renal dysfunction as independent predictors of survival outcomes. Post-liver transplantation mortality in Uzbekistan is influenced by a combination of clinical and donor-related factors. MELD score, donor age, renal dysfunction, and recipient BMI represent key predictors of survival. Strengthening pre-transplant risk stratification and improving perioperative management may enhance transplantation outcomes in Central Asia.

Keywords: liver transplantation; Mortality risk factors; MELD score; Donor age; Renal dysfunction; Body mass index; Post-transplant outcomes; Epidemiology; Central Asia; Uzbekistan; Multivariate analysis; Survival analysis; Clinical predictors.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Jigar transplantatsiyasi terminal bosqichdagi jigar kasalliklarini davolashning eng samarali usuli hisoblanadi, biroq operatsiyadan keyingi yashovchanlik donor va retsipiyent bilan bog‘liq ko‘plab omillarga bog‘liq. Markaziy Osiyoda, jumladan O‘zbekistonda, virusli gepatitlar, alkogolsiz yog‘li jigar kasalligi va metabolik sindrom kabi surunkali jigar kasalliklarining ortib borishi hamda transplantatsiya resurslarining cheklanganligi transplantatsiya natijalarini optimallashtirishni muhim klinik va jamoat salomatligi masalasiga aylantirmoqda. O‘zbekistondagi yirik transplantatsiya markazlarida davolangan 250 nafar jigar transplantatsiyasi qilingan bemor ishtirokida retrospektiv ko‘p markazli tadqiqot o‘tkazildi. Retsipiyentlarning xususiyatlari (yosh, jins, tana massasi indeksi — BMI, MELD skori, buyrak funksiyasi, infeksion asoratlar), donorlarning xususiyatlari (yosh va BMI) hamda operatsiyadan keyingi natijalar tahlil qilindi. Statistik usullar sifatida chi-kvadrat testi, t-test, ROC egri chizig‘i tahlili va ko‘p omilli logistik regressiya qo‘llanildi. Potensial chalkashtiruvchi omillar ta’sirini kamaytirish maqsadida propensity score weighting usuli qo‘llanildi. Statistik ahamiyatlilik darajasi $p < 0,05$ etib belgilandi. 250 nafar bemor orasida o‘lim ko‘rsatkichlari kuzatuv davrlari bo‘yicha sezilarli farq qilgani aniqlandi ($p = 0,010$). Yuqori MELD skorlari, donor yoshining kattaligi, retsipiyent BMI ko‘rsatkichining oshganligi va buyrak funksiyasi buzilishi o‘lim xavfining ortishi bilan sezilarli bog‘liq ekanligi aniqlandi ($p < 0,05$). Infeksion asoratlar bir omilli tahlilda sezilarli bog‘liqlik ko‘rsatgan bo‘lsa-da, ko‘p omilli modellar natijalarida doimiy ravishda ahamiyatli bo‘lmadi. ROC tahlili MELD skori va donor yoshi transplantatsiyadan keyingi o‘limni bashorat qilishda o‘rtacha darajadagi prognoz qobiliyatiga ega ekanligini ko‘rsatdi. Ko‘p omilli logistik regressiya natijalariga ko‘ra, MELD skori, donor yoshi, retsipiyent BMI va buyrak funksiyasi buzilishi yashovchanlik natijalarining mustaqil prediktorlari sifatida aniqlandi. O‘zbekistonda jigar transplantatsiyasidan keyingi o‘lim holatlari klinik va donor bilan bog‘liq omillar kombinatsiyasi ta’sirida yuzaga keladi. MELD skori, donor yoshi, buyrak funksiyasi buzilishi va retsipiyent BMI ko‘rsatkichlari yashovchanlikning asosiy prediktorlari hisoblanadi. Transplantatsiyadan oldingi xavfni stratifikatsiya qilish tizimini kuchaytirish hamda perioperatsion boshqaruvni yaxshilash Markaziy Osiyoda transplantatsiya natijalarini yaxshilashi mumkin.

Kalit so‘zlar: jigar transplantatsiyasi; O‘lim xavfi omillari; MELD skori; Donor yoshi; Buyrak funksiyasi buzilishi; Tana massasi indeksi; Transplantatsiyadan keyingi natijalar; Epidemiologiya; Markaziy Osiyo; O‘zbekiston; Ko‘p omilli tahlil; Yashovchanlik tahlili; Klinik prediktorlar.

Аннотация. Трансплантация печени является наиболее эффективным методом лечения терминальных стадий заболеваний печени, однако

ISSN 3030-3907

выживаемость после операции зависит от многих факторов, связанных как с донором, так и с реципиентом. Рост числа хронических заболеваний печени, таких как вирусные гепатиты, неалкогольная жировая болезнь печени и метаболический синдром, в Центральной Азии, включая Узбекистан, а также ограниченность ресурсов трансплантации делают оптимизацию результатов трансплантации важной клинической и общественной проблемой здравоохранения. Было проведено ретроспективное многоцентровое исследование с участием 250 пациентов с трансплантацией печени, получавших лечение в крупных трансплантационных центрах Узбекистана. Были проанализированы характеристики реципиентов (возраст, пол, индекс массы тела — ИМТ, оценка MELD, функция почек, инфекционные осложнения), характеристики доноров (возраст и ИМТ), а также послеоперационные результаты. В качестве статистических методов использовались критерий хи-квадрат, t-критерий, анализ кривой ROC и многомерная логистическая регрессия. Для уменьшения влияния потенциально мешающих факторов использовался метод взвешивания по склонности. Уровень статистической значимости был установлен на уровне $p < 0,05$. Было обнаружено, что показатели смертности среди 250 пациентов значительно различались в течение периодов наблюдения ($p = 0,010$). Было обнаружено, что высокие показатели MELD, пожилой возраст донора, повышенный ИМТ реципиента и нарушение функции почек были значительно связаны с повышенным риском смерти ($p < 0,05$). Хотя инфекционные осложнения показали значительную связь в однофакторном анализе, они не были постоянно значимыми в результатах многофакторных моделей. Анализ ROC показал, что оценка MELD и возраст донора обладают умеренной прогностической способностью в отношении прогнозирования смертности после трансплантации. Согласно результатам многофакторной логистической регрессии, оценка MELD, возраст донора, ИМТ реципиента и нарушение функции почек были определены как независимые предикторы результатов выживаемости. Смертность после трансплантации печени в Узбекистане обусловлена сочетанием клинических факторов и факторов, связанных с донором. Основными предикторами выживаемости являются оценка MELD, возраст донора, нарушение функции почек и ИМТ реципиента. Усиление системы стратификации предтрансплантационного риска и улучшение периоперационного ведения могут улучшить результаты трансплантации в Центральной Азии.

Ключевые слова: трансплантация печени; факторы риска смерти; оценка MELD; возраст донора; нарушение функции почек; индекс массы тела;

ISSN 3030-3907

результаты после трансплантации; эпидемиология; Центральная Азия; Узбекистан; многофакторный анализ; анализ жизнеспособности; клинические предикторы.

INTRODUCTION.

Chronic liver diseases remain a major public health concern worldwide and are associated with substantial morbidity, mortality, and healthcare expenditures. Liver transplantation is currently considered the most effective therapeutic option for patients with end-stage liver disease, acute liver failure, and selected hepatic malignancies. Over the past decades, advances in surgical techniques, immunosuppressive therapy, perioperative management, and donor-recipient matching have significantly improved post-transplant survival outcomes [1-4].

Despite these improvements, liver transplantation continues to be a highly complex and resource-intensive medical procedure, particularly in low- and middle-income countries where transplantation programs are still developing. In Central Asia, including Uzbekistan, the burden of chronic liver diseases has increased due to the growing prevalence of viral hepatitis B and C, non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD), metabolic syndrome, obesity, and diabetes mellitus. At the same time, the availability of donor organs remains limited, creating major challenges in patient selection and allocation of liver grafts [5].

The imbalance between the increasing number of patients requiring transplantation and the shortage of suitable donor organs highlights the importance of identifying prognostic factors associated with post-transplant survival. Accurate risk stratification may improve patient selection, optimize perioperative management, and enhance long-term transplantation outcomes [6-9].

This study aimed to evaluate the influence of several clinical and demographic risk factors on mortality among liver transplant recipients in tertiary transplantation centers in Uzbekistan and the Central Asian region. Particular attention was given to the role of MELD score, donor age, renal dysfunction, infectious complications, and body mass index in predicting post-transplant survival.

METHODS.

The Model for End-Stage Liver Disease (MELD) score is widely used for prioritizing patients awaiting liver transplantation and estimating short-term mortality risk. The MELD system incorporates serum bilirubin, serum creatinine, and international normalized ratio (INR) values to objectively assess liver disease severity.

Several international studies have demonstrated that elevated MELD scores are associated with increased postoperative mortality and poorer graft survival.

ISSN 3030-3907

However, conflicting evidence exists regarding the predictive value of MELD in long-term survival after transplantation. In developing transplantation systems, including those in Central Asia, understanding the prognostic significance of MELD remains particularly important because patients are often referred at advanced disease stages.

Donor-related characteristics play an essential role in transplantation outcomes. Increasing donor age has been associated with reduced graft quality due to hepatic steatosis, fibrosis, vascular alterations, and decreased regenerative capacity.

Because of the persistent shortage of donor organs, transplantation centers are increasingly utilizing organs from older donors. Nevertheless, the optimal donor age threshold associated with acceptable survival outcomes remains uncertain, especially in emerging transplantation programs of Central Asia where donor pools are limited.

This study therefore examined the relationship between donor age and recipient survival in liver transplantation recipients from Uzbekistan.

Renal impairment is a frequent complication in patients with advanced liver disease and has been identified as an important predictor of postoperative complications and mortality following liver transplantation.

Chronic kidney dysfunction contributes to cardiovascular morbidity, metabolic disturbances, prolonged hospitalization, and reduced survival. In patients with cirrhosis, hepatorenal syndrome and impaired renal perfusion frequently worsen the clinical prognosis before transplantation.

Evaluating the impact of renal dysfunction on post-transplant survival is particularly relevant for Central Asian populations, where delayed referral and limited access to specialized hepatology care may contribute to advanced systemic complications prior to transplantation.

Infectious complications remain among the leading causes of morbidity and mortality after liver transplantation. Immunosuppressive therapy substantially increases susceptibility to bacterial, viral, and fungal infections.

Early postoperative infections commonly include surgical site infections, intra-abdominal abscesses, pneumonia, and bloodstream infections. Viral infections, particularly hepatitis B and hepatitis C recurrence, continue to represent important clinical concerns in liver transplant recipients.

In Central Asia, the epidemiological burden of chronic viral hepatitis remains considerable, making infectious complications an especially important determinant of transplantation outcomes in the region.

Body mass index (BMI) is another important factor potentially affecting liver transplantation outcomes. Obesity and metabolic syndrome are increasingly

ISSN 3030-3907

prevalent in Uzbekistan and neighboring Central Asian countries due to urbanization, dietary transitions, and reduced physical activity.

Elevated BMI has been associated with cardiovascular disease, diabetes mellitus, postoperative complications, and increased mortality risk in transplant recipients. Conversely, severe malnutrition and sarcopenia may also negatively affect postoperative recovery and long-term survival.

Therefore, assessment of BMI may contribute to improved perioperative risk stratification in liver transplantation candidates. A retrospective analytical study was conducted using data from liver transplant recipients treated in tertiary transplantation centers in Uzbekistan between 2010 and 2025.

The study included 250 adult patients who underwent primary liver transplantation. Clinical records, laboratory findings, donor characteristics, and postoperative outcomes were reviewed.

RESULTS AND DISCUSSION.

Among the 250 liver transplant recipients included in the study, 50 patients (20%) died within the first five years following transplantation, while 200 patients (80%) survived during the same follow-up period. A statistically significant variation in mortality rates across different post-transplant periods was observed (Cochran–Armitage trend test, $p = 0.010$), indicating that survival outcomes differed depending on the time interval after transplantation.

These findings suggest that post-transplant survival in the studied population is influenced not only by immediate perioperative factors but also by long-term clinical and organizational conditions affecting patient management in Uzbekistan's transplantation system.

Comparative analysis between survivors and non-survivors demonstrated significant differences in several key variables. Patients who died after transplantation had higher mean MELD scores compared to survivors, indicating more severe pre-transplant liver dysfunction. Similarly, elevated recipient BMI was associated with worse outcomes, suggesting that metabolic status plays an important role in post-transplant recovery.

Renal impairment was significantly more frequent among deceased patients, confirming its role as a strong predictor of poor prognosis. No statistically significant differences in mortality were observed between male and female recipients, indicating that sex was not a determining factor in survival outcomes in this cohort.

Donor characteristics showed a significant impact on transplantation outcomes. Increased donor age was strongly associated with higher recipient mortality, indicating reduced graft quality with aging donors. This finding is

ISSN 3030-3907

consistent with international evidence suggesting that older donor livers are more susceptible to steatosis, fibrosis, and reduced regenerative capacity.

Donor BMI demonstrated a weaker and less consistent association with mortality outcomes. Although slightly lower BMI values were observed among non-survivors, this relationship was not statistically robust in multivariate analysis, suggesting that donor BMI alone may not be a strong independent predictor of survival.

The MELD score demonstrated a strong and consistent association with post-transplant mortality. Patients with higher MELD values had significantly worse survival outcomes, confirming the predictive value of this scoring system in assessing disease severity before transplantation.

ROC curve analysis indicated moderate discriminatory power of the MELD score for predicting mortality, suggesting that although it remains a useful clinical tool, it should be combined with other risk indicators to improve prognostic accuracy in Central Asian transplant populations.

Renal impairment emerged as one of the strongest predictors of mortality in both univariate and multivariate analyses. Patients with reduced renal function prior to transplantation had significantly higher risk of death after surgery. This may be explained by the close interaction between hepatic and renal dysfunction in advanced liver disease, as well as increased susceptibility to postoperative complications, including cardiovascular instability and infection.

In the context of Uzbekistan, delayed referral to specialized care and limited access to early nephrological assessment may further exacerbate renal complications before transplantation.

Infectious complications, including bacterial and viral infections, were associated with increased mortality risk in univariate analysis. However, after adjustment for other covariates, infection did not remain a consistent independent predictor in multivariate models.

This may reflect the effectiveness of perioperative antimicrobial strategies or the confounding effect of baseline disease severity. Nevertheless, infection remains a clinically important factor in post-transplant management, particularly in regions with high endemic prevalence of viral hepatitis and limited infection control resources.

Multivariate logistic regression identified four independent predictors of post-transplant mortality: MELD score, donor age, recipient BMI, and renal dysfunction. These variables collectively represent key dimensions of transplant risk, including liver disease severity, donor organ quality, metabolic status, and systemic organ function.

ISSN 3030-3907

Propensity score–adjusted analysis confirmed the robustness of these associations, reducing potential bias related to patient selection and heterogeneity in clinical management across centers.

ROC analysis demonstrated that both MELD score and donor age had moderate predictive ability for post-transplant mortality. Optimal cut-off values provided acceptable sensitivity and specificity, suggesting their potential use in clinical decision-making.

However, predictive accuracy remained limited when these factors were considered individually, reinforcing the need for integrated multivariable risk assessment models in transplantation practice. The findings of this study are particularly relevant for Central Asia, where liver transplantation programs are still developing and healthcare resources remain constrained. The high prevalence of advanced liver disease at the time of transplantation reflects late diagnosis and limited access to specialized hepatology services.

In addition, donor shortages in Uzbekistan often necessitate the use of extended-criteria donors, including older individuals, which may negatively affect graft quality and outcomes. Similar challenges have been reported in other middle-income countries with emerging transplantation systems.

The significant impact of renal dysfunction and elevated MELD scores highlights the importance of early patient referral and multidisciplinary management of chronic liver disease. Furthermore, increasing rates of obesity and metabolic syndrome in Uzbekistan may contribute to worsening post-transplant outcomes, emphasizing the need for preventive public health strategies.

Overall, improving survival outcomes in liver transplantation requires not only surgical and clinical advancements but also systemic improvements in early diagnosis, donor selection policies, perioperative care, and long-term follow-up systems.

CONCLUSIONS.

This multicenter retrospective study provides evidence on the main clinical and epidemiological determinants of mortality after liver transplantation in Uzbekistan, representing a developing transplantation setting in Central Asia.

The study demonstrated that post-transplant survival is significantly influenced by a combination of recipient- and donor-related factors. Among the evaluated variables, the Model for End-Stage Liver Disease (MELD) score, donor age, recipient body mass index (BMI), and pre-existing renal dysfunction were identified as independent predictors of mortality.

Higher MELD scores were consistently associated with worse postoperative outcomes, confirming their value as a reliable indicator of disease severity. Increased donor age negatively affected graft outcomes, reflecting

ISSN 3030-3907

reduced organ quality in older donors. Renal dysfunction significantly increased the risk of post-transplant mortality, highlighting the importance of early detection and management of hepatorenal complications before transplantation. Elevated recipient BMI was also associated with poorer survival, emphasizing the growing impact of metabolic risk factors in the region.

In contrast, infectious complications showed significance mainly in univariate analysis, suggesting that their effect may be partially mediated through other clinical variables or perioperative management strategies. Overall, the findings highlight the importance of comprehensive pre-transplant risk assessment and the need for integrated clinical decision-making models in liver transplantation practice in Uzbekistan.

From a public health perspective, improving early diagnosis of chronic liver diseases, optimizing patient referral systems, strengthening donor selection criteria, and enhancing perioperative care may significantly improve transplantation outcomes in Central Asia.

Further large-scale prospective studies are recommended to validate these findings and to develop region-specific predictive models for liver transplant survival.

REFERENCES

1. Kamath PS, Wiesner RH, Malinchoc M, et al. A model to predict survival in patients with end-stage liver disease. *Hepatology*. 2001;33(2):464–470.
2. Freeman RB Jr, Wiesner RH, Harper A, et al. The new liver allocation system: moving toward evidence-based transplantation policy. *Liver Transplantation*. 2002;8(9):851–858.
3. Saab S, Jimenez M, Greenberg MS, et al. Impact of MELD on liver transplant outcomes: a systematic review. *Liver International*. 2006;26(3):347–356.
4. Salvalaggio PR, Dzebisashvili N, MacLeod KE, et al. The interaction among donor characteristics, severity of liver disease, and outcome of liver transplantation. *Liver Transplantation*. 2007;13(2):279–287.
5. Feng S, Goodrich NP, Bragg-Gresham JL, et al. Characteristics associated with liver graft failure: the concept of a donor risk index. *American Journal of Transplantation*. 2006;6(4):783–790.
6. Burroughs AK, Sabin CA, Rolles K, et al. 3-month and 1-year mortality after liver transplantation: influence of donor and recipient factors. *New England Journal of Medicine*. 2006;355(14):1331–1340.
7. de Grauwe A, et al. Renal dysfunction and outcomes after liver transplantation: a review. *Transplantation Reviews*. 2014;28(4):190–196.
8. Saab S, Yeganeh M, Nguyen N, et al. Body mass index and liver transplantation outcomes. *Clinical Transplantation*. 2009;23(1):1–8.

ISSN 3030-3907

9. European Association for the Study of the Liver (EASL). EASL Clinical Practice Guidelines: Liver transplantation. *Journal of Hepatology*. 2016;64(2):433–485.

ISSN 3030-3907

DETERMINANTS OF DIABETES MELLITUS AMONG ADULTS IN UZBEKISTAN

Mamatkulov Talat Toxirovich
Assistant of the Department of Epidemiology, Samarkand State Medical University.
Umbetov Fazlbek Matniyazovich
Assistant of the Department of Hygiene and Environmental Protection, Epidemiology at the Karakalpak State Medical Institute.

Abstract. Diabetes mellitus is one of the most rapidly increasing non-communicable diseases worldwide and represents a major public health challenge in Central Asia, including Uzbekistan. The rise in prevalence is closely linked to lifestyle changes, urbanization, and the growing burden of metabolic risk factors. This study aimed to identify the prevalence and key determinants of diabetes mellitus among adults in Uzbekistan. The overall prevalence of diabetes mellitus was 13.6%, while prediabetes was 7.9%. Multivariate analysis revealed that age over 40 years (AOR = 2.84; 95% CI: 1.65–4.92), obesity (AOR = 3.12; 95% CI: 1.78–5.47), physical inactivity (AOR = 2.21; 95% CI: 1.29–3.78), frequent fried food consumption (AOR = 1.96; 95% CI: 1.12–3.41), and chronic stress (AOR = 2.37; 95% CI: 1.34–4.19) were significantly associated with diabetes mellitus. Diabetes mellitus in Uzbekistan is strongly associated with modifiable lifestyle factors and non-modifiable demographic characteristics. Strengthening preventive strategies focused on healthy diet, physical activity, stress management, and early screening is essential to reduce the growing burden of the disease.

Keywords: Diabetes mellitus; Uzbekistan; Central Asia; prevalence; risk factors; obesity; lifestyle; physical inactivity; stress; epidemiology.

Annotatsiya. Qandli diabet dunyo bo‘yicha eng tez sur’atlarda ortib borayotgan yuqumsiz kasalliklardan biri bo‘lib, Markaziy Osiyoda, jumladan O‘zbekistonda ham jamoat salomatligi uchun muhim muammo hisoblanadi. Kasallik tarqalishining ortishi turmush tarzidagi o‘zgarishlar, urbanizatsiya va metabolik xavf omillarining ko‘payishi bilan chambarchas bog‘liq. Ushbu tadqiqotning maqsadi O‘zbekistondagi kattalar orasida qandli diabetning tarqalishi va asosiy determinantlarini aniqlashdan iborat edi. Qandli diabetning umumiy tarqalish darajasi 13,6% ni, prediabet esa 7,9% ni tashkil etdi. Ko‘p omilli tahlil natijalari 40 yoshdan katta bo‘lish (AOR = 2,84; 95% IS: 1,65–4,92), semizlik (AOR = 3,12; 95% IS: 1,78–5,47), jismoniy faollikning yetishmasligi (AOR = 2,21; 95% IS: 1,29–3,78), qovurilgan ovqatlarni tez-tez iste’mol qilish (AOR = 1,96; 95% IS: 1,12–3,41) hamda surunkali stress (AOR = 2,37; 95% IS: 1,34–4,19) qandli diabet bilan sezilarli darajada bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. O‘zbekistonda qandli

ISSN 3030-3907

diabet asosan o‘zgartirilishi mumkin bo‘lgan turmush tarzi omillari va o‘zgarmas demografik xususiyatlar bilan bog‘liq. Sog‘lom ovqatlanish, jismoniy faollik, stressni boshqarish va erta skriningga qaratilgan profilaktik strategiyalarni kuchaytirish kasallik yukini kamaytirish uchun muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar. Qandli diabet; O‘zbekiston; Markaziy Osiyo; tarqalish; xavf omillari; semizlik; turmush tarzi; jismoniy faollik yetishmasligi; stress; epidemiologiya.

Аннотация. Сахарный диабет является одним из наиболее быстро распространяющихся неинфекционных заболеваний в мире и представляет серьёзную проблему общественного здравоохранения в Центральной Азии, включая Узбекистан. Рост распространённости заболевания тесно связан с изменением образа жизни, урбанизатsией и увеличением числа метаболических факторов риска. Целью данного исследования было определить распространённость и основные детерминанты сахарного диабета среди взрослого населения Узбекистана. Общая распространённость сахарного диабета составила 13,6%, тогда как предиабет был выявлен у 7,9% обследованных. Результаты многомерного анализа показали, что возраст старше 40 лет (AOR = 2,84; 95% ДИ: 1,65–4,92), ожирение (AOR = 3,12; 95% ДИ: 1,78–5,47), низкая физическая активность (AOR = 2,21; 95% ДИ: 1,29–3,78), частое употребление жареной пищи (AOR = 1,96; 95% ДИ: 1,12–3,41) и хронический стресс (AOR = 2,37; 95% ДИ: 1,34–4,19) были статистически значимо связаны с наличием сахарного диабета. Сахарный диабет в Узбекистане тесно связан как с модифицируемыми факторами образа жизни, так и с немодифицируемыми демографическими характеристиками. Усиление профилактических стратегий, направленных на здоровое питание, повышение физической активности, управление стрессом и ранний скрининг, является необходимым условием для снижения растущего бремени заболевания.

Ключевые слова. Сахарный диабет; Узбекистан; Центральная Азия; распространённость; факторы риска; ожирение; образ жизни; низкая физическая активность; стресс; эпидемиология.

INTRODUCTION.

Diabetes mellitus is one of the most pressing chronic non-communicable diseases worldwide, representing a growing medical and public health challenge. Its rapid increase in prevalence over recent decades has placed a significant burden on healthcare systems, particularly in low- and middle-income countries. According to global epidemiological estimates, the number of adults living with diabetes has more than tripled since the beginning of the 21st century, largely

ISSN 3030-3907

driven by demographic changes, urbanization, sedentary lifestyles, and dietary transitions [1-3].

In Central Asia, including Uzbekistan, diabetes mellitus has become an increasingly important health concern. The region is experiencing a shift toward lifestyle-related risk factors such as reduced physical activity, increased consumption of high-calorie processed foods, and rising rates of overweight and obesity. These changes are closely associated with the growing incidence of type 2 diabetes, particularly among adults of working age. As a result, diabetes is now recognized as one of the leading causes of morbidity and long-term complications in the population [4-8].

In Uzbekistan, the epidemiological transition from infectious to non-communicable diseases has intensified the burden of metabolic disorders. National health data indicate a steady increase in newly diagnosed diabetes cases, along with a growing proportion of undiagnosed individuals. This situation is further complicated by insufficient early screening coverage and limited awareness of risk factors among the general population in some regions. Consequently, many patients are diagnosed at later stages, when complications have already developed [9].

Diabetes mellitus has multidimensional consequences. Medically, it is associated with severe complications such as cardiovascular disease, nephropathy, neuropathy, and retinopathy, which significantly reduce life expectancy and quality of life. Socioeconomically, the disease imposes substantial costs on individuals, families, and healthcare systems due to long-term treatment requirements and loss of productivity. Psychologically, patients often experience stress, anxiety, and depression, further complicating disease management [10].

The development of diabetes is influenced by a complex interaction of genetic, biological, behavioral, and environmental factors. Key determinants include age, sex, body mass index, physical inactivity, dietary habits, stress levels, sleep duration, and family history of diabetes. Identifying and understanding these risk factors in specific regional contexts is essential for designing effective prevention strategies [11-13].

Therefore, investigating the determinants of diabetes mellitus among adults in Uzbekistan is crucial for improving early detection, strengthening preventive measures, and reducing the overall burden of the disease in Central Asia.

MATERIALS AND METHODS

This study was designed as a community-based cross-sectional analytical survey aimed at identifying the determinants of diabetes mellitus among adults in Uzbekistan. The research was conducted in selected urban and rural areas to

ISSN 3030-3907

ensure representation of different socio-demographic and lifestyle patterns typical for the Central Asian population.

The target population included adults aged 18 to 69 years residing in the selected communities. Individuals were eligible for inclusion if they had lived in the study area for at least six months and provided informed consent to participate. Pregnant women and individuals unable to communicate effectively were excluded due to potential influence on anthropometric and biochemical measurements. Participants who withdrew consent during the study were also excluded from the final analysis.

A multistage cluster sampling technique was applied, following WHO STEPwise approach guidelines for non-communicable disease surveillance. In the first stage, clusters (districts or villages) were selected randomly. In the second stage, households were chosen systematically within each cluster. In the final stage, one eligible individual per household was selected using a random selection method. The sample size was calculated using a standard epidemiological formula based on an expected diabetes prevalence in the region, with a 95% confidence interval, 5% margin of error, and an adjustment for a 10% non-response rate.

Data were collected using a structured questionnaire adapted from WHO STEPS instruments. The questionnaire included sections on socio-demographic characteristics, behavioral factors, medical history, and lifestyle habits. Anthropometric and clinical measurements were also performed.

Fasting capillary blood glucose was measured using a portable glucometer under standardized conditions. Diabetes mellitus was defined as a fasting blood glucose level ≥ 7.0 mmol/L or self-reported use of antidiabetic medication. Blood pressure was measured using a validated automatic sphygmomanometer after a 15-minute rest period. Height, weight, and waist circumference were measured using standardized equipment, and body mass index (BMI) was calculated as weight in kilograms divided by height in meters squared.

Independent variables included age, sex, BMI, physical activity level, dietary habits (fruit, vegetable, and fried food consumption), sleep duration, stress level, alcohol and tobacco use, and family history of diabetes.

Data were entered and analyzed using statistical software (Stata or SPSS). Descriptive statistics were used to summarize the characteristics of the study population. Continuous variables were presented as mean ± standard deviation, while categorical variables were expressed as frequencies and percentages.

Univariate analysis was performed using chi-square tests and simple logistic regression to identify potential associations between independent variables and diabetes mellitus. Variables with a p-value < 0.20 were included in the multivariate logistic regression model. Adjusted odds ratios (AOR) with 95%

ISSN 3030-3907

confidence intervals (CI) were calculated, and statistical significance was set at $p < 0.05$.

The study was conducted in accordance with ethical principles for biomedical research involving human subjects. Informed consent was obtained from all participants prior to data collection. Confidentiality and anonymity were strictly maintained throughout the study.

RESULTS.

A total of 420 adults participated in the study. The mean age of respondents was 44.8 ± 12.6 years, with a slight predominance of females (52.4%). More than half of the participants (58.1%) were aged over 40 years. Regarding educational status, 61.9% had secondary or lower education, while 74.3% reported a monthly income below the national average.

Overweight and obesity were highly prevalent in the study population. Based on BMI classification, 34.5% of participants were overweight and 21.7% were obese. Abdominal obesity was observed in 29.8% of respondents. Hypertension was present in 37.6% of participants.

Table 1.

Sociodemographic and clinical characteristics of participants (n = 420)

Variable	Category	n	%
Age	≤40 years	176	41.9
	>40 years	244	58.1
Gender	Male	200	47.6
	Female	220	52.4
BMI	Normal	195	46.4
	Overweight	145	34.5
	Obese	80	19.1
Hypertension	No	262	62.4
	Yes	158	37.6
Abdominal obesity	No	294	70.2
	Yes	126	29.8

Most participants reported low levels of physical activity (71.0%). Irregular consumption of fruits and vegetables was common (82.6%), while 44.8% consumed fried or high-fat foods at least three times per week. Short sleep duration (<7 hours) was reported by 38.3% of respondents. Approximately 33.6% experienced moderate to high stress levels.

ISSN 3030-3907

Table 2.

Behavioral and lifestyle characteristics of participants (n = 420)

Variable	Category	n	%
Physical activity	Low	298	71.0
	Adequate	122	29.0
Fruit/vegetable intake	Daily	73	17.4
	Not daily	347	82.6
Fried food consumption	≥3 times/week	188	44.8
	≤2 times/week	232	55.2
Sleep duration	<7 hours	161	38.3
	7–9 hours	259	61.7
Stress level	Yes	141	33.6
	No	279	66.4

The overall prevalence of diabetes mellitus was 13.6% (95% CI: 10.4–16.8), while prediabetes was detected in 7.9% of participants. The prevalence was significantly higher among individuals aged over 40 years (19.7%) compared to those aged 40 years or younger (5.8%, $p < 0.001$).

In multivariate logistic regression analysis, several factors showed a significant association with diabetes mellitus. Age over 40 years (AOR = 2.84; 95% CI: 1.65–4.92), obesity (AOR = 3.12; 95% CI: 1.78–5.47), physical inactivity (AOR = 2.21; 95% CI: 1.29–3.78), high fried food consumption (AOR = 1.96; 95% CI: 1.12–3.41), and chronic stress (AOR = 2.37; 95% CI: 1.34–4.19) were identified as independent predictors of diabetes.

DISCUSSION.

The present study demonstrates a relatively high prevalence of diabetes mellitus (13.6%) among adults in Uzbekistan, indicating an increasing burden of non-communicable diseases in Central Asia. This finding is consistent with regional epidemiological transitions characterized by urbanization, dietary changes, and reduced physical activity.

Age was a strong predictor of diabetes, with individuals over 40 years showing significantly higher risk. This aligns with global evidence indicating that insulin resistance and pancreatic beta-cell dysfunction increase with aging. Similarly, obesity was strongly associated with diabetes, reflecting the well-established role of adiposity in insulin resistance and metabolic dysfunction.

Behavioral factors such as physical inactivity and frequent consumption of fried foods were also significantly associated with diabetes. These findings reflect ongoing nutritional transitions in Uzbekistan, where traditional diets are increasingly replaced by energy-dense processed foods. Moreover, high levels of

ISSN 3030-3907

psychological stress were independently associated with diabetes, likely mediated through hormonal pathways involving cortisol and insulin resistance.

The observed prevalence is comparable to reports from other Central Asian settings but higher than earlier national estimates, suggesting a continuing upward trend. These results highlight the urgent need for targeted prevention strategies, including lifestyle modification programs, early screening, and community-based awareness campaigns.

Overall, the findings emphasize that diabetes in Uzbekistan is driven by a combination of modifiable and non-modifiable risk factors, underscoring the importance of integrated public health interventions.

CONCLUSIONS.

The study demonstrated that diabetes mellitus represents a significant and growing public health problem among adults in Uzbekistan, with an overall prevalence of 13.6%, indicating an increasing burden of non-communicable diseases in the region.

The main independent risk factors associated with diabetes were age over 40 years, obesity, physical inactivity, high consumption of fried foods, and chronic psychological stress. These factors showed statistically significant associations in multivariate analysis.

Behavioral and lifestyle patterns, including low physical activity levels and unhealthy dietary habits, play a crucial role in the development of diabetes mellitus in the studied population, reflecting ongoing nutritional and epidemiological transitions in Central Asia.

The findings highlight the importance of early screening programs and preventive strategies targeting modifiable risk factors such as diet, physical activity, and stress management.

Strengthening public health interventions, including community-based education, routine screening, and promotion of healthy lifestyles, is essential to reduce the future burden of diabetes mellitus in Uzbekistan.

Further large-scale longitudinal studies are recommended to better understand the progression of risk factors and to develop more effective prevention policies.

REFERENCES

1. International Diabetes Federation (IDF). *IDF Diabetes Atlas, 10th Edition*. Brussels: IDF; 2021.
2. World Health Organization. *Global Report on Diabetes*. Geneva: WHO; 2016.
3. Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, et al. Global and regional diabetes prevalence estimates. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2019;157:107843.

ISSN 3030-3907

4. Khan MA, Hashim MJ, King JK, et al. Epidemiology of type 2 diabetes – global burden. *World Journal of Diabetes*. 2020;11(4):130–142.
5. Cho NH, Shaw JE, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global estimates. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2018;138:271–281.
6. Zheng Y, Ley SH, Hu FB. Global aetiology of type 2 diabetes. *Nature Reviews Endocrinology*. 2018;14(2):88–98.
7. Magliano DJ, Boyko EJ. Diabetes complications and burden. *Lancet Diabetes Endocrinology*. 2021;9(6):325–340.
8. Emerging Risk Factors Collaboration. Body mass index and diabetes risk. *The Lancet*. 2014;383(9924):970–983.
9. Hu FB. Globalization of diabetes. *Diabetes Care*. 2011;34(6):1249–1257.
10. Powers AC, Niswender KD, Evans-Molina C. Diabetes mellitus: pathophysiology and management. Endocrine Reviews. 2020;41(4):bnaa012.
11. Hoogeveen E. K. The epidemiology of diabetic kidney disease //*Kidney and Dialysis*. – 2022. – Т. 2. – №. 3. – С. 433-442.
12. Zhang K. et al. Global, regional, and national epidemiology of diabetes in children from 1990 to 2019 //*JAMA pediatrics*. – 2023. – Т. 177. – №. 8. – С. 837-846.
13. Li Y. Y. et al. Global epidemiology of diabetes and prediabetes in lean or non-obese patients with NAFLD: a systematic review and meta-analysis //*Annals of Medicine*. – 2026. – Т. 58. – №. 1. – С. 2602995.
14. Zhou J. et al. DNA methylation and 28 year incidence of two neuropathy phenotypes in type 1 diabetes: the Pittsburgh Epidemiology of Diabetes Complications cohort study //*Diabetologia*. – 2025. – Т. 68. – №. 7. – С. 1423-1439.

ISSN 3030-3907

DEFEKATNI PIROLIZ QILISH ORQALI FUNKSIONAL SORBENT MATERIALLAR OLISH VA ULARNING ADSORBSIYA QOBILIYATINI TADQIQ QILISH

Salixanova Dilnoza Saidakbarovna
Umumiy va noorganik kimyo instituti, texnika fanlari doktori, professor
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: salihanova79@mail.ru
Azimova Durdona Abdulloyevna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, doktorant (DSc)
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: durdonaazimova7@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida shakar sanoati chiqindisi — defekatni kislorodsiz muhitda piroliz qilish orqali kalsiyga boy sorbentga aylantirish jarayoni o‘rganildi. Piroliz jarayoni 400–800 °C harorat oralig‘ida havosiz muhitda amalga oshirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, harorat 600 °C ga yetganda organik moddalarning kalsiyli tuzlari parchalanib reaksion faol CaO hosil qiladi, organik tarkibning parchalanishi va CO_2 ajralishi natijasida material strukturasida g‘ovak shakllanadi. Olingan sorbent ishqoriy xususiyatga (pH 9–12) va yuqori adsorbsion qobiliyatga ega bo‘lib, metilen ko‘ki eritmasini samarali tozalash imkonini berdi. Tadqiqot natijalari defekatni piroliz qilish orqali arzon va samarali sorbentlar ishlab chiqish mumkinligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: defekat, piroliz, kalsiy oksidi, uglerodli massa, sorbent, adsorbsiya, metilen ko‘ki, oqova suv.

Аннотация. В данной исследовательской работе изучен процесс превращения отхода сахарной промышленности — дефеката в кальцийсодержащий сорбент путём пиролиза в бескислородной среде. Процесс пиролиза проводился в безвоздушной среде при температурах 400–800 °C. Результаты показали, что при достижении температуры 600 °C кальциевые соли органических веществ разлагаются с образованием реакционно-активного CaO; в результате разложения органической составляющей и выделения CO_2 в структуре материала формируется пористость. Полученный сорбент обладает щелочными свойствами (pH 9–12) и высокой адсорбционной способностью, обеспечивая эффективную очистку раствора метиленового синего. Результаты исследования показали возможность производства дешёвых и эффективных сорбентов путём пиролиза дефеката.

Ключевые слова: дефекат, пиролиз, оксид кальция, углеродная масса, сорбент, адсорбция, метиленовый синий, сточные воды.

Abstract. In this research work, the process of converting sugar industry waste — defecate into a calcium-rich sorbent through pyrolysis in an oxygen-free environment was studied. The pyrolysis process was carried out in an oxygen-free environment at temperatures of 400–800 °C. The results showed that when the temperature reaches 600 °C, the calcium salts of organic substances decompose, forming reaction-active CaO; as a result of the decomposition of the organic component and the release of CO_2, porosity is formed in the structure of the material. The obtained sorbent has alkaline properties (pH 9–12) and high adsorption capacity, providing effective purification of the methylene blue solution. The research results demonstrated the possibility of producing cheap and effective sorbents by pyrolysis of defecate.

Keywords: defecate, pyrolysis, calcium oxide, carbon mass, sorbent, adsorption, methylene blue, wastewater.

KIRISH.

Sanoat va qishloq xo‘jaligi chiqindilarini qayta ishlash va ulardan qiymatli mahsulotlar olish bugungi kunda ekologik barqarorlikni ta’minlashning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shakar sanoatida hosil bo‘ladigan lavlagi pulpasi va defekatsiya ohagi (defekat) katta hajmdagi ikkilamchi chiqindilar hisoblanib, ularni samarali qayta ishlash dolzarb ekologik va texnologik muammolardan biri hisoblanadi. Lavlagi pulpasi tarkibi asosan syellyuloza, gemisellyuloza, lignin va pektin moddalaridan tashkil topgan bo‘lib, u termik ishlov jarayonida yuqori uglerodli qattiq mahsulot hosil qilish qobiliyatiga ega. Defekatsiya ohagi esa asosan organik moddalarning kalsiyli birikmalaridan iborat bo‘lib, u piroliz jarayonida mineral faza manbai sifatida ishtirok etadi. Qand lavlagini qayta ishlash jarayonida hosil bo‘ladigan defekat organik moddalarga boy biomassa bo‘lib, uni yuqori qo‘shimcha qiymatga ega sorbsion materialga aylantirish imkoniyati mavjud.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Ilmiy adabiyotlarda organik biomassani mineral qo‘shimchalar ishtirokida piroliz qilish natijasida yuqori g‘ovakli va ishqoriy xususiyatga ega kompozit sorbentlar olinishi qayd etilgan [1]. Kalsiy saqlovchi komponentlar piroliz davomida uglerod material yuzasida faol markazlar hosil qilib, og‘ir metall ionlari va anionlarni adsorbsiya qilish qobiliyatini oshiradi. Shuningdek, kalsiyli biomassalar fosfat, qo‘rg‘oshin va kadmiy ionlarini suvdan ajratishda yuqori samara ko‘rsatgani ta’kidlangan. Birgalikda piroliz qilish usuli chiqindilar hajmini kamaytirish, qo‘shimcha energiya manbai olish va yuqori qiymatli sorbsion material sintez qilish imkonini beradi. Shu sababli lavlagi pulpasi va defekatsiya ohagini birgalikda termokimyoviy qayta ishlash qishloq xo‘jaligi

ISSN 3030-3907

hamda suv tozalash texnologiyalari uchun istiqbolli yo‘nalish sifatida qaralmoqda [2].

Ilmiy tadqiqotlarda lavlagi qoldig‘i biomassasini kaliy gidroksidi yordamida kimyoviy faollantirish orqali yuqori yuza maydoniga ega aktiv ko‘mir olish mumkinligi ko‘rsatilgan. Lavlagi qoldig‘i tarkibidagi syellyuloza, gemisellyuloza va lignin moddalari piroliz jarayonida uglerodli struktura hosil qiladi. Kaliy gidroksidi faollashtiruvchi reagent sifatida uglerod tuzilishiga ta’sir qilib, mikropora va mezoporalarni shakllantiradi. Faollantirish odatda lavlagi qoldig‘ini quritish, maydalash, belgilangan nisbatda KOH bilan aralashtirish va inert muhitda 500–800 °C haroratda qizdirish orqali amalga oshiriladi. Yuqori haroratda kaliy gidroksidi uglerod bilan reaksiyaga kirishib, gazsimon mahsulotlar ajralishi hisobiga ichki g‘ovak strukturasini rivojlantiradi. Natijada katta solishtirma yuza maydoni va yuqori adsorbsion sig‘imga ega aktiv ko‘mir hosil bo‘ladi [3].

Defekatni piroliz qilish jarayonida yuqori harorat ta’sirida organik moddalarning kalsiyli tuzlari parchalanib CaO hosil qiladi, bu esa sorbentning adsorbsion xususiyatlarini oshirishda muhim ahamiyatga ega [4]. Oxirgi yillarda kalsiy asosidagi materiallar og‘ir metall ionlarini cho‘ktirish, ion almashinish va kompleks hosil qilish orqali yuqori samaradorlikda tozalash qobiliyatiga ega ekanligi isbotlangan [5,6]. Biroq defekatni to‘g‘ridan-to‘g‘ri piroliz qilish orqali sorbent olish bo‘yicha tadqiqotlar yetarli darajada o‘rganilmagan. Shuning uchun mazkur ishda defekat pirolizining xususiyatlari va olingan mahsulotning adsorbsion qobiliyati o‘rganildi.

Tadqiqot uchun defekat namunalari shakar ishlab chiqarish korxonasidan olindi. Namunalar havoda quritilib, 1 mm dan kichik zarra o‘lchamigacha maydalandi. Defekatning tarkibiy tuzilishi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Defekat tarkibi

Tarkibiy qism	Miqdori, %
Organik moddalarning kalsiy tuzlari	76,88
Pektin moddalari	1,72
Azotsiz organik moddalar	9,11
Azotli organik moddalar	6,14
Shakar	2,15
Fosfor	0,64
Magniy	0,42

Piroliz laboratoriya sharoitida trubali reaktorda havosiz muhitda amalga oshirildi. Namunalar 10 °C/min tezlikda 400, 500, 600, 700 va 800 °C

ISSN 3030-3907

haroratlargacha qizdirildi va 60 daqiqa ushlab turildi. Olingan qattiq mahsulotning fizik-kimyoviy xususiyatlari o‘rganildi. Adsorbsiya qobiliyatini baholash uchun metilen ko‘ki (MK) eritmalaridan foydalanildi. Bo‘yoqni yutilish darajasi spektrofotometrik usulda aniqlandi. MK bo‘yicha namunalarni rangsizlantirish qobiliyati GOST 4453-74 bo‘yicha FEK uskunasida aniqlandi. Tadqiqotdan oldin graduirovkali grafik qurildi — bunda eritmaning optik zichligini MK konsentratsiyasiga nisbati o‘rganildi. Buning uchun 15, 30, 45, 60, 90 mg/l li MK eritmalari tayyorlandi.

Namunalarni 50 ml eritmalarda 0,05 g reagent-sorbent bilan tekshirish olib borildi. Aralashma 20 daqiqa davomida aralashtirilib, keyin adsorbsion muvozanat yuz bergunicha tinch qo‘yildi. Muvozanat vaqti esa adsorbsiya kinetikasi orqali aniqlanadi. Muvozanatga erishilgandan keyin eritmaning optik zichligini aniqlash orqali konsentratsiya aniqlanadi. Adsorbatning yutilish miqdori quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$A = (C_0 - C_1) \times V / m, \quad (1)$$

Bu yerda: A — adsorbatning yutilish miqdori, mmol/g; C_0 va C_1 — mos ravishda dastlabki va muvozanatlashgan adsorbatning konsentratsiyasi, mmol/l; V — eritma hajmi, l; m — adsorbent massasi, g.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

Piroliz jarayoni ikki bosqichda borishi aniqlandi. Birinchi bosqichda (200 °C gacha) namlik chiqadi. Ikkinchi bosqichda (300–600 °C) organik moddalarning kalsiyli tuzlari parchalanadi. Bu jarayon natijasida reaksion faol kalsiy oksidi hosil bo‘ladi va CO_2 ajralishi hisobiga materialning g‘ovak strukturasi shakllanadi. Harorat oshishi bilan qattiq mahsulot chiqishi kamayib, 600–800 °C da maksimal qiymatga erishdi. Bu holat mineral fazalarning barqarorligi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, suyuq mahsulotlar miqdori kamaydi. Defekatni termik faollantirganda yo‘qotiladigan kuyindi gazlar va suv miqdorining hisobiga uning massa yo‘qotish unumi yuqori darajada ekanligi aniqlandi. Ammo defekatni piroliz qilish usuli orqali faollantirilganda massa yo‘qotish unumi sezilarli darajada pasayishini ko‘rish mumkin (2-jadval).

2-jadval

Defekat chiqindisini termik kuydirish va piroliz qilganda hosil bo‘ladigan massa unumi, %

Namuna / Harorat, °C	300	400	500	600	700	800	900
Termik modifikatsiyalangan defekat	95	92	87	85	78	72	65

ISSN 3030-3907

Piroliz qilingan defekat	98	95	93	90	87	82	75

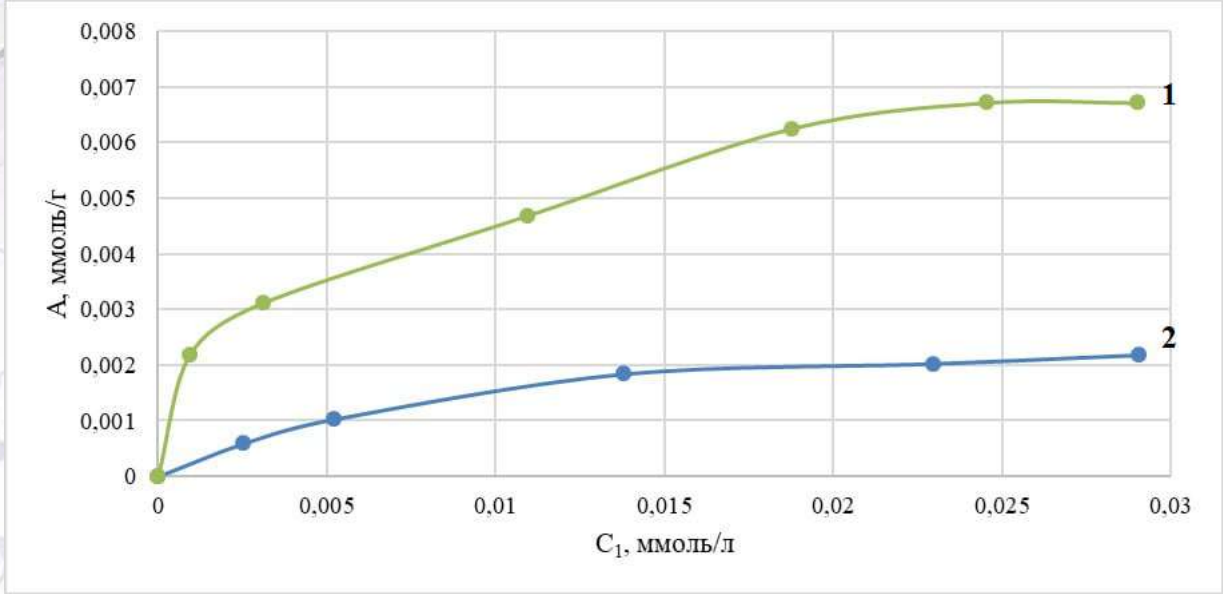
Keltirilgan natijalardan shunday xulosa qilish mumkinki, defekatni piroliz qilish jarayonida kislorodsiz muhitda organik komponentlarning qisman termik parchalanishi natijasida uglerodning ma’lum qismi qattiq fazada saqlanib qoladi. Shu bilan birga, 600 °C dan yuqori haroratda organik moddalarning kalsiyli tuzlarining parchalanishi faqat CO_2 ajralishi bilan cheklanadi. Termik kuydirish jarayonida esa organik moddalar to‘liq oksidlanib CO_2 va H_2O ga aylanadi, bu esa massa yo‘qotish darajasining ancha yuqori bo‘lishiga olib keladi. Shu sababli piroliz jarayonida massa saqlanishi termik kuydirishga nisbatan yuqori bo‘ladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, piroliz qilingan defekatda hosil bo‘lgan uglerodli qattiq fazada mezo- va mikrog‘ovak strukturalarning hosil bo‘lishi, shuningdek, CaO ning suvli muhitda ishqoriy muhitni hosil qilishi yuqori adsorbsiya qobiliyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi.



1-rasm. Metilen ko‘kining kalibrovka grafigi

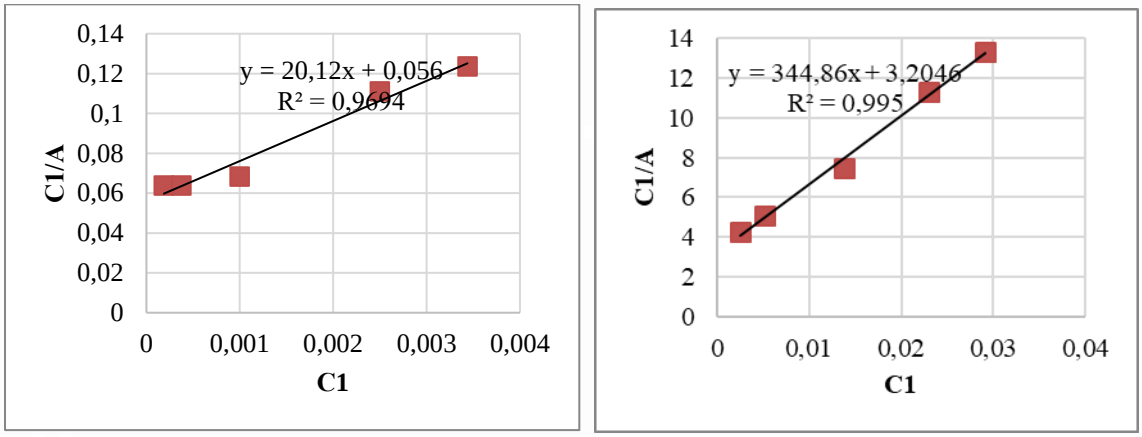
Termik modifikatsiyalangan defekat (TMD) va piroliz qilingan defekat (PD) namunalarida MK ning adsorbsiya izotermalari olindi (2-rasm). Izoterma natijalariga ko‘ra, namunalarda adsorbsiyaning boshlanishi turlicha bo‘lishi kuzatildi. Past konsentratsiyada piroliz qilingan defekat namunasi (PD) termik modifikatsiyalangan defekat (TMD) namunasiga nisbatan taxminan 2 barobar yuqori sorbsiya qobiliyatini namoyon qildi, lekin muvozanatga TMD namunasi PD namunasiga nisbatan tezroq erishdi. Defekatning piroliz qilinganidan so‘ng namunaning sorbsion xususiyatlarining o‘zgarishi g‘ovak strukturaning hosil bo‘lishi, shuningdek, yuzadagi faol markazlar yoki o‘ziga xos funksional guruhlarning mavjudligi bilan izohlanadi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Namunalarda MK adsorbsiyasi izotermasi 1 — Piroliz qilingan defekat (PD); 2 — Termik modifikatsiyalangan defekat (TMD)

Adsorbent to‘yinib borishi bilan izotermalarda muvozanatlashish yuzaga keladi. Lengmyur izotermasining teskari koordinatalardagi grafigi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Lengmyur teskari koordinatalarda MK adsorbsiyasi izotermasi 1 — PD; 2 — TMD

Yuqoridagi grafikdan K konstantasi, A∞ — chiziqning qayishish burchagi va ordinatadagi segment uzunligi orqali (1/A∞ va 1/(A∞·K)) hisoblab topildi. Tenglamaning to‘g‘riligini isbotlash uchun R^2 korrelyatsiya koeffitsienti qo‘llanildi. Ushbu ma’lumotlar orqali Lengmyur konstantasi va boshqa sirt xossalarini tavsiflovchi ko‘rsatkichlar aniqlandi hamda 3-jadvalda keltirildi.

3-jadval

MK bo‘yicha namunalarning tekstur xossalari

Namuna	K	S_ud, m²/g	ΣV, sm³/g	R², %
TMD	332,486	28,417	0,0497	99,5
PD	296,486	48,517	0,0375	96,9

ISSN 3030-3907

MK kation tabiatli bo‘yoq bo‘lganligi sababli uning adsorbsion xossasi eritmaning pH muhitiga va piroliz jarayonida hosil bo‘lgan uglerodli qattiq fazaning g‘ovak strukturasi bilan bog‘liq. Adsorbsiya jarayoni MK ning kation tabiatli bo‘lishi sababli elektrostatik tortilish orqali amalga oshadi; piroliz jarayonida hosil bo‘lgan uglerod yuzasida aromatik strukturalar va funksional guruhlar ishtirokida kompleks hosil qilish muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, bo‘yoq molekulalarining sorbentning mikro- va mezog‘ovaklariga diffuzion ichki yuzaga ulanib qolishi adsorbsion qobiliyatning yanada ortishini kuchaytiradi. Shu tarzda piroliz qilingan defekat namunalari MK eritmasini yuqori samaradorlik bilan adsorbsiya qilishi aniqlandi.

Adsorbsiya jarayoni bir nechta mexanizmlar orqali amalga oshadi: cho‘ktirish ($Ca(OH)_2$ orqali), ion almashinish, yuzada kompleks hosil qilish va fizik adsorbsiya.

XULOSA.

Defekatni piroliz qilish orqali kalsiyga boy, yuqori samarali sorbent olish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslandi. 600 °C dan yuqori haroratda organik moddalarning kalsiyli birikmalari parchalanib CaO hosil bo‘lishi, shuningdek, hosil bo‘lgan qattiq uglerodli fazada g‘ovak strukturalarining rivojlanishi sorbentning adsorbsion xususiyatlarini sezilarli darajada oshiradi. Olingan namunalar bo‘yoq eritmalarini rangsizlantirish va og‘ir metall ionlarini yuqori samaradorlikda tozalash imkonini berib, sanoat oqova suvlarini tozalashda istiqbolli material sifatida qaralishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Slezak R., Krzystek L., Dziugan P., Ledakowicz S. Co-Pyrolysis of Beet Pulp and Defecation Lime in TG-MS System // Energies. — 2020. — Vol. 13, № 9. — P. 2304. — DOI: 10.3390/en13092304.

2. Zhao J., Yu L., Zhou F., Ma H., Yang K., Wu G. Synthesis and characterization of activated carbon from sugar beet residue for the adsorption of hexavalent chromium in aqueous solutions // RSC Advances. — 2021. — Vol. 11, № 9. — P. 5118–5125. — DOI: 10.1039/D0RA09644J.

3. Salikhanova D.S., Eshmetov I.D., Agzamova F.N., Azimova D.A., Ismoilova M.A. Purification of waste water of oil-and-fat production by compositions of reagent-adsorbents // International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis. — 2021. — Vol. 4, Issue 11. — P. 1691–1694.

4. Azimova D.A., Salikhanova D.S., Bakhranova N.S., Eshmetov I.D., Temirov U.Sh. Treatment of industrial wastewater with activated samples based on defekate and bentonite // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. — 2023. — Vol. 10, Issue 9. — P. 21079–21085.

ISSN 3030-3907

5. Салиханова Д.С., Эшметов И.Д., Азимова Д.А. Изучение свойств термоактивированного дефеката при очистке кислых стоков // Қўқон давлат педагогика институти илмий хабарлари. — 2021. — № 1. — Б. 13–18.
6. Azimova D., Salikhanova D., Nomozova G., Eshmetov I., Temirov U. Treatment of waste water contaminated with iron ions on the basis of activated defecate // ICECAE-2022 E3S Web of Conferences 377, 03005 (2023) pp. 1-5.
7. Azimova D., Salikhanova D., Eshmetov I., Umirov F. , Temirov U. , Wastewater treatment using heat-treated defectate and MAP solution // ICECAE-2022 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Free the Science Week 2023 April 2-9

ISSN 3030-3907

MAHALLIY CHIQINDILAR ASOSIDA FAOLLASHTIRILGAN KO‘MIRLAR NAMUNALARINING ADSORBSIYA XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH

Karimova Zarifa Umarovna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, tayanch doktorant
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: zarifa_karimova_90@mail.ru
Nurmurodov To‘lqin Isamurodovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, texnika fanlari doktori, professor
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: t.nurmurodov@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida yong‘oq po‘stlog‘i, o‘rik danagi po‘stlog‘i va uzum donasi chiqindilari asosida kompozitsion ko‘mir namunalari olindi. Namunalarning adsorbsion qobiliyatlarini aniqlash uchun kaliy yodidning 0,1 N li eritmasidan foydalanildi. Shuningdek, adsorbentlarning bo‘yoqli eritmalarni rangsizlantirish xossalarini o‘rganish maqsadida metilen ko‘ki eritmasining turli konsentratsiyalarida qo‘llanildi. Olingan natijalar Lengmyur izotermasi orqali tahlil qilindi. Adsorbent namunalarining sirt yuzasi va g‘ovak o‘lchamlari aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kompozitsion adsorbentning yod va metilen ko‘kiga nisbatan adsorbsion faolligi alohida olingan namunalarga nisbatan yuqori bo‘lganligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: mahalliy chiqindi, biomassa, faollashtirilgan ko‘mir, metilen ko‘ki, Lengmyur izotermasi, adsorbsiya, yodning 0,1 N eritmasi, kompozitsion adsorbent.

Аннотация. В данном исследовании были получены композиционные углеродные образцы на основе отходов скорлупы грецкого ореха, косточек абрикоса и виноградных косточек. Для определения адсорбционной способности образцов использовался 0,1 Н раствор йодида калия. Также с целью изучения свойств адсорбентов по обесцвечиванию красочных растворов применялись растворы метиленового синего различных концентраций. Полученные результаты были проанализированы с помощью изотермы Ленгмюра. Определены удельная поверхность и размеры пор образцов адсорбентов. Согласно результатам исследования, адсорбционная активность композиционного адсорбента по отношению к йоду и метиленовому синему оказалась выше по сравнению с отдельно взятыми образцами.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: местные отходы, биомасса, активированный уголь, метиленовый синий, изотерма Ленгмюра, адсорбция, 0,1 Н раствор йода, композиционный адсорбент.

Abstract. In this research work, composite carbon samples were obtained based on walnut shell, apricot kernel shell, and grape seed waste. A 0.1 N solution of potassium iodide was used to determine the adsorption capacity of the samples. Methylene blue solutions of various concentrations were also used to study the decolorization properties of the adsorbents in dye solutions. The obtained results were analyzed using the Lengmyur isotherm. The specific surface area and pore sizes of the adsorbent samples were determined. According to the research results, the adsorption activity of the composite adsorbent with respect to iodine and methylene blue was higher compared to individually taken samples.

Keywords: local waste, biomass, activated carbon, methylene blue, Lengmyur isotherm, adsorption, 0.1 N iodine solution, composite adsorbent.

KIRISH.

Hozirgi kunda oqova suvlar bilan bog‘liq muammolar global ekologik xavflar qatorida eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, sanoatlashuv jarayonlarining jadallashuvi va qishloq xo‘jaligi faoliyatining kengayishi natijasida tabiiy suv manbalariga katta hajmda ifloslangan suvlar tashlanmoqda. Ushbu oqova suvlar tarkibida organik va noorganik ifloslantiruvchilar, og‘ir metall ionlari (Pb^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}), neft mahsulotlari, sintetik bo‘yoqlar, pestitsidlar hamda patogen mikroorganizmlar mavjud bo‘lib, ular suv ekotizimlarining buzilishiga olib keladi. Sanoat korxonalari oqova suvlari eng xavfli manbalardan biri bo‘lib, ular tarkibida yuqori konsentratsiyada og‘ir metallar va toksik kimyoviy moddalar mavjud. Bu moddalar tabiatda biodegradatsiyaga uchramaydi, ya'ni parchalanmaydi va uzoq vaqt davomida muhitda saqlanib qoladi. Natijada ular tuproq va suv organizmlarida to‘planib, biologik zanjir orqali inson organizmiga kirib boradi. Bu esa turli kasalliklar, jumladan onkologik, nevrologik va endokrin tizim buzilishlariga sabab bo‘lishi mumkin. Qishloq xo‘jaligi sohasida ham oqova suv muammosi jiddiy ahamiyat kasb etadi. Mineral o‘g‘itlar va pestitsidlardan me'yordan ortiqcha foydalanish natijasida azot va fosfor birikmalari suv havzalariga yuvilib tushadi. Bu esa evtrofikatsiya jarayonini keltirib chiqaradi, ya'ni suvda suv o‘simliklari va suvo‘tlarning ortiqcha ko‘payishiga sabab bo‘ladi. Natijada suvda kislorod miqdori kamayadi va baliqlar hamda boshqa gidrobiontlar halok bo‘ladi.

Bugungi kunda ilm-fan sohasida uglerodli sorbentlardan og‘ir metallar va organik ifloslantiruvchilarni tozalashda keng qo‘llanilmoqda. Biroq sanoatda ishlatiladigan faol ko‘mirlar qimmat bo‘lganligi sababli, mahalliy xom ashyolar

ISSN 3030-3907

va chiqindilar asosida yangi sorbentlar ishlab chiqish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

Shu nuqtai nazardan, qishloq xo‘jaligi chiqindilari — yong‘oq va o‘rik danagi po‘choqlari, uzum donasi chiqindilari asosida uglerodli sorbentlar olish va ularni oqova suvlarni tozalashda qo‘llash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Bu yondashuv nafaqat chiqindilarni qayta ishlash, balki resurslarni tejash va atrof-muhitni muhofaza qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, mahalliy qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan foydalanish orqali import o‘rnini bosuvchi texnologiyalarni rivojlantirish mumkin.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Yong‘oq va o‘rik danagi po‘choqlari, uzum donasi chiqindilari asosida olingan uglerodli adsorbentlar yuqori sirt yuzasi, rivojlangan mikrog‘ovak struktura va funksional guruhlarga egaligi bilan ajralib turadi. Turli tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ishlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, mazkur biomassa asosida tayyorlangan sorbentlar og‘ir metall ionlari, organik bo‘yoqlar va gazsimon moddalarni samarali adsorbsiya qilish qobiliyatiga ega bo‘lib, ularni ekologik tozalash texnologiyalarida qo‘llash istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Adabiyotlarda keltirilishicha, sanoat chiqindi gazlarini, xususan karbonat angidrid gazining so‘rilishini kuchaytirish uchun biosorbent sifatida yong‘oq qobig‘i chiqindilaridan olingan faollashtirilgan uglerod zarralaridan foydalanish o‘zining istiqbolini tasdiqlagan [1]. Shuningdek, yong‘oq po‘stlog‘idan xom ashyo sifatida foydalanib, $ZnCl_2$ yordamida kimyoviy faollashtirish orqali granulali faollashtirilgan ugleroddan foydalanib, Cu^{2+} ionining adsorbsiya xossalari o‘rganilgan [2]. Bir qator adabiyotlar tahlili bilan tanishilganda, CO_2 va H_2 gazlarini sorbsiya qilish maqsadida ishqorli muhitda faollantirilgan yong‘oq po‘stlog‘i asosida adsorbent namunalari olinganligi aniqlangan. Yong‘oq po‘stlog‘idan ishlab chiqarilgan faollashtirilgan uglerodning eksperimental izoterm ma'lumotlari Lengmyur, Freyndlix, Temkin, Sips va Toth izoterm tenglamalari yordamida tahlil qilingan [3].

Shuningdek, adabiyotlardan ma'lumki, simob ionlarini adsorbsiya qilish maqsadida yong‘oq po‘choqlarini kaliy karbonat yordamida faollantirib, yuqori sirt maydoniga ega faollashtirilgan uglerod sintez qilingan. Bu jarayonda kimyoviy faollashtirish uchun K_2CO_3 dan foydalanish asosan amorf strukturaning shakllanishiga olib keladi. Ushbu tadqiqot simobni olib tashlash samaradorligiga massa nisbati, pH, simobning dastlabki konsentratsiyasi, harorat va kontakt vaqti kabi bir qancha omillarning ta'sirini baholashga qaratilgan [4].

Faollashtirilgan uglerod suyultirilgan eritmalardan metall ionlarini olish uchun eng ko‘p ishlatiladigan adsorbent hisoblanadi. Adabiyotlarda elektrokaplama oqova suvlaridan oltin ajratib olish uchun Eron o‘rik danagining

ISSN 3030-3907

qattiq qobig‘idan ishlab chiqarilgan faollashtirilgan uglerodning potensiali o‘rganilgan. Faollashtirilgan uglerod dozasi, faollashtirilgan uglerod zarrachalari hajmi, pH va aralashtirish tezligi kabi parametrlarning oltin adsorbsiyasiga ta'siri o‘rganilgan [5].

O‘rik qobig‘i materialidan Pb(II) ni suyultirilgan suvli eritmadan adsorbsiyalash uchun sulfat kislota bilan kimyoviy faollashtirish orqali tayyorlangan faollashtirilgan uglerodning Pb(II) ni adsorbsiyalash uchun katta imkoniyatga ega ekanligi aniqlangan. O‘rganilgan parametrlar: adsorbentning fizik va kimyoviy xususiyatlari, pH, adsorbent dozasi, kontakt vaqti va boshlang‘ich konsentratsiyalar bo‘lib, Pb(II) foizining yo‘qotilishi pH 1,5 dan 5 gacha oshganligi, maksimal adsorbsiya uchun zarur bo‘lgan optimal pH 6,0 ga teng ekanligi aniqlangan [6].

Biroq mahalliy chiqindilar asosida kompozitsion adsorbent olish haqida ma'lumotlar to‘liq o‘rganilmagan. Yong‘oq va o‘rik danagi qobiqlari hamda uzum mevasi chiqindisi asosida kompozitsion adsorbentlar olish va ularni oqova suvlar tarkibidagi og‘ir metall ionlarini adsorbsiya qilish uchun qo‘llash to‘g‘risida ma'lumotlar yetarli emas. Aynan shu boshlang‘ich pozitsiya ushbu tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ushbu ilmiy tadqiqot ishida yong‘oq va o‘rik danagi qobiqlari hamda uzum mevasi chiqindilari 500°C dan 900°C gacha bo‘lgan haroratda havosiz muhitda piroliz qilish orqali uglerodli massa olingan. O‘simlik chiqindilari asosida uglerodli adsorbentlar olish jarayonida karbonizatsiya bosqichi hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lib, mazkur jarayonda organik moddalar termik destruksiyaga uchraydi va uglerodga boy qattiq struktura shakllanadi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, yong‘oq po‘stlog‘ining to‘liq karbonizatsiyasi 400°C haroratda, o‘rik po‘stlog‘iniki 300°C, uzum chiqindilari esa 350°C da amalga oshishi aniqlangan. Bu holat xom ashyolarning kimyoviy tarkibi va struktura xususiyatlariga bog‘liq bo‘lib, ularning termik barqarorligidagi farqlar bilan izohlanadi.

Yong‘oq qobig‘i, o‘rik danagi qobig‘i va uzum mevasi chiqindisi asosida kompozitsion adsorbent olish jarayonida dastlab xom ashyolar saralanib, mexanik aralashmalardan tozalandi, yuvildi va namligi kamaytirilguncha quritildi. Keyin ushbu komponentlar muayyan nisbatda maydalanib, bir xil tarkibli kompozitsion massa hosil qilindi. Tayyorlangan aralashma laboratoriya sharoitida yaratilgan qurilma asosida inert muhitda 500°C dan 900°C gacha bo‘lgan haroratda piroliz qilindi.

Namunalarning adsorbsion qobiliyatini o‘rganish maqsadida laboratoriya sharoitida GOST 6217-74 bo‘yicha yod eritmasida yodning adsorbsiya bo‘lish

ISSN 3030-3907

darajasi o‘rganildi. Yod bo‘yicha ko‘mirning adsorbsion faolligi foiz sifatida quyidagi formula bo‘yicha hisoblandi:

$$A = \frac{(V_1 - V_2) * 0{,}0127 * 100 * 100}{10 * m}$$

bu yerda: V_1 — kaliy yodiddagi 10 sm³ yod eritmasini titrlash uchun sarflangan 0,1 mol/dm³ (0,1 N) konsentratsiyali natriy tiosulfat eritmasining hajmi, sm³;

V_2 — ko‘mir bilan ishlov berilgandan so‘ng kaliy yodid tarkibidagi 10 sm³ yod eritmasining titrlanishiga sarflangan natriy tiosulfat eritmasining hajmi, 0,1 mol/dm³ (0,1 N), sm³;

0,0127 — natriy tiosulfat eritmasining 1 sm³ ga to‘g‘ri keladigan yod massasi (0,1 mol/dm³ aniq), g;

100 — ko‘mirni tozalash uchun olingan kaliy yodiddagi yod eritmasining hajmi, sm³;

m — ko‘mir namunasining massasi, g.

Olingan uglerodli adsorbentlarning rangli eritmalardagi adsorbsion xossalarini aniqlash maqsadida metilen ko‘ki (MK) eritmasining GOST 4453-74 bo‘yicha eritmalari tayyorlandi. Eritmaning optik zichligi UV-1700 modelli spektrofotometrda aniqlandi. Optik zichlik λ = 660 nm da 10 mm li kyuvetada o‘lchandi. Solishtirish uchun distillangan suvdan foydalanildi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI.

1-jadval

Yong‘oq po‘stlog‘i, o‘rik va uzum danagi qobig‘idan uglerodli adsorbent olishda harorat o‘zgarishining unumga ta'siri, %

Xom ashyo turi	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C
Yong‘oq po‘stlog‘i	38	37	35	32	29	26	26
O‘rik danagi po‘stlog‘i	40	39	37	35	32	28	27
Uzum donasi chiqindisi	35	34	32	30	27	25	24

Haroratning 300°C dan 900°C gacha oshirilishi natijasida mahsulot unumining asta-sekin kamayishi kuzatildi. Bu holat xom ashyoning tarkibiy xususiyatlari bilan bog‘liq bo‘lib, termik destruksiya jarayonida uglerod monooksid (CO) va karbonat angidrid (CO_2) kabi gazlarning ajralib chiqishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, yuqori haroratlarda karbonizatsiyalangan materialning qisman gazifikatsiyalanishi ham sodir bo‘lib, bu jarayon uglerodning reaksion muhitda ishtirok etishiga olib keladi. Biroq mahsulot unumining keskin emas, balki bosqichma-bosqich kamayishi xom ashyoning

ISSN 3030-3907

asosiy qismi saqlanib qolishini ta'minlaydi va bu holat uglerodli adsorbentlar ishlab chiqarish jarayonining iqtisodiy jihatdan maqbul ekanligini ko‘rsatadi.

Karbonizatlarning sorbsion xususiyatlarini oshirish maqsadida ishqoriy modifikatsiyalash usuli keng qo‘llaniladi. Xususan, KOH va NaOH ishqorlari bilan ishlov berish natijasida adsorbentning g‘ovak strukturasi rivojlanib, uning sirt yuzasi va adsorbsion faolligi ortishi ilmiy adabiyotlardan ma'lum [7]. Biroq oldingi tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, ishqor ta'sirida modifikatsiyalash jarayonida mahsulot chiqish unumi kamayadi. Bu holat karbonizat tarkibida mavjud bo‘lgan kislorod saqlovchi funksional guruhlar — fenol va karboksil birikmalarining ishqorlar bilan reaksiyaga kirishib, tegishli tuzlar ($R–O^-Me^+$ va $R–COO^-Me^+$) hosil qilishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, piroliz jarayonida ishqorlar destruksiyalovchi agent sifatida ishtirok etib, organik strukturadagi efir bog‘larini parchalaydi va uchuvchi mahsulotlarning ajralib chiqishiga sabab bo‘ladi. Tadqiqotda modifikatsiyalash jarayonlari KOH ishqorining 40% li eritmalari yordamida, karbonizatga nisbatan 1:1, 1:2 va 1:3 og‘irlik nisbatlarida amalga oshirildi.

Piroliz jarayonini 500–900°C oralig‘ida olib borishda harorat adsorbentning strukturasi va sorbsion xossalarini belgilaydigan asosiy omil hisoblanadi. 500°C da piroliz to‘liq emas, sellyuloza va gemitsellyuloza qisman parchalanadi, lekin lignin to‘liq destruksiyaga uchramaydi, natijada uglerodlanish darajasi past va g‘ovak tuzilishi yetarli rivojlanmagan bo‘ladi. Harorat 600°C ga yetganda organik komponentlar chuqur termik parchalanadi, uchuvchan moddalar maksimal darajada ajralib chiqadi va barqaror uglerod karkasi shakllanadi. Shu haroratda mikrog‘ovaklarning shakllanishi optimal kechadi, uglerod strukturasi buzilmasdan saqlanadi va yuqori solishtirma yuza hosil bo‘ladi. 700–900°C diapazonida esa ortiqcha termik ta'sir natijasida g‘ovak devorlari qisman sinterlanishi va mikrog‘ovaklar kengayib, mezo- va makrog‘ovaklarga aylanishi mumkin. Bu holat solishtirma yuzaning kamayishiga va adsorbsion faollikning pasayishiga olib keladi.

Karbonlashgan material 800°C da suv bug‘i ishtirokida faollantirish haqida adabiyotlarda ma'lumotlar mavjud [8]. Ushbu tadqiqot ishida 600–650°C da kompozitsion adsorbent namunalarini suv bug‘ida faollantirish orqali ularning adsorbsion qobiliyatini oshirishga erishildi. Bu bosqichda bug‘ uglerod matritsasi bilan qisman reaksiyaga kirishib, ichki g‘ovaklar hajmini oshiradi, mikrog‘ovak va mezog‘ovaklar tizimini rivojlantiradi hamda solishtirma yuza maydonini sezilarli darajada kattalashtiradi. Natijada kompozitsion adsorbentning sorbsion faolligi, ayniqsa og‘ir metall ionlari va organik ifloslantiruvchilarga nisbatan yutish qobiliyati ortadi.

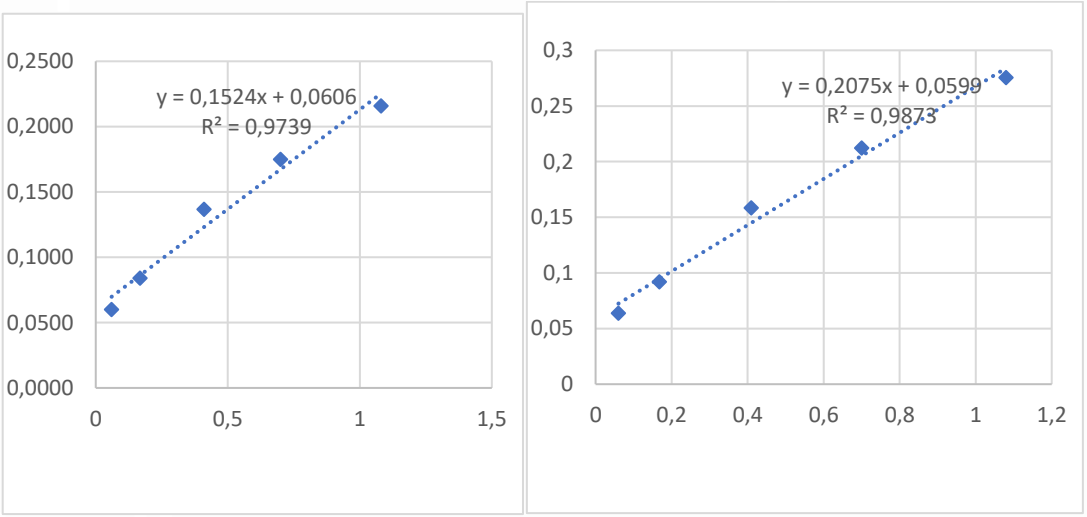
ISSN 3030-3907

2-jadval

Faollantirilgan ko‘mir namunalarining yod adsorbsiyasi ko‘rsatkichlariga haroratning ta'siri

№	Xomashyo turi	Adsorbsiya darajasi, %				
		500°C	600°C	700°C	800°C	900°C
1	FO‘P	55,7	83,8	86,7	86,6	82,25
2	FYP	53,5	84,6	85,6	85,4	83,25
3	FUCH	56,8	83,5	85,3	85,5	84,56
4	KA	58,7	82,5	84,6	85,4	82,58

Eslatma: FO‘P — faollantirilgan o‘rik danagi po‘stlog‘i; FYP — faollantirilgan yong‘oq po‘stlog‘i; FUCH — faollantirilgan uzum donasi chiqindisi; KA — kompozitsion adsorbent.



1 **2**

1-rasm. Kompozitsion adsorbent (KA-1) va faollantirilgan yong‘oq po‘stlog‘i (FYP-2) namunalari uchun metilen ko‘ki adsorbsiyasining Lengmyur teskari koordinatalardagi izotermasi

Olingan natijalarga ko‘ra, o‘rik danagi qobig‘i, yong‘oq qobig‘i va uzum danagi kabi ko‘mir namunalari, shuningdek, yong‘oq va o‘rik danagi qobiqlari va uzum donasi chiqindisi asosida olingan kompozitsion adsorbent namunasi yordamida adsorbsiyalanish faolligi aniqlandi. 700–900°C diapazonida ortiqcha termik ta'sir natijasida g‘ovak devorlari qisman sinterlanadi va mikrog‘ovaklar kengayib, mezo- va makrog‘ovaklarga aylanishi kuzatilishi mumkin. Bu holat solishtirma yuzaning kamayishiga va adsorbsion faollikning pasayishiga olib keladi. Shuningdek, yuqori haroratda energiya sarfi keskin ortadi va texnologik jihatdan samaradorlik pasayadi.

Shu sababli 600°C piroliz uchun maqbul sharoit sifatida qaraladi. Bu nuqtada uglerodlanish darajasi, g‘ovak tuzilishi va energiya sarfi o‘rtasida eng

ISSN 3030-3907

yaxshi muvozanat ta'minlanadi. Natijada yuqori sorbsion sifatga ega, strukturasi barqaror kompozitsion adsorbent olish imkoniyati aniqlandi.

3-jadval

Faollantirilgan uglerodli adsorbent namunalarining metilen ko‘ki adsorbsiyasi darajasi, %

Adsorbent turi	Metilen ko‘ki eritmasining konsentratsiyasi, mg/l				
	10	20	30	40	50
FO‘P	97,4	84,3	76,4	60,7	44,8
FYP	91,6	87,3	78,8	62,6	48,5
FUCH	94,2	87,6	79,4	63,6	47,4
KA	94,6	81,5	76,3	62,5	48,4

4-jadval

Metilen ko‘ki bo‘yicha namunalarning tekstur xossalari

Namuna	K	S_yud, m^2/g	ΣV, sm^3/g	R^2
FO‘P	114,86	634	0,267	0,99
FYP	118,65	698	0,283	0,98
FUCH	111,73	626	0,289	0,96
KA	112,48	648	0,265	0,97

Faollantirilgan ko‘mir namunalarining metilen ko‘ki eritmasini rangsizlantirish darajasi eritma konsentratsiyasiga bevosita bog‘liq holda o‘zgaradi. Dastlab past konsentratsiyalarda adsorbsiya jarayoni yuqori samaradorlik bilan kechadi, chunki adsorbent yuzasidagi aktiv markazlar soni yetarli bo‘lib, metilen ko‘ki molekulalari ularga oson birikadi. Bu bosqichda rangsizlantirish darajasi yuqori bo‘lib, eritma deyarli to‘liq tozalanishi mumkin. Biroq eritma konsentratsiyasi ortib borishi bilan adsorbat molekulalarining soni ko‘payib, adsorbent yuzasidagi aktiv markazlar bosqichma-bosqich to‘yinib boradi. Ma'lum bir nuqtaga yetganda adsorbentning g‘ovaklari va aktiv markazlari deyarli to‘liq band bo‘ladi va yangi molekulalarni qabul qilish imkoniyati cheklanadi. Bu holat adsorbsiya izotermasida to‘yinish bosqichi sifatida namoyon bo‘ladi.

Yong‘oq va o‘rik danagi qobiqlari hamda uzum mevasi chiqindisi asosida olingan kompozitsion adsorbentning metilen ko‘ki eritmasini rangsizlantirish darajasi faollantirilgan uglerod namunalariga nisbatan yuqoriroq bo‘lishi uning tarkibiy va struktura xususiyatlari bilan izohlanadi. Mazkur kompozitsion material uch xil biomassa manbasining birgalikda karbonlanishi va faollanishi natijasida hosil bo‘lgani uchun uning g‘ovak tuzilishi bir xil emas, balki mikrog‘ovak, mezog‘ovak va qisman makrog‘ovaklardan iborat murakkab sistema shakllantiradi. Bu esa metilen ko‘ki kabi nisbatan yirik organik

ISSN 3030-3907

molekulalarning adsorbent ichiga chuqurroq kirib borishi va ko‘proq aktiv markazlarga bog‘lanishini ta'minlaydi. Shu bilan birga, uzum chiqindisi tarkibidagi kislorodli funksional guruhlar yong‘oq va o‘rik qobiqlaridan hosil bo‘lgan aromatik uglerod tuzilmalari bilan birgalikda adsorbent yuzasida elektrostatik tortilish, π–π o‘zaro ta'sir va yuza komplekslarining hosil bo‘lishini kuchaytiradi. Odatda faollantirilgan uglerod namunalarida asosan mikrog‘ovaklar ustun bo‘lib, yirik bo‘yoq molekulalarining diffuziyasi cheklanishi mumkin. Kompozitsion adsorbentda esa g‘ovaklar o‘lchamining muvofiq taqsimlanishi va funksional guruhlar xilma-xilligi sababli metilen ko‘kining ushlanishi samaraliroq kechadi.

XULOSA.

Kompozitsion adsorbentning yodning 0,1 N li eritmasidan yod molekulalarini adsorbsiya qilish va metilen ko‘ki eritmasini rangsizlantirish qobiliyati uning yuqori darajada rivojlangan g‘ovak tuzilishi va yuza faolligi bilan belgilanadi. Yod adsorbsiyasi asosan mikrog‘ovaklar hajmi va ichki yuza maydonini baholash mezoni sifatida xizmat qiladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, kompozitsion adsorbentda mikrog‘ovaklar ulushi yuqori bo‘lib, yod molekulalarini samarali ushlab qolish imkonini beradi. Bu esa adsorbentning ichki strukturasi yaxshi shakllanganini va yuqori adsorbsion sig‘imga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Metilen ko‘ki eritmasini rangsizlantirish jarayoni esa asosan mezog‘ovaklar va yuzadagi funksional guruhlar ishtirokida kechadi. Kompozitsion adsorbentda turli o‘lchamdagi g‘ovaklar mavjudligi sababli metilen ko‘ki molekulalari erkin diffuziya qilib, aktiv markazlarga samarali bog‘lanadi. Shu bilan birga, adsorbent yuzasidagi kislorodli funksional guruhlar, π–π o‘zaro ta'sirlar va elektrostatik tortilish kuchlari adsorbsiya jarayonini kuchaytiradi.

Natijada kompozitsion adsorbent ham yod kabi kichik molekulalar uchun, ham metilen ko‘ki kabi yirik organik molekulalar uchun yuqori samaradorlik namoyon qiladi. Bu uning universal adsorbsion material sifatida qo‘llanish imkoniyatlari mavjudligini ko‘rsatadi va uning strukturasi hamda yuza xossalari maqbul darajada shakllangani asoslangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Khoshraftar Z., Ghaemi A. Presence of activated carbon particles from waste walnut shell as a biosorbent in monoethanolamine (MEA) solution to enhance carbon dioxide absorption // Heliyon. — 2022. — Vol. 8, № 12. — P. e12660. — DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12660.

2. Kim J.W., Sohn M.H., Kim D.S., Sohn S.M., Kwon Y.S. Production of granular activated carbon from waste walnut shell and its adsorption characteristics for

Cu^{2+} ion // Journal of Hazardous Materials. — 2001. — Vol. 85, № 3. — P. 301–315.
3. Serafin J., Dziejarski B., Cruz Junior O.F., Sreńscek-Nazzal J. Design of highly microporous activated carbons based on walnut shell biomass for H_2 and CO_2 storage // Carbon. — 2023. — Vol. 201. — P. 633–647.
4. Albatrni H., Abou Elezz A., Elkhatat A., Qiblawey H., Almomani F. A green route to the synthesis of highly porous activated carbon from walnut shells for mercury removal // Journal of Water Process Engineering. — 2023. — Vol. 51. — P. 103394.
5. Pijović Radovanović M., Ječmenica Dučić M., Vasić Anićijević D., Dodevski V., Živković S., Pavićević V., Janković B. Activated carbons from apricot kernel shells for wastewater treatment: adsorption of Pb^{2+} and Rhodamine B with equilibrium, kinetics, thermodynamics, and DFT analysis // Materials. — 2023. — Vol. 16, № 14. — P. 5027.
6. Soleimani M., Kaghazchi T. The investigation of the potential of activated hard shell of apricot stones as gold adsorbents // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. — 2008. — Vol. 14, № 1. — P. 28–37.
7. Убайдуллаева Н.Н., Салиханова Д.С. Изучение влияния модификатора на адсорбционные свойства // Miasto Przyszłości. — 2024. — № 47. — С. 517. — URL: http://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/view/517/478.
8. Salikhanova D.S., Usmonova Z.T. Determination of physicochemical and adsorption properties of carbon adsorbents obtained on the basis of plum seed waste // AIP Conference Proceedings. — 2024. — Vol. 3045. — P. 030054. — DOI: 10.1063/5.0197632.

KUL-SHLAK CHIQINDILARI ASOSIDAGI KATALIZATORLAR ISHTIROKIDA AKROLEIN VA PIRIDIN ASOSLARI SINTEZI

Umrzokov Abdulla Toshtemirovich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
Mukhitdinov Boxodir Faxriddinovich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
Vapoyev Xusniddin Mirzoyevich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: umrzokov1978@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi (IES) kul-shlak chiqindilari (KSH) asosida tayyorlangan modifikatsiyalangan kompozit katalizatorlar yordamida akrolein, asetonitril va piridin asoslari (α-, β-, γ-pikolinlar) sintezi natijalari taqdim etilgan. Tadqiqot Cr_2O_3, Fe_2O_3, ZnO va CdO faol fazalari bilan modifikatsiyalangan KSH zaminoshyosi asosida 12 ta tajriba seriyasini o‘z ichiga oldi. Akrolein sintezida KSH T-10 katalizatori 280°C da 62,99% unum ko‘rsatdi. Asetonitril sintezi uchun XTK-20 katalizatori (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; KSH-75%) 360°C da 91,87% maksimal unum berdi — bu Cr_2O_3 va Fe_2O_3 ning sinergetik ta’sirining sonli isbotidir. Pikolinlar sintezida KXAKSH-13 katalizatori (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; KSH-82%) H_3PO_4 peptizatori bilan 420°C da α-pikolin unumini 45,68%, γ-pikolin unumini 25,50%, jami pikolinlar unumini 71,18% gacha ko‘tardi. Atsetilen, ammiak va metanol kondensatsiyasidan piridin sintezida KRXKSH-5 katalizatori 400°C da piridinning C_5H_5N unumini 30,45%, jami piridin asoslari unumini 65,97% qildi. Peptizatorlar samaradorlik tartibi H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH ekanligi tasdiqlandi. Tadqiqot natijalari mahalliy chiqindilar asosida samarali piridin asoslari katalizatorlari yaratish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kul-shlak chiqindilari, kompozit katalizator, akrolein, asetonitril, piridin, pikolinlar, kondensatsiya, fosfat kislotasi, KXAKSH-13, Yangi Angren IES.

Аннотация. В статье представлены результаты синтеза акролеина, ацетонитрила и пиридиновых оснований (α-, β-, γ-пиколинов) с использованием модифицированных композитных катализаторов на основе золошлаковых отходов (ЗШО) Ново-Ангренской ТЭС. Исследование включало 12 серий экспериментов с использованием носителя ЗШО, модифицированного активными фазами Cr_2O_3, Fe_2O_3, ZnO и CdO. При синтезе акролеина катализатор ЗШО Т-10 при 280°C показал выход 62,99%. При синтезе ацетонитрила катализатор XTK-20 (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; ЗШО-75%) обеспечил максимальный выход 91,87% при 360°C, что является численным подтверждением синергетического эффекта Cr_2O_3 и Fe_2O_3. При

ISSN 3030-3907

синтезе пиколинов катализатор KXAKSH-13 (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; ЗШО-82%) с пептизатором H_3PO_4 обеспечил при 420°C выход α-пиколина 45,68%, γ-пиколина 25,50% и суммарный выход пиколинов 71,18%. При синтезе пиридина из ацетилена, аммиака и метанола катализатор KRXKSH-5 при 400°C показал выход C_5H_5N 30,45% и суммарный выход пиридиновых оснований 65,97%. Установлен порядок эффективности пептизаторов: H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH. Результаты исследования демонстрируют возможность создания эффективных катализаторов для синтеза пиридиновых оснований на основе местных отходов.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, композитный катализатор, акролеин, ацетонитрил, пиридин, пиколины, конденсация, фосфорная кислота, KXAKSH-13, Ново-Ангренская ТЭС.

Abstract. This article presents the results of the synthesis of acrolein, acetonitrile and pyridine bases (α-, β-, γ-picolines) using modified composite catalysts based on coal ash-slag waste (CASW) from the Novo-Angren Thermal Power Plant. The research included 12 series of experiments using CASW supports modified with Cr_2O_3, Fe_2O_3, ZnO and CdO active phases. In acrolein synthesis, the CASW T-10 catalyst at 280°C showed a yield of 62.99%. For acetonitrile synthesis, the XTK-20 catalyst (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; CASW-75%) provided the highest yield of 91.87% at 360°C, demonstrating numerical evidence of the synergistic effect of Cr_2O_3 and Fe_2O_3. For picoline synthesis, the KXAKSH-13 catalyst (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; CASW-82%) with H_3PO_4 peptizator at 420°C provided an α-picoline yield of 45.68%, γ-picoline yield of 25.50% and total picoline yield of 71.18%. In the synthesis of pyridine from acetylene, ammonia and methanol, the KRXKSH-5 catalyst at 400°C produced a C_5H_5N yield of 30.45% and a total pyridine bases yield of 65.97%. The peptizator efficiency order H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH was confirmed. The findings demonstrate the possibility of creating effective pyridine base synthesis catalysts based on local waste resources.

Keywords: ash-slag waste, composite catalyst, acrolein, acetonitrile, pyridine, picolines, condensation, phosphoric acid, KXAKSH-13, Novo-Angren TPP.

KIRISH.

Akrolein (CH_2=CH–CHO), asetonitril (CH_3CN) va piridin asoslari (piridin C_5H_5N hamda α-, β-, γ-pikolinlar va metiletilpiridin) — sanoat ahamiyatiga ega muhim azot saqlovchi va karbonil-funksional birikmalar bo‘lib, ular vitamin (B6, PP), antibiotik, antiseptiklar, pestitsidlar, polimerlar (akril plastmassalar, poliakrilonitril) va dorivor moddalar ishlab chiqarishda strategik xom ashyo hisoblanadi [1, 2]. Akrolein sanoatda asosan propilen yoki glistserin asosida olinadi. Asetonitril atsetaldegid, ammiak va kislorod ishtirokidagi katalitik

ISSN 3030-3907

kondensatsiyadan, piridin asoslari esa atsetaldegid–ammiak yoki atsetilen–ammiak–metanol kondensatsiyasidan olinadi [2, 3].

Hozirgi vaqtda piridin asoslari sanoatida asosan xrom-, sink-, kadmiy-asosli aluminooksidli yoki silikat katalizatorlari qo‘llaniladi [3]. Lekin import katalizatorlarning yuqori narxi va mahalliy resurslar bazasini takomillashtirish zarurati O‘zbekistonda muqobil yondashuvlarni izlashni taqozo etadi. Bu o‘rinda Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi (IES) kul-shlak chiqindilari (KSH) — istiqbolli mahalliy resurs sifatida e’tirof etilmoqda [4]. Stansiyada har yili 130 ming tonnaga yaqin KSH hosil bo‘lib, hozirgi vaqtda kul omborlarida 12 mln tonnaga yaqin chiqindi to‘plangan [5]. Bu chiqindilar kremnezem-alyumina tarkibiga ega (SiO_2 36–42%, Al_2O_3 15–25%, Fe_2O_3 22–24%) va katalizator zaminoshyosi sifatida foydalanish uchun yetarli darajada termik barqaror va katta solishtirma yuzaga (1150–1280 sm^2/g) ega [4, 6].

Atsetaldegid–ammiak kondensatsiyasi orqali piridin asoslari hosil bo‘lishining umumiy mexanizmi quyidagicha tushuniladi: birinchi bosqichda atsetaldegid va ammiak o‘rtasida α,β-to‘yinmagan iminni hosil qiladigan kondensatsiya, ikkinchi bosqichda iminning siklizatsiyasi, uchinchi bosqichda esa dehydrogenizatsiya orqali aromatik piridin halqasi shakllanishi sodir bo‘ladi [3]. Katalizator yuzasidagi Lewis kislotali markazlar (Cr^{3+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}) atsetaldegid karbonilini polyarizatsiya qilib elektrofilligini oshiradi, ammiakning protonlangan formalari (NH_4^+) bilan koordinatsion komplekslar hosil qiladi va dehydrogenizatsiya jarayonini boshqaradi [2].

Mazkur tadqiqotning maqsadi — Yangi Angren IES kul-shlak chiqindilari asosida tayyorlangan modifikatsiyalangan kompozit katalizatorlar yordamida akrolein, asetonitril va piridin asoslari sintezini sistemali o‘rganish, optimal katalizator tarkibi, peptizator turi va harorat sharoitlarini sonli aniqlashdan iborat. Tadqiqotda KSH-T (Fe_2O_3-asosli), KSH-F (Fe_2O_3 kamroq miqdorli), X-KSH (Cr_2O_3-asosli), T-KSH (Fe_2O_3-asosli), XT-KSH (Cr_2O_3+Fe_2O_3), R-KSH (ZnO-asosli), K-KSH (CdO-asosli), KXAKSH (CdO+Cr_2O_3) va KRXKSH (CdO+ZnO+Cr_2O_3) kabi kompozit tizimlarning samaradorligi taqqoslandi.

Tadqiqotda Yangi Angren IES kul omborlaridan olingan kul-shlak chiqindisi katalizator zaminoshyosi sifatida ishlatildi. KSH ning kimyoviy tarkibi rentgen-fluoressent tahlil natijasida quyidagicha aniqlandi (og‘irlik bo‘yicha %): SiO_2 — 38,4; Al_2O_3 — 19,6; Fe_2O_3 — 22,8; CaO — 3,2; MgO — 2,1; K_2O+Na_2O — 3,4; SO_3 — 1,1; yondirib bo‘lmagan ko‘mir qoldig‘i — 8,5 [4, 6]. Faol fazalar sifatida: Cr_2O_3 (≥99,5%), Fe_2O_3 (≥99,5%), ZnO (≥99,5%), CdO (≥99%) ishlatildi. Peptizatorlar: HNO_3 (65%), HCl (37%), H_3PO_4 (85%), CH_3COOH (≥99%), NH_4OH (25%).

ISSN 3030-3907

Sintez reagentlari: akrolein sintezi uchun propilen (≥99,5%) va kislorod (≥99,9%); asetonitril va piridin sintezi uchun atsetaldegid (≥99%), atsetilen (≥99,8%), ammiak (suvsiz, ≥99,9%), metanol (≥99,8%) ishlatildi.

KSH zaminoshyosi avval HCl yoki HNO_3 ning 10% li eritmasi bilan kislotali ishlov berildi (60°C da 4 soat), so‘ngra distillangan suv bilan neytral muhitgacha yuvildi va 105°C da quritildi. Ikkinchi bosqichda gidrotermik ishlov berish o‘tkazildi: KSH avtoklavda 200°C da 6 soat davomida 1,5 MPa bosim ostida saqlandi. Uchinchi bosqichda faol oksidlar bilan ho‘l impregnatsiyalash usulida modifikatsiyalash bajarildi: kerakli miqdordagi metall tuzlari ($Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$) suvda eritilib, KSH ga qo‘shildi va aralashma 80°C da 2 soat davomida aralashtirildi. To‘rtinchi bosqichda peptizator (HNO_3, HCl, H_3PO_4 yoki CH_3COOH) qo‘shilib, plastik massa hosil qilindi. Massa granulalandi (Ø 3–5 mm), 105°C da 12 soat quritildi va 550°C da 4 soat davomida kalsinatsiya qilindi.

Katalizator namunalari quyidagi qisqartmalar bilan belgilandi: X-KSH (Cr_2O_3-KSH), T-KSH (Fe_2O_3-KSH), XT-KSH (Cr_2O_3+Fe_2O_3-KSH), R-KSH (ZnO-KSH), K-KSH (CdO-KSH), KXAKSH (CdO+Cr_2O_3-KSH), KRAKSH (CdO+ZnO-KSH), XRAKSH (Cr_2O_3+ZnO-KSH), KRXKSH (CdO+ZnO+Cr_2O_3-KSH). Raqam (5, 10, 13, 15, 20, 25) faol oksidlar yig‘indisining katalizator tarkibidagi nominal og‘irlik ulushiga (% da) mos keladi.

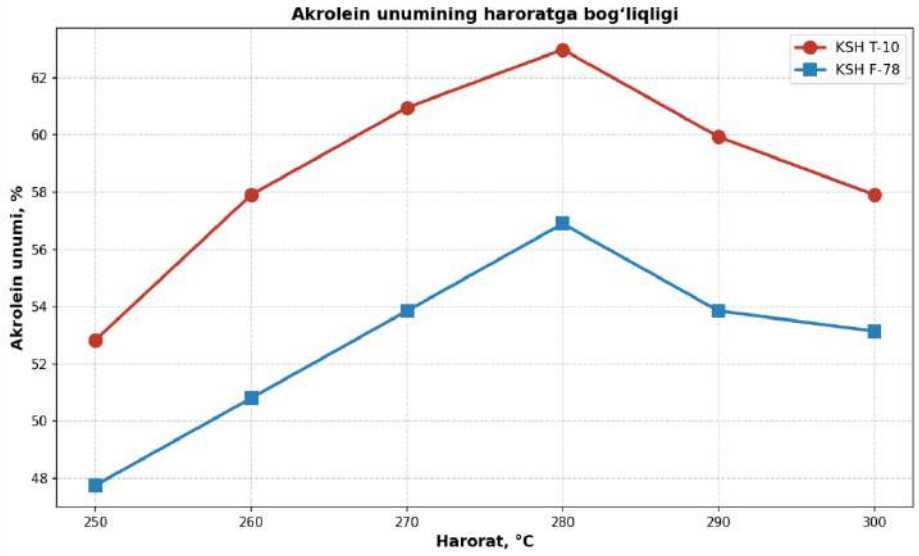
Akrolein, asetonitril va piridin asoslari sintezi gaz fazada qattiq qatlamli kvars-shisha reaktorlarda olib borildi (ichki diametr 12 mm, balandlik 250 mm, elektr isitgich bilan jihozlangan). Katalizator hajmi 5 ml; reagentlarning kontaktor vaqti 2–4 soniya. Reaksiya haroratlari: akrolein uchun 250–300°C; asetonitril uchun 300–400°C; piridin asoslari uchun 360–440°C oralig‘ida boshqarildi. Reagentlarning o‘zaro nisbatlari: piridin asoslari sintezi uchun $CH_3CHO:NH_3$ = 1:1,5; atsetilen+ammiak+metanol kondensatsiyasi uchun $C_2H_2:NH_3:CH_3OH$ = 1:2:1.

Mahsulotlar gaz xromatografiyasi (Chromatec Crystal-5000.2, FID detektor) va gaz xromatografiya-mass-spektrometriya (GC-MS, Agilent 7890-5975C) usullarida sifat va miqdoriy jihatdan tahlil qilindi. Har bir tajriba uchta marotaba takrorlandi va o‘rtacha qiymat keltirildi (standart og‘ish ±1,2%). Reaksiyalar muvozanat-stasionar holatga yetganidan so‘ng 5 daqiqalik intervallar bilan ketma-ket 3 ta nuqta olindi va o‘rtacha unum hisoblandi. Mahsulot unumi mol-foiz hisobida boshlang‘ich karbonil reagentga (atsetaldegid yoki propilen) nisbatan hisoblandi. Maqolada quyidagi qisqartmalar ishlatiladi: α-P — α-pikolin; β-P — β-pikolin; γ-P — γ-pikolin; ACN — asetonitril; MEP — metiletilpiridin; q.m. — qora moddalar (yon mahsulotlar).

NATIJALAR VA MUHOKAMALAR.

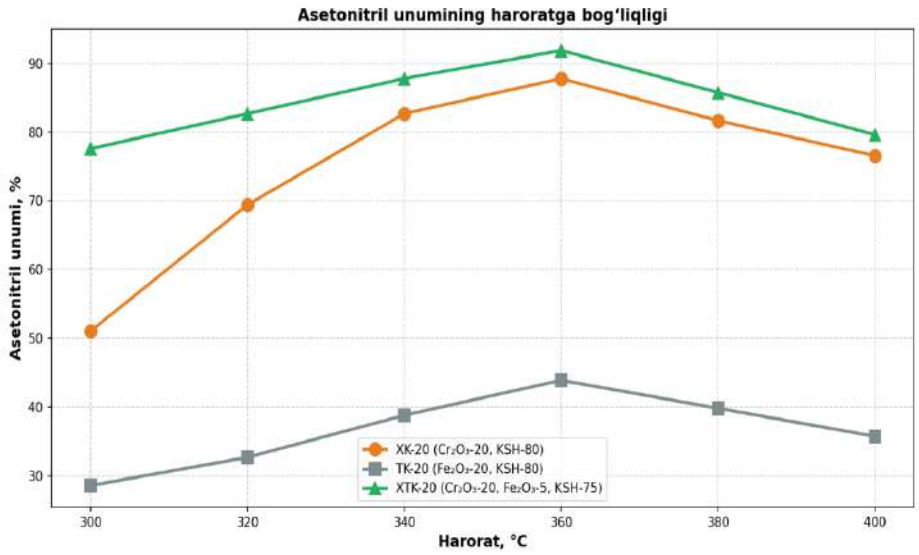
ISSN 3030-3907

KSH T-10 (yuqori temir oksidli) va KSH F-78 (kamroq temir oksidli) katalizatorlari bilan akrolein sintezi 250–300°C oralig‘ida o‘rganildi (1-jadval, 1-rasm). KSH T-10 da 280°C da maksimal akrolein unumi 62,99% qayd etildi, biroq harorat oshganida “boshqa moddalar” (yon mahsulotlar) ulushi monoton ortdi (250°C: 13,80% → 300°C: 28,58%).



1-rasm. Akrolein unumining haroratga bog‘liqligi (KSH T-10 va KSH F-78)

KSH T-10 katalizatori KSH F-78 dan har bir haroratda 6,09% ga yuqori unum berdi. Akroleinni 280°C dan oshirib qizdirilganda yon reaksiyalar (akril kislotasiga oksidlanish, polimerlanish) faollashadi va selektivlik pasayadi.

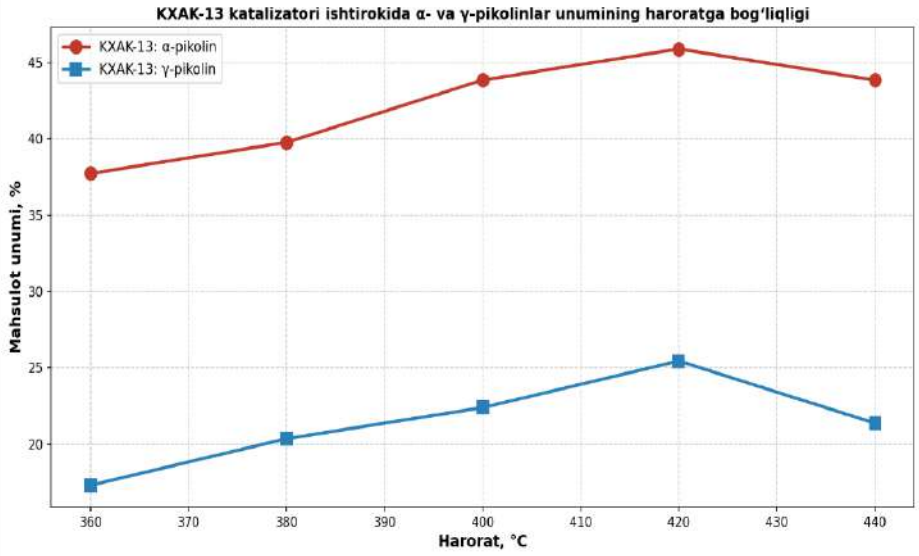


2-rasm. Asetonitril unumining haroratga bog‘liqligi

Asetonitril unumining haroratga bog‘liqligi XK-20 (Cr_2O_3-20%, KSH-80%), TK-20 (Fe_2O_3-20%, KSH-80%) va XTK-20 (Cr_2O_3-20%, Fe_2O_3-5%, KSH-75%) katalizatorlari uchun 300–400°C oralig‘ida o‘rganildi (2-rasm). Barcha uch katalizator uchun optimal harorat — 360°C bo‘lib, XTK-20 da 91,87% qayd etildi.

ISSN 3030-3907

KXAKSH-13 (CdO-13%, Cr_2O_3-5%, KSH-82%) ikkilamchi modifikatsiyali kompozit katalizator uchun peptizator tabiatining ta'siri taqqoslandi. H_3PO_4 peptizatori bilan jami pikolinlar unumi 71,18% (α-P 45,68% + γ-P 25,50%), q.m. esa 16,65% gacha pasaydi — bu butun pikolin sintezi tadqiqotidagi eng yuqori selektivlik darajasidir.



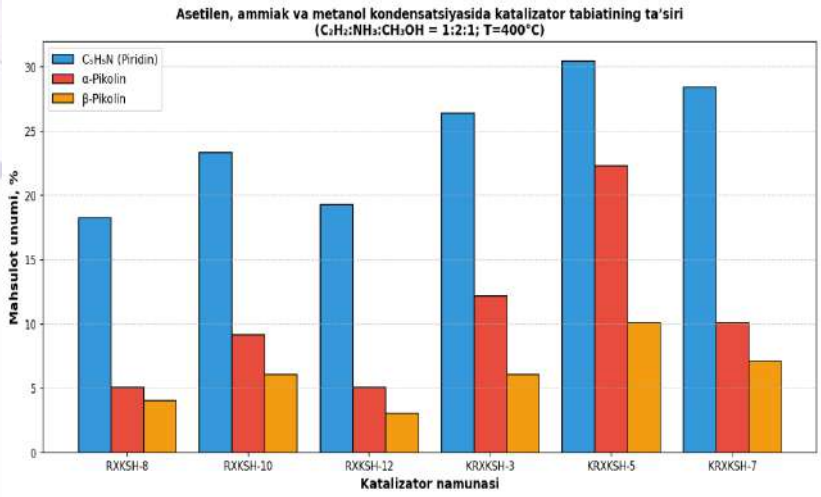
3-rasm. KXAK-13 katalizatori ishtirokida α- va γ-pikolinlar unumining haroratga bog'liqligi

Pikolinlar unumining haroratga bog'liqligi KXAK-13 katalizatori uchun 360–440°C oralig'ida o'rganildi va 420°C optimal harorat sifatida aniqlandi: α-P 45,90%, γ-P 25,45%, q.m. 28,65% (3-rasm).

To'rtta turli difaol kompozit katalizator (KXAKSH-13, KRAKSH-13, XRAKSH-13) ning samaradorligi 420°C da taqqoslandi (6-jadval). KXAKSH-13 (CdO+Cr_2O_3) — Σ maqsadli mahsulotlar 83,22% (α-P 45,68%, γ-P 25,38%, ACN 4,06%, MEP 8,10%) bilan eng yuqori natijani ko'rsatdi.

Atsetilen, ammiak va metanolning bug' fazadagi katalitik kondensatsiyasi (C_2H_2:NH_3:CH_3OH = 1:2:1, T=400°C) RXKSH va KRXKSH guruhlari uchun o'rganildi (7-jadval, 4-rasm). KRXKSH-5 (CdO-5%, ZnO-10%, Cr_2O_3-3%, KSH-82%) katalizatori eng yuqori natijani berdi: piridin C_5H_5N — 30,45%, α-P — 22,33%, β-P — 10,15%, γ-P — 3,04%, jami maqsadli mahsulotlar — 65,97%, q.m. — 34,03%.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Atsetilen, ammiak va metanol kondensatsiyasida katalizator tabiatining ta'siri

Olingan natijalar piridin asoslari sintezida katalizator tarkibining muhim rolini ko‘rsatdi. XTK-20 katalizatorining (Cr_2O_3-20%, Fe_2O_3-5%, KSH-75%) asetonitril sintezida 91,87% unum berishi — sinergetik ta’sirining yorqin namunasi: faqat Cr_2O_3 bilan (X-KSH-20) 87,38%, faqat Fe_2O_3 bilan (T-KSH-20) 43,69%, lekin ularning kompozitsiyasi — 91,98%. Cr_2O_3 Lewis kislotasi sifatida atsetaldegidning karbonilini polyarizatsiya qilib dehydrogenizatsiyani ta’minlaydi, Fe_2O_3 esa redoks-faol komponent (Fe^{3+}/Fe^{2+} juftligi) bo‘lib, elektron tashish jarayoniga ko‘mak beradi [2, 3]. Bu ikki oksidning birgalikdagi ishlashi tanho ravishda erishib bo‘lmaydigan natijalarga olib keladi.

Pikolinlar sintezi uchun KXAKSH-13 katalizatorining (CdO-13%, Cr_2O_3-5%, KSH-82%) yuqori samaradorligi (Σ pikolinlar 71,18%) CdO va Cr_2O_3 ning sinergetik ta’siri tufayli yuzaga keladi: CdO yumshoq Lewis kislotasi sifatida ammiakni koordinatsiyalaydi (NH_3 bilan barqaror Cd–NH_3 kompleksi), Cr^{3+} esa atsetaldegidning karbonil guruhini polyarizatsiya qiladi va dehydrogenizatsiyani jadallashtiradi. Birgalikda ular siklik kondensatsiyani aniq yo‘naltirib piridin halqasining hosil bo‘lishini ta’minlaydi [3]. CdO miqdori bo‘yicha ham vulkan-shaklidagi bog‘liqlik kuzatildi: 9% — α-P 33,50%, 11% — 38,57%, 13% — 41,62% (maksimum), 15% — 37,56% (pasayadi). Bu CdO ning 13% miqdorida KSH yuzasidagi Lewis kislotali Cd^{2+} markazlarining optimal dispersiyasiga erishilishi bilan izohlanadi.

Peptizator tabiatining ta’sirini taqqoslash shuni ko‘rsatdiki, piridin asoslari sintezida samaradorlik tartibi: H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH. H_3PO_4 bilan jami pikolinlar unumi 71,18% bo‘lsa, CH_3COOH bilan atigi 42,69% — farq deyarli 1,67 marta. H_3PO_4 ning ustunligi shundaki, fosfat anioni (PO_4^{3-}) KSH yuzasidagi metall ionlari (Cd^{2+}, Cr^{3+}) bilan barqaror koordinatsion komplekslar hosil qiladi va ularni dispers holatda saqlaydi. Bundan tashqari, fosfor saqlovchi

ISSN 3030-3907

katalizatorlar dehydratsiyalanish, dehydrogenizatsiya va kondensatsiya reaksiyalari uchun selektiv ekanligi ma'lum [2, 3]. Sirka kislotasining zaif natijasi esa uning kuchsiz peptizator xossalari va zaminoshyo zarralarini bir tekis dispersiyada saqlay olmasligi bilan izohlanadi. Atsetilen+ammiak+metanol kondensatsiyasida KRXKSH-5 ning samaradorligi (Σ piridin asoslari 65,97%) uch komponentli sinergiyaning natijasidir: CdO ammiak bilan koordinatsiya kompleksini hosil qiladi (NH_3 aktivatori), ZnO atsetilenni aktivatsiya qiladi (atsetilenli markazlarni faollashtirish), Cr_2O_3 esa metanol dehidratatsiyasini ta'minlaydi va karbonil-funksional oraliq mahsulotlarni shakllantiradi. CdO miqdori bo'yicha optimum 5% (KRXKSH-5: 30,45%); 3% bo'lganda yetishmaydi (KRXKSH-3: 26,39%), 7% bo'lganda esa qo'shimcha CdO yuzaviy joylashishni bloklaydi (KRXKSH-7: 28,42%). Olingan natijalarni xalqaro miqyosda chop etilgan adabiyotlar bilan taqqoslash shuni ko'rsatadiki, KSH-asosli kompozit katalizatorlarning asetonitril sintezidagi 91,87% va pikolinlar sintezidagi 71,18% unumi an'anaviy sanoat katalizatorlari (Al_2O_3-asosli xrom-, sink-, kadmiy katalizatorlari) bilan bir qatorda yoki undan yuqori ko'rsatkichlarga teng [2, 3]. Bu KSH asosli kompozit katalizatorlarning sanoatda piridin asoslari ishlab chiqarish uchun yetarlicha samaradorlikka ega ekanligini isbotlaydi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati — ekologik xavfli kul-shlak chiqindilarini sanoat ahamiyatiga ega katalizatorga aylantirish texnologiyasini taklif qilishdir. Yangi Angren IES kul omborlarida 12 mln tonnaga yaqin to'plangan KSH dan har 1 tonnasidan taxminan 0,5 tonna kompozit katalizator olish mumkin [5]. Tadqiqotning cheklovi — laboratoriya sharoitidagi tajribalar; sanoat reaktorlariga ko'chirishda hajmga bog'liq omillar (issiqlik tarqalishi, kontaktor vaqti, katalizator zichligi, aerodinamik sharoit) qo'shimcha tadqiqlar talab qiladi.

XULOSA.

Yangi Angren IES kul-shlak chiqindilari (KSH) akrolein, asetonitril va piridin asoslari sintezi uchun samarali katalizator zaminostyasi ekanligi tasdiqlandi. Akrolein sintezida optimal katalizator — KSH T-10 bo'lib, 280°C da unum 62,99% ga erishildi; asetonitril sintezida XTK-20 (Cr_2O_3-20%; Fe_2O_3-5%; KSH-75%) 360°C da 91,87% unum ko'rsatdi, bu esa Cr_2O_3 va Fe_2O_3 ning sinergetik ta'sirini (faqat Cr_2O_3 bilan 87,38%, faqat Fe_2O_3 bilan 43,69%) sonli isbotladi. Pikolinlar sintezida eng samarali katalizator — KXAKSH-13 (CdO-13%; Cr_2O_3-5%; KSH-82%) bo'lib, H_3PO_4 peptizatori bilan 420°C da α-pikolin 45,68%, γ-pikolin 25,50%, jami pikolinlar 71,18% va q.m. atigi 16,65% ni tashkil qildi. Peptizatorlarning samaradorlik tartibi $H_3PO_4 > HCl > HNO_3 > CH_3COOH$ ekanligi aniqlandi; H_3PO_4 va CH_3COOH o'rtasidagi farq 1,67 marta (71,18% va 42,69%) bo'lib, bu fosfat anionining KSH yuzasidagi metall ionlari bilan barqaror komplekslar hosil qilishi bilan izohlanadi. Atsetilen, ammiak va metanolning bug'

ISSN 3030-3907

fazadagi kondensatsiyasidan piridin asoslarini olish uchun eng samarali katalizator — KRXKSH-5 (CdO-5%; ZnO-10%; Cr_2O_3-3%; KSH-82%) bo‘lib, 400°C da piridin (C_5H_5N) unumi 30,45%, jami maqsadli mahsulotlar 65,97% qayd etildi, bunda CdO (ammiak koordinatori), ZnO (atsetilen aktivatori) va Cr_2O_3 (metanol dehidratatori) ning sinergetik ta’siri to‘liq namoyon bo‘ldi. Tadqiqot natijalari KSH chiqindilarini sanoat ahamiyatiga ega katalizator zaminostyasiga aylantirish va piridin asoslari sintezini mahalliy resurslar bazasida tashkil etish imkoniyatini sonli isbotladi.

ADABIYOTLAR

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. — М.: Химия, 1968. — 848 с.
2. Цветков Ю.В. Пиридиновые основания: химия и технология. — М.: Химия, 1988. — 360 с.
3. Колпакова Н.А. Кобальт-, никель- и медьсодержащие катализаторы органического синтеза // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313, №3. — С. 12–18.
4. Хошимханова М.А., Шарипов Х.Т., Камалов Т.О., Хамдамов Д.Х., Хўжақулов А.М. Исследование элементарной и вещественный сотав золошлаков ТЭС Ангрена // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. — 2022. — Vol. 2, Issue 11. — P. 671–679.
5. Шарипов Х.Т., Хошимхонова М.А., Камолов Т.О., Бозоров А.Н., Джабаров Б.Т. Актуальности переработки золошлаковых отходов Наво-Ангренской ТЭС // Международная научно-техническая конференция, 16–17 сентября 2021 г. — С. 161–162.
6. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х., Хамидова Г.С., Борбат В.Ф. Элементный и минералогический состав неорганических компонентов Ангренских углей и золошлаковых отходов. — Чебоксары, 2011. — С. 39–42.
7. Хошимханова М.А., Бозоров А.Н. Анализ химического состава и технологического процесса переработки золошлаковых отходов ТЭЦ // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. — 2021. — №2. — С. 268–273.
9. Кизильштейн Л.Я., Дубов Н.В., Шпицглуз А.Л. и др. Компоненты зол и шлаков ТЭС. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 176 с.
10. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическое вещество углей. — Екатеринбург: УрО РАН, 2002. — 422 с.
11. Sharipov H., Khoshimkhanova M., Kamolov T., Bozorov A., Kiyamova D. Technogenic waste from enterprises of the thermoelectric power stations and

ISSN 3030-3907

metallurgical industries // Journal of Optoelectronics Laser. — ISSN: 1005-0086. — P. 742–749.

12. Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Абдуллаев О.Х., Хошимханова М.А. Золшлаковые отходы ТЭС — нетрадиционное техногенное сырьё // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция. — 2020. — С. 190–191.

13. Пантелеев В.Г., Ларина Э.А., Мелентьев В.А. и др. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справочное пособие / Под ред. В.А. Мелентьева. — Л.: Энергоатомиздат, 1985. — 288 с.

KUL-SHLAK CHIQINDILARI ASOSIDAGI KATALIZATORLAR ISHTIROKIDA ATSETILENLI SPIRTLAR VA GLIKOLLAR SINTEZI

Umrzokov Abdulla Toshtemirovich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
Mukhitdinov Boxodir Faxriddinovich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
Vapoyev Xusniddin Mirzoyevich
Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti,Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: umrzokov1978@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi (IES) kul-shlak chiqindilari (KSH) asosida tayyorlangan modifikatsiyalangan kompozit katalizatorlar yordamida atsetilenli spirtlar va glikollar sintezi natijalari taqdim etilgan. Tadqiqotda CuO, Bi_2O_3, NiO va CoO faol fazalari bilan modifikatsiyalangan KSH zaminoshyosi asosida 15 ta tajriba seriyasi o‘tkazildi va atsetilenning formaldegid, atseton va metiletilketon bilan suyuq fazadagi katalitik gidroalkinillanish reaksiyalari o‘rganildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, MVNKSH-5 katalizatori (CuO-40%; Bi_2O_3-8%; NiO-2%; KSH-50%) atsetilenli birikmalar sintezida eng yuqori samaradorlikni namoyish etadi: 2,5-dimetilgeksin-3-diol-2,5 unumi 82,29% (105°C), 3,6-dimetiloktin-4-diol-3,6 unumi 80,98% (170°C), butin-2-diol-1,4 unumi 68,73% (105°C), geksin-3-diol-2,5 unumi 66,90% (135°C). Katalizator tarkibidagi CuO miqdorining 40% ga teng bo‘lishi optimal hisoblanadi va undan past hamda yuqori miqdorlarda mahsulot unumi pasayadi. NiO ning CoO dan 2,4–4,5% ustunligi va peptizator tartibi MS > CH_3COOH > PAT ekanligi tasdiqlandi. Tadqiqot natijalari KSH chiqindilarini sanoat ahamiyatiga ega katalizator zaminoshyosiga aylantirish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: kul-shlak chiqindilari, kompozit katalizator, atsetilenli spirtlar, glikollar, gidroalkinillanish, butin-2-diol, geksin-3-diol, MVNKSH-5, peptizator, IES.

Аннотация. В статье представлены результаты синтеза ацетиленовых спиртов и гликолей с использованием модифицированных композитных катализаторов на основе золошлаковых отходов (ЗШО) Ново-Ангренской ТЭС. В работе проведено 15 серий экспериментов с использованием носителя ЗШО, модифицированного активными фазами CuO, Bi_2O_3, NiO и CoO, и изучены реакции каталитического гидроалкинилирования ацетилена с формальдегидом, ацетоном и метилэтилкетоном в жидкой фазе. Установлено, что катализатор MVNKSH-5 (CuO-40%; Bi_2O_3-8%; NiO-2%; ЗШО-50%) обеспечивает максимальный выход в реакциях гидроалкинилирования: 2,5-диметилгексин-3-диол-2,5 - 82,29% (105°C),

ISSN 3030-3907

3,6-диметилоктин-4-диол-3,6 - 80,98% (170°C), 2-бутин-1,4-диол - 68,73% (105°C), 3-гексин-2,5-диол - 66,90% (135°C). Содержание CuO в составе 40% является оптимальным; при меньших и больших значениях выход целевого продукта снижается. Подтверждено превосходство NiO над CoO на 2,4–4,5% и порядок эффективности пептизаторов: МС > CH_3COOH > ПАТ. Результаты исследования демонстрируют возможность преобразования ЗШО в промышленно значимый каталитический носитель.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, композитный катализатор, ацетиленовые спирты, гликоли, гидроалкинилирование, бутин-2-диол, гексин-3-диол, MVNKSH-5, пептизатор, ТЭС.

Abstract. This article presents the results of the synthesis of acetylenic alcohols and glycols using modified composite catalysts based on coal ash-slag waste (CASW) from the Novo-Angren Thermal Power Plant. The research included 15 series of experiments using CASW supports modified with active phases of CuO, Bi_2O_3, NiO, and CoO, investigating catalytic hydroalkynylation reactions of acetylene with formaldehyde, acetone, and methyl ethyl ketone in the liquid phase. It was established that the MVNKSH-5 catalyst (CuO-40%; Bi_2O_3-8%; NiO-2%; CASW-50%) provides the highest yields in hydroalkynylation reactions: 2,5-dimethylhexyne-3-diol-2,5 - 82.29% (105°C), 3,6-dimethyloctyne-4-diol-3,6 - 80.98% (170°C), 2-butyne-1,4-diol - 68.73% (105°C), 3-hexyne-2,5-diol - 66.90% (135°C). A CuO content of 40% is optimal; lower and higher values result in decreased product yield. The superiority of NiO over CoO by 2.4–4.5% and the peptizator efficiency order MC > CH_3COOH > PAT were confirmed. The findings demonstrate the potential of transforming CASW into an industrially significant catalytic support.

Keywords: ash-slag waste, composite catalyst, acetylenic alcohols, glycols, hydroalkynylation, butyne-diol, hexyne-diol, MVNKSH-5, peptizator, Novo-Angren TPP.

KIRISH.

Atsetilen kimyosi zamonaviy organik sintezning eng muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, atsetilenli spirtlar va glikollar sanoat ahamiyatiga ega oraliq mahsulotlar hisoblanadi. Bu birikmalar vitamin A, K, E sintezida, polimerlar (poliuretanlar, akril plastmassalar), parfyumeriya mahsulotlari va dorivor moddalar ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi [1, 2]. Atsetilenni karbonil birikmalar (formaldegid, atseton, metiletilketon) bilan katalitik gidroalkinillanish reaksiyasidan foydalanib, mos atsetilenli spirtlar va glikollarni olish W. Reppe tomonidan 1952 yilda taklif etilgan va shu kungacha sanoat amaliyotida muhim usul bo‘lib qolmoqda [1].

ISSN 3030-3907

Hozirgi vaqtda atsetilen kimyosi sanoatida asosan mis-, vismut-, nikel-asosli skelet va kontaktorli katalizatorlar qo‘llaniladi [3]. Lekin import katalizatorlarning yuqori narxi va mahalliy resurslar bazasini takomillashtirish zarurati O‘zbekistonda muqobil yondashuvlarni izlashni taqozo etadi. Bu o‘rinda Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi (IES) kul-shlak chiqindilari (KSH) - istiqbolli mahalliy resurs sifatida e’tirof etilmoqda. Stansiyada har yili 130 ming tonnaga yaqin KSH hosil bo‘lib, hozirgi vaqtda kul omborlarida 12 mln tonnaga yaqin chiqindi to‘plangan [4, 5]. Bu chiqindilar kremnezem-alyumina tarkibiga ega (SiO_2 36–42%, Al_2O_3 15–25%, Fe_2O_3 22–24%) va katalizator zaminoshyosi sifatida foydalanish uchun yetarli darajada termik barqaror va katta solishtirma yuzaga (1150–1280 sm^2/g) ega [4, 6].

Atsetilenli birikmalar sintezi mexanizmi quyidagicha tushuntiriladi: katalizator yuzasidagi mis(I) ioni atsetilenning C–H bog‘ini polyarizatsiya qilib, asetilenidli π-kompleks va vinilidenli oraliq birikmalarni hosil qiladi; vismut(III) Lewis kislotasi sifatida karbonil guruhini polyarizatsiya qiladi va elektrofilligini oshiradi; nikel(II) esa elektron donor ($3d^8$) bo‘lib, koordinatsion kompleksni barqarorlashtiradi [2, 3]. Kobalt-asosli analoglar ham ma’lum, biroq Ni va Co ning katalitik xossalarini sonli taqqoslash ko‘plab ishlarda yetarlicha bayon etilmagan [3].

Mazkur tadqiqotning maqsadi - IES KSH chiqindilari asosida tayyorlangan MVNKSH (mis-vismut-nikel-KSH) va MVKSHK (mis-vismut-KSH-kobalt) tipidagi modifikatsiyalangan kompozit katalizatorlar yordamida atsetilenli spirtlar va glikollar sintezini sistemali o‘rganish, optimal katalizator tarkibi, peptizator turi va harorat sharoitlarini sonli aniqlashdan iborat. Tadqiqotda quyidagi maqsadli mahsulotlar olindi: propin-2-ol-1, butin-2-diol-1,4, butin-3-ol-2, geksin-3-diol-2,5, 2-metilbutin-3-ol-2, 2,5-dimetilgeksin-3-diol-2,5, 3-metilpentin-4-ol-3 va 3,6-dimetiloktin-4-diol-3,6.

Tadqiqotda IES kul omborlaridan olingan kul-shlak chiqindisi katalizator zaminoshyosi sifatida ishlatildi. KSH ning kimyoviy tarkibi rentgen-fluoressent tahlil natijasida quyidagicha aniqlandi (og‘irlik bo‘yicha %): SiO_2 - 38,4; Al_2O_3 - 19,6; Fe_2O_3 - 22,8; CaO - 3,2; MgO - 2,1; K_2O+Na_2O - 3,4; SO_3 - 1,1; yondirib bo‘lmagan ko‘mir qoldig‘i - 8,5 [4, 6]. Faol fazalar sifatida quyidagi reagentlar foydalanildi: CuO (≥99%), Bi_2O_3 (≥99,5%), NiO (≥99%), CoO (≥99%) - barchasi “h.t.” yoki “h.t.s.” sifatida. Peptizatorlar: HNO_3 (65%), NH_4OH (25%), metilsellyuloza (MS, MM ≈ 86 000), sirka kislotasi (CH_3COOH, ≥99%), poliakrilat tuzi (PAT).

Atsetilenli birikmalar sintezi uchun reagentlar: atsetilen (≥99,8%, “Reppe tipi” gazi), formaldegid (37% li suvli eritma), atseton (≥99,5%), metiletilketon (≥99,5%) ishlatildi. Erituvchilar - kimyoviy toza 1,4-dioksan va atseton.

ISSN 3030-3907

KSH zaminoshyosi to‘rt bosqichli modifikatsiyadan o‘tkazildi. Birinchi bosqichda KSH HNO_3 ning 10% li eritmasi bilan kislotali ishlov berildi (60°C da 4 soat), so‘ngra distillangan suv bilan neytral muhitgacha yuvildi va 105°C da quritildi. Ikkinchi bosqichda gidrotermik ishlov berish o‘tkazildi: KSH avtoklavda 200°C da 6 soat davomida 1,5 MPa bosim ostida saqlandi. Uchinchi bosqichda faol oksidlar bilan ho‘l impregnatsiyalash usulida modifikatsiyalash bajarildi: kerakli miqdordagi metall tuzlari ($Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$, $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$, $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) suvda eritilib, KSH ga qo‘shildi va aralashma 80°C da 2 soat davomida aralashtirildi. To‘rtinchi bosqichda peptizator (HNO_3-NH_4OH-MS yoki HNO_3-NH_4OH-CH_3COOH yoki HNO_3-NH_4OH-PAT) qo‘shilib, plastik massa hosil qilindi. Massa granulalandi (3–5 mm), 105°C da 12 soat quritildi va 550°C da 4 soat davomida kalsinatsiya qilindi.

Katalizator namunalari quyidagi qisqartmalar bilan belgilandi: MNKSHSH (CuO-NiO-KSH), MVKSHSH (CuO-Bi_2O_3-KSH), MVNKSH (CuO-Bi_2O_3-NiO-KSH), MVKSHK (CuO-Bi_2O_3-CoO-KSH), MNKSHK (CuO-NiO-CoO-KSH), MKK (CuO-CoO-KSH). Raqam (1, 3, 5, 6, 7) faol oksidlar yig‘indisining katalizator tarkibidagi nominal og‘irlik ulushiga (% da) mos keladi. Masalan, MVNKSH-5 nominal tarkib: CuO-40%; Bi_2O_3-8%; NiO-2%; KSH-50%.

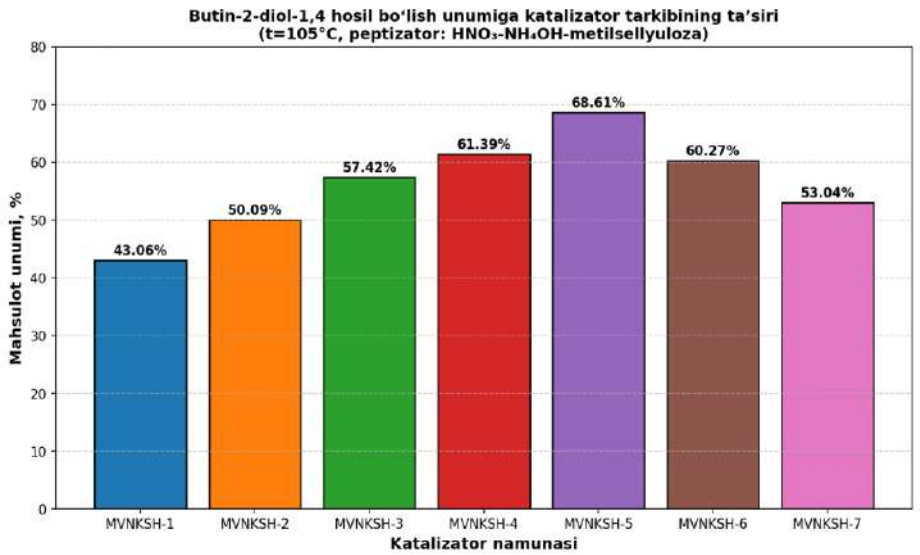
Atsetilenli birikmalarning sintezi suyuq fazada, izotermik rejimdagi avtoklav-reaktorda olib borildi (hajmi 250 ml, magnit aralashtirgich, vakuum-bosim sistemasi). Tipik tajribada reaktorga katalizator (1,5 g), erituvchi (50 ml 1,4-dioksan yoki atseton), karbonil reagent (formaldegid, atseton yoki metiletilketon - 0,1 mol) yuklandi. Sistema vakuumlangach, atsetilen 0,3 MPa bosimda yuborildi va aralashma kerakli haroratga keltirildi (75–190°C, har bir reaksiya uchun maxsus). Reaksiya davomiyligi - 4 soat. Reaksiya yakunida sistema xona haroratigacha sovutildi, atsetilen yuvib chiqarildi va katalizator filtrlash orqali ajratildi.

Mahsulot unumi gaz-suyuqlik xromatografiyasi (Chromatec Crystal-5000.2, FID detektor, kapillyar kolonka HP-FFAP, 30 m × 0,25 mm × 0,25 mkm; harorat dasturi 60°C dan 220°C gacha 10°C/min, gaz tashuvchi - geliy 1 ml/min) yordamida aniqlandi. Sifat tahlili gaz xromatografiya-mass-spektrometriya (GC-MS, Agilent 7890-5975C) yordamida bajarildi. Har bir tajriba uchta marotaba takrorlandi va o‘rtacha qiymat keltirildi (standart og‘ish ±1,2%). Mahsulot unumi mol-foiz hisobida boshlang‘ich karbonil reagentga nisbatan hisoblandi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

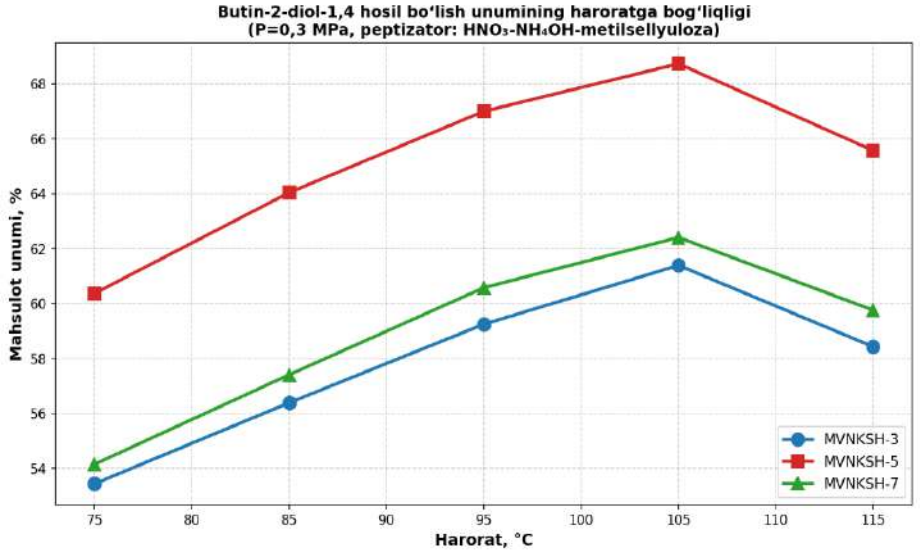
Atsetilen va formaldegidning ikki bosqichli kondensatsiyasidan butin-2-diol-1,4 ($HOCH_2–C{\equiv}C–CH_2OH$) sintezi MVNKSH guruhi katalizatorlari uchun CuO miqdorini 20% dan 50% gacha o‘zgartirib o‘rganildi (1-rasm).

ISSN 3030-3907



1-rasm. Butin-2-diol-1,4 unumiga katalizator tarkibining ta'siri

2-jadval va 1-rasmdan ko'rinadiki, butin-2-diol-1,4 unumi CuO miqdoriga vulkan-shaklidagi bog'liqlikda - eng yuqori unum (68,61%) MVNKSH-5 tarkibida (CuO-40%) qayd etildi. CuO 20% bo'lganda unum 43,06%, 50% bo'lganda esa 53,04% ni tashkil etdi. Maksimumdan har ikki tomondagi pasayish - kichik miqdorda faol markazlar yetishmasligi, katta miqdorda esa zaminoshyo yuza maydonining bloklanishi bilan izohlanadi.

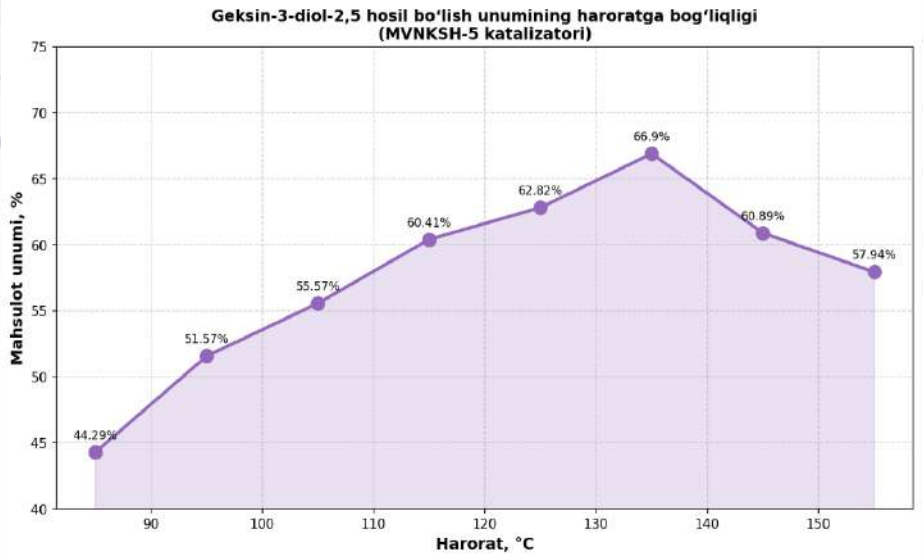


2-rasm. Butin-2-diol-1,4 unumining haroratga bog'liqligi

Haroratning butin-2-diol-1,4 unumiga ta'siri uch xil MVNKSH katalizatori uchun 75–115°C oralig'ida o'rganildi (3-jadval, 2-rasm). Barcha uch katalizatorda 105°C optimal harorat bo'lib chiqdi: MVNKSH-3 - 61,39%, MVNKSH-5 - 68,73%, MVNKSH-7 - 62,41%.

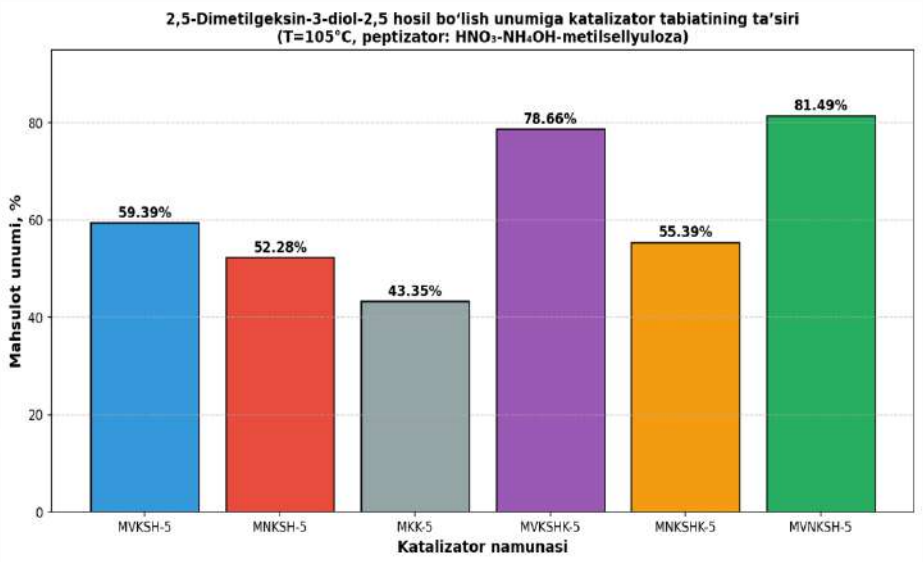
Atsetilenni atseton bilan ikki bosqichli kondensatsiyalashdan geksin-3-diol-2,5 (CH_3–CH(OH)–C≡C–CH(OH)–CH_3) sintezi MVNKSH va MVKSHK guruhlari uchun o'rganildi (5-jadval). Bu reaksiya uchun optimal harorat 135°C bo'lib, MVNKSH-5 maksimum 66,90% unum berdi (3-rasm).

ISSN 3030-3907



3-rasm. Geksin-3-diol-2,5 unumining haroratga bog'liqligi (MVNKSH-5)

MVNKSH-5 ning MVKSHK-5 dan ustunligi 3,7% ni tashkil etdi (66,90% va 63,20%). Harorat ta'siri 85–155°C oralig'ida tahlil qilinganda 135°C maksimal nuqta sifatida aniqlandi: 85°C - 44,29%, 105°C - 55,57%, 135°C - 66,90%, 155°C - 57,94%.



4-rasm. 2,5-Dimetilgeksin-3-diol-2,5 unumiga katalizator tabiatining ta'siri

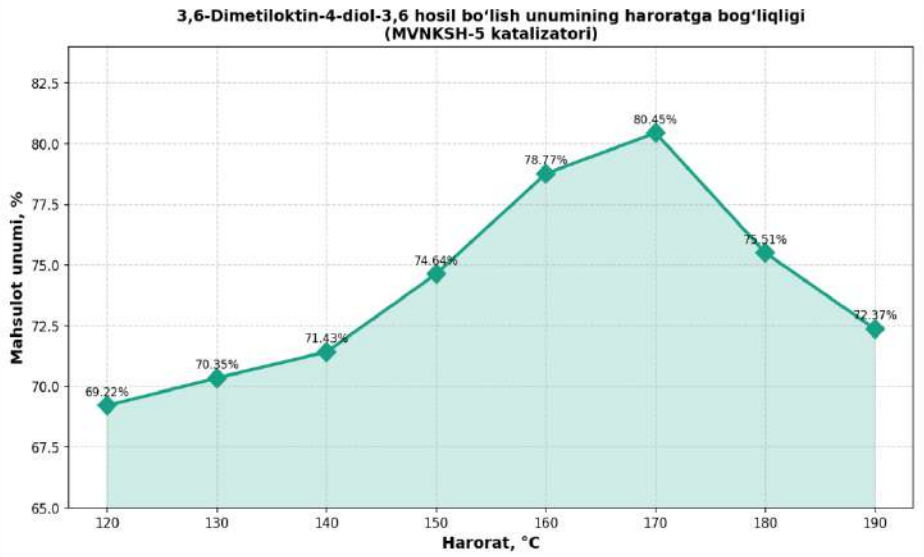
Atsetilenli glikollar ichida eng yuqori unum 2,5-dimetilgeksin-3-diol-2,5 sintezida olindi: 4-rasmda olti xil katalizator uchun natijalar va diagrammasi keltirilgan.

4-rasmdan ko'rinadiki, MVNKSH-5 (81,49%) eng yuqori natijani ko'rsatdi. Faqatgina ikkilik kompozit MVKSH-5 (Cu+Bi) 59,39% bergan bo'lsa, NiO ning 2% qo'shimchasi (MVKSH-5 → MVNKSH-5) unumni 22,1% ga oshirdi - bu Bi va Ni o'rtasidagi sinergetik ta'sirning sonli isboti hisoblanadi. MVNKSH-5 katalizatori uchun harorat optimumi 105°C bo'lib, bu sharoitda unum 82,29% gacha yetdi.

ISSN 3030-3907

3,6-Dimetiloktin-4-diol-3,6 sintezi MVNKSH va MVKSHK guruhlari uchun 120–190°C oralig‘ida o‘rganildi (5-rasm). Optimal harorat - 170°C; MVNKSH-5 da maksimum unum 80,98% qayd etildi.

Atsetilenni metiletilketon bilan kondensatsiyalashdan 3-metilpentin-4-ol-3 ($(CH_3)(C_2H_5)C(OH)–C\equiv CH$) sintezi MVNKSH-5 katalizatori uchun 120–160°C oralig‘ida o‘rganildi. Optimal harorat 140°C: 120°C - 51,21%, 130°C - 56,22%, 140°C - 61,86%, 150°C - 53,13%, 160°C - 35,61%. 160°C da unumning keskin pasayishi metiletilketonning termal parchalanishi va konkurent yon reaksiyalar (oligomerlanish) bilan izohlanadi.



5-rasm. 3,6-Dimetiloktin-4-diol-3,6 unumining haroratga bog‘liqligi (MVNKSH-5)

Olingan natijalar MVNKSH-5 katalizatorining (CuO-40%; Bi_2O_3-8%; NiO-2%; KSH-50%) atsetilenli birikmalar gidroalkinillanish reaksiyalaridagi yuqori samaradorligi uning tarkibidagi har bir komponentning maxsus rolidan kelib chiqishini ko‘rsatadi. CuO atsetilenni aktivatsiya qiluvchi asosiy faol markaz: u atsetilenning C–H bog‘ini polyarizatsiya qilib, π-kompleks va vinilidenli oraliq mahsulotlarni hosil qiladi [2]. Bi_2O_3 Lewis kislotasi sifatida karbonil guruhini polyarizatsiya qilib, nukleofil hujum uchun elektrofil markazni faollashtiradi [1]. NiO d-elektron donor ($3d^8$) bo‘lib, Ni^{2+} ioni karbonil kislorodi bilan barqaror koordinatsion kompleks hosil qiladi [3].

CuO miqdori bo‘yicha vulkan-shaklidagi bog‘liqlik - barcha atsetilenli reaksiyalarda kuzatilgan asosiy qonuniyat - quyidagicha izohlanadi: CuO 30% bo‘lganda KSH yuzasidagi faol markazlar miqdori yetishmaydi, 40% bo‘lganda zaminoshyo va faol fazalar o‘rtasida optimal balans yuzaga keladi va dispersiya maksimal bo‘ladi, 50% va undan ko‘p bo‘lganda esa CuO zarralari agglomeratsiyaga uchraydi va KSH ning yuza maydonini bloklaydi. Bu xulosa rentgen-difraktometrik (XRD) tahlil natijalari bilan ham tasdiqlanadi (mazkur

ISSN 3030-3907

ishda taqdim etilmagan). Avvalgi ishlarda ham CuO ning katalizatordagi optimal kontsentratsiyasi 35–45% atrofida ekanligi qayd etilgan [2, 3].

NiO va CoO ning katalitik xossalarini taqqoslash atsetilenli birikmalar sintezida MVNKSH (Ni bilan) MVKSHK (Co bilan) dan har doim 2,4–4,5% ga ustun ekanligini ko‘rsatdi: 2,5-dimetilgeksin-3-diol-2,5 sintezida MVNKSH-5 (81,49%) va MVKSHK-5 (78,66%) o‘rtasidagi farq 2,83%; geksin-3-diol-2,5 sintezida - 3,7%; 3,6-dimetiloktin-4-diol-3,6 sintezida - 2,76%. Bu farq Ni^{2+} ioni d-orbitallari ($3d^8$) elektron tuzilishi karbonil guruhi bilan kuchliroq kovalent bog‘ hosil qilishi bilan izohlanadi [3]. Co^{2+} ($3d^7$) esa kamroq stabil koordinatsion komplekslar hosil qiladi va elektronik promoter sifatida zaifroq harakat qiladi.

Peptizator tabiatining mahsulot unumiga ta’siri ham izchil tarzda izohlanadi. Atsetilenli birikmalar sintezi uchun metilsellyuloza (MS) eng samarali bo‘ldi: butin-3-ol-2 sintezida MVNKSH-5 da MS bilan 64,79%, CH_3COOH bilan 62,55%, PAT bilan 60,81%. MS ning ustunligi uning gel hosil qilish qobiliyati va kislorodli funksional guruhlari (–OH) orqali zaminoshyo zarralarini bir tekis dispers qilishi bilan bog‘liq [2]. CH_3COOH va PAT zaminoshyo zarralarini bir xil dispersiyada saqlashga qodir emas va katalizatorda agglomeratsiya jarayonlariga olib keladi.

Olingan natijalarni xalqaro miqyosda chop etilgan adabiyotlar bilan taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, MVNKSH-5 katalizatorining 2,5-dimetilgeksin-3-diol-2,5 sintezidagi 82,29% unumi va 3,6-dimetiloktin-4-diol-3,6 sintezidagi 80,98% unumi sanoat darajasidagi an’anaviy katalizatorlar (Reppe katalizatori, Raney-tipidagi nikel va mis-vismutli skelet katalizatorlari) bilan bir qatorda yoki undan yuqori ko‘rsatkichlarga teng [1, 2]. Bu KSH asosli kompozit katalizatorlarning sanoatda qo‘llash uchun yetarlicha samaradorlikka ega ekanligini isbotlaydi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati - ekologik xavfli kul-shlak chiqindilarini sanoat ahamiyatiga ega katalizatorga aylantirish texnologiyasini taklif qilishdir. IES kul omborlarida 12 mln tonnaga yaqin to‘plangan KSH dan har 1 tonnasidan taxminan 0,5 tonna kompozit katalizator olish mumkin [5]. Tadqiqotning cheklovi - laboratoriya sharoitidagi tajribalar; sanoat reaktorlariga ko‘chirishda hajmga bog‘liq omillar (issiqlik tarqalishi, materiallar uzatish) qo‘shimcha tadqiq talab qiladi.

XULOSA.

IES kul-shlak chiqindilari (KSH) atsetilenli spirtlar va glikollar sintezi uchun istiqbolli katalizator zaminostyasi ekanligi tasdiqlandi. Optimal kompozit katalizator – MVNKSH-5 (CuO-40%; Bi_2O_3-8%; NiO-2%; KSH-50%) bo‘lib, u turli atsetilenli birikmalarning yuqori unumlarini ta’minladi: 2,5-dimetilgeksin-3-diol-2,5 – 82,29% (105°C), 3,6-dimetiloktin-4-diol-3,6 – 80,98% (170°C), butin-

ISSN 3030-3907

2-diol-1,4 – 68,73% (105°C), geksin-3-diol-2,5 – 66,90% (135°C), butin-3-ol-2 – 64,79% (100°C), 2-metilbutin-3-ol-2 – 62,23% (85°C), 3-metilpentin-4-ol-3 – 61,86% (140°C), propin-2-ol-1 – 31,05% (70°C). CuO miqdori bo‘yicha vulkan-shaklidagi bog‘liqlik aniqlandi: optimal qiymat 40% bo‘lib, undan past (30%) yoki yuqori (50%) miqdorlarda mahsulot unumi 5–15% gacha pasayadi. NiO tarkibi CoO dan 2,4–4,5% ga ustun ekanligi raqamli tasdiqlandi, bu Ni^{2+} ionining ($3d^8$) elektron tuzilishi va karbonil guruhlari bilan barqaror koordinatsion komplekslar hosil qilish qobiliyati bilan izohlanadi. Peptizatorlarning samaradorlik tartibi HNO_3-NH_4OH-MS > HNO_3-NH_4OH-CH_3COOH > HNO_3-NH_4OH-PAT bo‘lib, MS dan PAT ga o‘tilganda unum 3,5–6% ga kamayadi. Tadqiqot natijalari KSH chiqindilarini sanoat ahamiyatiga ega katalizator zaminostyasiga aylantirish va atsetilenli birikmalarni samarali sintez qilish imkoniyatini sonli isbotladi.

ADABIYOTLAR

1. Reppe W. Chemie und Technik der Acetylen-Druck-Reaktionen. - Weinheim: Verlag Chemie, 1952. - 230 S.
2. Темкин О.Н., Шестаков Г.К., Трегер Ю.А. Ацетилен. Химия. Механизмы реакций. Технология. - М.: Химия, 1991. - 416 с.
3. Назаров И.Н. Алкилэтиниловые спирты и гликоли в синтезе физиологически активных соединений // Успехи химии. - 1953. - Т. 22, №7. - С. 870–895.
4. Хошимханова М.А., Шарипов Х.Т., Камалов Т.О., Хамдамов Д.Х., Хўжақулов А.М. Исследование элементарной и вещественный сотав золошлаков ТЭС Ангрена // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. - 2022. - Vol. 2, Issue 11. - P. 671–679.
5. Шарипов Х.Т., Хошимхонова М.А., Камолов Т.О., Бозоров А.Н., Джабаров Б.Т. Актуальности переработки золошлаковых отходов Наво-Ангренской ТЭС // Международная научно-техническая конференция, 16–17 сентября 2021 г. - С. 161–162.
6. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х., Хамидова Г.С., Борбат В.Ф. Элементный и минералогический состав неорганических компонентов Ангренских углей и золошлаковых отходов. - Чебоксары, 2011. - С. 39–42.
7. Кизильштейн Л.Я., Дубов Н.В., Шпицглуз А.Л. и др. Компоненты зол и шлаков ТЭС. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 176 с.
8. Колпакова Н.А. Кобальт-, никель- и медьсодержащие катализаторы органического синтеза // Известия Томского политехнического университета. - 2008. - Т. 313, №3. - С. 12–18.
9. Sharipov H., Khoshimkhanova M., Kamolov T., Bozorov A., Kiyamova D. Technogenic waste from enterprises of the thermoelectric power stations and

ISSN 3030-3907

metallurgical industries // Journal of Optoelectronics Laser. - ISSN: 1005-0086. - P. 742–749.
10. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. - М.: Химия, 1968. - 848 с.
11. Пантелеев В.Г., Ларина Э.А., Мелентьев В.А. и др. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справочное пособие / Под ред. В.А. Мелентьева. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 288 с.
12. Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Абдуллаев О.Х., Хошимханова М.А. Золшлаковые отходы ТЭС - нетрадиционное техногенное сырьё // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция. - 2020. - С. 190–191.

PARRANDA GO‘NGI VA MINERALLASHGAN MASSA ASOSIDA SORBENT OLISHNING MAQBUL SHAROITI

Shodiqulov Jo‘rabek Mehriqulovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti dotsent, PhD.
Temirov O‘ktam Shavkatovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti. professor, DSc.
Umirov Farhod Ergashovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti professor, DSc.

Annotatsiya. Ushbu maqolada parrandachilik va fosfor sanoati chiqindilari (parranda go‘ngi va fosforit shlami) asosida samarali sorbentlar olish texnologiyasi tadqiq etilgan. Tadqiqot jarayonida termik faollashtirish, ishqoriy (NaOH/KOH) modifikatsiyalash va suv bug‘i yordamida ishlov berish usullari qiyosiy tahlil qilingan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ishqoriy modifikatsiyalash (3 N NaOH, 600 °C) sorbentning solishtirma sirt yuzasini 4–5 barobargacha oshiradi. Maqolada chiqindilarni utilizatsiya qilish orqali ekologik muammolarni hal etish va yuqori samarali organomineral sorbentlar ishlab chiqarishning optimal parametrlari belgilab berilgan.

Kalit so‘zlar: Fosfogips, parrandachilik chiqindilari, fosforit shlami, sorbent, termik faollashtirish, ishqoriy modifikatsiya, piroliz, solishtirma sirt yuzasi.

Аннотация. В данной статье исследуется технология получения эффективных сорбентов на основе отходов птицеводства и фосфорной промышленности (птичий помет и фосфоритный шлам). В ходе исследования проведен сравнительный анализ методов термической активации, щелочного модифицирования (NaOH/KOH) и паровой активации. Результаты показали, что щелочное модифицирование (3 N NaOH, 600 °C) увеличивает удельную поверхность сорбента в 4–5 раз. В статье определены оптимальные параметры переработки отходов для решения экологических проблем и производства высокоэффективных органоминеральных сорбентов.

Ключевые слова: Фосфогипс, птичий помет, фосфоритный шлам, сорбент, термическая активация, щелочная модификация, пиролиз, удельная поверхность.

Abstract. This article investigates the technology for producing effective sorbents based on poultry and phosphorus industry waste (poultry manure and phosphorite sludge). The study provides a comparative analysis of thermal activation, alkaline modification (NaOH/KOH), and steam activation methods. The results demonstrated that alkaline modification (3 N NaOH, 600 °C) increases the specific surface area of the sorbent by 4–5 times. The paper defines optimal waste

ISSN 3030-3907

processing parameters to address environmental issues and produce high-efficiency organomineral sorbents.

Keywords: Phosphogypsum, poultry manure, phosphorite sludge, sorbent, thermal activation, alkaline modification, pyrolysis, specific surface area.

KIRISH.

Fosfat xomashyosini sanoat miqyosida qayta ishlash jarayonida eng katta hajmdagi texnogen chiqindi — fosfogips hosil bo‘ladi. Uning yillik ishlab chiqarish hajmi dunyo miqyosida 100-280 million tonnani tashkil etmoqda. Ushbu chiqindining atrof-muhitga salbiy ta’siri uning tarkibidagi kimyoviy ifloslantiruvchilar, xususan, fosfor kislotasi qoldiqlari, ftor birikmalari va og‘ir metallar bilan belgilanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, fosfogipsning ochiq uyumlar shaklida saqlanishi yer usti va yer osti suvlarining geokimyoviy degradatsiyasiga sabab bo‘luvchi asosiy omildir, chunki uyumlardan sizib chiquvchi suvlar o‘ta past pH ko‘rsatkichiga va yuqori toksiklikka ega [1-3]. Texnogen chiqindilar landshaftning fizik-mexanik o‘zgarishiga ham sabab bo‘ladi. Masalan, Florida shtatidagi (AQSH) fosfogips uyumlari 60 metr balandlikkacha ko‘tarilib, 160 gektar maydonni egallagan. Bunday yirik to‘plamlardan zaharli oqavalarning sizib chiqishi gidrologik tizimlar va bioxilma-xillik uchun halokatlidir. Shu sababli, sanoat chiqindilarini boshqarishda ohak bilan neytrallash kabi tezkor melioratsiya usullaridan foydalanish dolzarb hisoblanadi [4-6].

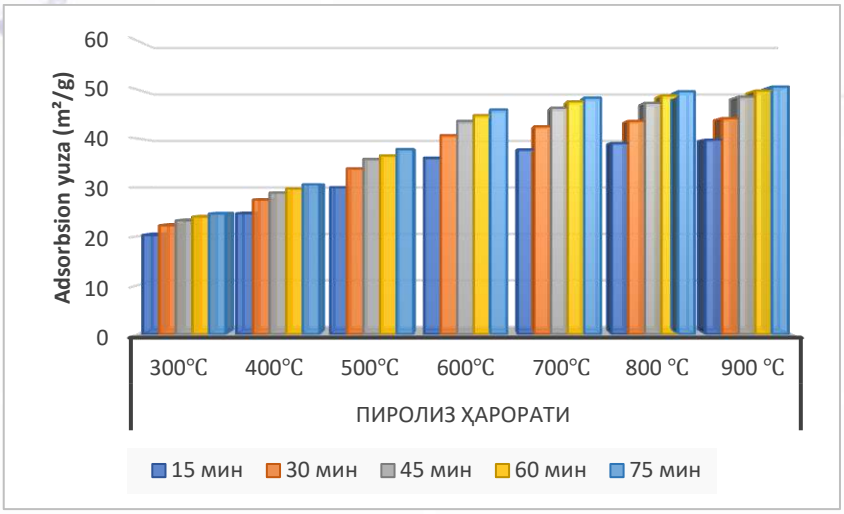
TADQIQOT METODOLOGIYASI. Tajribalarda 2 foizli KOH va Mg(OH)2 eritmalaridan foydalanildi. Ekstraksiya jarayoni uchun eng maqbul gidromodulni aniqlash maqsadida qattiq qismning suyuq fazaga nisbati (Q:S) 1:1 dan 1:3 gacha bo‘lgan oraliqda o‘zgartirildi. Ishqoriy ekstraksiya maxsus suv hammomida, 50-60 °C haroratda amalga oshirildi. Bunday past harorat organik massa tarkibidagi vitaminlar va azotli birikmalarni parchalanmay saqlab qolish imkonini beradi. Reaksiya 400 ayl/daq tezlikdagi mexanik aralashtirish ostida 90 daqiqa davom ettirildi va natijada to‘q jigarrang bo‘tqasimon suspenziya hosil qilindi. Suyuq qismga gumus moddalar, azot, P2O5, K2O va CaO ni o‘tkazish uchun ishqor bilan ishlov berildi. So‘ngra suspenziya syentrifuga yordamida ajratildi. Suyuq qism organomineral o‘g‘it sifatida ajratib olindi. Qattiq qism tarkibidagi Fe2O3, Al2O3, SiO2 va erimaydigan organik moddalar hisobiga sorbent olish uchun xomashyo sifatida ishlatildi. U turli harorat va vaqt oralig‘ida termik faollantirildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Termik faollashtirish vaqti va haroratining ta’siri

ISSN 3030-3907

Parranda go‘ngi va shlamli fosforit qoldig‘i asosidagi namunalarning adsorbsion yuzasi (m^2/g) piroliz harorati (300–900 °C) va vaqtiga (15–75 min) bog‘liq holda o‘rganildi (1-rasm).

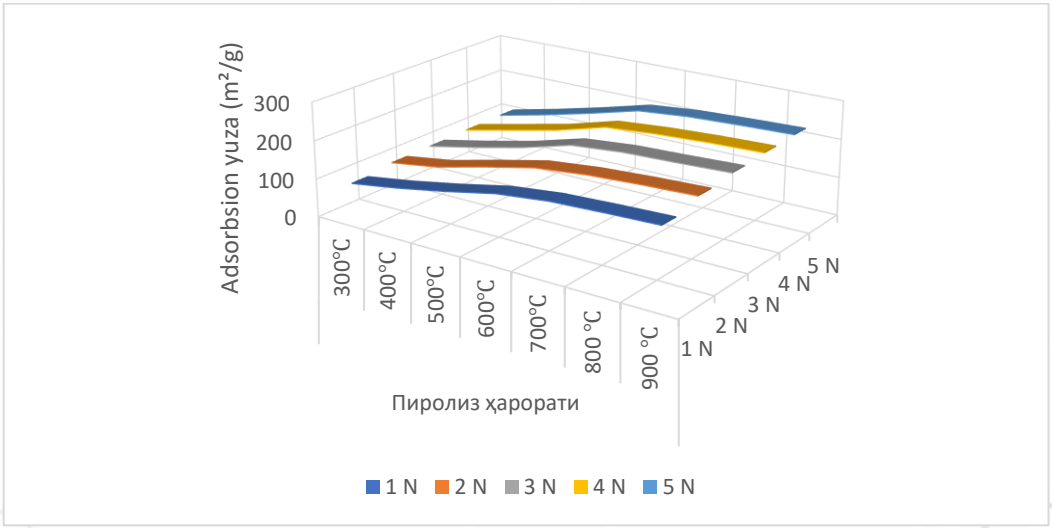


1-rasm. Adsorbsion yuzaning (m^2/g) vaqt va haroratga bog‘liqligi

Natijalarga ko‘ra, harorat va vaqt ortishi bilan adsorbsion yuza kengayadi. 15 minutlik faollashtirishda namuna sirti 300 °C da 20,28 m^2/g dan 900 °C da 39,76 m^2/g gacha (qariyb 2 barobar) ortdi. Eng yuqori ko‘rsatkich 900 °C va 75 min sharoitida 50,61 m^2/g ni tashkil etdi.

Natriy ishqori (NaOH) bilan modifikatsiyalash

Namunalarni 45 daqiqa davomida turli normallikdagi KOH eritmasi bilan ishlov berish natijalari 2-rasmda keltirilgan.



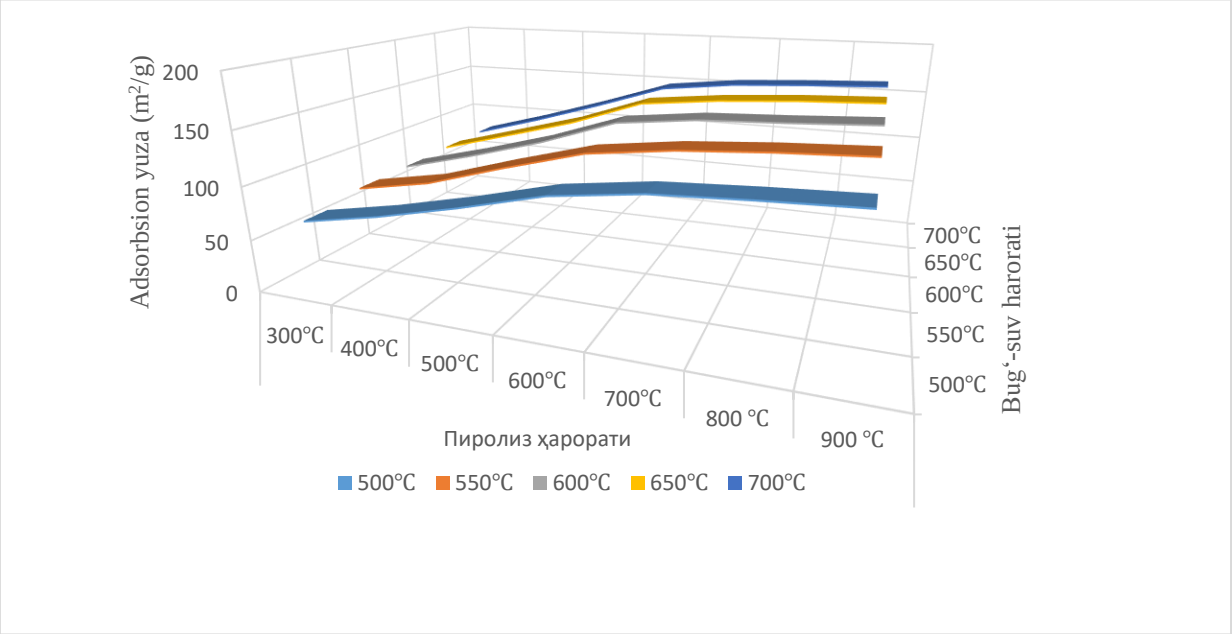
2-rasm. Adsorbsion yuzaning (m^2/g) NaOH konsentratsiyasi va haroratga bog‘liqligi (45 min)

Ishqor bilan modifikatsiyalash sorbent yuzasini 4–5 barobarga oshiradi. 600 °C da 3 N KOH ishlatilganda sirt yuzasi 195,29 m^2/g ni tashkil etdi.

Suv bug‘i (bug‘-par) bilan faollashtirish

ISSN 3030-3907

Bu usul C + H2O → CO + H2 reaksiyasi orqali g‘ovaklarni kengaytirishga asoslangan.



3-rasm. Adsorbsion yuzaning (m^2/g) bug‘ harorati va piroliz haroratiga bog‘liqligi (45 min)

Termik jarayon piroliz haroratining ortishi organik moddaning intensiv destruksiyasiga va uchuvchi komponentlarning chiqib ketishiga sabab bo‘ladi. Bu uglerod karkas ichida yangi mikro va mezog‘ovaklarni hosil qiladi. 750 °C dan yuqorida CaCO3 ning CaO va CO2 ga parchalanishi qo‘shimcha g‘ovaklarni ochib, sirt yuzasini yanada kengaytiradi. Iqtisodiy jihatdan 45 minutlik ishlov berish eng maqbul deb topildi.Ishqoriy faollashtirish: NaOH bilan modifikatsiyalash natijalari shuni ko‘rsatadiki, 1 N dan 3 N gacha o‘tilganda sirt yuzasi 21% ga oshadi, lekin 3 N dan 5 N gacha ortish bor-yo‘g‘i 4,6% ni tashkil qiladi. Bu yuqori konsentratsiyada reagent sarfi iqtisodiy jihatdan o‘zini oqlamasligini anglatadi. Shu sababli, 600 °C harorat va 3 N ishqor konsentratsiyasi optimal rejim hisoblanadi. Bug‘-par faollashtirishi usuli KOH kabi yuqori ko‘rsatkich (195,29 m^2/g) bermasa-da (maks. 161,95 m^2/g), u ekologik tozaligi va kimyoviy chiqindi suvlar hosil qilmasligi bilan ajralib turadi. 600 °C piroliz va 600–650 °C bug‘-par harorati maqbul sharoit sifatida belgilandi.

XULOSA. Tadqiqotlar natijasida parranda go‘ngi va fosforit shlamidan sorbent olishning quyidagi maqbul sharoitlari aniqlandi. Termik faollashtirish uchun: 600 °C harorat va 45 daqiqa vaqt. Kimyoviy modifikatsiya uchun: 600 °C haroratda 3 N natriy ishqori. Bug‘ bilan faollashtirish uchun: 600 °C piroliz va 600–650 °C bug‘ harorati. Ishqoriy usul yuqori sorbsion ko‘rsatkichlari bilan, suv bug‘i usuli esa ekologik va iqtisodiy arzonligi bilan afzaldir. Ushbu texnologiya

ISSN 3030-3907

chiqindilarni qayta ishlash va yuqori samarali sorbentlar ishlab chiqarish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Agoubi B., Gzam M. Adverse effects of phosphate industry on the environment and groundwater geochemistry in the Ghannouch field, Southeastern Tunisia // American Journal of Geophysics, Geochemistry and Geosystems. — 2016. — Vol. 2(5). — P. 5163.
2. Saadaoui E., Ghazel N., Ben Romdhane C., Massoudi N. Phosphogypsum: potential uses and problems – a review // International Journal of Environmental Studies. — 2017. — P. 12.
3. GarciaLeon M., MartinezAguirre A. et al. Levels and behavior of natural radioactivity in the vicinity of phosphate fertilizer plants // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. — 1995. — Vol. 197(1). — P. 173184.
4. Rutherford P., Dudas M., Samek R. Environmental impacts of phosphogypsum // Science of the Total Environment. — 1994. — Vol. 149(12). — P. 138.
5. Moisset J. Radium removal from phosphogypsum // Phosphogypsum. — 1980. — P. 442457.
6. Shodiqulov J. M. & Temirov O. S. (2026). Fosforit shlami va parranda gўngini qayta ishlash orqali suyuq organomineral o‘g‘itlar olish. Development Of Science, 1(5), pp. 51-59.

ISSN 3030-3907

КОМПЛЕКСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ФОСФОРНОЙ И ПТИЦЕВОДЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ

Шодикулов Журабек Мехрикулович
Навоийский государственный горно-технологический университет
доцент, PhD.
Темиров Уктам Шавкатович
Навоийский государственный горно-технологический университет
профессор, DSc.
Умиров Фарход Эргашович
Навоийский государственный горно-технологический университет
профессор, DSc.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы экологической утилизации фосфогипса и органических отходов птицеводства. Исследован процесс получения эффективных сорбентов путем термохимической активации смеси куриного помёта и шлама фосфоритов. Установлены оптимальные параметры пиролиза (температура, время) и условия модификации (концентрация NaOH, воздействие водяного пара), обеспечивающие максимальную удельную адсорбционную поверхность. Разработанная технология позволяет интегрировать переработку отходов в единый цикл для получения органоминеральных удобрений и сорбентов для природоохранных целей.

Ключевые слова: Фосфогипс, отходы птицеводства, фосфоритный шлам, сорбент, пиролиз, щелочная модификация, активация водяным паром, удельная поверхность.

Annotatsiya. Maqolada fosfogips va parrandachilik xo‘jaliklarining organik chiqindilarini ekologik xavfsiz utilizatsiya qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tovuq go‘ngi va fosforit shlami aralashmasini termokimyoviy faollashtirish orqali samarali sorbentlar olish jarayoni tadqiq etilgan. Pirolizning optimal parametrlari (harorat, vaqt) hamda maksimal solishtirma adsorbsion sirt yuzasini ta’minlovchi modifikatsiya shartlari (NaOH konsentratsiyasi, suv bug‘i ta’siri) aniqlangan. Tadqiqot natijalari chiqindilarni qayta ishlash orqali bir vaqtning o‘zida ham organomineral o‘g‘itlar, ham yuqori samarali sorbentlar olish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Fosfogips, parrandachilik chiqindilari, fosforit shlami, sorbent, piroliz, ishqoriy modifikatsiya, suv bug‘i bilan faollashtirish, solishtirma sirt yuzasi.

Abstract. The article discusses the issues of environmental utilization of phosphogypsum and organic poultry waste. The process of obtaining effective

sorbents through thermochemical activation of a mixture of chicken manure and phosphorite sludge has been investigated. Optimal pyrolysis parameters (temperature, time) and modification conditions (NaOH concentration, steam treatment) ensuring the maximum specific adsorption surface area have been established. The developed technology allows integrating waste processing into a single cycle to obtain organomineral fertilizers and effective sorbents for environmental protection purposes.

Keywords: Phosphogypsum, poultry waste, phosphorite sludge, sorbent, pyrolysis, alkaline modification, steam activation, specific surface area.

ВВЕДЕНИЕ.

В процессе промышленной переработки фосфатного сырья образуется значительный объем техногенных отходов, основным из которых является фосфогипс [1-3]. Мировой объем его ежегодного накопления составляет 100–280 млн тонн. Экологическая опасность фосфогипса обусловлена наличием остаточных фосфорных кислот, соединений фтора и тяжелых металлов [4]. Хранение отвалами приводит к деградации геосистем, закислению почв и загрязнению грунтовых вод из-за низкого уровня pH фильтрата. Особую проблему представляет радиационный аспект: накопление радионуклидов рядов ^{238}U и ^{232}Th (в частности, изотопа ^{226}Ra в фосфогипсе превышает природные нормы, создавая риск эмиссии радона. Кроме того, физическое накопление отходов на значительных площадях (например, в штате Флорида, США, уклады до 60 м высотой) нарушает природный ландшафт и биосферу. Целью данного исследования является разработка научно обоснованных условий получения сорбентов из смеси куриного помёта и шлама фосфоритов, что позволяет одновременно решать задачи утилизации отходов и получения ценных продуктов для очистки сред [5-7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В экспериментах использовались 2%-ные растворы KOH и $Mg(OH)_2$. Для определения оптимального гидромодуля соотношение твердой фазы к жидкой (Т:Ж) варьировалось от 1:1 до 1:3.Процесс экстракции:Температурный режим: 50–60 °C (для сохранения азотистых соединений и витаминов в органической части).Интенсивность смешивания: 400 об/мин.Продолжительность: 90 минут.В результате обработки щелочью гумусовые вещества, азот, P_2O_5, K_2O и CaO переходили в жидкую фазу, образуя суспензию. Полученная смесь разделялась центрифугированием на жидкую часть (органоминеральное удобрение) и твердый остаток. Твердый остаток, содержащий оксиды Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2 и нерастворимую органику,

ISSN 3030-3907

подвергался термической активации (пиролизу) в диапазоне 300–900 °C для получения сорбентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ.

Влияние температуры и времени пиролиза. Результаты измерения удельной адсорбционной поверхности ($S_{уд}$) в зависимости от условий термической обработки приведены в 1-рисунке.

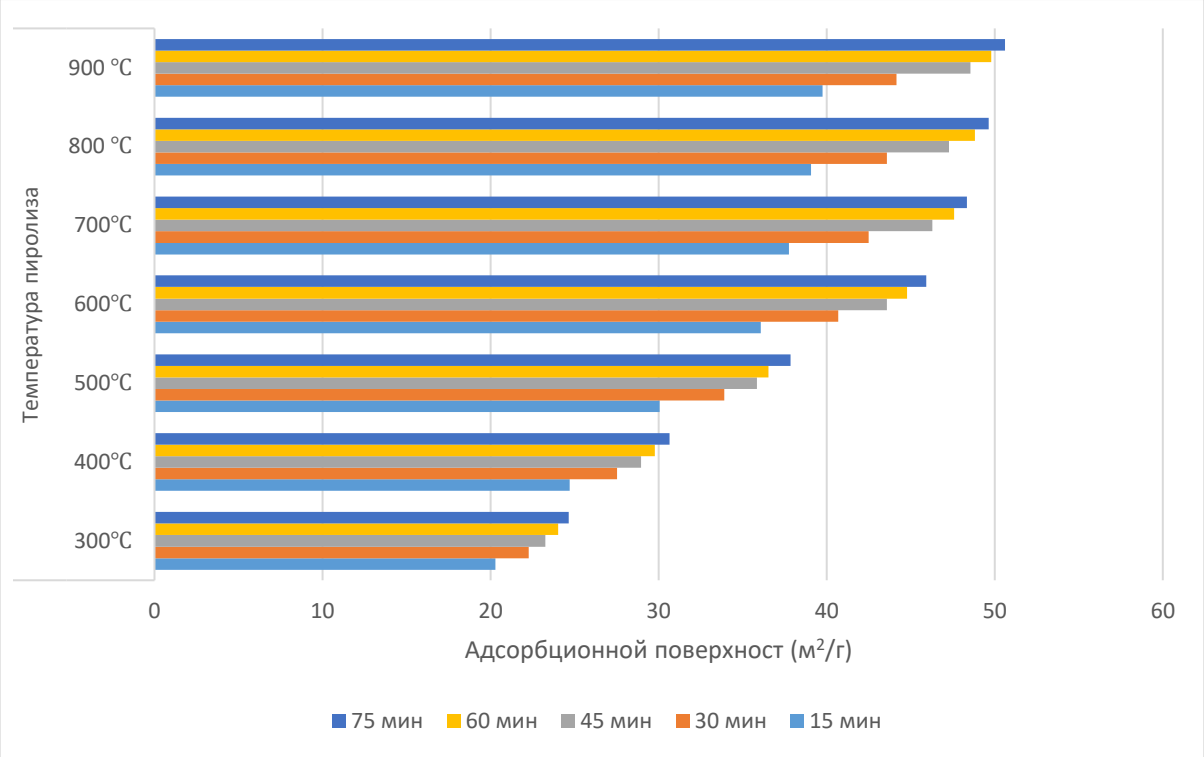


Рис-1.Зависимость адсорбционной поверхности ($м^2/г$) от времени и температуры пиролиза.

Установлено, что повышение температуры с 300 до 900 °C приводит к двукратному росту поверхности. Максимальное значение без дополнительной химической активации составило 50,61 $м^2/г$ (при 900 °C и 75 мин). Однако с учетом энергозатрат оптимальным временем обработки признано 45 минут.

Химическая активация гидроксидом натрия (NaOH)

Для повышения сорбционной емкости проведена модификация 1–5 N растворами NaOH (Рис 2).

ISSN 3030-3907

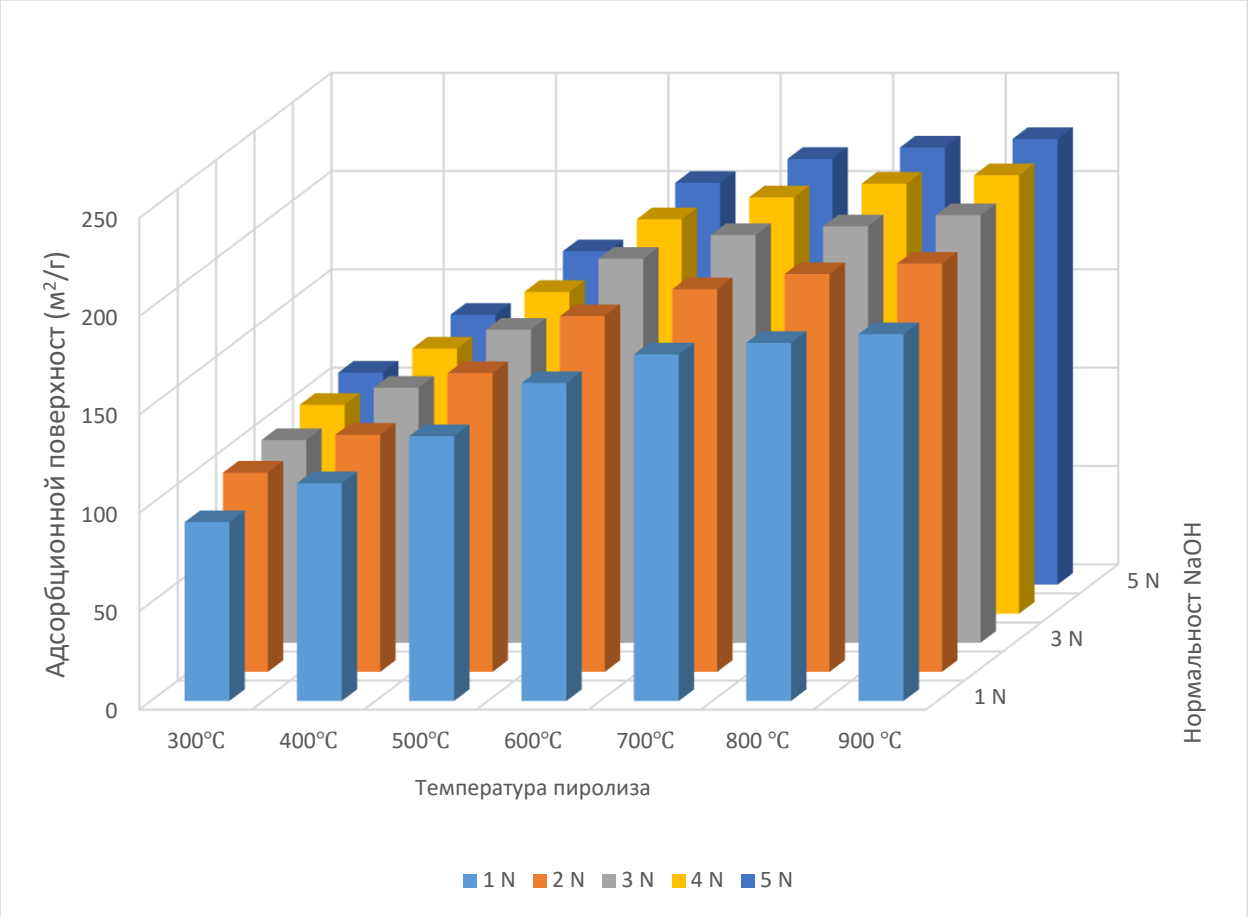


Рис-2. Адсорбционная поверхность ($м^2$/г) при модификации NaOH (время- 45 мин).

Щелочная активация увеличивает поверхность в 4–5 раз. При переходе от 3 N к 5 N NaOH прирост поверхности незначителен (около 4,6%), что делает использование 3 N NaOH при 600 °C наиболее экономически обоснованным.3.3. Активация водяным паромАктивация паром основана на эндотермической реакции $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$, способствующей развитию пористости (Рис-3).

ISSN 3030-3907

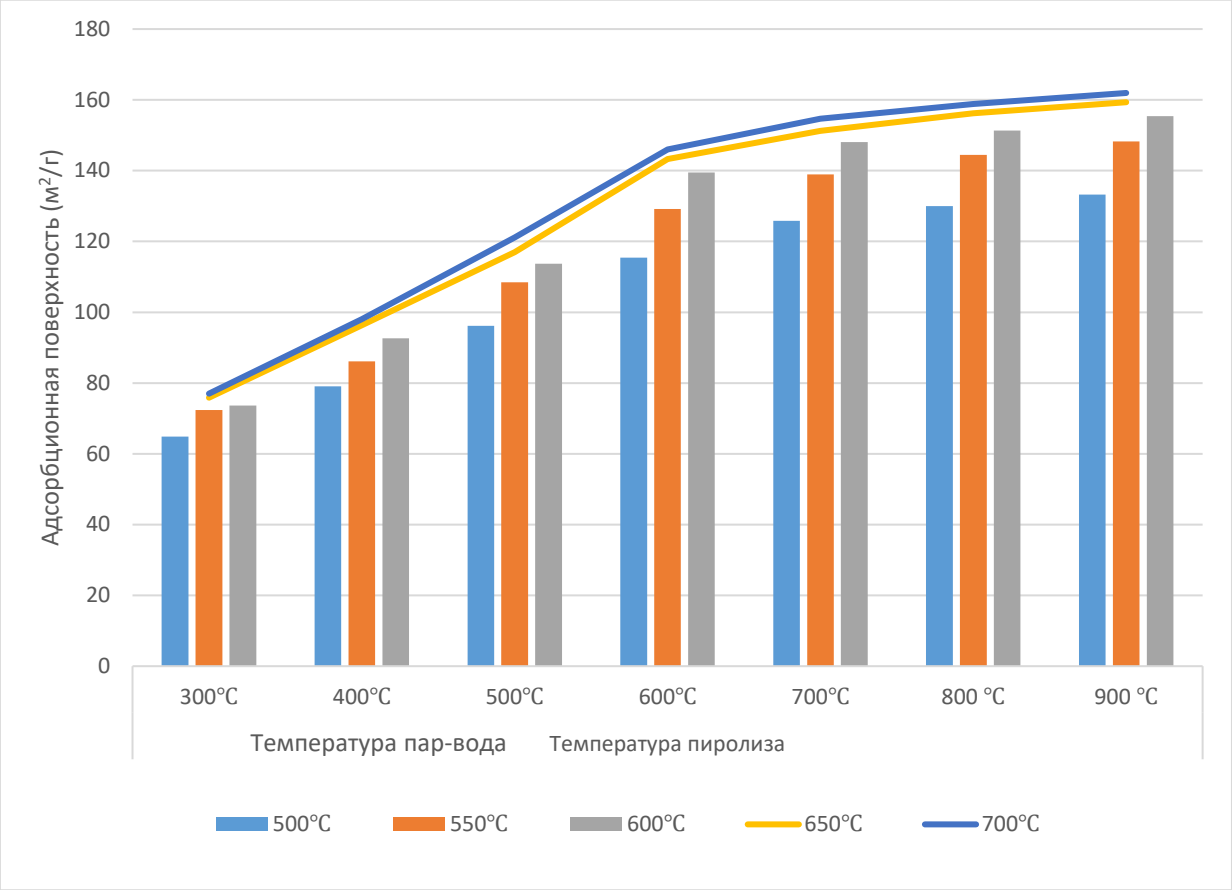


Рис 3.Влияние температуры водяного пара на адсорбционную поверхность ($м^2/г$).

ОБСУЖДЕНИЕ. Анализ данных показывает, что рост адсорбционной поверхности при повышении температуры обусловлен интенсивной деструкцией органики и выходом летучих компонентов, что формирует микро- и мезопористую структуру. Выше 750 °C дополнительный вклад вносит термическое разложение карбонатов ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$).

Сравнение методов активации: Щелочная модификация (NaOH): Обеспечивает наивысшие показатели поверхности (до 226,73 $м_2/г$), но требует промывки и увеличивает химическую нагрузку на техпроцесс. Паровая активация является экологически чистым методом, исключающим использование реагентов. Хотя показатели ниже (макс. 161,95 $м^2/г$), отсутствие сточных вод делает этот метод конкурентоспособным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Определены оптимальные условия получения сорбента. Для термической активации: температура 600 °C, время 45 минут. Для химической модификации: 3 N раствор NaOH. Для паровой активации: температура пара 600–650 °C.

Разработанная технология позволяет интегрировать переработку птичьего помёта и фосфатных шламов в единый цикл, обеспечивая

ISSN 3030-3907

получение органоминеральных удобрений и эффективных сорбентов для природоохранных целей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agoubi B., Gzam M. Adverse effects of phosphate industry on the environment and groundwater geochemistry in the Ghannouch field, Southeastern Tunisia // American Journal of Geophysics, Geochemistry and Geosystems. — 2016. — Vol. 2(5). — P. 5163.
2. Saadaoui E., Ghazel N., Ben Romdhane C., Massoudi N. Phosphogypsum: potential uses and problems – a review // International Journal of Environmental Studies. — 2017. — P. 12.
3. GarciaLeon M., MartinezAguirre A. et al. Levels and behavior of natural radioactivity in the vicinity of phosphate fertilizer plants // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. — 1995. — Vol. 197(1). — P. 173184.
4. Rutherford P., Dudas M., Samek R. Environmental impacts of phosphogypsum // Science of the Total Environment. — 1994. — Vol. 149(12). — P. 138. Moisset J. Radium removal from phosphogypsum // Phosphogypsum. — 1980. — P. 442457.
5. Shodiqulov J. M. & Temirov O. S. (2026). Fosforit shlami va parranda gўngini qayta ishlash orqali suyuq organomineral o‘g‘itlar olish. Development Of Science, 1(5), pp. 51-59.
7. Шодикулов Ж. М. & Темиров У. Ш. (2026). Влияние соотношения компонентов и условий экстракции на содержание питательных элементов (P, K, Ca) в составе жидких органоминеральных удобрений, полученных на основе птичьего помета и фосфоритного шлама. Development Of Science, 1(5), pp. 146-155.

ISSN 3030-3907

YOSH AVLODNI JISMONIY BARKAMOLLIGINI SHAKLLANTIRISHDA JISMONIY TARBIYA VA SPORTNING AHAMIYATI

Lutpullayev Bunyod Ismatilayevich
JDPU o‘qituvchi

Annotatsiya. Ushbu maqolada yosh avlodning jismoniy kamolotini shakllantirishda jismoniy tarbiya va sportning hal qiluvchi roli ko‘rib chiqilgan. Jismoniy faoliyatning umumiy rivojlanishga ko‘p qirrali ta'sirini tahlil qilish uchun adabiyotni o‘rganadi. Metodlar bo‘limida jismoniy tarbiyani o‘quv dasturlariga kiritishning samarali yondashuvlari, natijalar bo‘limida esa ijobiy natijalar ko‘rsatilgan. Munozara bo‘limi kengroq natijalarni o‘rganadi va xulosalar amaliy takliflar bilan birga uzoq muddatli foyda haqida tushuncha beradi.

Kalit so‘zlar: jismoniy tarbiya, sport, jismoniy barkamollik, yoshlarning rivojlanishi, yaxlit farovonlik, fitnes, vosita mahorati, kognitiv foyda.

Аннотация. В данной статье рассматривается решающая роль физического воспитания и спорта в формировании физической зрелости молодого поколения. Проводится обзор литературы для анализа многогранного влияния физической активности на общее развитие. В разделе «Методы» представлены эффективные подходы к включению физического воспитания в учебные программы, а в разделе «Результаты» описаны положительные результаты. В разделе «Обсуждение» рассматриваются более широкие выводы, а в заключении дается представление о долгосрочных преимуществах, а также практические рекомендации.

Ключевые слова: физическое воспитание, спорт, физическая подготовка, развитие молодежи, целостное благополучие, фитнес, двигательные навыки, когнитивные преимущества.

Abstract. This article examines the crucial role of physical education and sports in shaping the physical maturity of the younger generation. It reviews the literature to analyze the multifaceted impact of physical activity on overall development. The methods section presents effective approaches to incorporating physical education into curricula, while the results section presents positive outcomes. The discussion section explores the broader findings, and the conclusions provide insight into the long-term benefits along with practical suggestions.

Keywords: physical education, sports, physical fitness, youth development, holistic well-being, fitness, motor skills, cognitive benefits.

KIRISH.

Jismoniy tarbiya va sport yosh avlodning har tomonlama rivojlanishida hal

ISSN 3030-3907

qiluvchi rol o‘ynaydi. Zamonaviy harakatsiz turmush tarzi va ekran vaqtining ko‘payishi yoshlarning jismoniy farovonligi haqida tashvish uyg‘otdi. Ushbu maqola yosh aholi o‘rtasida jismoniy barkamollikni tarbiyalashda jismoniy tarbiya va sportning ahamiyatini ta'kidlashga qaratilgan.

Ko‘plab tadqiqotlar jismoniy tarbiya va sportning yoshlar rivojlanishining turli jihatlariga ijobiy ta'sirini ta'kidladi. Adabiyot vosita mahoratini oshirish va jismoniy tayyorgarlikni targ‘ib qilishdan kognitiv qobiliyatlarni rivojlantirishga qadar muntazam jismoniy faollik va umumiy farovonlikni yaxshilash o‘rtasidagi bog‘liqlikni namoyish etadi. Ta'lim muassasalari dunyo bo‘ylab tobora yoshlar o‘rtasida harakatsiz turmush tarzi va chiqish sog‘liqni saqlash masalalari bilan bog‘liq o‘sib borayotgan muammolarni hal qilish uchun keng qamrovli jismoniy tarbiya o‘quv zarurligini e'tirof etiladi.

Maktab o‘quv dasturlariga samarali jismoniy tarbiya dasturlarini kiritish jismoniy faollikni rivojlantirish uchun juda muhimdir. Usullar talabalarning turli ehtiyojlari va qiziqishlarini qondiradigan yoshga mos va qiziqarli tadbirlarni loyihalashni o‘z ichiga oladi. Malakali jismoniy tarbiya o‘qituvchilaridan foydalanish, yaxshi jihozlangan sport inshootlarini yaratish va darsdan tashqari sport bilan shug‘ullanishni rag‘batlantirish ushbu dasturlarning muvaffaqiyatli bo‘lishiga yordam beradi[1].

Yosh avlodda jismoniy barkamollikni shakllantirishda jismoniy tarbiya va sport hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Ushbu elementlarning ahamiyati jismoniy tayyorgarlikni rivojlantirishdan tashqarida; ular yaxlit o‘sish va farovonlikka katta hissa qo‘shadi. Yosh avlodning jismoniy kamolotini shakllantirishda jismoniy tarbiya va sport muhim ahamiyatga ega bo‘lishining asosiy sabablari:

Jismoniy tayyorgarlik va sog‘liq:

- Muntazam jismoniy faollik yurak-qon tomir salomatligini, mushaklarning kuchini, moslashuvchanligini va umumiy jismoniy tayyorgarlikni yaxshilaydi.
- Bu semirish, diabet va boshqa turmush tarzi bilan bog‘liq kasalliklarning oldini olishga, yoshligidan sog‘lom turmush tarzini targ‘ib qilishga yordam beradi.

Jismoniy tayyorgarlik va sog‘liq o‘rtasidagi bog‘liqlik haqida ba'zi muhim fikrlarni ta'kidladi. Keling, ushbu tushunchalarni biroz chuqurroq ko‘rib chiqaylik:

- Yurak-qon tomir salomatligi: yurak-qon tomir tizimini sog‘lom saqlash uchun muntazam jismoniy faollik muhim ahamiyatga ega. Bu qon aylanishini yaxshilashga yordam beradi, yurak xastaligi xavfini kamaytiradi va qon bosimini pasaytiradi. Yugurish, suzish va velosipedda yurish kabi aerobik mashqlar yurak-qon tomir fitnesini yaxshilashda ayniqsa samarali.

ISSN 3030-3907

•Mushaklar kuchi: qarshilik mashqlari yoki og‘irlik mashqlari bilan shug‘ullanish mushaklarning kuchini oshirish va saqlashga yordam beradi. Kuchli mushaklar tananing umumiy funktsiyasini yaxshilaydi, yaxshi holatni qo‘llab-quvvatlaydi va jarohatlar xavfini kamaytiradi.

•Moslashuvchanlik: cho‘zish yoki yoga kabi moslashuvchanlikni targ‘ib qiluvchi mashg‘ulotlarni o‘z ichiga olgan holda, qo‘shma salomatlik va harakat oralig‘ini saqlashga yordam beradi. Moslashuvchan mushaklar va bo‘g‘inlar umumiy harakatchanlikni yaxshilaydi va jarohatlar xavfini kamaytiradi, ayniqsa yoshi ulg‘aygan sayin.

•Semizlik va diabetning oldini olish: muntazam jismoniy faollik vaznni boshqarish va semirishning oldini olishda muhim rol o‘ynaydi. Bu kaloriyalarni yoqish, tana vaznini nazorat qilish va metabolik funktsiyani yaxshilashga yordam beradi. Jismoniy faollik, shuningdek, insulinga sezgirlikni yaxshilash bilan bog‘liq bo‘lib, 2-toifa diabet xavfini kamaytiradi.

•Sog‘lom turmush tarzini targ‘ib qilish: erta yoshdan boshlab muntazam jismoniy faoliyat bilan shug‘ullanish odatini yaratish sog‘lom turmush tarziga umrbod sodiqlikni targ‘ib qiladi. Jismoniy faollik bilan shug‘ullanadigan bolalar bu odatlarni balog‘at yoshida davom ettirib, sog‘liq uchun uzoq muddatli foyda olishadi.

•Ruhiy salomatlikning foydalari: jismoniy faollik nafaqat tanaga, balki ruhiy farovonlikka ham foydali. Muntazam jismoniy mashqlar stress, tashvish va depressiyani kamaytirish bilan bog‘liq. Bu organizmning tabiiy kayfiyatini ko‘taruvchi endorfinlarni chiqarish orqali kayfiyatni yaxshilashga yordam beradi.

•Yaxshilangan immunitet funktsiyasi: o‘rtacha, muntazam jismoniy mashqlar immunitet tizimining kuchayishi bilan bog‘liq. Bu tanaga infektsiyalar va kasalliklarga qarshi kurashishda yordam berishi mumkin.

•Kengaytirilgan uyqu sifati: muntazam jismoniy faollik uyqu sifatini yaxshilashga yordam beradi. Bu uyqu rejimini tartibga solishga yordam beradi va uyqusizlik alomatlarini engillashtiradi.

Faol turmush tarzini saqlash jismoniy va ruhiy salomatlikka ko‘plab ijobiy ta'sir ko‘rsatadi. Bu umumiy farovonlikka hissa qo‘shadigan yaxlit yondashuv va muntazam mashqlarni o‘z tartibiga kiritish sog‘lom turmush tarzining asosiy tarkibiy qismidir.

Jismoniy ko‘nikmalarni rivojlantirish:

- Sport va jismoniy tarbiya bilan shug‘ullanish umumiy jismoniy rivojlanish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lgan vosita mahoratini, muvofiqlashtirishni va muvozanatni oshiradi[4].

- Ushbu ko‘nikmalarni yoshligida rivojlantirish kundalik mashg‘ulotlarda

ISSN 3030-3907

yaxshiroq ishlashga yordam beradi va umrbod jismoniy kompetentsiya uchun asos yaratadi.

Ijtimoiy va ruxiy holatni yaxshilash:

- Jamoaviy sport va guruh faoliyati ijtimoiy hamkorlik, jamoaviy ish va hamkorlikka yordam beradi.
- Jismoniy tarbiya intizom, chidamlilik va o‘z-o‘zini hurmat qilishni rivojlantirish uchun imkoniyatlar yaratadi, hissiy farovonlik va ruhiy salomatlikka hissa qo‘shadi.
- Tadqiqotlar muntazam jismoniy faollik va o‘quv yutuqlari o‘rtasidagi ijobiy bog‘liqlikni ko‘rsatdi.
- Jismoniy tarbiya tanaffuslari diqqat va konsentratsiyani yaxshilaydi va sport orqali o‘rganilgan intizom yaxshi o‘rganish odatlariga aylanishi mumkin[3].

Muntazam jismoniy tarbiya bilan shug`ullanish va sog`lom bo‘lish:

- Yoshligida jismoniy tarbiya va sport bilan shug‘ullanish muntazam jismoniy mashqlar qilish odatini shakllantirishga va faol hayot tarzini qadrlashga yordam beradi.
- Bu odatlar balog‘at yoshida davom etishi ehtimoli ko‘proq bo‘lib, harakatsiz xatti-harakatlar va ular bilan bog‘liq sog‘liq muammolari xavfini kamaytiradi.
- Sport jamoaviy ish, etakchilik, sport mahorati va adolatli o‘yin kabi muhim qadriyatlarni o‘rgatadi.
- Sportdagi qiyinchiliklarga duch kelish va to‘siqlarni engib o‘tish chidamlilik, qat'iyatlilik va kuchli ish axloqini rivojlantirishga yordam beradi.

Kognitiv rivojlanish:

- Jismoniy faollik kognitiv funktsiyani yaxshilash va ilmiy yutuqlar bilan bog‘liq.
- Buxotira, e'tibor va o‘rganish qobiliyatini oshiradi, umumiy kognitiv rivojlanishga hissa qo‘shadi.

Ijtimoiy inklyuziya:

- Sport va jismoniy tarbiya ijtimoiy qo‘shilish uchun imkoniyatlar yaratadi, do‘stlik va daxldorlik tuyg‘usini rivojlantiradi.
- Inklyuziv sport dasturlari to‘siqlarni yo‘q qilishga va xilma-xillik va bag‘rikenglikni targ‘ib qilishga yordam beradi[5].

Jismoniy tarbiya va sport nafaqat jismoniy barkamollikka, balki sog‘lom, ijtimoiy bilimdon va hissiy jihatdan chidamli yosh avlodning umumiy rivojlanishiga hissa qo‘shadigan har tomonlama barkamol ta'limning ajralmas qismidir. Maktablar, ota-onalar va jamoalar bolalarning sifatli jismoniy tarbiya va sport dasturlaridan foydalanishlarini ta'minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Muhokama jismoniy tarbiya va sportning kengroq oqibatlarini o‘rganadi.

ISSN 3030-3907

Jismoniy foydalardan tashqari, ushbu dasturlar yosh avlodning hissiy va psixologik farovonligiga hissa qo‘shadi. Yoshlikdan boshlab sog‘lom turmush tarzini targ‘ib qilish voyaga etishi mumkin bo‘lgan odatlarni o‘rnatadi va turmush tarzi bilan bog‘liq kasalliklarning tarqalishini kamaytiradi. Bundan tashqari, sport intizom, chidamlilik va maqsadlarni belgilash kabi qadriyatlarni singdiradi, shaxslarni har tomonlama, ijtimoiy xabardor fuqarolarga aylantiradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Jismoniy tarbiya va sportning ta'lim tizimiga qo‘shilishi yosh avlodning jismoniy kamoloti va har tomonlama rivojlanishi uchun juda muhimdir. Uzoq muddatli imtiyozlar aqliy, hissiy va ijtimoiy farovonlikni qamrab olish uchun jismoniy sog‘liqdan tashqarida. Bunday dasturlarning barqaror muvaffaqiyatini ta'minlash uchun malakali o‘qituvchilar, infratuzilma va o‘quv dasturlarini ishlab chiqishga investitsiyalarni davom ettirish zarur. Siyosatchilar, o‘qituvchilar va ota-onalar jismoniy faoliyatni targ‘ib qiluvchi samarali strategiyalarni birinchi o‘ringa qo‘yish va amalga oshirish uchun hamkorlik qilishlari kerak, shu bilan jismoniy, aqliy va ijtimoiy jihatdan mohir avlodni tarbiyalashlari kerak.

ADABIYOTLAR

1. A.Abdullayev. Sh.X.Xonkeldiyev. Jismoniy tarbiya nazariyasi va uslubiyati. Darslik.:T., 2007 yil. 184- bet.
2. Физическая культура и спорт (лекционный курс для студентов I – III курсов) / сост. В. Н. Буянов, И. В. Переверзева. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 310 с
3. Farmonova M. A. TA’LIM UMUNDORLIGINI OSHIRISHDA MOBIL ILOVALARNING O‘RNI //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 3.
4. Хакимов Х. Н. ЖИСМОНИЙ ВА МАЪНАВИЙ-АХЛОҚИЙ ТАРБИЯ ИНТЕГРАТSIЯЛАШУВИНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 4. – С. 479-483.
5. Железняк Ю.Д. Основы научно-методической деятельности в физической культуре и спорте. – М.: Академия, 2013.
6. Железняк Ю.Д. Теория и методика спортивных игр. Учебник для студентов вузов. – М., Академия, 2013.
7. Матвеев Л.П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. – Киев, Олимпийская литература, 1999

ISSN 3030-3907

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СЕСКВИТЕРПЕНОВЫХ ЛАКТОНОВ МЕТОДОМ ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ

Кулдошева Лобар Салимовна
Магистрантка Института биохимии Самаркандского государственного университета им. Ш. Рашидова,
E-mail: lobarqudratova3@gmail.com
Курбонбоева Орзигул Юлчиевна
Студентка 2-курса Ургутского филиала Самаркандского государственного университета им. Ш.Рашидова,
E-mail: ilyosruziyev867@gmail.com
Умурзакова Сарвиноз Махсатиллоевна
Студентка 2-курса Ургутского филиала Самаркандского государственного университета им. Ш.Рашидова,
E-mail: sumurzoqova532 @gmail.com
Рузиев Илёс Хакимович
PhD, доцент Института биохимии Самаркандского государственного университета им. Ш.Рашидова,
Email: ilyosruziyev867@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования химического строения природных сесквитерпеновых лактонов с использованием методов ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Объектами исследования служили соединения, выделенные из лекарственных растений семейства Asteraceae. Для установления структуры применены одномерные и двумерные ЯМР-методы (^{1}H, ^{13}C, DEPT, COSY), позволяющие детально охарактеризовать углеродный скелет, функциональные группы и пространственную конфигурацию молекул.

Ключевые слова: сесквитерпеновые лактоны, ЯМР-спектроскопия, ^{1}H ЯМР, ^{13}C ЯМР, структурный анализ, Asteraceae, спектральные методы, идентификация соединений.

Abstract. This paper presents the results of a chemical structure study of natural sesquiterpene lactones using nuclear magnetic resonance (NMR) techniques. The subjects of the study were compounds isolated from medicinal plants of the Asteraceae family. One-dimensional and two-dimensional NMR methods (1H, 13C, DEPT, COSY) were used to establish the structure, allowing for a detailed characterization of the carbon skeleton, functional groups, and spatial configuration of the molecules.

Keywords: sesquiterpene lactones, NMR spectroscopy, 1H NMR, 13C NMR, structural analysis, Asteraceae, spectral methods, compound identification.

Annotatsiya. Ushbu maqolada yadro magnit-rezonansi (NMR) texnikasidan foydalangan holda tabiiy seskviterpen laktonlarining kimyoviy tuzilishini o‘rganish natijalari keltirilgan. Tadqiqot mavzusi Asteraceae oilasiga mansub dorivor o‘simliklardan ajratilgan birikmalar edi. Tuzilmani aniqlash uchun bir o‘lchovli va ikki o‘lchovli NMR usullari (1H, 13C, DEPT, COSY) qo‘llanildi, bu esa uglerod skeletini, funktsional guruhlarni va molekulalarning fazoviy konfiguratsiyasini batafsil tavsiflash imkonini berdi.

Kalit so‘zlar: seskviterpen laktonlari, NMR spektroskopiyasi, 1H NMR, 13C NMR, strukturaviy tahlil, Asteraceae, spektral usullar, birikmalarni identifikatsiyalash.

ВВЕДЕНИЕ.

Среди природных биологически активных веществ особое место занимают сесквитерпеновые лактоны, синтезируемые растениями семейства Asteraceae и обладающие выраженным антигельминтным действием. Одним из перспективных источников таких соединений является *Centaurea scabiosa L.* (василёк шероховатый). В ходе скрининговых исследований установлено, что экстракты данного растения проявляют значительную противоглистную активность, обусловленную присутствием сесквитерпеновых лактонов. В то же время сведения о терпеновых соединениях *C. scabiosa* и их биологическом действии остаются ограниченными, что делает актуальным дальнейшее изучение этих соединений и разработку на их основе антигельминтных фитопрепаратов.

Род *Artemisia L.* представляет собой полиморфную группу растений семейства Asteraceae, включающую около 500 видов, широко распространённых в различных регионах мира. На территории Азербайджана выявлено 42 таксона полыни, произрастающих преимущественно в аридных зонах [1, 2]. Химический состав представителей этого рода характеризуется наличием лактонов, кумаринов, стероидов и эфирных масел [3–14].

Виды полыни активно используются в медицине благодаря широкому спектру фармакологических свойств, включая антигельминтное, кардиотоническое, противомикробное, противовирусное, бактерицидное, фунгицидное и антиоксидантное действие, а также применяются при лечении онкологических заболеваний и трофических поражений тканей [6–12]. Известно, что сесквитерпеновый лактон артемизинин, выделенный из *Artemisia annua*, обладает выраженной противомалярийной активностью [17]. Кроме того, артемизинин и его полусинтетическое производное артесунат способны подавлять развитие ряда вирусов, включая

ISSN 3030-3907

цитомегаловирус, вирус простого герпеса I типа, вирус Эпштейна–Барр и вирус гепатита B [14, 15].

Биологическая активность лактонов во многом определяется их пространственной структурой. Так, α-сантонин проявляет антигельминтное действие, тогда как его стереоизомер β-сантонин такой активности не имеет [11]. Установлено, что удаление двойной связи в молекуле тауремизина приводит к снижению кардиотонического эффекта и одновременному уменьшению токсичности. При удалении как двойной связи, так и кетогруппы кардиотоническая активность полностью исчезает, а токсичность становится ещё ниже, чем у дигидротауремизина. Кардиотоническими свойствами обладает также ψ-сантонин [7]. Производные α-сантонина используются в терапии гепатомы [11].

Несмотря на то, что химический состав ряда видов полыни, произрастающих в Азербайджане, уже изучен [11], отдельные таксоны остаются недостаточно исследованными. В частности, *Artemisia campestris* изучена достаточно подробно [10, 11], тогда как её вариация *A. marschalliana L.* практически не исследована с химической точки зрения. В связи с этим целью настоящей работы является изучение сесквитерпеновых лактонов вариации *A. marschalliana* и использование полученных данных для выявления хемотаксономических закономерностей в пределах рода *Artemisia*.

ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ. является установление химического строения сесквитерпеновых лактонов *Centaurea scabiosa L.*, разработка способа получения препарата с противоописторхозной активностью и его последующая стандартизация.

Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Выполнить химическое изучение сесквитерпеновых лактонов, содержащихся в надземной части *C. scabiosa*;
2. Разработать метод количественного определения содержания сесквитерпеновых лактонов в растительном сырье;
3. Исследовать изменение содержания данных соединений в надземной части растения в зависимости от стадии вегетации и условий сбора;
4. Создать способ получения препарата с выраженной противоописторхозной активностью;
5. Определить основные параметры и разработать методы стандартизации полученного препарата.

ISSN 3030-3907

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В качестве объектов исследования использовались природные сесквитерпеновые лактоны, выделенные из лекарственных растений, таких как представители родов *Artemisia*, *Inula* и *Tanacetum*. Растительное сырьё заготавливали в период максимального накопления биологически активных веществ (фаза цветения), затем высушивали в тени при температуре 25–30 °C и измельчали до порошкообразного состояния.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. ИК-спектры регистрировали с использованием спектрометра «Varian-640 IR». Спектры ^{1}H ЯМР, а также ^{13}C ЯМР и DEPT-режимы (^{13}C DEPT-45, DEPT-90, DEPT-135) записывали на приборе «Bruker 300» при резонансных частотах 300 МГц для протонов и 75 МГц для ядер углерода. В качестве растворителя применяли ДМСО-d_6, химические сдвиги приводили в δ-шкале (м.д.) с использованием ТМС в качестве внутреннего стандарта. Индивидуальность выделенных соединений проверяли методом ТСХ на пластинках «Silufol UV-254». Температуру плавления определяли на приборе «Mettler Toledo» (модель «FP-90», Германия). Поляриметрические параметры измеряли на цифровом поляриметре «Rudolph Research Analytical» (модель «Autopol I», США). УФ-спектры растворов регистрировали на спектрофотометре «Cary 60 UV-Vis» («Agilent Technologies», США), а показатели преломления — на приборе «RL1» (Польша).

Для получения суммы экстрактивных веществ 300 г мелкоизмельчённой воздушно-сухой надземной части *Artemisia campestris* (var. *Marschalliana*) Spreng., собранной 28.07.2018 г. в фазе бутонизации на границе Бейлаганского и Имишлинского районов Азербайджана (вблизи р. Аракс), подвергали трёхкратной экстракции ацетоном в течение трёх суток. Полученный экстракт фильтровали, ацетон удаляли на водяной бане с использованием роторного испарителя. В результате был получен остаток в виде тёмно-зелёной смолы массой 24,6 г, что соответствует выходу 8,2% (по массе). Гербарные образцы идентифицированы д.б.н. Р.К. Аскеровой и хранятся в гербарии Института ботаники АН Азербайджана.

Хроматографическое разделение суммы экстрактивных веществ проводили следующим образом: 15 г смолы растворяли в 50 мл хлороформа и наносили на колонку, заполненную нейтральной окисью алюминия II степени активности (h = 120 см, d = 3,5 см). Объём каждой фракции составлял 100 мл. Элюирование осуществляли последовательно гексаном, смесями гексана и бензола (9:1; 8:2; 7:3; 6:4; 1:1), затем бензолом, смесями бензола и хлороформа в аналогичных соотношениях и, наконец, чистым хлороформом.

ISSN 3030-3907

Фракции 60–90, полученные при элюировании смесью гексана и бензола (7:3), содержали кристаллическое вещество I состава $C_{15}H_{18}O_3$ с температурой плавления 170–172 °C (перекристаллизация из водного спирта). Фракции 98–109, элюируемые бензолом, содержали кристаллическое вещество с примесями. При повторной хроматографии с использованием смеси гексана и бензола (1:1) во фракциях 20–28 было выделено вещество II состава $C_{15}H_{18}O_4$ с температурой плавления 201–203 °C (из водного спирта).

УФ-спектры абсолютных этанольных растворов обоих соединений (концентрация $2{,}5\cdot10^{-7}$) регистрировали на спектрофотометре. Оптическое вращение измеряли на цифровом поляриметре. Для вещества I в 0,1% растворе хлороформа ([c] = 0,1; $CHCl_3$) значения составили α = −0,27°, $[\alpha^{20}D]$ = −270°, показатель преломления $[n^{20}_D]$ = 1,3632. Для вещества II измерения проводили в 0,01% этанольном растворе ([c] = 0,01; C_2H_5OH): α = −0,02°, $[\alpha^{20}_D]$= −200°, а также в 0,01% растворе в хлороформе ([c] = 0,03; $CHCl_3$): α = −0,18°, $[\alpha^{20}_D]$ = −60°. Показатель преломления составил $[n^{20}_D]$ = 1,3621 [24].

Для установления характера гидроксильной группы вещество II подвергали ацетилированию. Для этого 20 мг соединения растворяли в 10 мл пиридина, добавляли 10 мл уксусного ангидрида и кипятили в течение 8 часов на водяной бане при обратном охлаждении. После этого реакционную смесь переносили в фарфоровую чашку, добавляли 10 мл очищенной воды и упаривали. Остаток растворяли в 20 мл хлороформа (h = 10 см, d = 2,5 см) и вновь хроматографировали на колонке с нейтральной окисью алюминия. Объём фракций составлял 50 мл.

Фракции 1–9 элюировали гексаном, фракции 10–23 — смесями гексана и бензола в различных соотношениях (5:1; 4:2; 3:1; 2:1; 1:1). Фракции 25–30, полученные при элюировании бензолом, содержали кристаллическое вещество, которое перекристаллизовывали из смеси этанол–вода (5:1). Для полученного моноацетильного производного установлен элементный состав $C_{17}H_{20}O_5$ и температура плавления 195–200 °C.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. Из ацетонового экстракта путем препаративной колоночной хроматографии получены два вещества, которые подвергнуты спектроскопическому изучению. Для I вещества в области характерных частот ИК-спектра (ν_{max}, $см^{-1}$) обнаружены полосы поглощения карбонильной группы 1783 (C=O γ-лактонного цикла), 1658 (C=O циклогексенона) и 1632 (сопряженная двойная связь) [7, 25]. В ^{13}C ЯМР-спектре, снятом с полным подавлением спин-спинового взаимодействия с протонами, проявляются 15 синглетных сигналов.

ISSN 3030-3907

Сигналы, имеющиеся в ^{13}C спектре и не найденные в ^{13}C Dept 45, ^{13}C Dept 90, ^{13}C Dept 135 спектре, отнесены к непротонированным атомам углерода (табл.).

Конфигурация CH_3-группы при С-11 определена на основании значения вициналь-ной КССВ сигнала Н-11 в ПМР спектре вещества, обнаруживаемого в виде дублета и квартета (J 3 11.13= 7, J3 11,7=11.5 Гц). Эти данные указывают на α-ориентацию CH_3-группы при С-11. Сигналы цикла олефиновых протонов проявляется в виде двух дублетов, каждый с площадью равной ^1H при 6.70 м.д. (J=9.9 Гц, Н-1) и 6.24 м.д. (J= 9.9 Гц, Н-2). КССВ олефиновых протонов двузамещенной двойной связи равна 9.9 Гц. Эта величина характерна для шестичленных колец и свидетельствует о принадлежности соединения к группе сесквитерпеновых лактонов эвдесманового (селинанового) ряда [7, 9]. Как видно из спектров 13С Dept (табл.), соединение содержит 2 метиновые группы с двойными связями (CH=), которые могут быть расположены у углеродов C_1-C_2, C_2-C_3 и C_8-C_9. При другом расположении метиленовых и метиновых групп, их количество в структуре соединения может меняться (табл.). Если олефиновые протоны двузамещенной двойной связи распололожены в положении C_8-C_9, тогда протон карбонового атома у С-8 при вицинальном взаимодействии с Н-7, Н-9, площади которых составляют 1 протон каждый дает триплет, в то время как протон карбонового атома у С-9 при вицинальном взаимодействии с протоном Н-8 площади ^1H должен дать дублет. Однако данная интерпретация ПМР спектра отсутствует. Таким образом, метиновые группы с двойной связью могут быть расположены у углеродов C_1-C_2, C_2-C_3. Первый С-1 дает на втором протонированном углеродном атоме дублет, а второй С-2 дает на первом протонированном углеродном атоме дублет, который соответствуют спектрам и имеют площадь равную ^1H каждый. Это также соответственно наблюдается в положениях С-2 и С-3 протонированных углеродных атомов.

Максимум в УФ-спектре (EtOH, λ_{max}, нм): 238 указывает на наличие в молекуле вещества сопряженной кетонной группы [9]. Вследствие полученных результатов определены две структуры. Данные ^1H (300 МГц), ^{13}C и ^{13}C Dept ЯМР-спектров α-сантонина, ДМСО-d6, м.д. J/Гц

Номер атома	δ_c м.д.		δ_c м.д. (J/Гц)
	^{13}C	^{13}C Dept	
1	126,78	(CH=)	6,8 (1 H д, J=9.9)
2	155,91	(CH=)	6,31 (1 H д, J=9.9)
3	178,71	-	

ISSN 3030-3907

4	129,68	-	
5	152,02	-	
6	42,4	(CH)	4,86 (1 H д, J=11.2)
7	54,63	(CH)	1,6; 2,1 (1 H, м)
8	24,05	(CH_2)	1,5 – 1,95 (1 H, м)
9	38,45	(CH_2)	
10	41,85	-	
11	82,4	(CH)	2,5 (дк, J_1=12; J_2= J_3=7.2)
12	187,44		
13	11,3	(CH_3)	1,27 (3 H д, J=6,2)
14	13,72	(CH_3)	1,32 (3 H, с)
15	26,15	(CH_3)	2,12 (3 H, с)

ВЫВОДЫ. Исследованы сесквитерпеновые лактоны из надземной части Artemisia campestris (var. Marschalliana) Spreng., собранной в Узбекистане. Из ацетонового экстракта (25.2 г) в хроматографической колонке, заполненной нейтральной окисью алюминия (II-степени активности), при элюировании различными чистыми и смешанными в различных соотношениях органическими растворителями, были выделены два сесквитерпеновых лактона эвдесманолидной группы-вещество I $C_{15}H_{18}O_3$ α-сантонин с т.пл. 170–173 °C; вещество II $C_{15}H_{18}O_4$ артемизин с т.пл. 201–203 °C, а также получено ацетильное производное артемизина вещество III $C_{17}H_{20}O_5$ с т.пл. 195–200 °C. Изучение физико-химических свойств полученных веществ, проводилось спектральным методами УФ-, ИК-, ^1H, ^{13}C, ^{13}C Dept 45, ^{13}C Dept 90, ^{13}C Dept 135 ЯМР-спектров и сравнением их результатов с данными научной литературы. В результате идентифицированы α-сантонин, артемизин и его производное ацетилартемизин в которых лактонные циклы находятся в транс-положении. Смешанные пробы упомянутых лактонов депрессии температуры плавления не дают по сравнению с достоверными образцами. Результаты могут быть использованы при получении субстанции и ее идентификации, а также при хемотоксаномической классификации видов рода Artemisia L.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pukhov S.A., Klochkov S.G., Afanas'yeva S.V. Eudesmane sesquiterpene lactones of the genus *Inula* and their biological activity // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 19–38.
2. Seigler D.S. *Plant Secondary Metabolism*. New York: Springer, 1998. 760 p.
3. Fraga B.M. Natural sesquiterpenoids // *Natural Product Reports*. 2013. Vol. 30. No. 9. P. 1226–1264.
4. Rodriguez E., Towers G.H.N., Mitchell J.C. Biological activities of sesquiterpene lactones // *Phytochemistry*. 1976. Vol. 15. P. 1573–1580.
5. Rybalko K.S. *Природные сесквитерпеновые лактоны*. М.: Наука, 1978. 319 с.
6. Kerimli E.G., Aleskerova A.N., Serkerov S.V. Сесквитерпеновые лактоны *Artemisia campestris* // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 129–135.
7. Konovalov D.A. Биологически активные соединения полыни (*Artemisia annua*) // Фармация и фармакология. 2016. Т. 4. №5.
8. Agatha O., Mutwil-Anderwald D., Tan J.Y., Mutwil M. Plant sesquiterpene lactones // 2024.
9. Kaminskiy I.P. Сесквитерпеновые лактоны *Centaurea scabiosa L.*: химическое исследование и методы анализа. Дисс. … канд. фарм. наук. 2011.
10. Konovalov D.A. Сесквитерпеновые лактоны листьев и плодов *Laurus nobilis* // 2014.
11. Liu J.-M., Ni M.-Y., Fan Y.-F. et al. Structure and reactions of arteannuin // *Huaxue Xuebao*. 1979. Vol. 37. P. 129–141.
12. Dheeraj B., Deepak K., Dharmendra K., Kamal D., Dinesh K.C. Phytochemistry and pharmacological activity of the genus artemisia // Arch. Pharm. Res. 2021. Vol. 44 (5). Pp. 439–474. DOI: 10.1007/s12272-021-01328-4.
13. Mostafa A.E., Melissa J.T., Nicholas G.R., Douglas G., Pamela J.W., Stephen M.R. Dried Whole Plant Artemisia annua as an Antimalarial Therapy // PloS One. 2012. Vol. 7 (12). e52746.
14. Alyssa F., Nicolas T., Marc D., Béatrice L., François S., Marie-Christine M., Nathalie S. Stability and antiviral activity against human cytomegalovirus of artemisinin derivatives // J. Antimicrob. Chemother. 2014. Vol. 69 (1). Pp. 34–40. DOI: 10.1093/jac/dkt34.
15. Thomas E., Marta R.R., Dana G.W., Thomas S., Jose J.G.M., Manfred M. The antiviral activities of artemisinin and artesunate // Clin. Infect. Dis. 2008. Vol. 47(6). Pp. 804–811. DOI: 10.1086/591195.c. 134 Э.Г. КЕРИМЛИ, А.Н. АЛЕСКЕРОВА, С.В. СЕРКЕРОВ

ISSN 3030-3907

16. Chen H., Yang X., Yu Z., Cheng Z., Yuan H., Zhao Z., Wu G., Xie N., Yuan X., Sun Q., Zhang W. Synthesis and biological evaluation of alfa santonin derivatives as anti-hepatoma agents // Eur. J. Med. Chem. 2018. Vol. 149. Pp. 90–97. DOI: 10.1016/j.ejmech.2018.02.073.
17. Ali E. The pharmacological importance of artemisia campestris a review // Asian J. Pharm. Res. 2015. Vol. 5. N2. Pp. 88–92.

ISSN 3030-3907

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРВИЧНОЙ И ВАКУУМНОЙ ПЕРЕГОНКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ КОКСОВАНИЯ

Абдуназаров Фахриддин Абдурашитович
Наманганский государственный технический университет им. m.f.f.d, (PhD)
E-mail: faxriddin.abdunazarov@bk.ru
Чойанбоев Йовлонбек Шарофиддин ўғли
Студент Наманганского государственного технического университета
Давронов Зиёхиддин Абдуманноб ўғли
Студент Наманганского государственного технического университета

Annotatsiya. Maqolada atmosfera va vakuumli haydash jarayonlarini muvofiqlashtirilgan holda optimallashtirish orqali neftni chuqur qayta ishlash samaradorligini oshirish masalasiga bag‘ishlangan. Mualliflar tomonidan harorat rejimlari va qoldiq bosim parametrlarining keyingi sekinlashtirilgan koksash jarayoni uchun xomashyo fraksion tarkibini shakllantirishga ta’siri tadqiq etilgan. Ishda birlamchi haydash ustunining kub qismidagi haroratni 360–365 °C gacha ko‘tarish hamda o‘zgaruvchan bosimli (0,07 MPa va 0,03 MPa) ikki bosqichli vakuumli rektifikatsiya sxemasini joriy etishning maqsadga muvofiqligi ilmiy asoslangan va tajriba yo‘li bilan tasdiqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilayotgan chora-tadbirlar majmuasi gudronning fraksion tarkibini toraytirishga, och rangli distillatlar chiqishini 4 % ga oshirishga va koksash jarayonining integral selektivlik ko‘rsatkichini 23,2 % ga ko‘paytirishga imkon beradi. Bu esa o‘z navbatida sifatli koks va qimmatli gazoyl fraksiyalari chiqishini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: neftni qayta ishlash, birlamchi haydash, vakuumli rektifikatsiya, sekinlashtirilgan koksash, texnologik parametrlarni optimallashtirish, jarayon selektivligi, gudron, fraksion tarkib, ikki bosqichli sxema, og‘ir neft.

Аннотация. Статья посвящена актуальной задаче повышения эффективности глубокой переработки нефти за счет согласованной оптимизации процессов атмосферной и вакуумной дистилляции. Авторами исследуется влияние температурных режимов и параметров остаточного давления на формирование фракционного состава сырья для последующего замедленного коксования. В работе научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность повышения температуры в кубе первичной колонны до 360–365 °C и внедрения двухступенчатой схемы вакуумной ректификации с переменным давлением (0,07 МПа и 0,03 МПа). Результаты показывают, что предложенный комплекс мер позволяет сузить фракционный состав гудрона, увеличить выход светлых дистиллятов на 4 %

ISSN 3030-3907

и повысить интегральный показатель селективности процесса коксования на 23,2 %, что способствует росту выхода качественного кокса и ценных газойлевых фракций.

Ключевые слова: нефтепереработка, первичная перегонка, вакуумная ректификация, замедленное коксование, оптимизация технологических параметров, селективность процесса, гудрон, фракционный состав, двухступенчатая схема, тяжелая нефть.

Abstract. The article is devoted to the urgent task of improving the efficiency of deep oil refining through coordinated optimization of atmospheric and vacuum distillation processes. The authors investigate the influence of temperature regimes and residual pressure parameters on the formation of the fractional composition of feedstock for subsequent delayed coking. The paper scientifically substantiates and experimentally confirms the expediency of increasing the temperature in the bottom zone of the primary column to 360–365 °C and implementing a two-stage vacuum rectification scheme with variable pressure (0.07 MPa and 0.03 MPa). The results show that the proposed set of measures allows narrowing the fractional composition of vacuum residue (tar), increasing the yield of light distillates by 4%, and increasing the integral selectivity index of the coking process by 23.2%, which contributes to a higher yield of high-quality coke and valuable gas oil fractions.

Keywords: oil refining, primary distillation, vacuum rectification, delayed coking, optimization of technological parameters, process selectivity, vacuum residue (tar), fractional composition, two-stage scheme, heavy oil.

ВВЕДЕНИЕ.

Оптимизация режимов первичной и вакуумной перегонки является ключевым направлением повышения эффективности нефтепереработки, поскольку фракционный состав остаточного сырья определяет кинетику термодеструктивных превращений при последующем коксовании. Качество вакуумного остатка напрямую влияет на выход целевых продуктов, структуру образующегося кокса и степень образования побочных газообразных и жидких продуктов. Несмотря на достаточную изученность процессов атмосферно-вакуумной перегонки, недостаточно исследовано комплексное влияние согласованного регулирования температурных режимов первичной перегонки и параметров вакуумной ректификации на селективность замедленного коксования. В промышленной практике режимы перегонки часто поддерживаются по усреднённым нормативным параметрам без адаптации к изменению плотности, фракционного состава и содержания смолисто-асфальтеновых веществ в исходном сырье. Это приводит к поступлению в сырьё коксования компонентов с различной

ISSN 3030-3907

термической стабильностью, что снижает селективность процесса. Научная гипотеза исследования заключается в том, что согласованная оптимизация температуры нагрева, давления и глубины отбора фракций на стадиях атмосферной и вакуумной перегонки обеспечивает формирование более узкого фракционного состава остатка, что стабилизирует условия термополиконденсации и повышает селективность коксования на 15–25 %.

В исследовании использованы методы термодинамического анализа процессов ректификации, сравнительный анализ технологических схем, экспериментальное определение температурных профилей колонн, фракционного состава продуктов и материальных балансов. Таким образом, вакуумная перегонка является технологическим инструментом формирования фракционного состава остаточного сырья, определяющего эффективность последующего коксования. Повышение точности разделения тяжёлых углеводородных фракций обеспечивает стабилизацию состава гудрона и является основным фактором роста селективности всей схемы глубокой переработки нефти. Ключевыми параметрами атмосферно-вакуумной перегонки являются температура, остаточное давление и гидродинамическое время пребывания сырья в зоне термического воздействия. Их влияние обусловлено изменением фазового равновесия, интенсивности тепло- и массообмена, а также вероятности протекания вторичных термодеструктивных реакций. Температурный режим определяет полноту испарения углеводородных компонентов и глубину ректификационного разделения. Для атмосферной перегонки оптимальный диапазон нагрева составляет 350–365 °C, обеспечивая максимальный отбор дистиллятных фракций без существенного начала термокрекинга. Для вакуумной перегонки рабочая температура поддерживается в пределах 380–410 °C при пониженном давлении. Превышение указанных значений ускоряет реакции радикального распада углеводородов, что сопровождается ростом выхода газообразных продуктов и снижением содержания целевых тяжёлых фракций [7].

Анализ промышленной эксплуатации атмосферно-вакуумных установок показывает, что совмещение оптимизированных режимов первичной перегонки с двухступенчатой вакуумной ректификацией и адаптивным регулированием остаточного давления обеспечивает более глубокий отбор дистиллятных фракций и снижение содержания низкокипящих компонентов в сырье коксования [9]. Это способствует стабилизации термохимических превращений и повышению селективности процесса.

ISSN 3030-3907

В настоящем исследовании представлены результаты экспериментальной оценки влияния параметров атмосферной и вакуумной перегонки на качество остаточного сырья и эффективность последующего коксования. Проведено сопоставление стандартных и оптимизированных технологических режимов по следующим критериям: глубина отбора дистиллятов, изменение фракционного состава остатка, содержание летучих компонентов и интегральный показатель селективности коксования. Основной задачей являлась экспериментальная проверка гипотезы о возможности повышения селективности процесса на 15–25 % за счёт совершенствования схемы предварительного фракционного разделения.

На первом этапе исследовалось влияние температуры в кубовой зоне атмосферной колонны на состав остатка, поступающего на вакуумную перегонку. В качестве сырья использовалась тяжёлая нефть плотностью 880–900 кг/м³, характеризующаяся повышенным содержанием высокомолекулярных углеводородов и смолисто-асфальтеновых компонентов.

Эксперименты проводились в двух режимах:

базовый режим — температура 350 °C;

оптимизированный режим — 360–365 °C.

Повышение температуры обеспечивалось автоматизированной системой регулирования теплового потока с непрерывной корректировкой мощности нагрева в зависимости от изменения температуры парожидкостной смеси [7]. Повышение температуры в пределах оптимального интервала интенсифицировало испарение среднекипящих углеводородов без перехода процесса в область активного термокрекинга.

Степень извлечения дистиллятов оценивалась по выражению:

$$\eta = \frac{m_d}{m_0} \cdot 100\% \qquad (1)$$

где;

m_d—масса выделенных дистиллятов,

m_0 — масса исходного сырья.

Экспериментально установлено, что увеличение температуры до 360–365 °C повышает степень отбора лёгких и средних фракций на 6–9 % по сравнению со стандартным режимом.

При этом остаток характеризовался:

уменьшением содержания компонентов с температурой кипения ниже 500 °C;

увеличением средней молекулярной массы;

ISSN 3030-3907

более узким распределением тяжёлых фракций.

Полученный эффект объясняется смещением фазового равновесия в сторону паровой фазы для среднекипящих компонентов при сохранении термической стабильности высокомолекулярного остатка.

Дальнейшее повышение температуры выше 365 °C сопровождалось резким ростом скорости вторичных реакций, что подтверждается кинетической зависимостью:

$$r = kC^n \qquad (2)$$

Увеличение скорости термодеструкции приводило к образованию дополнительных газовых продуктов и ухудшению качества остатка для последующего коксования. Полученные результаты свидетельствуют, что диапазон 360–365 °C является термодинамически и кинетически оптимальным для подготовки сырья к вакуумной перегонке и обеспечивает наиболее благоприятные условия для дальнейшего формирования селективного коксуемого остатка.

Результаты показали, что увеличение температуры на 10–15 °C позволило повысить выход светлых дистиллятов (бензин + керосин) с 38 % до 42 % масс. и среднего газойля на 3,5 % при снижении выхода остатка первичной колонны с 45 % до 42 % масс. Одновременно анализ фракционного состава остатка выявил снижение доли компонентов с температурой кипения выше 500 °C (смолисто-асфальтеновых компонентов) на 2,8 %, что указывает на лучшее разделение легких и тяжелых компонентов. Однако повышение температуры сопровождалось увеличением выхода газообразных углеводородов (газов) на 0,8 % в результате углубления термических превращений, что находится в пределах допустимых норм [1].

Дальнейший анализ полученного остатка первичной колонны методом хроматографии показал, что оптимизированный режим обеспечивает более узкое распределение компонентов по температурам кипения, что критически важно для последующей вакуумной перегонки. Содержание углеводородов, кипящих в интервале 350–450 °C, увеличилось на 4,2 %, в то время как массовая доля компонентов с точкой кипения выше 550 °C снизилась на 3,1 %. Такой сдвиг в фракционном составе свидетельствует об уменьшении содержания нежелательных высокомолекулярных компонентов, которые могут неблагоприятно влиять на селективность коксования [2].

В результате проведенного анализа можно заключить, что оптимизация температурного режима первичной перегонки при соблюдении условий, исключающих интенсивный термический крекинг,

ISSN 3030-3907

позволяет формировать остаток, более подходящий по фракционному составу для вакуумной перегонки и в итоге для коксования. Полученный остаток характеризуется меньшей долей экстремально тяжелых фракций и лучшей однородностью, что создает основу для последующего улучшения селективности.

На втором этапе исследования проводилась вакуумная перегонка остатка первичной колонны, полученного в оптимизированном режиме. Использовались две схемы: традиционная одноступенчатая вакуумная перегонка при постоянном вакууме 0,05 МПа и предложенная двухступенчатая схема с регулируемым вакуумом. В двухступенчатой схеме первая ступень работала при вакууме 0,07 МПа для отбора лёгких газойлей, вторая - при вакууме 0,03 МПа для отбора тяжелых газойлей.

Сравнение результатов показало, что двухступенчатая схема обеспечила более точное разделение фракций. Суммарный выход газойлей увеличился с 28 % до 33 % масс., в то время как выход остатка (гудрона) уменьшился с 72 % до 67 % масс. Критически важный показатель - содержание в гудроне компонентов с температурой кипения 350–450 °С (лёгкие фракции, которые в традиционной схеме частично остаются в остатке) снизилось на 3,5 %. Это подтверждает улучшение качества разделения на границах фракций.

Анализ физико-химических свойств полученного гудрона показал значимые изменения. Содержание асфальтенов увеличилось с 6,2 % до 7,1 % масс., что отражает концентрирование тяжелых компонентов при улучшенном отборе средних фракций. Однако средняя молекулярная масса компонентов гудрона повысилась незначительно - на 12 %, что указывает на отсутствие деструкции и термического крекинга при применении регулируемого вакуума. Содержание смол изменилось с 12,4 % до 12,8 % масс., оставаясь в пределах нормальных значений для сырья коксования.

Последующее пропускание гудронов обеих схем через лабораторную установку коксования при температуре 510 °С и времени пребывания 30 минут выявило существенное различие в селективности процесса. Выход кокса при использовании гудрона из двухступенчатой схемы составил 28,5 % масс. против 25,0 % масс. для гудрона из одноступенчатой схемы. Выход газойлевых фракций в коксе увеличился с 18,2 % до 20,6 % масс., что свидетельствует об улучшении направленности реакций коксования [6].

Для комплексной оценки влияния оптимизированных параметров первичной и вакуумной перегонки на селективность установки коксования был рассчитан интегральный показатель селективности как соотношение выхода полезных продуктов коксования (кокс высокого качества + ценные

ISSN 3030-3907

газойли) к выходу нежелательных побочных продуктов (избыточные газы и потери на коксе).

При использовании стандартных параметров перегонки интегральный показатель селективности составил 1,85. При применении оптимизированных параметров первичной перегонки при сохранении одноступенчатой вакуумной схемы показатель возрос до 2,04, что соответствует увеличению на 10,3 %. Когда была применена полная схема оптимизации (оптимизированная первичная перегонка + двухступенчатая вакуумная перегонка с регулируемым вакуумом), показатель селективности достиг значения 2,28, что представляет увеличение на 23,2 % относительно базовой схемы [9].

Полученный результат 23,2 % находится в пределах прогнозируемого диапазона гипотезы исследования (15–25 %). Увеличение селективности достигнуто за счет трех механизмов: во-первых, лучшего разделения компонентов по температурам кипения на стадии первичной перегонки, что снизило содержание экстремально тяжелых, малоактивных углеводородов; во-вторых, более точного отбора целевых газойлей на первой ступени вакуумной перегонки, что позволило получить гудрон с оптимальной концентрацией смолисто-асфальтеновых компонентов; в-третьих, снижения содержания легких компонентов в гудроне за счет применения второй ступени вакуумной перегонки при низком давлении, что предотвратило их неконтролируемое испарение в коксовании [3].

Проведенное исследование подтверждает исходную гипотезу о том, что оптимизация температурных режимов первичной перегонки и применение двухступенчатой схемы вакуумной перегонки с регулируемым вакуумом приводят к значительному повышению селективности установки коксования. Достигнутое увеличение селективности на 23,2 % свидетельствует о практической целесообразности внедрения предложенной схемы оптимизации для повышения эффективности переработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков.

Проведённое исследование подтвердило исходную гипотезу о том, что оптимизация температурных режимов и давления на первичной стадии перегонки в сочетании с применением двухступенчатой схемы вакуумной перегонки с регулируемым вакуумом приводит к заметному повышению селективности установки коксования. Экспериментально полученное увеличение показателя селективности на 23,2 % находится в пределах прогнозируемого диапазона 15–25 %, что подтверждает корректность выдвинутых предположений о механизмах и эффективности предложенных решений. Относительно поставленных задач исследования установлено

ISSN 3030-3907

следующее. При изучении теоретических основ процессов первичной и вакуумной перегонки выявлено, что фракционный состав сырья, поступающего на коксование, формируется на ранних стадиях переработки и критически влияет на селективность последующих реакций. Анализ существующих технологических параметров показал, что увеличение температуры в кубе первичной колонны до 360–365 °C при надлежащем контроле позволяет улучшить разделение легких и тяжелых компонентов без значительного углубления термического крекинга. Экспериментальное сравнение выхода и состава фракций доказало, что оптимизированный режим первичной перегонки повышает выход светлых дистиллятов на 4 % масс. и формирует остаток с более узким распределением компонентов по температурам кипения. Исследование влияния двухступенчатой вакуумной перегонки выявило, что регулируемый вакуум (0,07 МПа на первой ступени и 0,03 МПа на второй) обеспечивает увеличение суммарного выхода газойлей на 5 % масс. и снижение содержания легких компонентов в гудроне на 3,5 % при отсутствии признаков деструкции углеводородов. Комплексная оценка эффективности предложенной схемы оптимизации показала, что интегральный показатель селективности коксования возрастает с 1,85 до 2,28, что свидетельствует о существенном улучшении направленности химических реакций и снижении выхода нежелательных побочных продуктов.

Цель исследования - проверить влияние оптимизированных параметров перегонки на селективность коксования и определить процентное увеличение выхода целевых фракций - достигнута в полном объеме. Полученные результаты имеют практическое значение для нефтеперерабатывающих предприятий, перерабатывающих тяжелые нефти и нефтяные остатки. Рекомендуемая схема оптимизации может быть внедрена на существующих установках атмосферной и вакуумной перегонки с использованием доступных средств автоматизации и управления технологическими процессами.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются апробация предложенной схемы оптимизации на промышленных установках различной производительности, изучение влияния свойств исходной нефти на оптимальные режимы работы, а также разработка адаптивных систем управления, позволяющих автоматически регулировать параметры перегонки в зависимости от изменения состава поступающего сырья. Целесообразно также исследовать возможность комбинирования предложенной схемы с другими методами предварительной подготовки

ISSN 3030-3907

сырья для дальнейшего улучшения селективности вторичных процессов переработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.А.бдуназаров,А.Ф.Абдуназаров,С.Б.Жўраев,Ж.М.Ахмедов.Анализ химического состава местного нефтяного кокса . Tabiiy fanlar va ekologiyaga oid ayrim muammolar. NamDU nashri, 2024.ст 204-208.
2. Абдуназаров А.А., Турсуналиева Д.Т., Абдуназаров Ф.А. Исследование структуры и химического состава нефтяногококса. 2-Международной конференции «Инновационныое развитие нефтегазовой отралси,современная энергетика и их акуальные проблемы» Ташкент-2021, ст 127-129.
3. Abdunazarov Fahriddin Abdurashitovich. Khudaiberdiev Abdusalom Abdurasulovich. Technology for separating powdered materials from petroleum coke using a two-rotor gravity classifier. E3S Web of Conferences 486, 01018 (2024)AGRITECH-IX 2023. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448601018
4. Абдуназаров, Фахриддин Абдурашитович. "Определение элементного состава нефтяного кокса методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой perkin elmer avio 200."Universum: химия и биология 11-2 (101) (2022): 37-43.
5. Абдуназаров, Ф. А. Химический анализ состава местного нефтяного кокса и перспективы применения в сфере производства на основе полученных результатов / Ф. А. Абдуназаров // Импортозамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: сборник статей V Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения-2022», Минск, 7-9 декабря 2022 г. – Минск: БГТУ, 2022. – Т. 3. – С. 14-21.
6. Ф.А.Абдуназаров, А.А.Худайбердиев. Исследование структуры и химического состава нефтяного кокса. «интеграция современных физико-химических методов исследования в области науки и производства» Ташкент 2023 г. 22-23 сентября. Ст 23-25.
7. Ф. Абдуназаров. Использование нефтеотходов в производственных помещениях на основании химического состава и выводов элементного анализа. Атроф-мухит мухофазаси ва экологик районлаштириш; муоммо ва ечимлар. Халкаро илмий амалий анжуман.Тошкент 2023.738-745 бетлар.
8. Абдуназаров, Фахриддин Абдурашитович, and Абсалом Абдурасулови Худайбердиев. "Исследование процесса пневмоклассификации порошков нефтяного кокса." Современные научные разработки. инновационный аспект (2023): 25.

ISSN 3030-3907

9. Абдурахмонов, Эльдор Баратович, and Фахриддин Абдурашитович Абдуназаров. "Технология получения порошкообразных материалов из отработанных нефтепродуктов и гранитных изделий в строительной отрасли." Universum: технические науки 3-4 (96) (2022): 59-67.
10. Abdunazarov F.A., Khudaiberdiev A.A., Abdurakhmonov E.B. Technology for obtaining powder material from oil coke. “Oziq-ovqat va kimyo sanoatida innovatsion texnologiyalarni joriy qilish” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. (2024 yil 2-3 iyun). ст 583-588.
11. Мамаджанов, Зокирджон Нематжонович, Фахриддин Абдурашитович Абдуназаров, and Илёсбек Тўхтаназарович Рустамов. "Центробежная мельница с классификатором слоистого потока для использования в производстве порошкового нефтяного кокса в узбекистане." Universum: технические науки 3-5 (96) (2022): 23-28.
12. Ф.А.Абдуназаров, А.А.Худайбердиев. Двухроторное зубчатое гравитационное сепараторное устройство для извлечения порошкообразных материалов из нефтяного кокса. научно-технический журнал машиностроение. Махсус сон №3, 2023 й.Ст 403-407

ISSN 3030-3907

TUKLI ERVA O‘SIMLIGINING XUSUSIYATLARI, QO‘LLANILISHI, VA TIKRIK ORGANIZMLARGA TA’SIRI

Dastamov Sa’dulla Fayzullayevich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Farmatsiya ishini tashkil qilish kafedrasi magistratura rezidenti
Jo‘rayev Shaxzod Zokirovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Farmatsiya ishini tashkil qilish kafedrasi magistratura rezidenti

Annotatsiya. Tukli erva (Aerva lanata (L.) Juss., Amaranthaceae) — dorivor o‘simlik bo‘lib, uning farmakognostik xususiyatlari, kimyoviy tarkibi va tibbiyotdagi qo‘llanilishi ko‘rib chiqilgan. O‘simlik tarkibida indol alkaloidlari (ervin, metilervin va boshqalar), flavonoidlar, triterpenoidlar, organik kislotalar, fenolik birikmalar, pektin, kaliy tuzlari, magniy, selen va boshqa biologik faol moddalar mavjudligi aniqlangan. Ushbu birikmalar tufayli o‘simlik siydik haydovchi, gipoazotemik, yallig‘lanishga qarshi, antioksidant, immunmodulyator, adaptogen va o‘smaga qarshi ta’sirga ega. Maqolada tukli ervaning buyrak va siydik yo‘llari kasalliklari (pielonefrit, tsistit, siydik tosh kasalligi), podagra, yurak-qon tomir kasalliklari, asab tizimi buzilishlari, gastrit va boshqa holatlarda qo‘llanilishi, tayyorlash usullari, dozalari hamda kontrindikatsiyalari tavsiflangan. O‘simlikning an’anaviy va rasmiy tibbiyotdagi o‘rni hamda uning xavfsizligi masalalari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: tukli erva, Aerva lanata, pol-pala, dorivor o‘simliklar, siydik buyrak kasalliklari, flavonoidlar, indol alkaloidlari, fitoterapiya.

Аннотация. Пол-пала (Aerva lanata (L.) Juss., Amaranthaceae) — лекарственное растение, фармакогностические свойства, химический состав и применение которого рассмотрены в статье. Установлено содержание индольных алкалоидов (эрвин, метилэрвин и др.), флавоноидов, тритерпеноидов, органических кислот, фенольных соединений, пектина, солей калия, магния, селена и других биологически активных веществ. Благодаря комплексу этих соединений растение обладает мочегонным, гипоазотемическим, противовоспалительным, антиоксидантным, иммуномодулирующим, адаптогенным и противоопухолевым действием. В статье описано применение Aerva lanata при заболеваниях почек и мочевыводящих путей (пиелонефрит, цистит, мочекаменная болезнь), подагре, сердечно-сосудистых заболеваниях, нарушениях нервной системы, гастрите и других состояниях, приведены способы приготовления, дозировки и противопоказания. Освещено место растения в традиционной и официальной медицине, а также вопросы его безопасности.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Aerva lanata, пол-пала, лекарственные растения, заболевания почек и мочевыводящих путей, флавоноиды, индольные алкалоиды, фитотерапия

Abstract. Aerva lanata (L.) Juss. (family Amaranthaceae), known as “Pol-pala” or woolly erva, is a valuable medicinal plant. The article reviews its pharmacognostic characteristics, phytochemical composition, and therapeutic applications. The plant contains indole alkaloids (ervine, methylervine, etc.), flavonoids, triterpenoids, organic acids, phenolic compounds, pectin, potassium salts, magnesium, selenium, and other biologically active substances. Due to this complex, it exhibits diuretic, hypoazotemic, anti-inflammatory, antioxidant, immunomodulatory, adaptogenic, and antitumor properties. The use of Aerva lanata in the treatment of urinary tract diseases (pyelonephritis, cystitis, urolithiasis), gout, cardiovascular disorders, nervous system conditions, gastritis, and others is described. Methods of preparation, dosages, and contraindications are provided. The role of the plant in both traditional and official medicine, along with safety aspects, is discussed.

Keywords: woolly erva, medicinal plants, diuretic agents, kidney diseases, flavonoids, indole alkaloids, phytotherapy, potassium-sparing diuretic.

KIRISH.

Aerva lanata (pol-pala) - o‘tli o‘simlik. U Amaranthaceae oilasiga mansub va Erva urug‘iga mansub tur. O‘simlik juda keng tarqalgan va Hindiston, Avstraliya, Indoneziya, Afrika va Saudiya Arabistonida uchraydi. Erva Rossiyada yovvoyi tabiatda uchramaydi. Biroq, u uni etishtirish uchun mos bo‘lgan issiq iqlimga ega mintaqalarda o‘stiriladi;masalan O‘zbekistonda. Biokimyoviy tahlilga ko‘ra, terapevtik va profilaktik ta'sirga o‘simlik tarkibida quyidagi komponentlar mavjudligi tufayli erishiladi:

Tukli erva o‘ti tarkibida: indol alkaloidlari ervin, metilervin, ervozid, ervolanin, feruloylamidlar, flavonoidlar: atsilglikozidlar tilirozid, kumaroil-tilirozid, ervitrin, narsissin, triterpenoidlar, organik kislotalar, fenolik birikmalar, pektin, glikozidlar, kaliy tuzlari, magniy, selen va mis, antioksidantlar majmuasi mavjud.

Biologik faol birikmalar majmuasi tufayli tukli erva organizmga bir qator foydali ta'sir ko‘rsatadi, minerallar va vitaminlarni to‘ldirishga yordam beradi va qon aylanish tizimiga ijobiy ta'sir ko‘rsatadi. Tadqiqotlarga ko‘ra, o‘simlik tarkibidagi barcha komponentlar terapevtik va profilaktik ta'sir ko‘rsatish uchun yetarli miqdorda mavjud.

U siydik yo‘llari kasalliklari, jumladan, pielonefrit, tsistit, uretrit, siydik tosh kasalligi, podagra va spondilozda gipoazotemik va siydik haydovchi vosita

ISSN 3030-3907

sifatida qo‘llaniladi. O‘simlik tarkibida ko‘p miqdorda kaliy nitrat bo‘lgani uchun u kaliyni saqlovchi siydik haydovchi vositadir.

O‘simlik tibbiyotida tez-tez ishlatiladigan mashhur o‘simliklardan biri tukli erva (shuningdek, Pol-Pala nomi bilan ham tanilgan). Bu ikki yillik o‘simlik ko‘plab kasalliklarga qarshi terapevtik ta'sirga ega. Ushbu o‘simlikni o‘z ichiga olgan damlamalar, qaynatmalar va boshqa preparatlar buyrak kasalliklari, qon kasalliklari, ovqat hazm qilish kasalliklari va yurak muammolarini davolash uchun ishlatiladi. Bundan tashqari, tukli erva ekstraktlari ko‘pincha tabiiy kosmetikada ham qo‘llaniladi.

Bugungi kunda bu o‘simlik rasman dorivor o‘simlik xom ashyosi sifatida ro‘yxatga olingan; uning dorivor xususiyatlari isbotlangan va yaxshi o‘rganilgan. Asosan, o‘simlikning rizomlari(ildiz osti qismi) va yuqori qismlari ishlatiladi, chunki ular organizmga ijobiy ta'sir ko‘rsatadigan va terapevtik xususiyatlarga ega bo‘lgan biologik faol birikmalarning eng yuqori konsentratsiyasini o‘z ichiga oladi.

Biokimyoviy tahlilga ko‘ra, o‘simlikning terapevtik va profilaktik ta'siri quyidagi komponentlarning mavjudligi tufayli erishiladi: Ko‘pgina mamlakatlarda bu o‘simlik an'anaviy tibbiyotda qo‘shimcha davolash va fitoterapevtik vosita sifatida faol qo‘llaniladi. U davolash standartlari va protokollariga kiritilgan turli xil terapevtik va profilaktik aralashmalar tarkibiga kiritilgan. U o‘ndan ortiq dorivor xususiyatlarga ega ekanligi aniqlangan, ulardan har qanday yoshdagi bemorlarda nisbatan xavfsiz va samarali foydalanish mumkin. Ushbu o‘simlik xom ashyosining bir nechta asosiy ta'sirini ta'kidlash mumkin.

Tukli ervayning foydasini maksimal darajada oshirish uchun quyidagilarni bilish muhimdir:

•U immunitet tizimini yaxshilaydi va mustahkamlaydi, surunkali holatga aylanish xavfi tug‘diradigan uzoq davom etadigan infeksiyalar va yallig‘lanish kasalliklaridan tezroq qutulishni kuchaytiradi.

•U podagra paytida ortiqcha hosil bo‘ladigan siydik kislotasi tuzlarini eritadi va ularni siydikda yo‘q qiladi.

•U diuretik ta'sirga ega, bu metabolik chiqindilar va toksinlarni yo‘q qilishni tezlashtirishga yordam beradi va siydik yo‘llari faoliyatini tiklaydi.

•U asab tizimiga foydali ta'sir ko‘rsatadi, orqa miya va miya to‘qimalari uchun himoya funktsiyasiga ega va neyronlar faoliyatini normallashtiradi. U uyquni normallashtiradi, hissiy ohangni oshiradi, aqliy funktsiyani tiklaydi va stress va taranglikni engillashtiradi.

ISSN 3030-3907

•Kayfiyat va jismoniy faollikni yaxshilaydigan garmonlar sintezini rag‘batlantiradi, depressiya, asteniya va charchoqda yordam beradi. Erva adaptogen sifatida ishlatiladi.

•Tukli erva garmonal muvozanatni buzish va reproduktiv kasalliklar uchun garmonal darajani muvozanatlash uchun buyuriladi.

O‘simlik saraton kasalligini davolashda yordam beradigan o‘ziga xos o‘smalarga qarshi ta'sirga ega. O‘simlik xom ashyosining tarkibiy qismlari hujayralar bo‘linishini inhibe(to‘rmoz) qiladi, shikastlangan to‘qima funktsiyasini tiklaydi va kimyoterapiya paytida metabolitlarni olib tashlashni tezlashtiradi. Preparat nurlanishdan himoya qilishga, og‘ir metall tuzlarini olib tashlashga va kanserogen moddalarning organizmga ta'sirini inhibe qilishga yordam beradi.

O‘simlik tarkibiy qismlari qon ivishini normallashtirishga, tromb hosil bo‘lishining oldini olishga va qon tomir tonusini yaxshilashga yordam beradi.

Erva limfa tizimining faoliyatini yaxshilashga, limfani toksinlardan tozalashga va limfa tugunlarining to‘qimalarni chiqindi mahsulotlardan tozalash qobiliyatini normallashtirishga yordam beradi. U suv-tuz balansini tiklashga, kaliy bilan ta'minlashga va yurak mushaklarini tonlashga(qisqarish) yordam beradi.

Bu o‘simlik shuningdek, ayrim kasalliklarni davolash va qaytalanishlarning oldini olish uchun profilaktika va umumiy mustahkamlovchi o‘simlik choylarida ham qo‘llaniladi.Turli o‘simlik preparatlari tarkibidagi tukli erva yurak-qon tomir kasalliklarini davolash va jigar faoliyatini yaxshilash uchun, ayniqsa spirtli ichimliklarni iste'mol qilish, tez-tez stress yoki noto‘g‘ri ovqatlanish holatlarida qo‘llaniladi.

Tukli erva siydik tizimini, xususan, sistit, uretrit va buyrak yallig‘lanishini davolash uchun faol qo‘llaniladi. Podagra alevlenmeleri orasida yordamchi vosita sifatida erva damlamalari siydik kislotasi tuzlarini yo‘q qilishga yordam beradi.

Erva siydik haydovchi ta'sirga ega va natriy-kaliyli siydik haydovchi vosita bo‘lib, uni boshqa dorilar bilan birgalikda qo‘llashda e'tiborga olish kerak. U shish bilan birga keladigan yuqumli va yallig‘lanishli buyrak kasalliklarida qo‘llaniladi.

Tukli ervaning shifobaxsh xususiyatlari qadimgi yunonlar va rimliklarga allaqachon ma'lum bo‘lgan, ular o‘simlikni yallig‘lanishga qarshi, yaralarni davolovchi va siydik haydovchi vosita sifatida ishlatishgan.

O‘rta asrlarda ham o‘simlik unutilmagan: Tukli erva o‘tining damlamalari buyrak, jigar va oshqozon-ichak kasalliklari uchun ishlatilgan.

Bu o‘simlik bilan tayyorlangan damlamalar asab tizimini normallashtirishga yordam beradi. Ular tinchlantiruvchi ta'sirga ega va depressiya va stress, befarqlik va hissiy o‘zgarishlarga qarshi kurashadi.

ISSN 3030-3907

Tayyorlash: Suv hammomida (15 daqiqa) yoki termosda (1 soat) damlang. Damlash faol moddalarni to‘liq chiqarib tashlamaydi.

Bir stakan qaynoq suvga 2 choy qoshiq quritilgan o‘tni damlang. 15 daqiqa damlang, suzib oling va ikki dozaga bo‘ling. Ertalab va kechqurun yarim stakandan iching.

Aralashmaning 4 osh qoshiqini 1 litr qaynoq suvga damlang, yoping, 15 daqiqa damlang va suzib oling. Kuniga ikki marta 1/2 stakan iching. Damlamani muzlatgichda qopqog‘i mahkam yopiq holda saqlang.

Damlamalar: 1 osh qoshiq quritilgan o‘tni 400 ml suvga soling va past olovda (suv hammomida) 30 daqiqa davomida qaynatib oling. Kuniga ikki marta 30-50 ml dan iching.

Soch konditsioneri(balsam): 30 g quritilgan o‘tni bir litr suvda damlang va past olovda 30 daqiqa davomida qaynatib oling. Shampundan keyin sochlaringizni iliq damlama bilan yuving, so‘ngra sochlaringizni 30 daqiqa davomida iliq matoga o‘rang.

Bundan tashqari, erva o‘simligining urug‘lari va barglarida eng ko‘p miqdordagi birikmalar mavjud bo‘lib, ular tarkibida flavonoidlar, magniy, kaliy va taninlar ustunlik qiladi. Aynan erva o‘simligining kaliy miqdori yuqori bo‘lgani uchun uni kaliyni saqlovchi diuretik deb tasniflash mumkin. Bu buyrak choyidan ham samaraliroq, chunki Orthosiphon stamineus ham ma'lum - muqobil tibbiyotda buyrak kasalliklari uchun tavsiya etilgan yana bir o‘simlik.

Ozuqaviy moddalarga boy tarkibi tuklili erva o‘tining shifobaxsh xususiyatlarini tushuntiradi. U organizmdagi tuz almashinuvini tartibga soladi va siydik yo‘llarida yallig‘lanishning oldini oladi. Immun tizimini kuchaytiradi; podagra, poliartrit va pielonefrit uchun foydalidir; tsistit va siydik-tosh kasalligiga yordam beradi; prostatit alomatlarini yengillashtirishga yordam beradi; buyrak toshlarining erishini va ularni organizmdan chiqarib tashlashni rag‘batlantiradi; hayz ko‘rish tsiklini normallashtirishga yordam beradi; migren uchun foydalidir; qon shakarini pasaytirishga yordam beradi; oshqozon yaralarining bitishini rag‘batlantiradi; qon ivishini kamaytirish orqali qon quyqalarining oldini oladi; organizmdan toksinlar va zararli moddalarni olib tashlashga yordam beradi; shishning oldini oladi; qon mikrotsirkulyatsiyasini yaxshilaydi; va og‘riq qoldiruvchi ta'sirga ega.

Shri-Lanka va Hindiston xalq tabobatida erva antigelmintic sifatida ham keng qo‘llaniladi, ildizlari esa bosh og‘rig‘i va buyrak yallig‘lanishini yengillashtirish uchun ishlatiladi. Filippinda erva gemorroy uchun ishlatiladi. Hindixitoyda esa o‘simlik ich yumshatuvchi vosita sifatida mashhur.

Erva vositalarini qanday tayyorlash mumkin: foydalanish bo‘yicha ko‘rsatmalar:

ISSN 3030-3907

Siydik yo‘llarining yallig‘lanish kasalliklarini, prostatitni, pielonefritni davolash va migren alomatlarini yengillashtirish uchun bir osh qoshiq erva o‘tini bir stakan qaynoq suvga quying, so‘ngra suv hammomida yarim soat davomida qaynatib oling yoki termosda bir soat damlang. Sovuting, suzib oling va ovqatdan yarim soat oldin yarim stakan iching, tish emaliga zarar yetkazmaslik uchun somon yordamida. Esingizda bo‘lsin, erva damlamasi erituvchi xususiyatlarga ega va tishlar uchun ham samarali. Gastrit uchun gullash davrida to‘plangan yangi erva sharbati foydalidir. Uni asal bilan 1:1 nisbatda aralashtiring. Kuniga uch marta, ovqatdan yarim soat oldin bir choy qoshiqdan iching.

Podagra uchun tukli erva o‘simligining urug‘ini ichish foydalidir. Ularni tayyorlash uchun bir stakan qaynoq suvga bir choy qoshiq maydalangan urug‘larni qo‘shing va 20 daqiqa davomida qaynatib oling. Olingan damlamani kuniga uch marta, ovqatdan yarim soat oldin yarim stakandan iching.

Damlamadan keyin qolgan erva o‘ti tashqi furunkullar, yiringli husnbuzarlar va husnbuzarlarning o‘zi uchun kompress sifatida ishlatilishi mumkin. Uni sovuting, dokaga soling va yarim soat davomida zararlangan joyga(compress) qo‘ying. Ushbu kompressni kuniga ikki-uch marta ishlatish mumkin.

Organizmdan toksinlarni olib tashlash(haydash) uchun siz erva o‘tining damlamasi bilan klizma qilishingiz mumkin. Uni tayyorlash uchun bir stakan damlamani ikki litr iliq suvga quying. Haftada uch marta, ertalab va kechqurun klizma qilish tavsiya etiladi. Bir haftalik kursdan so‘ng, yetti kunlik tanaffus qiling, keyin yana ikki hafta davom eting, tanaffus qilishni unutmang.

O‘simlikdan foydalanishdan oldin shifokor bilan maslahatlashing. Tukli erva, gipokalsemiya kabi organizmdan kaltsiyning ko‘payishi bilan bog‘liq kasalliklarga chalinganlar tomonidan ishlatilmasligi kerak.U 18 yoshgacha bo‘lgan bolalar, homiladorlik va laktatsiya davrida, shuningdek, osteoporoz bilan og‘riganlar uchun kontrendikedir (va umuman olganda, keksa yoshdagilarda, ayniqsa yurak-qon tomir patologiyalari bo‘lganlarda ehtiyotkorlik bilan qo‘llanilishi kerak).

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pavlenko, K. S. *Erva lanata dorivor o‘simlik materialining farmakognostik va kimyoviy-farmakologik tadqiqotlari* / K. S. Pavlenko
2. A. A. Osipova // XXI asr talabalar fani va tibbiyoti: *An'analar, innovatsiyalar va ustuvorliklar:* Samara davlat tibbiyot universitetining IV Butunrossiya (78-final) talabalar ilmiy konferensiyasi materiallari to‘plami, 2010. - 250-251-betlar.
3. Xujakulova, D. Ch. Pol-pala: Adabiyotlar sharhi / D. Ch. Xujakulova, I. D. Karomatova // Biologiya va integrativ tibbiyot. - 2017. - 5-son. - 183-192-betlar.

ISSN 3030-3907

4. Muallif: Anna Nekratova, biologiya fanlari doktori (biologiya), dotsent, ilmiy xodim, dorivor o‘simliklar laboratoriyasi, Sibir botanika bog‘i, Tomsk davlat universiteti. Dorivor o‘simliklar sohasidagi mutaxassis
5. YANVAR 2026/1 Development of science Volume 3 85 ISSN 3030-3907 NA’MATAK — KIMYOVIY TARKIBI.FOYDA VA ZARARLARI, QO‘LLASH USULLARI, QARSHI KO‘RSATMALAR Dastamov Sa’dulla Fayzullaevich Samarqand davlat tibbiyot universiteti

XO‘L USULDA CHANGLI VA KARBONAT ANGIDRID GAZINI TOZALASH USULLARI TAHLILI

Askarov Xasanjon
Andijon davlat texnika instituti dotsenti
Jumaqulova Zulayho
Andijon davlat texnika instituti assistenti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada changli gaz va karbonat angidrid gazini tozalash bilan, atrof mihitni muhofazalashda qilinishi kerak bo‘lgan yoki bajarilgan ko‘rsatkichlarni tahlil qilinganligi to‘g‘risida yozilgan.

Kalit so‘zlar: Xo‘l, chang, karbonat angidrid gaz, maxalliy chiqindilar, atrof muhit, Qoradaryo, ekologiya, atmasfera, biosfera.

Аннотация. В данной статье представлен анализ показателей, которые должны быть или уже достигнуты в области охраны окружающей среды путем очистки от пыли, газов и углекислого газа.

Ключевые слова: Пыль, пыль, углекислый газ, местные отходы, окружающая среда, Карадарья, экология, атмосфера, биосфера.

Abstract. This article describes the analysis of indicators that should be or have been achieved in environmental protection by cleaning dusty gas and carbon dioxide.

Keywords: Dust, dust, carbon dioxide, local waste, environment, Karadarya, ecology, atmosphere, biosphere.

Kirish.

Atmosfera havosining ifloslanishi sanoat rivojlanishi bilan bog‘liq dolzarb ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, energetika, metallurgiya, sement, kimyo va neft-gaz sanoatida ishlab chiqarish jarayonlarida ko‘p miqdorda chang va zararli gazlar ajralib chiqadi. Karbonat angidrid (CO_2) global iqlim o‘zgarishiga sabab bo‘luvchi asosiy issiqxona gazlaridan biri sifatida alohida ahamiyatga ega.

Gazlarni tozalashning mexanik, fizik-kimyoviy va biologik usullari mavjud bo‘lib, ular orasida xo‘l usulda tozalash yuqori samaradorligi bilan ajralib turadi. Ushbu usul chang zarralarini va ayrim gaz komponentlarini suyuqlik yordamida ajratib olishga asoslanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Xo‘l usulda chang va CO_2 gazini tozalash: qisqa sharh Xo‘l (nam) gaz tozalash usullari bir vaqtning o‘zida chang/zarralar va ayrim gaz ifloslantiruvchilarni yutish uchun keng qo‘llanadi. Changni tutish samaradorligi odatda yuqori, ammo karbonat angidrid (CO_2) ni xo‘l usul bilanmushlash ko‘pincha maxsus absorbent eritmalarni talab qiladi. Xo‘l chang tutgich turlari va changni ajratish Oddiy nam chang tutgichlar: nasadkali (packed) skrubberlar, puskurtme (spray) minoralar, Venturi skrubberlar, siklon-suv

ISSN 3030-3907

apparatlari, ko‘pik va kondensatsion tizimlar changni tomchilarga urilishi, inertsiya, tortishish va kondensatsiya orqali tutadi (Mukherjee et al., 2024; Tojimatovich & Ulugbekovich, 2021; Liubarets & Mykytenko, 2025; Rey et al., 2024; Patel, 2020; Ramaswamy et al., 2021; Horianoi et al., 2025). Venturi va demister tizimlari: Venturi + siklon-tip skrubberli modellarda tomchi diametri, reaktiv oqimi va yashash vaqti PM va SO_2 uchun yuqori tozalash darajasini ta’minlashi ko‘rsatilgan (Ramaswamy et al., 2021; Horianoi et al., 2025). Demister + suv-yuvish qatlami 70–78% changni olib tashlashi va <10 mg/Nmi chiqish standartiga erishishi mumkin (Xiang et al., 2022).Elektroskrubberlar: elektrostatik va xo‘l skrubberni birlashtirib, ayniqsa PM2.5 va submikron zarrachalarni yuqori samaradorlik bilan chiqaradi (Jaworek et al., 2006). Changni kamaytirish bo‘yicha asosiy omillar Omil Ta’siri (qisqacha) Manbalar Tomchi o‘lchami Kichik tomchi – mayda chang uchun yaxshi (Mukherjee et al., 2024; Rey et al., 2024; Patel, 2020; Horianoi et al., 2025) Suyuqlik/gaz nisbat (L/G) L/G oshishi bilan chang va CPM kamayadi (Chen et al., 2023; Xiang et al., 2022; Feng et al., 2019) Harorat va kondensatsiya Sovuq kondensatsion skrubbing mayda changni kuchli ushlaydi (Chen et al., 2023; Feng t al., 2019) CO_2 ni xo‘l usulda ushlash Chang va CO_2 ni birgalikda kamaytirish strategiyalari Xo‘l skrubberlarni takomillashtirish va muammolar. Klassik xo‘l skrubberlar CO_2 ni deyarli yutmaydi; CO_2 fizik erishi juda past. Biomassa tutuni Venturi skrubberida CO_2 ushlanishi juda past bo‘lgan, ammo NaOH eritmasi ishlatilganda samaradorlik atigi 10–17% gacha oshgan (Costa et al., 2025).Maxsus absorbentlar bilan: KOH/karbonat tizimi + bipolar membrana elektrodializi yordamida bevosita havodan CO_2 ushlash (DAC) sxemasi ishlab chiqilgan; KOH ning CO_2 ga nisbati va eritma tarkibi energiya va iqtisodiy samaradorlikka katta ta’sir qiladi (Sabatino et al., 2020). Nasadkali skrubberda yangi uchburchak nasadka kokso‘v gazidan CO_2 ni 15–25% ga ko‘proq olib tashlagan, Raschig xalqalari va yog‘och nasadkalarga qaraganda samaraliroq bo‘lgan (Burda et al., 2020). WFGD tizimlari (nam desulfurizatsiya): SO_2 bilan birga chang ham sinergetik tarzda yo‘qoladi, tovoqli (sievetray) skrubberlar. Changni spray skrubberga qaraganda 1.1–10.6% ko‘proq ushlaydi (Wu et al., 2019). Venturi skrubber + kimyoviy absorbent: NH_3 eritmasi bilan Venturi-siklonsimon skrubberda chang va SO_2 ni birgalikda yo‘qotish bo‘yicha matematik model yuqori samaradorlik chegaralarini baholaydi (Horianoi et al., 2025). Venturi + NaOH biomassa tutunida – PM <1 μm uchun >80% ushlash, lekin CO_2 uchun faqat past kimyoviy yutilish (Costa et al., 2025). Mayda zarrachalar uchun sovuq kondensatsion skrubbing va ichkariga yo‘naltirilgan Stefan oqimi changni sezilarli oshiradi (Feng et al., 2019). Ikki bosqichli skrubbing, yuqori L/G va past purkash harorati kondensatsion PM va CPM ni kuchli kamaytiradi (Chen et al., 2023; Feng et al.,

ISSN 3030-3907

2019). Xo‘l skrubberlar ikkilamchi ifloslangan suyuqlik hosil qiladi; ko‘p-qumli filtrlashli takomillashtirilgan tizim chiqishdagi zarrachalarni deyarli nolga tushirgan (Ramaswamy et al., 2021).

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, xo‘l usulda chang va gazlarni tozalash samaradorligi 85–99% gacha yetishi mumkin. Ayniqsa, mayda dispers chang zarrachalarini ushlashda Venturi skrubberlari yuqori natija beradi. Karbonat angidrid gazini absorbsiya orqali ajratishda esa eritma tarkibi va kontakt vaqti asosiy omil hisoblanadi.

Shuningdek, iqtisodiy samaradorlikni oshirish maqsadida suvni qayta aylantirish tizimlari ham joriy qilinmoqda. Bu esa ekologik xavfsizlik bilan bir qatorda resurslardan oqilona foydalanishga imkon beradi.

TADQIQOT MUHOKAMASI. Karbonat angidrid gazini tozalashda absorbsiya usuli keng qo‘llaniladi. Bu usulda CO_2 maxsus kimyoviy eritmalar bilan yutiladi. Eng ko‘p ishlatiladigan absorbentlar amin eritmalari, ishqoriy eritmalar va karbonatli suyuqliklardir.

Absorbsiya jarayonida karbonat angidrid eritma bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi va natijada gaz oqimidan ajratiladi. Ushbu texnologiya:

- issiqlik elektr stansiyalarida;
- sement zavodlarida;
- gazni qayta ishlash korxonalarida keng qo‘llaniladi.

CO_2 ni xo‘l usulda tozalash iqlim o‘zgarishining oldini olish va sanoat chiqindilarini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. So‘nggi yillarda karbonat angidridni ushlab qolish va saqlash (CCS – Carbon Capture and Storage) texnologiyalari ham rivojlanmoqda.

Changli gazlarni tozalashda ko‘pincha skrubber qurilmalari qo‘llaniladi. Skrubberlar gaz oqimini suv tomchilari bilan intensiv aloqa qildiradi. Natijada chang zarralari suyuqlik tomchilariga yopishib qoladi va tizimdan chiqariladi.

Changni xo‘l usulda ushlab qolishning asosiy turlari:

1. Bo‘sh kamerali skrubberlar – oddiy konstruktsiyaga ega bo‘lib, yirik chang zarralarini ushlab qoladi.

2. Venturi skrubberlari – yuqori tezlikdagi gaz oqimi yordamida mayda changlarni samarali ajratadi.

3. Ko‘pik hosil qiluvchi qurilmalar – gaz bilan suyuqlikning aloqa yuzasini oshirish orqali tozalash samaradorligini kuchaytiradi.

Xo‘l usulda changni ushlash samaradorligi chang zarrachalari hajmi, gaz tezligi, namlik darajasi va ishlatilayotgan suyuqlik turiga bog‘liq.

XULOSA. Xo‘l usul changni, ayniqsa o‘rta va mayda zarrachalarni samarali ushlashda juda foydali, Venturi, nasadkali, elektroskrubber va WFGD kabi variantlari bilan. CO_2 ni esa faqat maxsus ishqoriy absorbentlar (KOH,

ISSN 3030-3907

NaOH, NH_3, karbonat eritmalari) bilan birga ishlatilganda sezilarli darajada ushlash mumkin; oddiy suvli skrubberlar CO_2 uchun sust. Amaliy loyihalarda L/G, tomchi o‘lchami, harorat va absorbent tanlovi chang hamda CO_2 ni xo‘l usulda tozalashda hal qiluvchi ahamiyatga ega..

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Burda, Y., Cherednik, A., Redko, I., & Pivnenko, Y. (2020). Improving the efficiency of cleaning gas emissions from foundry. Ventilation, Illumination and Heat Gas Supply. https://doi.org/10.32347/2409-2606.2020.35.21-25

2. Сугак. Е.В. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами Е.В.Сугак., Н.А.Войнов, Н.А.Николаев – Казань: Риц и «Школа», 1999-224 с.

3. И.Т.Каримов, Р.Ж.Тожиев, Г.И.Мадаминова, А.А. Исомиддинов. FAR2584, Газларни тозалаш қурилмаси. Ўзбекистон республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги “Интелектуал мулк маркази” давлат муассасаси томонидан берилган патент. 12.10. 2024 й.

4. Г.И.Мадаминова, С.Нурматов, И.Т.Каримов. IAP 20250592 Газларни тозалаш қурилмаси. Ўзбекистон республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги “Интелектуал мулк маркази” давлат муассасаси томонидан патент бериш тўғрисидаги ижобий қарори. 04.02. 2026 й.

ISSN 3030-3907

BARBOTAJLI ABSORBSIYA QURILMASIDA GIDRODINAMIK JARAYONLARNI TADQIQ ETISH

Karimov Ikromali Tojimatovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti professor, , t.f.d.
E-mail: i.karimov@ferpi.uz
Kurbonov Javoxirbek Diliyor o‘g‘li
Farg‘ona davlat texnika universiteti magistrant
E-mail: kurbonovjavokhirbek@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada barbotajli absorbsiya qurilmasining gidrodinamik tavsiflari eksperimental usulda tadqiq qilindi. Gaz–suyuqlik tizimida bosim tushishi, gaz tezligi, gidravlik qarshilik va gaz oqimining taqsimlanish xususiyatlari o‘rganildi. Tadqiqot davomida keramzitli sferik nasadka qo‘llanilib, absorberning optimal ish rejimlari aniqlandi. Eksperimental natijalar gaz sarfi oshishi bilan bosim tushishining ortishini ko‘rsatdi. Qurilmaning eng samarali ishlash sohasi 0.4–0.6 m/s gaz tezligida kuzatildi. Ushbu diapazonda gazning bir tekis taqsimlanishi va energiya sarfining maqbul qiymati ta’minlandi. Tadqiqot natijalari barbotajli absorbsiya qurilmalarini sanoat miqyosida takomillashtirish hamda ekologik xavfsizlikni oshirish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: barbotaj, absorbsiya, gidrodinamika, bosim tushishi, gaz tezligi, massa almashinuvi, keramzitli nasadka, gidravlik qarshilik, gaz–suyuqlik tizimi.

Аннотация. В данной статье экспериментально исследованы гидродинамические характеристики устройства для поглощения пузырьков. Изучены перепад давления, скорость газа, гидравлическое сопротивление и характеристики распределения газового потока в газожидкостной системе. В ходе исследования использовалось сферическое сопло из вспененной глины для определения оптимальных режимов работы абсорбера. Экспериментальные результаты показали, что перепад давления увеличивается с увеличением расхода газа. Наиболее эффективный диапазон работы устройства наблюдался при скорости газа 0,4–0,6 м/с. В этом диапазоне обеспечивалось равномерное распределение газа и приемлемое значение энергопотребления. Результаты исследования служат важной научной основой для совершенствования устройств для поглощения пузырьков в промышленном масштабе и повышения экологической безопасности.

Ключевые слова: образование пузырьков, абсорбция, гидродинамика, падение давления, скорость газа, массоперенос, сопло из вспененной глины, гидравлическое сопротивление, газожидкостная система.

Abstract. In this article, the hydrodynamic characteristics of a bubble absorption device were experimentally studied. The pressure drop, gas velocity, hydraulic resistance, and gas flow distribution characteristics in the gas-liquid system were studied. During the study, a spherical expanded clay nozzle was used to determine the optimal operating modes of the absorber. Experimental results showed that the pressure drop increased with increasing gas consumption. The most effective operating range of the device was observed at a gas velocity of 0.4–0.6 m/s. In this range, uniform gas distribution and an acceptable value of energy consumption were ensured. The results of the study serve as an important scientific basis for improving bubble absorption devices on an industrial scale and increasing environmental safety.

Keywords: bubbling, absorption, hydrodynamics, pressure drop, gas velocity, mass transfer, expanded clay nozzle, hydraulic resistance, gas-liquid system.

1. KIRISH.

Sanoatning jadal rivojlanishi atmosfera havosiga zararli va zaharli gazlarning chiqarilishi bilan birga kuzatilmoqda. Kimyo, neft-gaz, energetika va qurilish materiallari sanoati korxonalaridan chiqayotgan gazlar atrof-muhitning ifloslanishiga sabab bo‘lib, inson salomatligi va ekologik muvozanat uchun jiddiy xavf tug‘diradi. Shu sababli sanoat gazlarini samarali tozalash texnologiyalarini yaratish zamonaviy muhandislikning dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Gazlarni tozalashning samarali usullaridan biri absorbsiya jarayonidir. Ushbu jarayonda gaz tarkibidagi zararli komponentlar maxsus suyuqlik yordamida yutiladi. Absorbsiya jarayonining samaradorligi gaz va suyuqlik fazalari orasidagi kontakt yuzasi hamda massa almashinuvi intensivligiga bog‘liqdir. Shu sababli sanoatda turli konstruktiv tuzilishga ega absorber qurilmalari keng qo‘llaniladi.

Barbotajli absorbsiya qurilmalari gazni suyuqlik qatlamidan pufakchalar ko‘rinishida o‘tkazish orqali yuqori massa almashinuvi samaradorligini ta’minlaydi. Gazning mayda pufakchalarga parchalanishi kontakt yuzasining ortishiga olib keladi va absorbsiya jarayonini jadallashtiradi. Bunday qurilmalarning samaradorligi ko‘p jihatdan gidrodinamik jarayonlarga bog‘liq bo‘lib, gaz taqsimoti, pufakchalar o‘lchami, suyuqlik aylanishi va bosim tushishi asosiy parametrlar hisoblanadi.

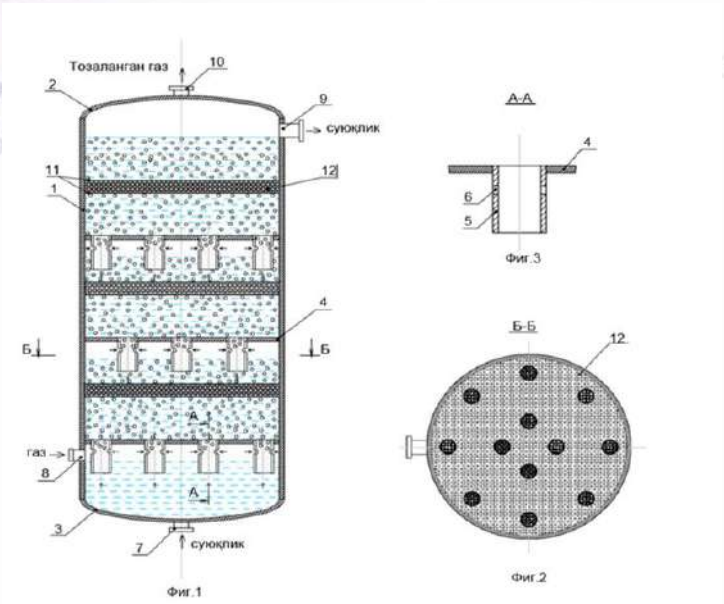
2. TADQIQOT OBYEKTI.

2.1. Qurilma konstruksiyasi

Tadqiqot obyekti sifatida laboratoriya miqyosidagi barbotajli absorbsiya qurilmasi tanlandi.

Tanlab olindi ishlash prinsipi

ISSN 3030-3907



1-rasm. Barbotajli absorbsiya qurilmasining umumiy ko‘rinishi

Qurilma vertikal silindrsimon kolonnadan iborat bo‘lib, ichki hajm bir necha aralashtirish pog‘onalariga bo‘lingan. Pastki qismdan gaz 8-quvur orqali kiradi va 5-barbotaj quvurlaridan suyuqlik qatlamiga pufakchalar ko‘rinishida tarqaladi. Har bir pog‘onada 12-keramik nasadkalar joylashgan bo‘lib, ular gaz–suyuqlik kontakt yuzasini oshiradi. Suyuqlik 7-quvur orqali kirib, 9-quvur orqali chiqadi. Tozalangan gaz 10-quvur orqali chiqariladi.

Keramzitli nasadka gaz–suyuqlik kontakt yuzasini oshirish maqsadida qo‘llanildi. Nasadka o‘lchami 10–15 mm diapazonda tanlandi. Gaz taqsimlagich perforatsiya diametri 3–5 mm bo‘lgan teshiklardan tashkil topdi.

2.2. Barbotajli absorbsiya qurilmasining ishlash prinsipi

Barbotajli absorbsiya qurilmasi gaz tarkibidagi zararli komponentlarni suyuqlik yordamida yutish jarayonini amalga oshiruvchi gaz–suyuqlik kontakt apparati hisoblanadi. Qurilmaning ishlashi gaz va suyuqlik fazalari orasida intensiv massa almashinuvi hosil qilishga asoslangan.

Qurilma vertikal silindrsimon kolonnadan iborat bo‘lib, uning ichki qismi bir necha aralashtirish pog‘onalariga ajratilgan. Kolonna ichida perforatsiyalangan tayanch panjaralar va keramik sharsimon nasadkalar joylashtirilgan. Gaz oqimi qurilmaning pastki qismidan gaz kirish quvuri orqali yuboriladi va barbotaj quvurlari yordamida suyuqlik qatlamiga pufakchalar ko‘rinishida tarqatiladi.

Gazning mayda pufakchalarga parchalanishi gaz–suyuqlik kontakt yuzasini sezilarli darajada oshiradi. Natijada zararli gaz komponentlarining suyuqlikda yutilishi jadallashadi. Suyuqlik absorberning yuqori yoki pastki qismidan kiritilib, qurilma ichida gaz bilan qarama-qarshi yoki aralash oqim hosil qiladi.

ISSN 3030-3907

Keramik sharsimon nasadkalar gaz oqimining bir tekis taqsimlanishini ta’minlaydi va massa almashinuvi yuzasini oshiradi. Shu bilan birga ular oqimning gidrodinamik barqarorligini yaxshilaydi. Perforatsiyalangan panjaralar esa gaz oqimining absorber kesimi bo‘ylab teng taqsimlanishiga xizmat qiladi.

Absorbsiya jarayoni davomida gaz tarkibidagi zararli moddalar suyuqlikka o‘tadi, tozalangan gaz esa qurilmaning yuqori qismidagi chiqish quvuri orqali atmosferaga yoki keyingi texnologik bosqichga chiqariladi. Ishlatilgan suyuqlik esa maxsus chiqarish quvuri orqali qurilmadan olib chiqiladi.

Qurilmaning samaradorligi gaz sarfi, gaz tezligi, bosim tushishi, nasadka turi va gaz taqsimlagich geometriyasiga bog‘liq bo‘lib, optimal gidrodinamik rejimda yuqori absorbsiya samaradorligi va nisbatan kam energiya sarfi ta’minlanadi.

Eksperimental tadqiqotlar gaz sarfi, gaz tezligi, bosim tushishi, gaz yostiqchasi balandligi va gidravlik qarshilik parametrlari bilan o‘lchandi:

Gaz sarfi 20–60 m^3/soat oralig‘ida o‘zgartirildi. Har bir tajriba uch marotaba takrorlandi va o‘rtacha qiymatlar hisoblandi. Bosim tushishi differensial bosim datchigi yordamida aniqlandi. O‘lchov aniqligi bosim datchigi uchun ±1.5 %, sarf o‘lchagich uchun ±2 % ni tashkil etdi.

Barbotajli absorbsiya qurilmalarida gaz oqimining harakati gidrodinamik qarshilik hosil qiladi. Gazning suyuqlik va nasadka orqali o‘tishi natijasida energiya yo‘qotishlari yuz beradi. Bosim tushishini aniqlashda gidravlik qarshiliklar nazariyasiga asoslangan Bernulli tenglamasidan foydalanildi:

$$\Delta P = \xi \cdot (\rho g \cdot w g^2)/2 \qquad (1)$$

Bu yerda ΔP — bosim tushishi, ξ — gidrodinamik qarshilik koeffitsienti, ρg — gaz zichligi, wg — gaz tezligi.

Gaz oqimining gidrodinamik rejimini tavsiflash uchun Reynolds kriteriyasidan foydalaniladi:

$$Re=\rho w d/\mu \qquad (2)$$

bu yerda:

- ρ — gaz zichligi;
- w — gaz tezligi;
- d — xarakterli diametr;
- μ — dinamik qovushqoqlik.

Gidravlik qarshilikni baholash uchun Euler kriteriyasi qo‘llaniladi:

$$Eu= \Delta P/\rho w2 \qquad (3)$$

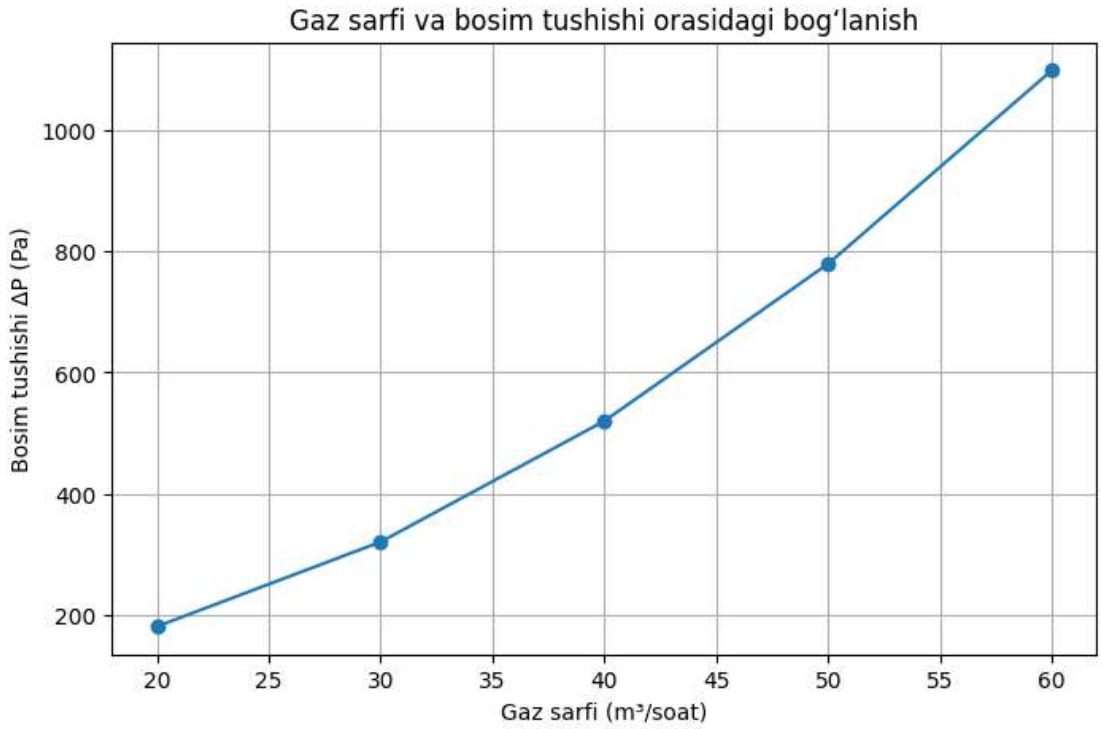
Ushbu kriteriyalar yordamida absorberdagi gidrodinamik holat va energiya sarfi baholandi.

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA.

ISSN 3030-3907

Eksperimental tadqiqotlar davomida gaz sarfi ortishi bilan bosim tushishining muntazam ravishda oshishi kuzatildi. Olingan natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

Gaz sarfi (m³/soat)	Gaz tezligi (m/s)	ΔP (Pa)
20	0.32	180
30	0.48	320
40	0.64	520
50	0.80	780
60	0.96	1100



Natijalardan ko‘rinadiki, gaz tezligi oshishi bilan bosim tushishi keskin ortadi. Ayniqsa 0.8 m/s dan yuqori tezliklarda gidravlik qarshilikning sezilarli oshishi kuzatildi. Bu holat gaz oqimining turbulent rejimga o‘tishi va nasadka qatlamida energiya yo‘qotishlarining ortishi bilan izohlanadi. 0.4–0.6 m/s oralig‘idagi gaz tezliklarida qurilmaning eng barqaror gidrodinamik rejimi kuzatildi. Ushbu holatda gazning kolonna kesimi bo‘yicha bir tekis taqsimlanishi ta’minlandi va pufakchalar barqaror harakatlandi. Energiya sarfi ham nisbatan past bo‘lib, absorbsiya jarayonining samaradorligi yuqori bo‘ldi.

Gaz sarfining ortishi gaz yostiqchasi balandligining ham oshishiga olib keldi. Yuqori tezliklarda ayrim lokal zonalarda gaz oqimining notekis taqsimlanishi kuzatildi. Bu holat absorber samaradorligining pasayishiga sabab bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Keramzitli nasadkaning qo‘llanilishi gaz–suyuqlik kontakt yuzasini sezilarli oshirdi. Natijada gaz oqimi mayda pufakchalarga ajraldi va massa almashinuvi intensivligi ortdi. Keramzitning g‘ovak strukturasiga ega ekanligi gidrodinamik barqarorlikni yaxshiladi.

Tadqiqot natijalari packed bed absorberlarda olingan natijalar bilan mos keladi. Biroq barbotajli qurilmalarda gazning suyuqlik orqali pufakchalar ko‘rinishida o‘tishi sababli massa almashinuvi jarayoni yanada intensiv kechishi kuzatildi.

4. XULOSA. O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar barbotajli absorbsiya qurilmasining gidrodinamik xususiyatlarini baholash imkonini berdi. Tadqiqot natijalari gaz sarfi oshishi bilan bosim tushishining muntazam ravishda ortishini ko‘rsatdi. Qurilmaning eng samarali gidrodinamik ish rejimi 0.4–0.6 m/s gaz tezligi oralig‘ida kuzatildi. Ushbu diapazonda gaz oqimining bir tekis taqsimlanishi va energiya sarfining maqbul qiymati ta’minlandi. Gaz tezligi 0.8 m/s dan oshganda esa gidravlik qarshilikning keskin ortishi hamda energiya yo‘qotishlarining ko‘payishi aniqlandi.

Keramzitli sferik nasadkaning qo‘llanilishi gaz–suyuqlik kontakt yuzasini sezilarli oshirib, massa almashinuvi jarayonining intensivligini kuchaytirdi. Bundan tashqari, gaz taqsimlagichning 3–5 mm diapazondagi perforatsiya diametri absorber ichida gaz oqimining barqaror va bir tekis taqsimlanishini ta’minlashi aniqlandi. Olingan natijalar barbotajli absorbsiya qurilmalarini sanoat miqyosida loyihalash, gidrodinamik parametrlarini optimallashtirish hamda ekologik samaradorligini oshirish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Sovilj M.N., Nikolovski B.G., Spasojević M. Packed Bed Absorption Column: Hydrodynamics and Mass Transfer. APTEFF, 2019.
2. Coulson J.M., Richardson J.F. Chemical Engineering Design. Elsevier Butterworth-Heinemann, London, 2005.
3. Billet R., Schultes M. Modelling of Pressure Drop in Packed Columns. Chemical Engineering Technology, 1991.
4. Zakeri A., Einbu A., Wiig P.O. Experimental Investigation of Pressure Drop and Mass Transfer Parameters in Absorber Columns. Energy Procedia, 2011.
5. Ali S., Akhtar J. Hydrodynamics of Packed Bed Column and CO2 Absorption Efficiency. Mass Spectrometry and Purification Techniques, 2017.
6. Muallifning “Barbotajli absorbsiya qurilmasida zaharli gazlarni tozalash jarayonining gidrodinamikasi” mavzusidagi dissertatsiya materiallari.

ISSN 3030-3907

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОНОМЕРА ПЕКТИНОВОГО ПОЛИСАХАРИДА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ PASS ONLINE

Сиддикова С.К.
Ташкентский Национальныйуниверситет Узбекистана, кафедра Природных соединений и прикладной химии, PhD.
E-mail:sevinch.siddikova@inbox.ru
Tel: 998909085152
Юлдашева Ф.С.
Ташкентский Национальный университет Узбекистана, Природные соединения и прикладная химия, студенты 4-курса
Гуломкадирова Ш.
Ташкентский Национальный университет Узбекистана, Природные соединения и прикладная химия, студенты 4-курса
Султонова Д.
Ташкентский Национальный университет Узбекистана, Природные соединения и прикладная химия, студенты 4-курса
Шукурова Ш.М.
Ташкентский Национальный университет Узбекистана, Природные соединения и прикладная химия, студенты 4-курса

Аннотация. Проведён теоретический анализ биологической активности и токсичности мономера пектинового полисахарида с использованием системы PASS Online. Установлено, что исследуемое соединение с высокой вероятностью является субстратом цитохрома P450 (Pa=0.805), что указывает на его активное участие в процессах биотрансформации. Выявлены потенциальные антибактериальные свойства, связанные с ингибированием ферментов углеводного обмена. Также обнаружена прогнозируемая противоопухолевая активность (Pa=0.537), вероятно обусловленная взаимодействием с галектином-3. Анализ токсичности показал низкий риск нейротоксических и респираторных эффектов. Полученные результаты подтверждают перспективность мономеров пектина как потенциальных фармакологически активных соединений.

Ключевые слова: пектиновые полисахариды, мономер пектина, PASS Online, биологическая активность, токсичность, цитохром P450.

Abstract. A theoretical analysis of the biological activity and toxicity of a pectin polysaccharide monomer was performed using the PASS Online system. The compound demonstrated a high probability of being a cytochrome P450 substrate (Pa=0.805), indicating active involvement in metabolic processes. Potential antibacterial properties associated with inhibition of carbohydrate metabolism

ISSN 3030-3907

enzymes were identified. Predicted antineoplastic activity (Pa=0.537) was also detected, possibly related to interaction with galectin-3. Toxicity analysis revealed low risks of neurotoxic and respiratory effects. The obtained results confirm the potential of pectin monomers as promising pharmacologically active compounds.
Keywords: pectic polysaccharides, pectin monomer, PASS Online, biological activity, toxicity, cytochrome P450.
Annotatsiya. PASS Online tizimi yordamida pektin polisaxaridi monomerining biologik faolligi va toksikligi nazariy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida moddaning sitoxrom P450 substrati bo‘lish ehtimoli yuqori ekanligi aniqlandi (Pa=0.805), bu uning metabolik jarayonlarda faol ishtirok etishini ko‘rsatadi. Uglevod almashinuvi fermentlarini ingibirlash bilan bog‘liq potensial antibakterial xususiyatlar ham kuzatildi. Shuningdek, galektin-3 bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin bo‘lgan o‘smaga qarshi faollik (Pa=0.537) aniqlandi. Toksiklik tahlili neyrotoksik va respirator nojo‘ya ta’sirlar xavfi pastligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar pektin monomerlarining istiqbolli farmakologik birikmalar ekanligini tasdiqlaydi.
Kalit so‘zlar: pektin polisaxaridlari, pektin monomeri, PASS Online, biologik faollik, toksiklik, sitoxrom P450.

ВВЕДЕНИЕ.

Пектиновые полисахариды широко распространены в растительном мире и проявляют разнообразные биологические свойства, включая антиоксидантную, иммуномодулирующую и противоопухолевую активность. Однако фармакологический потенциал их структурных единиц — мономеров, особенно в модифицированной (этерифицированной) форме, изучен недостаточно. В последние годы возрастает интерес к использованию методов компьютерного моделирования и виртуального скрининга для предварительной оценки биологической активности соединений. Применение системы PASS Online позволяет эффективно прогнозировать спектр фармакологической активности и токсичности, что существенно ускоряет процесс поиска новых биологически активных веществ. В этой связи исследование мономеров пектина с использованием in silico подходов является актуальным направлением современной медицинской химии и фармакологии.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. Пектиновые полисахариды являются природными биополимерами, широко распространёнными в клеточных стенках растений и обладающими разнообразной биологической активностью. Согласно современным исследованиям, пектины проявляют антиоксидантные, иммуномодулирующие, противовоспалительные и противоопухолевые свойства. Особый интерес представляет изучение их

ISSN 3030-3907

структурных компонентов — мономерных звеньев, поскольку именно они могут определять фармакологические эффекты соединений. В последние годы активно развиваются методы компьютерного прогнозирования биологической активности, позволяющие проводить первичный виртуальный скрининг веществ. Одной из наиболее используемых систем является PASS Online, основанная на анализе взаимосвязи химической структуры и предполагаемой активности вещества. Применение in silico методов существенно сокращает время и затраты на поиск перспективных фармакологически активных соединений. Исследования показывают, что соединения, содержащие карбоксильные и эфирные группы, способны взаимодействовать с ферментами системы цитохрома P450 и белками, участвующими в канцерогенезе. Однако фармакологический потенциал мономеров пектина остаётся недостаточно изученным, что определяет актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

Цель исследования: Провести теоретический анализ спектра биологической активности и токсичности мономерного звена пектинового полисахарида с использованием системы PASS Online и выявить перспективные направления его фармакологического применения.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Исследование проводилось с использованием методов компьютерного прогнозирования биологической активности и токсичности (in silico analysis) на основе структурной формулы мономера пектинового полисахарида. В качестве объекта исследования был выбран мономер пектина, содержащий пиранозное кольцо, карбоксильные группы и метоксилированный сложноэфирный фрагмент (-$COOCH_3$), характерный для этерифицированных пектинов.

На первом этапе была построена и подготовлена структурная формула исследуемого соединения для последующего виртуального анализа. Прогнозирование спектра биологической активности осуществлялось с использованием системы PASS Online (Prediction of Activity Spectra for Substances), основанной на анализе взаимосвязи химической структуры вещества и вероятных фармакологических эффектов.

В ходе исследования в программу PASS Online вводилась структурная формула мономера, после чего автоматически рассчитывались вероятности наличия различных видов биологической активности. Оценка результатов проводилась по показателям:

- Pa (Probability “to be active”) — вероятность наличия активности;
- Pi (Probability “to be inactive”) — вероятность отсутствия активности.

ISSN 3030-3907

При интерпретации результатов учитывались общепринятые критерии системы PASS:

- Pa > 0.7 — высокая вероятность подтверждения активности в эксперименте;
- Pa = 0.5–0.7 — умеренная вероятность активности;
- Pa < 0.5 — низкая вероятность проявления активности.

Особое внимание уделялось видам активности, связанным с:

- противоопухолевым действием;
- взаимодействием с ферментами системы цитохрома P450;
- антибактериальными свойствами;
- влиянием на ферменты углеводного обмена.

Дополнительно был проведён анализ потенциальной токсичности исследуемого соединения. Оценивались вероятности развития нейротоксических, респираторных и ульцерогенных эффектов. Интерпретация токсикологических параметров также основывалась на значениях Pa.

Полученные данные подвергались сравнительному анализу с литературными сведениями о биологической активности пектиновых соединений и их производных. На основании совокупности результатов оценивалась перспективность исследуемого мономера в качестве потенциального фармакологически активного вещества для дальнейших экспериментальных исследований.

Объектом исследования являлся мономер, выделенный из структуры пектинового полисахарида, структурная формула которого включает пиранозные циклы, карбоксильные группы и сложноэфирный фрагмент (-$COOCH_3$). Прогнозирование биологической активности осуществлялось с помощью веб-сервера PASSOnline. Оценка производилась по параметру Pa (Probability "tobeactive"), где значения Pa> 0.5 указывают на вероятность обнаружения активности в эксперименте.

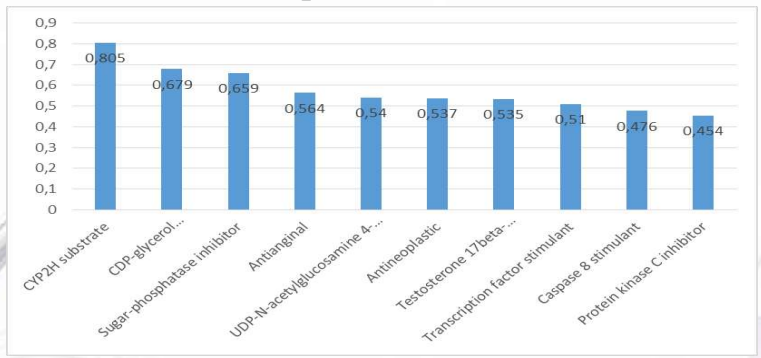


Рис.1. Результаты анализа активности мономера пектина

1. Анализ фармакологического потенциала

ISSN 3030-3907

В результате обработки мономера пектина в системе PASSonline был получен спектр потенциальных активностей. Наибольшие значения Pa зафиксированы для следующих категорий:

- **CYP2Hsubstrate (Pa = 0.805).** Наиболее высокий показатель. Высокая вероятность того, что мономер является субстратом для ферментов семейства цитохрома P450 (CYP2H). Это указывает на активное вовлечение соединения в метаболические процессы в печени. Наличие метильной группы (-CH_3) в структуре ($COOCH_3$) повышает липофильность молекулы, что способствует такому типу взаимодействия с мембраносвязанными ферментами.
- **CDP-glycerol (Pa = 0.679) и Sugar-phosphate inhibitor (Pa = 0.659).** Эти показатели свидетельствуют о способности мономера взаимодействовать с ферментами углеводного обмена и влиять на биосинтез клеточных стенок бактерий, что придает соединению потенциальные антибактериальные свойства.
- **Antineoplastic (противоопухолевая активность) (Pa = 0.537).** Обнаружение данного вида активности представляет особый интерес. Пектиновые фрагменты (содержащие группу -$COOCH_3$), согласно современным данным, способны связывать белок галектин-3, который экспрессируется на поверхности раковых клеток и способствует метастазированию. Выявленный показатель Pa=0,537 является весомым аргументом для дальнейшего изучения данного мономера как потенциального противоопухолевого агента.

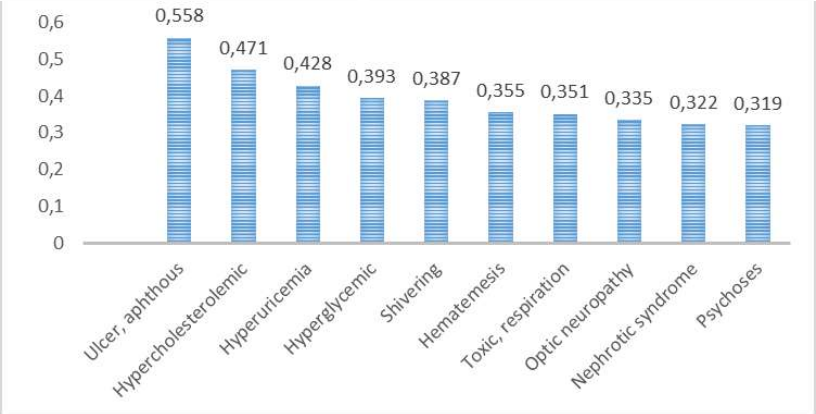


Рис.2. Результаты анализа токсичности мономера пектина

- **2. Анализ токсичности**. Анализ предсказанных токсических эффектов показал, что исследуемое соединение имеет низкуютоксичность:
- Показатели нейротоксичности (Opticneuropathy, Psychoses) находятся в диапазоне **0.319–0.335**, что значительно ниже порогового значения (Pa< 0.4) и позволяет считать соединение безопасным для нервной системы.

ISSN 3030-3907

• Отсутсвует респираторная токсичность (Toxic, respirationPa = 0.351).

• Относительно более высокий показатель для категории "Ulcer, aphtous" (афтозные язвы, стоматит, Pa = 0.558) может быть связан с локальным раздражающим действием эфирных групп ($COOCH_3$) при прямом контакте со слизистыми оболочками, что требует учета при разработке лекарственных форм.

ВЫВОДЫ. Установлено, что исследуемый мономер с высокой вероятностью (Pa=0.805) является субстратом цитохрома P450, что говорит о его активной биотрансформации в организме. Также, обнаружена потенциальная противоопухолевая активность (Pa=0.537), что коррелирует с наличием в структуре фрагмента ($COOCH_3$) и позволяет предположить механизм действия, связанный с ингибированием галектина-3.Соединение характеризуется низкой вероятностью нейротоксических и респираторных побочных эффектов. Умеренный риск локального ульцерогенного действия (Pa=0.558) должен быть принят во внимание при дальнейших исследованиях.

Полученные теоретические данные обосновывают перспективность мономеров пектина в качестве основы для разработки новых фармакологических агентов, в частности, обладающих противоопухолевой активностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Filimonov D.A., Lagunin A.A., Gloriozova T.A. et al. Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the PASS online web resource // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. — 2014. — Vol. 50, № 3. — P. 444–457.

2. Lagunin A., Stepanchikova A., Filimonov D., Poroikov V. PASS: prediction of activity spectra for biologically active substances // *Bioinformatics*. — 2000. — Vol. 16, № 8. — P. 747–748.

3. Voragen A.G.J., Coenen G.J., Verhoef R.P., Schols H.A. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls // *Structural Chemistry*. — 2009. — Vol. 20. — P. 263–275.

4. Maxwell E.G., Belshaw N.J., Waldron K.W. Pectin — an emerging new bioactive food polysaccharide // *Trends in Food Science & Technology*. — 2012. — Vol. 24, № 2. — P. 64–73.

5. Sriamornsak P. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: a review // *Silpakorn University International Journal*. — 2003. — Vol. 3, № 1–2. — P. 206–228.

ISSN 3030-3907

6. Munarin F., Tanzi M.C., Petrini P. Advances in biomedical applications of pectin gels // *International Journal of Biological Macromolecules*. — 2012. — Vol. 51, № 4. — P. 681–689.

7. Jackson C.L., Dreaden T.M., Theobald L.K. et al. Pectin induces apoptosis in human prostate cancer cells: correlation of apoptotic function with pectin structure // *Glycobiology*. — 2007. — Vol. 17, № 8. — P. 805–819.

ISSN 3030-3907

QURUTISH BARABANINI PARRAKLAR SONINI QURITISH SAMARADORLIGIGA TA'SIRINI TAHLILI

Azizov Shuhrat Mamatovich
Namangan davlat texnika universiteti, professor. t.f.d.
E-mail: azizovshuhrat@gmail.com
ORCID: 0000-000-000-00
Sharipov Muhriddin Ziyodulla o'g'li
Namangan davlat texnika universiteti, tayanch doktaranti
E-mail: muhriddinsharipov72@gamil.com
ORCID: 0009-0007-2389-1749

Annotatsiya. Ushbu maqolaning maqsadi paxta tozalash sanoatida qo'llaniladigan 2SB-10 va SBO rusumli barabanli quritgichlarning samaradorligini oshirish uchun qovurg'alar soni va o'lchamlarining ta'sirini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot metodikasi sifatida SolidWorks dasturida quritish barabanining 3D modellari yaratildi va turli konstruktiv variantlar uchun isitish yuzalarining matematik hisob-kitoblari amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, qovurg'alar soni 4 tadan 14 tagacha oshirilganda, barabanning umumiy isitish yuzasi 118.4 m^2dan 178.9 m^2 gacha kengayadi. Xulosa qilib aytganda, qovurg'alar soni va yuzasining ortishi paxtani quritish jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi, ish unumdorligini oshiradi va yuqori namlikdagi paxtani sifatli qayta ishlash imkonini beradi, shuningdek, mahsulotning baraban devorlariga yopishib qolishini oldini oladi.

Kalit so'zlar: Paxta quritish, baraban, qovurg'a, isitish yuzasi, ish unumdorligi, quritish agenti, SBO, 2SB-10.

Аннотация. Целью данной статьи является анализ влияния количества и размеров ребер на эффективность сушильных барабанов марок 2SB-10 и SBO, используемых в хлопкоочистительной промышленности. Методология исследования включает создание 3D-моделей сушильного барабана в программе SolidWorks и математический расчет поверхностей нагрева для различных конструктивных вариантов. Результаты исследования показали, что при увеличении количества ребер с 4 до 14 общая поверхность нагрева барабана расширяется со 118.4 m^2 до 178.9 m^2. В заключение авторы отмечают, что увеличение количества и площади ребер значительно ускоряет процесс сушки хлопка, повышает производительность и позволяет качественно обрабатывать хлопок с высокой влажностью, предотвращая его прилипание к стенкам барабана.

Ключевые слова: сушка хлопка, сушильный барабан, ребро, поверхность нагрева, производительность, сушилка SBO, сушилка 2SB-10, сушильный агент, влагоотдача, модель SolidWorks.

Abstract. The purpose of this article is to analyze the impact of the number and dimensions of internal flights (ribs) on the efficiency of 2SB-10 and SBO type rotary dryers used in the cotton ginning industry. The research methodology involves the creation of 3D models of the drying drum in SolidWorks software and mathematical modeling of heating surfaces for various structural configurations. The results of the study demonstrated that increasing the number of flights from 4 to 14 leads to an expansion of the total heating surface from 118.4 m^2 to 178.9 m^2. In conclusion, the increase in the number and area of flights significantly accelerates the cotton drying process, improves operational productivity, and enables high-quality processing of high-moisture cotton while preventing raw material from sticking to the drum walls.

Keywords: cotton drying, drying drum, flight, heating surface, productivity, SBO dryer, 2SB-10 dryer, drying agent, moisture separation, SolidWorks modeling, structural analysis.

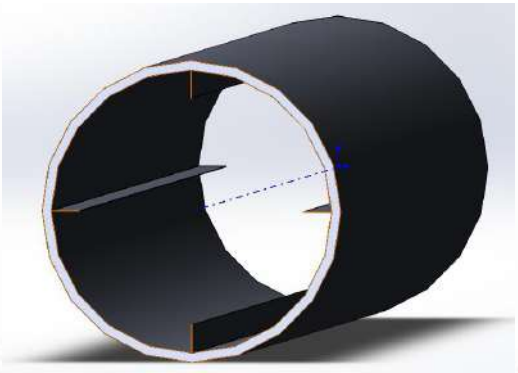
KIRISH.

Paxta tayyorlash maskanlarida paxtani dastlabki qayta ishlashdagi asosiy tadbirlardan biri – bu nam paxtani quritish. Paxta tayyorlash maskanlarida nam paxtani uzoq vaqt saqlashga tayyorlash uni quritish jarayonidan boshlanadi.

Umumiy texnologik jarayonda quritish tadbirlari paxtani tozalash, tolasi va momig‘ini ajratishga tayyorlash vazifasini bajaradi.

Paxta tozalash korxonalarida paxtani quritish tabiiy gaz yoki traktor kerosinini yoqish mahsulotlari va atmosfera havosi aralashmasidan tashkil topgan quritish agenti bilan ishlatiladigan 2SB-10 va SBO rusumli quritgichlarda amalga oshiriladi. Quritish agenti issiqlikni paxtaga olib kelish va bug‘langan namlikni quritish kamerasidan olib chiqib ketish vazifasini o‘taydi.

SBO paxta quritkichi. Tozalash sektsiyasiga ega bo‘lgan barabanli paxta quritkichi paxtani quritish va mayda iflosliklardan tozalash jarayonlarini birga olib boradi. Konstruktiv yechimlari bo‘yicha SBO quritkichi 2SB-10 quritkichiga o‘xshash.

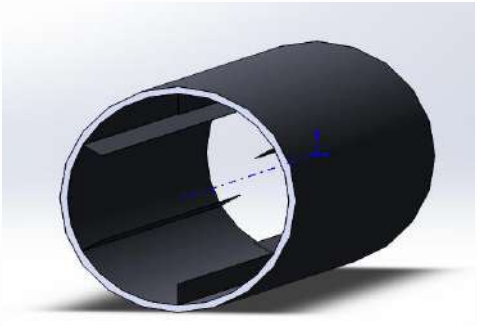


1-rasm: To‘rtta qovurg‘ali quritish barabani h=300 mm

Diametri 3000 mm

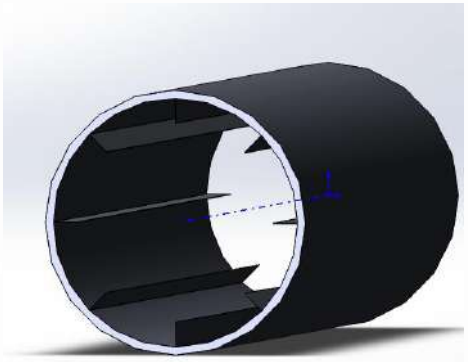
ISSN 3030-3907

Uzunligi 10000 mm
Qovurg‘ani uzunligi 300mm
Qovurg‘alar soni 4 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2*3.14*1500*10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2
Qovurg‘ani yuzasi 6.05 m^2
4 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 118.4 m^2



2-rasm: Oltita qovurg‘ali quritish barabani h=300 mm

Diametri 3000 mm
Uzunligi 10000 mm
Qovurg‘ani uzunligi 300mm
Qovurg‘alar soni 6 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2*3.14*1500*10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2
Qovurg‘ani yuzasi 6.05 m^2
6 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 130.5 m^2

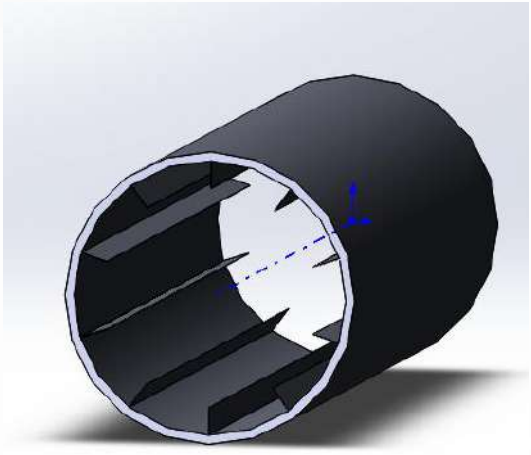


3-rasm: Sakkizta qovurg‘ali quritish barabani h=300 mm

Diametri 3000 mm
Uzunligi 10000 mm
Qovurg‘ani uzunligi 300mm
Qovurg‘alar soni 8 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2*3.14*1500*10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2
Qovurg‘ani yuzasi 6.05 m^2

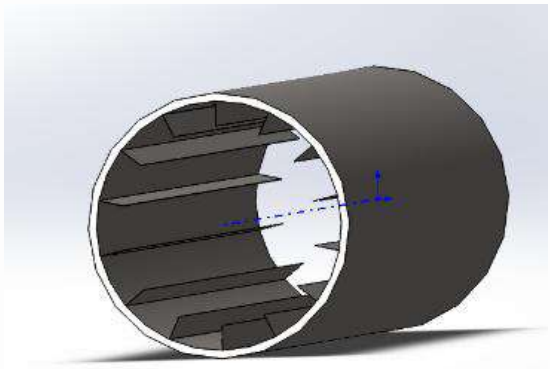
ISSN 3030-3907

8 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 142.6 m^2



4-rasm: O‘nta qovurg‘ali quritish barabani h=300 mm

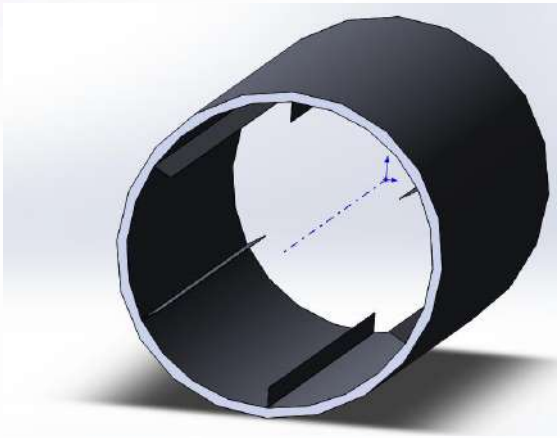
Diametri 3000 mm
Uzunligi 10000 mm
Qovurg‘ani uzunligi 300mm
Qovurg‘alar soni 10 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2*3.14*1500*10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2
Qovurg‘ani yuzasi 6.05 m^2
10 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 154.7 m^2



5-rasm:O‘n to‘rtta qovurg‘ali quritish barabani h=300 mm

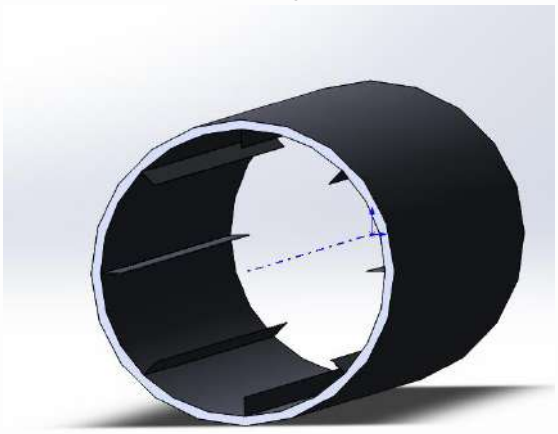
Diametri 3000 mm
Uzunligi 10000 mm
Qovurg‘ani uzunligi 300mm
Qovurg‘alar soni 14 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2*3.14*1500*10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2
Qovurg‘ani yuzasi 6.05 m^2
14 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 178.9 m^2

ISSN 3030-3907



6-rasm: Oltita qovurg‘ali quritish barabani h=200 mm

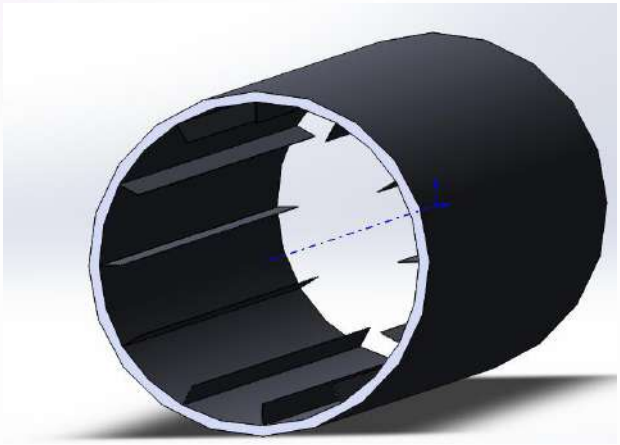
Diametri 3200 mm
Uzunligi 10000 mm
Qovurg‘ani uzunligi 200mm
Qovurg‘alar soni 6 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2*3.14*1500*10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2
Qovurg‘ani yuzasi 4.05 m^2
6 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 118.5 m^2



7-rasm: Sakkizta qovurg‘ali quritish barabani h=200 mm

Diametri 3000 mm
Uzunligi 10000 mm
Qovurg‘ani uzunligi 200mm
Qovurg‘alar soni 8 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2*3.14*1500*10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2
Qovurg‘ani yuzasi 4.05 m^2
8 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 126.6 m^2

ISSN 3030-3907



8-rasm: O‘n ikkita qovurg‘ali quritish barabani h=200 mm

Diametri 3200 mm

Uzunligi 10000 mm

Qovurg‘ani uzunligi 200mm

Qovurg‘alar soni 12 ta bo‘lgan quritish barabanini foydali ishchi yuzasini hisobi

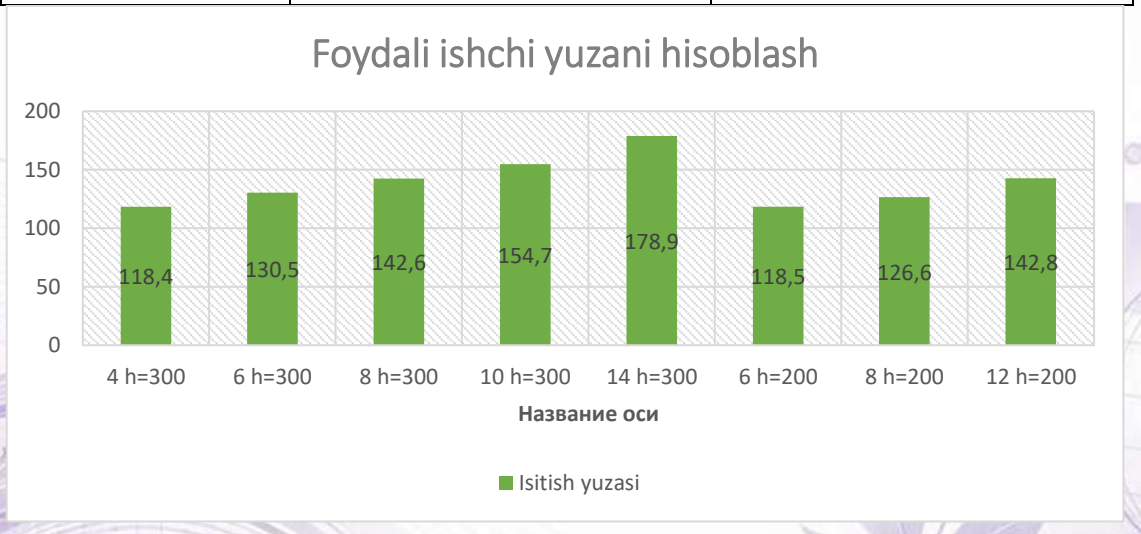
Barabanning ichki yuzasi $A = 2\pi rh$ A=2 ∗ 3.14 ∗ 1500 ∗ 10000=94200000 mm^2 =94.2 m^2

Qovurg‘ani yuzasi 4.05 m^2

12 ta qovurg‘ali quritish barabanini isitish yuzasi 142.8 m^2

1-Jadval

Ekspement №	Qovurg‘alar soni	Isitish yuzasi
1	4 ta h=300 mm	118.4 m^2
2	6 ta h=300 mm	130.5 m^2
3	8 ta h=300 mm	142.6 m^2
4	10 ta h=300 mm	154.7 m^2
5	14 ta h=200 mm	178.9 m^2
6	6 ta h=200 mm	118.5 m^2
7	8 ta h=200 mm	126.6 m^2
8	12 ta h=200 mm	142.8 m^2



ISSN 3030-3907

XULOSA.

Bu diagrammadan shuni xulosa qilib aytishimiz mumkinki, quritish barabanini qovurg‘alari yuzasi qanchalik katta va soni ko‘paygan sari isitish yuzasi ham shunchalik kattalashib paxtani quritish jarayoni ham shunchalik tez va namlik ajralib chiqishi yaxshi bo‘ladi. Biz qovurg‘alar sonini ko‘paytirsak material ko‘proq sarf bo‘ladi, lekin paxtani quritish jarayoni sezilarlik darachada tezlashadi, quritish barabanini ish unumdorligi oshadi. Yuqori darajada namligi bo‘lgan paxtani ham quritish imkoniyati mavjud bo‘ladi. Bundan tashqari qovurg‘alar soni ko‘payishi chigitli paxtani harakatini ham yaxshilab, baraban devorlariga yopishib qolishini oldini oladi.

ADABIYOTLAR.

1. Mamatovich, A. S. (2025). 90 TA VA 130 TA ARRALI JIN KAMERASINING RADIUSI O ‘ZGARISHIGA QARAB TOLA VA CHIGITNI SHIKASTLOVCHI KUCHLARNI O‘ZGARISHINI TAHLILI. *Механика и технология*, *6*(Спецвыпуск 2), 22-25.
2. Mamatovich, A. S., & Nurmagomodovich, U. O. (2024). YANGI KONSTRUKSIYADAGI ARRALI JIN MASHINASINING JORIY QILISHDAN IQTISODIY SAMARADORLIGINING HISOBI. *Механика и технология*, *5*(Спецвыпуск 2), 274-280.
3. Mamatovich, A. S. (2023). Simulation of the strength of a frame of a new Design acm gin machine under the influence of external forces. *Science and innovation international scientific*, *2*(7).

ISSN 3030-3907

ИССЛЕДОВАНИЕ КАСКАДНОЙ ОТРАБОТКИ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

Мислибаев И.Т.
Профессор кафедры «Горное дело» Навоийского государственного горно-технологического университета, д.т.н.
Мутавалиев А.Т.
Зав. кафедрой «Разработка полезных ископаемых» Таджикистанского горно-металлургического института, к.т.н.
Таджиев Ш.Т.
Доцент кафедры «Горное дело» Навоийского государственного горно-технологического университета, PhD.

Аннотация. На этой статье рассмотрены различие в технологии горных работ при обычной и каскадной поэтапные разработки нагорных месторождений, а также отличие способов вскрытия от традиционной, без этапной разработки, способов формирование целиков и их отработки. В результате выполненных исследовании были построены зависимости ширины полосы дополнительно вскрываемых запасов после окончания разноса скользящего целика над кровлей рудного тела. При традиционном порядке отработки месторождения сверху вниз от верхнего контура карьера необходимо удалить значительный объем "нависающей" горно-капитальной вскрыши. Если применить в этих условиях поэтапную разработку (обычную и каскадную), то объем горно-капитальной вскрыши резко уменьшается.

Ключевые слова: вскрытия, рабочий горизонт, каскадная разработка, полутраншея, косогор, целик, интенсификация горных работ.

Аннотация. Ушбу мақолада тоғли ҳудудлардаги конларни оддий ва босқичма-босқич каскадли қазиб олиш технологияларининг фарқлари, шунингдек, анъанавий босқичсиз қазиш усулларидан фарқ қилувчи очиш усуллари, целикларни шакллантириш ва уларни қазиб олиш жараёнлари кўриб чиқилган. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида руда танасининг ётиқ қисми устидаги силжувчи целикни кенгайтириш якунланганидан кейин қўшимча очиладиган заҳиралар полосасининг кенглигига боғлиқликлар аниқланган. Конни анъанавий юқоридан пастга қараб қазиб олиш тартибида карьернинг юқори контуридан катта ҳажмдаги “осилиб турувчи” кон-капитал қоплама жинсларни олиб ташлаш талаб этилади. Агар ушбу шароитларда босқичма-босқич қазиш (оддий ва каскадли) қўлланилса, кон-капитал қоплама жинслар ҳажми кескин камаяди.

Калит сўзлар: очиш, ишчи горизонт, каскадли қазиб олиш, ярим траншея, тоғ ёнбағри, целик, кон ишларини интенсивлаштириш.

ISSN 3030-3907

Annotation. This article examines the differences in mining technology between conventional and cascade staged mining of upland deposits, as well as the differences between strip mining and traditional, non-staged mining methods, as well as pillar formation and development. The research resulted in the construction of dependencies on the width of additional reserves exposed after the sliding pillar has been removed above the roof of the orebody. With traditional top-down mining, a significant volume of overhanging overburden must be removed from the upper pit boundary. If staged mining (conventional and cascade) is used under these conditions, the volume of overburden is significantly reduced.

Keywords: openings, working horizon, cascade development, half-trench, slope, pillar, intensification of mining operations.

ВВЕДЕНИЕ.

Как известно, объемы горно-капитальной вскрыши предпочтительно отрабатывать по возможности с более крутым рабочим бортом. Но порядок отработки месторождения должен обеспечивать и благоприятный режим горных работ. При традиционной технологии с использованием продольной однобортовой системы разработки выполнить оба эти требования не удается.

Некоторые возможности в этом плане заключены в поперечной системе разработки или отработке горизонтов панелями [1-4]. Указывается, что здесь можно добиться более устойчивого, чем при продольной системе, режима работ по вскрыше и добыче [5]. Но так как горные работы все равно придется проводить сверху вниз, начиная с верхнего контура карьерного поля, то ввод карьера в эксплуатацию в нормативные сроки отнюдь не гарантируется из-за значительного превышения начальных вскрывающих выработок над рудным телом. Если же начинать панельную отработку с промежуточных отметок на склоне, то тогда она превратится в известный вариант поэтапной разработки с чередующимися целиками или в разработку с зонами концентрации.

Выясним, какое воздействие на добычные работы оказывает перемещение крутой ступени борта (целика) в сторону конечного контура карьера. Для этого рассмотрим динамику развития борта в районе самого нижнего целика [6-8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

В результате выполненных исследовании были построены зависимости ширины полосы дополнительно вскрываемых запасов после окончания разноса скользящего целика над кровлей рудного тела $l = \frac{x_c}{\sin \alpha_3}$.

ISSN 3030-3907

(рис. 1) и годовой скорости утлубки по контакту рудного тела (рис. 2) от горизонтальной скорости смещения целика.

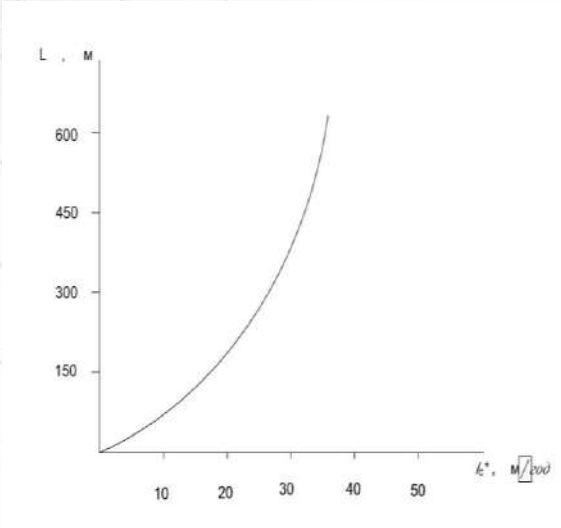


Рис. 1. Зависимость прироста ширины полосы вскрываемых запасов рудного тела от скорости смещения целика.

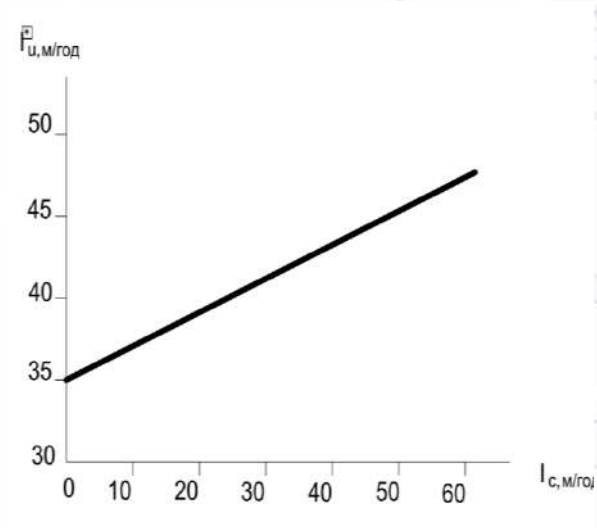


Рис. 2. Зависимость скорости углубки по контакту рудного тело от скорости смещения целика.

$$l_{\text{и}}^{*}=\frac{h_r}{l_c^{*}\cdot\sin\alpha_3}$$

Графики на рис. 1 и 2 построены для случая использования на борту одного целика ($H_{\text{ц max}}=\frac{1}{3}H_{\text{ац}}$), залежь находится в зоне несогласности в области пиковых объемов "нависающей" вскрыши (θ= 135°), горизонтальная скорость разноса целика l_{pc}^{*} принята равной 100 м/год, α_3 = 165°, φ= 30°, sin β_1'= 35°, γ_{p1}'= 15°.

Из рис. 1 и 2 видно, что с возрастанием скорости l_{pc}^{*} ширина полосы дополнительно вскрываемых запасов резко увеличивается (по параболическому закону), что способствует стабилизации добычи руды при повышенной по сравнению с обычной поэтапной разработкой интенсивности добычных работ.

Такой же вывод следует и из анализа зависимости горизонтальной составляющей скорости подвигания добычного фронта $l_{\text{г}}^{*}$ от максимальной высоты целиков $H_{\text{ц max}}$ при изменении их числа на ступенчатом борту карьера (рис. 3). Зависимость показывает, что характер изменения скорости $l_{\text{г}}^{*}$ в обеих разновидностях поэтапной разработки является одинаковым (параболическая зависимость), а интенсивность добычных работ при каскадной разработке выше.

ISSN 3030-3907

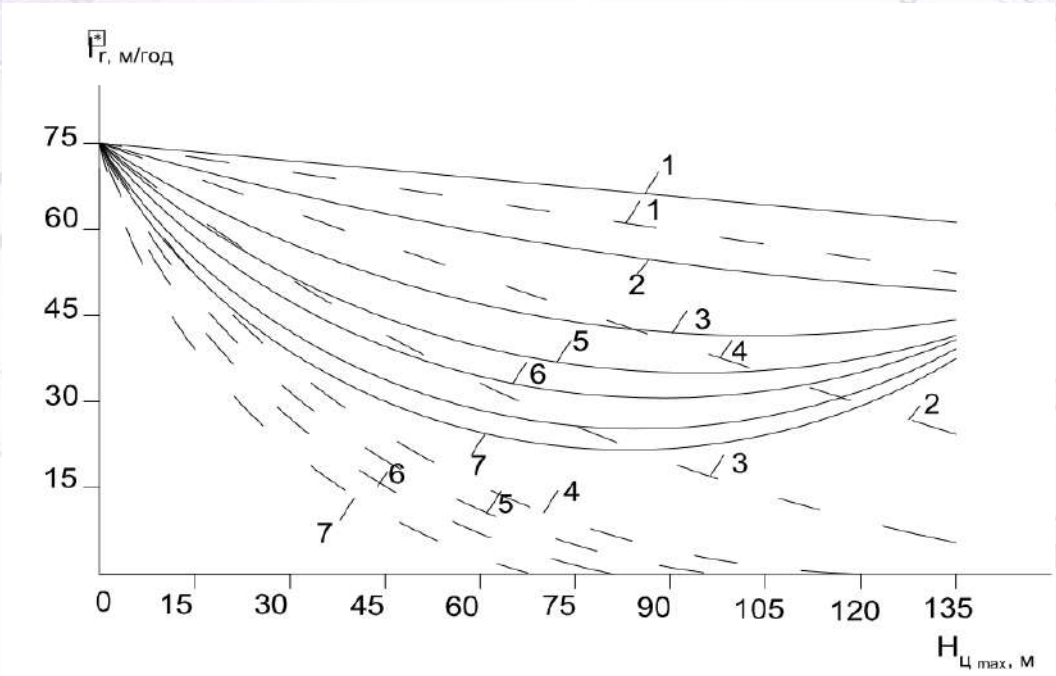


Рис. 3. Зависимость скорости подвигания фронта добычных работ $l^*_г$ от максимальной высоты целиков $H_{ц\ мах}$ при числе целиков 1,2,...7 и использовании каскадной (——) и обычной (– – –) поэтапных разработок (φ= 30°,$\alpha_з$= 165°,θ= 135°).

Увеличение скорости l^*_r при каскадной разработке варьирует в диапазоне 1,02-20,05 раз, составляя в среднем 1,2-11,5 раз, при значении $H_{ц_{max}} = 45 - 135$ м.

Сравним теперь оба исследуемые порядка разработки (на фоне традиционной без этапной) по календарному распределению объемов руды и вскрыши. Для этого в графо-аналитическую модель профиля месторождения [9] введем годовую скорость подвигания фронта работ l^*_φ как более общее понятие (скорость l^*_r является ее разновидностью применительно к добычном работам, так же как и l^*_p, l^*_δ, l^*_c применительно к различном участкам борта). Она затем пересчитывается на вертикальные составляющие $h^*_{г_\varphi}$ и $h^*_{г_\alpha}$, измеренные соответственно по косогору и по падению (восстанию) залежи (рис. 4). Перенесенные на профиль величины $h^*_{г_\varphi}$ и $h^*_{г_\alpha}$ образуют площадь $S^*_{i_B}$ и $S^*_{i_p}$ по вскрыше и руде, характеризующие соответствующие годовые удельные объемы на і-ый год.

ISSN 3030-3907

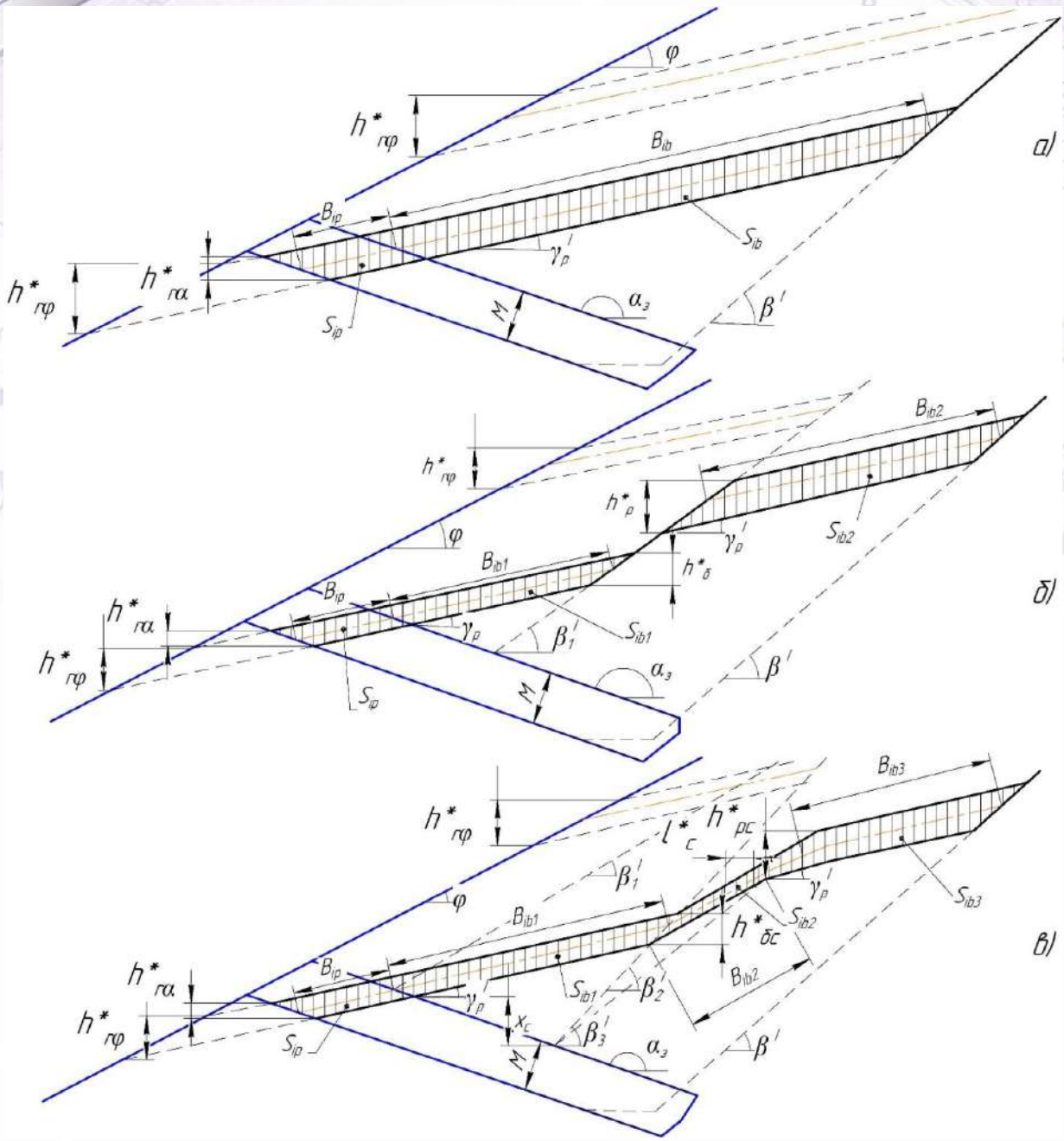


Рис. 4. Схемы к расчету годовых объемов по вскрыше и руде при традиционной (а), обычной поэтапной (б), и каскадной (в) разработках

Также, исследование проводилось по определению пиковых объемов “нависающей” вскрыши при величине угла согласности $\theta = 135^0$.

$$l^*_г = \mathrm{f} \cdot (H_{ц\ max}; N_ц)$$

При фиксированном значении θ варьировался угол наклона косогора φ и, следовательно, угол залегания рудного тела $\alpha_э$ (φ= 35° и $\alpha_э$ = 170°; φ= 30° и $\alpha_э$= 165°; φ = 25° и $\alpha_э$= 160°). Наибольший объем вычислений выполнен при φ = 30°. Остальные исходные данные приняты следующие: мощность залежи 75 м, максимальная высота целиков (до их разноса) $H_{ц\ max}$ = 60 м, высота уступа 10 м, углы откосов: уступа - 60°, рабочего борта (на пологих участках) - 15°, целиков - 40° (при обычной поэтапной разработке)

ISSN 3030-3907

и 35° (при каскадной), нерабочего борта - 45°. Максимальная скорость подвигания фронта работ $l_{ф\ max}$принята 175 м/год.

Как видно из рис. 5, при традиционном порядке отработки месторождения сверху вниз от верхнего контура карьера необходимо удалить значительный объем "нависающей" горно-капитальной вскрыши. Если применить в этих условиях поэтапную разработку (обычную и каскадную), то объем горно-капитальной вскрыши резко уменьшается (рис. 6 и 7).

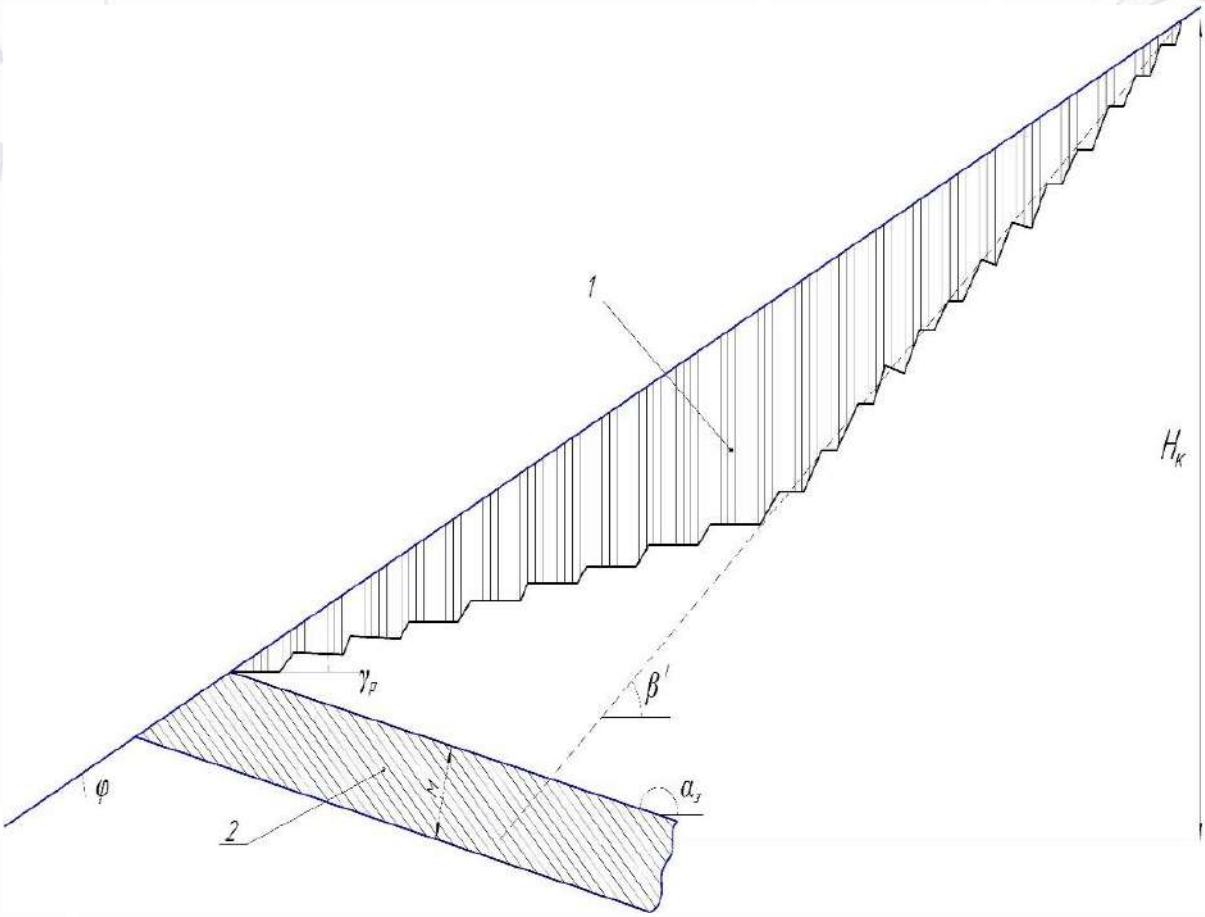


Рис. 5. Положение горных работна начало нарезки рудных горизонтов при традиционной разработке (φ= 30°,α_3= 165°, γ_p'= 15°, β'= 45°, М = 75 м) 1 - горно-капитальные объемы ’’нависающей[1'] вскрыши; 2 – залежь.

ISSN 3030-3907

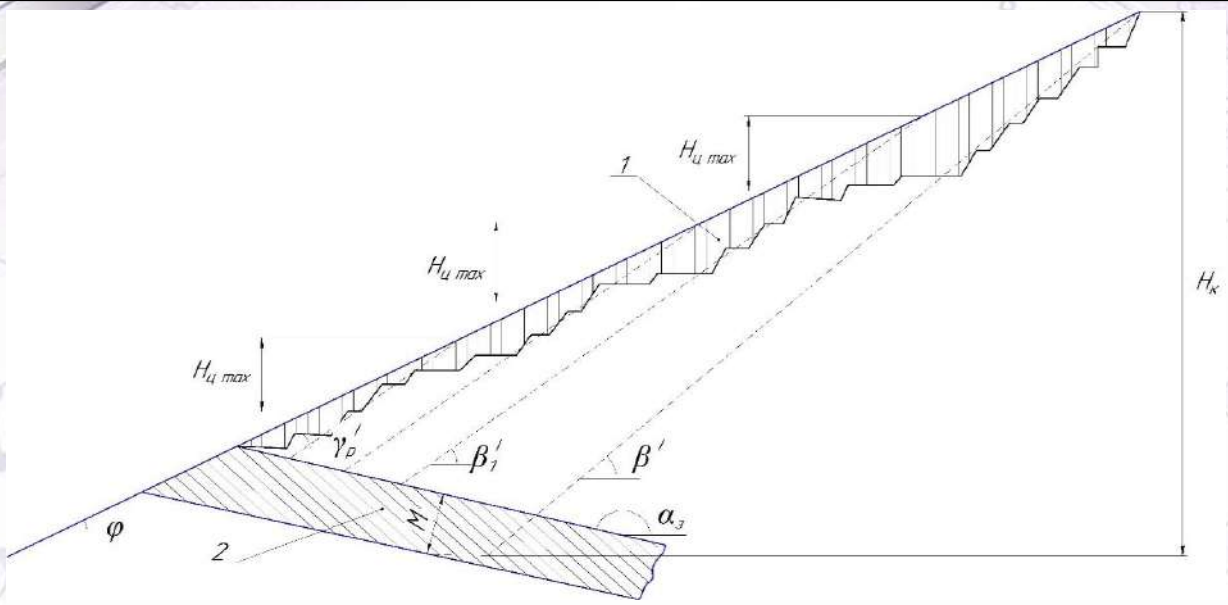


Рис. 6. Положение горных работ на начало нарезки рудных горизонтов при обычной поэтапной разработке (β_1'= 40°,$H_{ц\ max}$= 90 м, $N_ц$= 3) Остальные обозначения - см. на рис. 5.

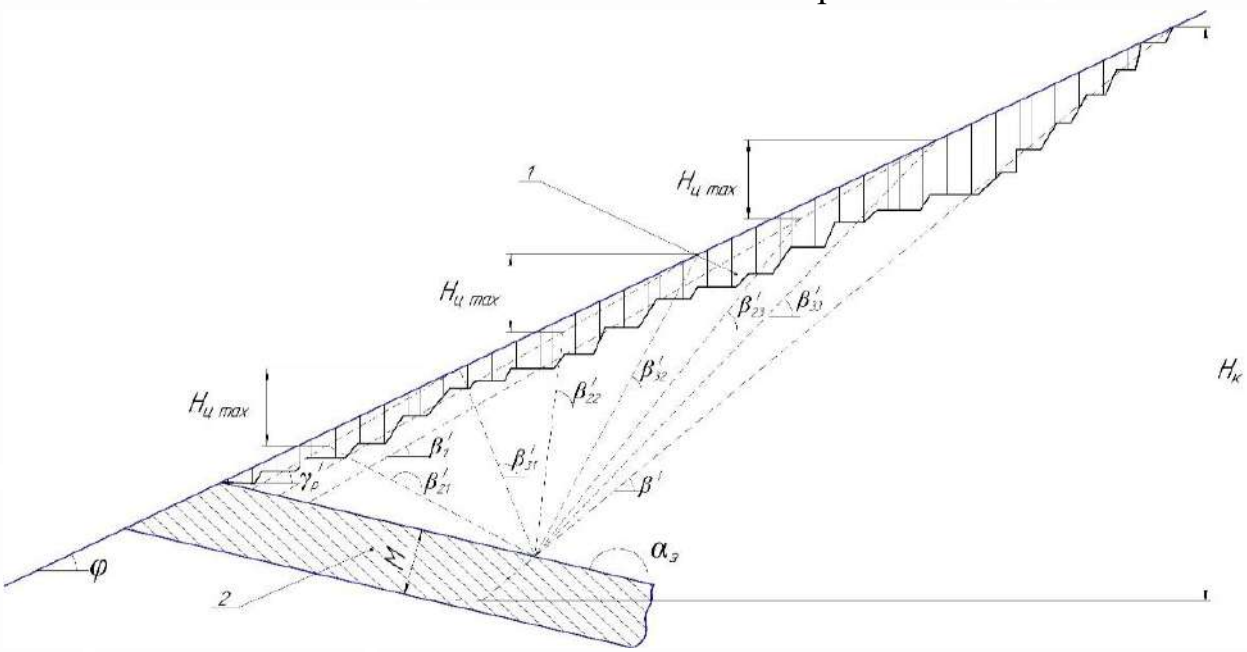


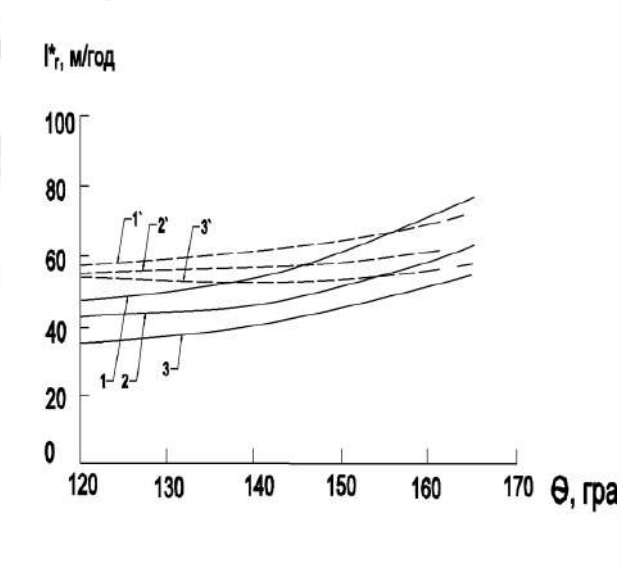
Рис. 7. Положение горных работ на начало нарезки рудных горизонтов при каскадной поэтапной разработке (β_1'=35°) Остальные обозначения - см. на рис. 5 и 6.

В случае разных скоростей $h_р^*$ и $h_б^*$ скользящие целики при каскадной разработке смещаются к предельному контуру, погашаясь на значительном его протяжении по высоте. При этом сохраняется стабильность добычи руды в отличие от обычной поэтапной разработки, где в такой ситуации опускание целиков в рудную зону вызывает перерывы в добычных работах.

Особые условия складываются при разработке восстающих залежей, при $\alpha_3 = (\alpha_3 - 180^0) > \gamma_p'$, т.е. когда угол залегания рудного тела

ISSN 3030-3907

превышает угол откоса рабочего борта (пологой ступени борта). Как явствует из рис. 8. и 9. разница в горизонтальной скорости подвигания фронта добычных работ $l_г^*$ при каскадной поэтапной разработке по сравнению с обычной уменьшается с увеличением угла согласности θ и полностью исчезает при равенстве углов залегания рудного тела и откоса рабочего борта γ_p' (например, при $\alpha_з$= 195° и γ_p'= 15°), при дальнейшем увеличении θ скорость $l_г^*$ при обычной поэтапной разработке становится больше, чем у каскадной.



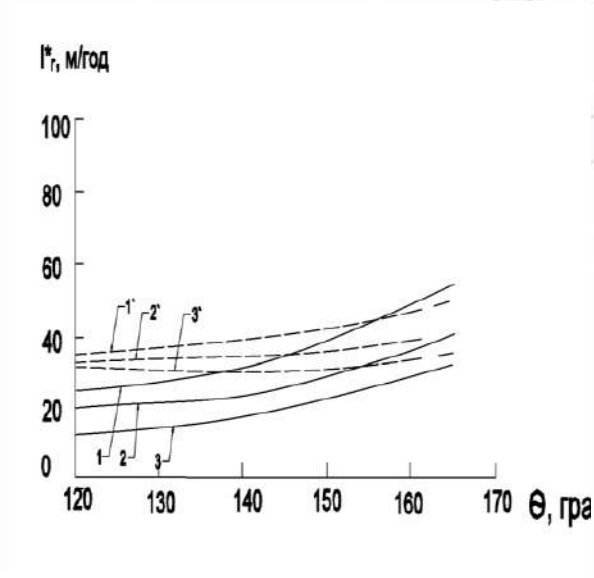


Рис.8. Зависимость горизонтальной составляющей скорости подвигания фронта добычных работ $l_г^*$ от угла согласности θ при обычной (1, 2, 3) и каскадной (I', 2', 3') поэтапных разработках

1 и 1' -φ= 40°; 2 и 2' - φ = 30°; 3 и 3' - φ = 20°. Число целиков $N_ц$= 2.

Рис. 9. Зависимость горизонтальной составляющей скорости подвигания фронта добычных работ $l_г^*$ от угла согласности θ при обычной (1, 2, 3) и каскадной (1',2', 3') поэтапных разработках

1 и 1'- φ = 40°; 2 и 2' - φ = 30°; 3 и 3' - φ = 20°;$N_ц$= 3.

Это явление объясняется изменением направления углубки по рудному телу (рис. 10. и 11), когда его раньше достигают уступы над целиком (горные работы по разносу целика), чем под ним (работы по его формированию). При этом направление смещения целика противоположно направлению углубки по залежи. Из этого вытекает то, что скорость подвигания фронта под целиком при каскадной разработке $l_{гс}^*$ меньше таковой при обычной поэтапной - $l_г^*$, при которой такого смещения нет.

ISSN 3030-3907

Объясняется это тем, что при переходе от $\bar{\alpha}_з < \gamma_p'$ к $\bar{\alpha}_з > \gamma_p'$ изменяется соотношение высот и скоростей. При этом соответственно меняется и относительный коэффициент снижения интенсивности горных работ под целиком, т.е. при $\bar{\alpha}_з > \gamma_p'$ он при обычной поэтапной разработке становится больше этого параметра при каскадной.

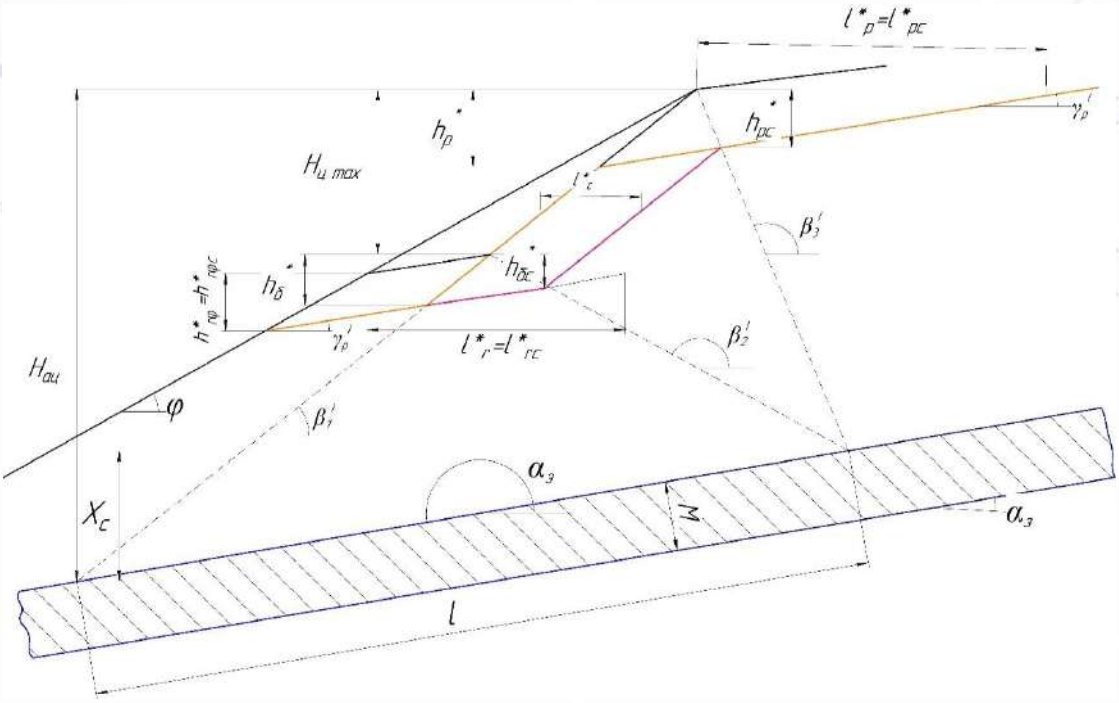


Рис. 10. Развитие борта карьера при обычной и каскадной поэтапных разработках в случае восстающей залежи $\bar{\alpha}_з = \gamma_p'$ ——-поэтапная разработка; ——-каскадная разработка.

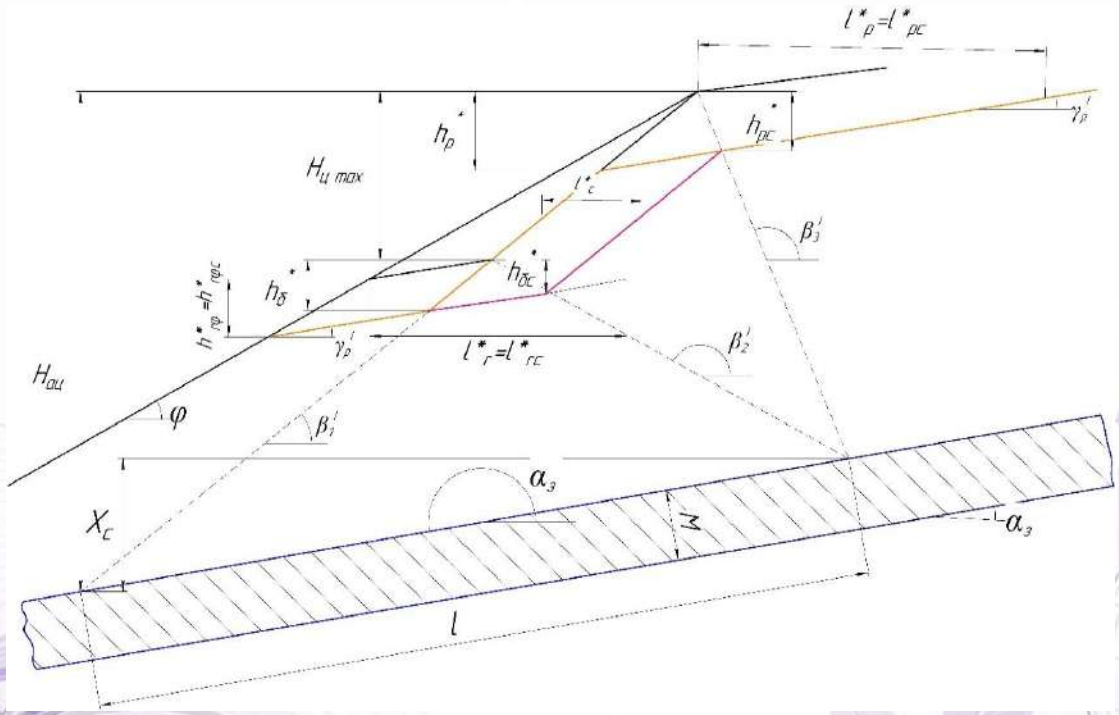


Рис. 11. То же, что и на рис. 4.19 при $\bar{\alpha}_з > \gamma_p'$

ISSN 3030-3907

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В заключение отметим, что некоторым недостатком каскадной поэтапной разработки по сравнению с обычной является менее равномерное распределение объемов вскрыши. Он может быть уменьшен регулированием параметров рабочей зоны карьера в плане. Для освоения пиковых объемов вскрыши возможно также разовое привлечение хозрасчетных горнотранспортных организаций (фирм, компаний, артелей), располагающих мобильной техникой: бурстанками, погрузчиками, гидравлическими экскаваторами, автосамосвалами, бульдозерами и др. В условиях нарождающейся рыночной экономики такое мероприятие становится все более реальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУР

1. Лысенко И.З. Принципы разработки высокогорных месторождений. Алма-Ата, Наука. -1986. -174 с.
2. Али Бин Али Газа'а. Изыскание способов вскрытия и технологических схем открытой разработки нагорных месторождений известняка НДРЙ. Дисс. канд. тех. Наук. М.: МГИ. -1987. -158 с.
3. Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений. Часть IV. Учебное пособия. М.: МГИ, 1994. -67 с.
4. Ржевский В.В., Анистратов Ю.И., Ильин С.А. Открытые горные работы в сложных условиях. М., Недра, 1994. – 342 с.
5. Мислибаев И. Т., Самадова Г. М. Исследование процесса формирования и разноса ступенчатого борта карьера при поэтапной разработке нагорных месторождений. // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. -2022. № 3(2). –С. 4-10.
6. Таджиев Ш.Т., Назаров З.С., Самадова Г.М. Классификация систем вскрытия запасов за предельным контуром карьера нагорных месторождений. // Academic Research in Educational Sciences (ARES). Volume 3, Issue 7, July, 2022. – С. 358-365 (SJIF: 5,7).
7. Самадова Г. М., Туйчиева Д.И. Технологические особенности каскадной разработки нагорных месторождений. // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. -2022. № 3(2). –С. 10-16.
8. Samadova G.M., Tuychiboev Z.I. Theory of Cascade Mining of Open PIT Fields. // International Jjurnal on Integrated Education. Vol. 6, Issue 1. Jan -2023. –pp. 135-139.
9. Мислибаев И.Т., Самадова Г.М. Разработка графоаналитической модели поперечного профиля месторождения на косогоре. // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2022. – №4. – С. 39-43.

ISSN 3030-3907

10. Мутавалиев А.Т. Методика расчета капитальных затрат комплекса «свободная выемка» при разработке месторождений типа «гора-залежь» // Development of science. Vol 2. Avgust-2025. pp. 45-53.

ISSN 3030-3907

MAKTAB O‘QUVCHILARINING TANQIDIY FIKRLASHINI KIMYOVIY EKSPERIMENT O‘TKAZISH ORQALI SHAKLLANTIRISH

D.B. Zuhriddinova
Chirchiq davlat pedagogika universiteti, Chirchiq, O‘zbekiston
Y.F. Toshtemirova
Chirchiq davlat pedagogika universiteti, Chirchiq, O‘zbekiston
L.Q. Ablakulov
Chirchiq davlat pedagogika universiteti, Chirchiq, O‘zbekiston
EMU University, Toshkent, O‘zbekiston
S.M. Ochilova
Chirchiq davlat pedagogika universiteti, Chirchiq, O‘zbekiston
N.B. Baxramov.
Chirchiq davlat pedagogika universiteti, Chirchiq, O‘zbekiston
E-mail: monokop91@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada ta’lim oluvchilarga kimyo fanini hayot bilan bog‘lab o‘qitishda STEAM ta’lim yondashuv texnologiyasining ta’rifi va ushbu ta’lim texnologiyasi asosida tabiiy fanlar, texnologiya, muhandislik, san’at va matematika fanlarini uyg‘unlikda o‘qitish metodikasi yoritib berilgan.

Kalit so‘zlar: STEAM, ta’lim, tabiiy fanlar, texnologiya, muhandislik, san’at va matematika, hayotiy vaziyat.

Аннотация. В данной статье описывается образовательный подход STEAM, использующий технологию обучения химии в контексте жизни, а также методология обучения естественным наукам, технологиям, инженерии, искусству и математике в гармонии на основе этой образовательной технологии.

Ключевые слова: STEAM, образование, наука, технологии, инженерия, искусство и математика, жизненная ситуация.

Abstract. This article describes the technology of the STEAM educational approach in teaching chemistry to students in connection with life. On the basis of this educational technology, the methodology of teaching natural sciences, technology, engineering, art and mathematics in harmony has been explained.

Keywords: STEAM, education, science, technology, engineering, art and math, life situation.

KIRISH.

Xalq ta‘limi tizimini boshqarishning samarali mexanizmlarini joriy etish o‘sib kelayotgan yosh avlodni ma’naviy-axloqiy va intellektual rivojlantirishni sifat jihatidan yangi bosqichga ko‘tarishning eng muhim sharti hisoblanadi. Yoshlarimizning bilim egallashlari uchun barcha shart-sharoitlarni yaratish

ISSN 3030-3907

maqsadida, prezidentimiz tomonidan bir qancha ta’lim sohasiga oid farmon va qarorlar ishlab chiqildi.

Jumladan 2020 yil 12 avgust PQ- 4805-son “Kimyo va biologiya yo‘nalishlarida uzliksiz ta’lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari tog‘risida” qarorlar, hamda boshqa meyoriy - xuquqiy xujjatlarda ta’lim tizimining rivojlantirishning zamonaviy tamoyillarini joriy etish bo‘yicha belgilangan ustuvor vazifalarni amalga oshirishda, ta‘lim soxasida faoliyat olib borayotgan ustoz va murabbiylar oldiga bir qancha vazifalar qo‘yilgan. Ta’lim jarayoniga yangi pedagogik o‘qitish texnologiyalarni va faol metodlarni qo‘llash orqali o‘quvchilarda: ijodiy fikrlash, mustaqil qaror qabul qilish, yangi bilimlarni mustaqil egallash qobiliyatini rivojlantirishga erishish mumkin [1].

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 29-apreldagi “O‘zbekiston Respublikasi xalq ta’limi tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5712-son farmonida, innovatsion ta’lim jarayoniga o‘tish, zamonaviy kadrlarga bo‘lgan ehtiyojni inobatga olgan holda STEAM pedagogika asoslarini o‘zlashtirishda, ta’lim beruvchilarda yangi kasbiy kompetensiyalarni, zarur bilimlar bazasini shakllantirish kabi masalalar vazifa qilib olindi.[2]

Bugungi kunda kimyo fanini boshlang‘ich bosqichda o‘rganishning nazariy darajasining ortishi bilan mantiqiy fikrlashning yetarli darajada emasligi, o‘quvchilarning fanga bo‘lgan qiziqishining pasayishiga sabab bo‘lmoqda.

Shuning uchun o‘quvchilarda kimyoviy moddalardan foydalanish madaniyatini, ushbu moddalardan notanish va tanish bo‘lgan vaziyatlarda ongli va xavfsiz ravishda foydalanishni, ehtiyot choralarini, yashash muhitdagi ekologik me'yorlar va xatti-harakat qoidalarini shakllantirish zarurati, kimyo fanining asosiy vazifasidir.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA.

Xalq ta’limi tizimiga ilg‘or xorijiy tajribani, o‘quv-tarbiya jarayoniga zamonaviy pedagogik taxnologiyalarni shu jumladan ta’lim berishning innovatsion usullarini joriy etish, o‘quv va o‘quv-uslubiy adabiyotlarni yangi avlodini yaratish, fundamental va amaliy ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirish belgilangan.

Ushbu Farmon ijrosini ta’minlash maqsadida qabul qilingan O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 5 sentyabrdagi “Xalq ta’limi tizimiga boshqaruvning yangi tamoyillarini joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida’’gi № PQ-3931 son qarori bilan tasdiqlangan “2018-2021 yillarda O‘zbekiston Respublikasi xalq ta‘limi tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha chora-tadbirlar dasturi” ning II bo‘lim, 11 bandida: Umumiy o‘rta ta’limning yangi davlat ta’lim standartlari va o‘quv dasturlarini takomillashtirish va shu bilan birga

ISSN 3030-3907

STEAM (fan, texnologiya, muhandislik va matematika) metodlarini bosqichma-bosqich amaliyotga joriy etish belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni bajarish uchun avvalo ta’lim ishtirokchilari – pedagoglar, metodistlar, o‘quvchilar, ota-onalar va boshqalar STEAM metodi va ta’lim sifati yo‘nalishida o‘tkaziladigan xalqaro tadqiqotlar haqida ma’lumotlarni bilishi hamda ularni amaliyotda qo‘llash uchun malakalarga ega bo‘lishlari zarur bo‘ladi.

O‘quvchilarning fanga bo‘lgan qiziqishlarini oshirish uchun an’anaviy o‘qitish jarayonidan farqli ravishda ta’lim va hayot tamoyili asosida zamonaviy ta’lim texnologiyalarini qo‘llab o‘qitish, ta’lim sifat samaradorligini oshishiga, samarali natijalarga erishishga yordam beradi.

STEAM ta’lim texnologiyasi umumta’lim maktablarida sinf - dars tizimidan loyihaviy faoliyatga yondashgan holda darsni o‘tish, fundamental bilimlarni funksional bilimlarga ko‘chirish, ularni amaliyotda faol qo‘llash jarayoni orqali fanlar integratsiyasi, kesishmasida muammolar yechimining yangicha yo‘llarini izlash, lozim topilsa kashf etishga yo‘naltirish kabi vazifalarni qo‘yadi. STEAM - ta’limi, haqiqiy hayot bilan bog‘lovchi texnologiya.

STEAM: Science - tabiiy fanlar, Technology - texnologiyalar, Engineering - muhandislik, Art - san’at, Mathematics - matematika ma’nolarini bildiradi.

STEAM ta’lim texnologiyasi asosida o‘qitish jarayonida o‘qitishni hayot bilan bog‘lash tamoyili to‘liqroq amalga oshirilsa, o‘quvchilarda kimyo faniga bo‘lgan qiziqish uyg‘onadi, o‘qitish samaradorligi oshadi, o‘z hayoti davomida ro‘y beradigan kimyoviy xodisalarni to‘liq anglay oladi. Sodir bo‘lgan jarayonlar haqida mustaqil izlanadi va fikr bildira oladi. Tajribalarni bajarish sharoitlarini tashkil etish, ularni amalda bajarish, muhokama qilish va o‘qituvchi kuzatuvi ostida mustaqil ravishda maqsadga muvofiq tajribalarni o‘tkaza oladi.

Ta’lim yondashuv texnologiyasi loyihalash metodiga tayangan holda uning asosida bilish va badiiy izlanish yotadi. Ushbu ta’lim yondashuvi, tarbiyalanuvchi va ta’lim oluvchining rivojlanishini tashqi olam bilan bevosita bog‘laydi. STEAM –yondashuvi dunyoni tizimli ravishda o‘rganishga, atrofda ro‘y berayotgan jarayonlarni mantiqiy mushohada qilishga, ulardagi o‘zaro aloqani anglab yetishga, o‘zi uchun yangi, noodatiy va qiziqarli narsalarni ochishga imkon beradi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Ushbu tadqiqotda ijodkorlik, tanqidiy fikrlash va muammolarni hal qilish qobiliyatlarini o‘rganish va innovatsion ko‘nikmalari rivojlantiriladi. Darslarda berilgan topshiriqlarga asoslanib loyihani ishlab chiqish va uni STEAM asosiy tamoyillari bilan bog‘lash muammolari rag‘batlantirildi. O‘quvchilarning ijodiy va tanqidiy fikrlash qobiliyatini rivojlantiriladi. Ta’lim oluvchilar berilgan vazifani tushungandan so‘ng, muammolarni topishlari va yechishlari kerak. Ular

ISSN 3030-3907

turli manbalardan jumladan, internet va kitoblardan ma’lumolar olishga va topishga harakat qilishadi. Bu ta’lim yondashuvida dizayn va san'at ham o‘z o‘rnini topgan.

Zamonaviy maktab kimyo laboratoriyasini loyihasini STEAM yondashuv asosida ishlab chiqish

Sinflar: 7-8 sinflar.

Guruhlardagi o‘quvchilar soni: 5ta

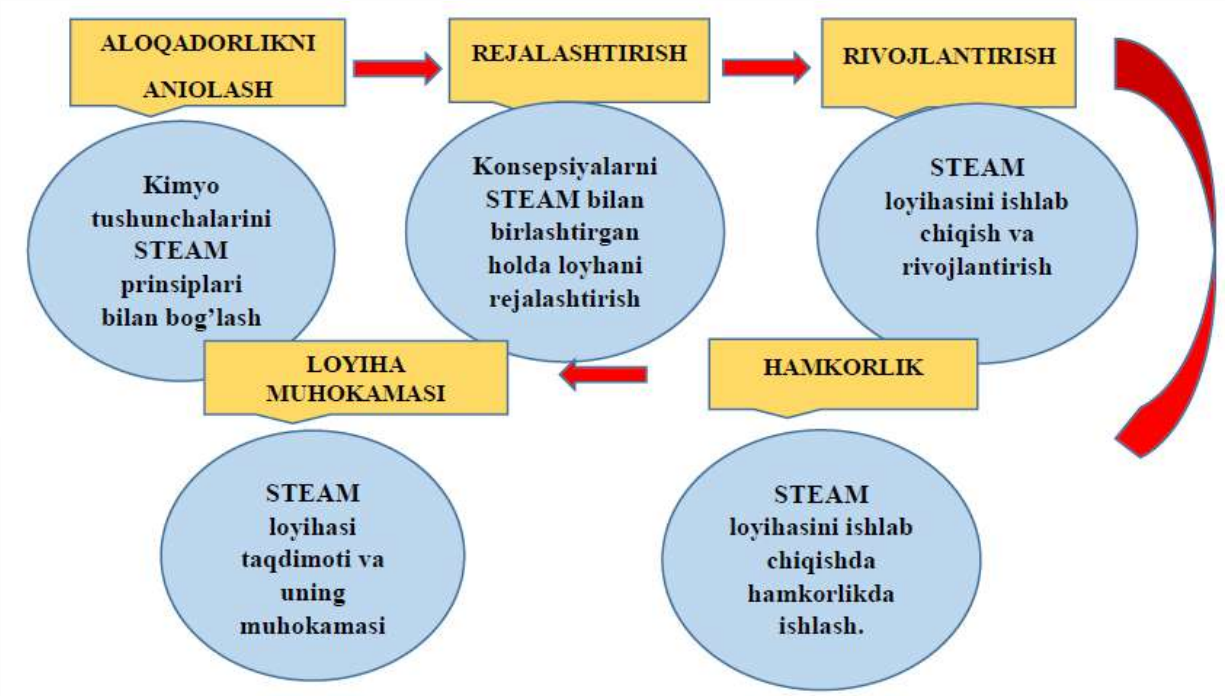
Fanlar integratsiyasi: Kimyo, Fizika, Matematika, Informatika, Muhandislik, Texnologiya.

Maqsad: Yangi va jahon standartlariga javob bera oladigan zamonaviy maktab laboratoriasini yaratish.

Muddati: 3 oy.

Baholash tartibi: Loyiha ishi berilgan kundan boshlab diagnostik, formativ va summativ baholash orqali 5 ballik sistemada.

Quyida STEAM ta’lim yondashuvi asosidagi loyihaning bosqichlari ko‘rsatilgan.[4]



Bajarish misol: Loyiha ishi quyidagi 3 bosqichli tartibda boradi.

SCIENCE (Fan)	TECHNOLOGY (Texnologiya)	ENGINEERING (Muhandislik)	ART (San’at)	MATHEMATICS (Matematika)
Kimyo laboratoriyasi	Kimyo xonasini	Maktab laboratoriya xonasining	Guruhning fikridan kelib chiqib,	Xonaning kengligi talablarga javob

ISSN 3030-3907

haqida tushuncha	shamollatish texnologiyasi	boshlan'gich maketini yasash	xonani jihozlash	berishini hisoblash. Masofani o'lchash.
Kimyo laboratoriyasidagi moddalar haqida ma'lumotlarga ega bo'lish.	Laboratoriyadagi mo'rili shkafni ishlash prinsipini o'rganish.	Xonaga termometr va favqulotda kerak bo'ladigan jihozlar bilan ta'minlash.	Xonaning yorug'lik darajasini aniqlash va taqdimotlar uchun qulay joy hozirlash.	Zamonaviy maktab laboratoriyasiga ketadigan sarf harajatlarni hisoblash.
Yig'ilgan ma'lumotlarni umumlashtiish.	Taqdimot materiali sifatida sinfda: kompyuter, proyektor, kimyoga oid dasturlardan foydalanishni tashkil etish.	Oxirgi tanlab olingan maketni yig'ish va yig'ish ishlarini yakunlash.	Ko'rsatilayotgan taqdimotni ommaviy axborot vositalari orqali ijtimoiy tarmoqlarga joylash.	Yakuniy hisob kitobni o'qituvchiga taqdim etish.

Yuqoridagi misolda bir necha fanlar integratsiyasi vujudga kelmoqda. Bunda o'quvchi kreativ fikrlagan holda issiqxonani avtomatlashtirilgan holga keltirish kerak. Har tomonlama o'ylab qilinadigan topshiriq. O'quvchidan ziyraklik, kuchli bilim, hamda eng muhimi zamon talablari talab qilinadi.

Kreativ fikrlash muammoni baholash va hal qilish uchun tahliliy, muammolarni hal qilish, tashkiliy va muloqot qobiliyatlarini jamlashni talab qiladi. Kreativ fikrlash qobiliyatlarini kengaytirgan odamlar buyum yoki mahsulotni o'ziga xos nuqtai nazardan ko'rib chiqishlari mumkin. Kreativ fikrlash sizni muammoni yaxshiroq hal qiluvchiga aylantiradi, bu sizning ishingizda ham, shaxsiy hayotingizda ham keng ko'lamli foyda keltiradi.

Ekspressiv, kreativ fikrlash bizning taxminlarimizga qarshi chiqishga, o'zimiz va istiqbolimiz haqida yangi narsalarni kashf etishga, aqliy jihatdan o'tkirroq bo'lishga va hatto yanada optimistik bo'lishga yordam beradi. Miyaning o'ng tomonini doimiy ravishda mashq qildirish, tasavvuringizni rivojlantiradi va ijodkorlik va kreativ fikrlash qobiliyatlarini rivojlantirishga yordam beradi.

Har bir guruh o'z loyihasiga mavzu tanlagan holda o'zlari yasagan favvorasi ishlashini namoyish qiladi. Favvoraning dizayni, yaratilish

ISSN 3030-3907

texnologiyasi va bajarilgan ishlar bosqichma-bosqich slaydlarda taqdimot qilinadi.

Loyihaning himoyasi va uning faoliyati natijalarini tahlil qilish taqdimoti. Har bir guruh boshqa guruhlarning yasagan favvorasi, yaratilish texnologiyasi va bajarilgan ishlar taqdimotini diqqat bilan tinglaydi, tahlil qiladi, kamchiliklarni aniqlaydi va har bir guruhga o‘z ballini beradi.

Kundalik tajribalar orqali o‘z kreativligizni rivojlantirish yo‘llarini topish - miyangizning o‘ng tomonini mashq qilishning ajoyib va vaqtdan foydalanishning samarali usulidir. Buni ma’lum vaqt davomida mashq qilganingizdan so‘ng, “Kreativ fikrlash” ga kirish osonroq bo‘ladi.

Kreativlik hozirgi kunda judayam, ayniqsa O‘zbekistonda tanqis, kam uchraydigan narsalardan biri hisoblanadi. Bunga sabab ko‘pchilik pedagog o‘qituvchilarni o‘z ustida ko‘p ishlamasligida deb aytsak bo‘ladi. Kreativlik uchun qobilyat tug‘ma bo‘lishi kerakmi degan savol tug‘iladi. Qaysidir ma’noda albatta kerak bo‘ladi. Lekin hammasi mehnatga, o‘z ustida ishlashga borib taqaladi.

Kreativ - pedagog har tomonlama rivojlangan, har bir darsini qiziqarli o‘ta oladigan, yangi metodlar va texnikalardan xabardor va barcha o‘quvchilari uchun sevimli bo‘lgan mahoratli ustoz. Uning darslari g‘aroyib g‘oyalarga boy!

Shuni unutmaslik kerakki, bugungi jamiyat bir xillikdan zerikdi. Endi faqatgina kreativ o‘ylagan insongina hammadan ajralib tura oladi. Chunki Kreativlik - bu cheklash mumkin bo‘lgan tushuncha emas. Uni rivojlantirish har birimizning qo‘limizda. Unutmang, Kreativlik – XXI asr talabi!

XULOSA.

Ushbu bitiruv malakaviy ishimni yozish mobaynida STEAM topshiriqlari va ularni umumta’lim maktablarida qo‘llash jarayonini o‘rgandim.

Bitiruv malakaviy ishi kirish, asosiy qism va xulosa qismlaridan tashkil topgan.

Kirish qismida yurtboshimizning ta’lim sohasiga qaratgan e’tibori va jannatmakon yurt ekanligi, Xalqaro baholash dastulariga bo‘lgan e’tibor, STEAM yondashuvning kun sayin rivojlanib borishi haqida ma’lumotlar keltirilgan. Hamda kirish qismida diplom ishining tarkibiy tuzilmasi haqida keltirib o‘tilgan.

Asosiy qismda STEM ning kelib chiqish tarixi, ta’limdagi afzalliklari va kamchiliklari, fanlararo integratsiyasi haqida ta’kidlab o‘tganman.

Bitiruv malakaviy ishimning dolzarbligi shundan iboratki, umumta’lim maktablarida kimyo darslarida STEAM topshiriqlaridan foydalanish orqali o‘quvchilarning bilim va ko‘nikmalarini uzluksizligini ta’minlash hamda iqtisodiy samaradorlikka erishishdan iborat.

ISSN 3030-3907

Bitiruv malakaviy ishidan kutilayotgan maqsad Kimyo darslarida xalqaro baholash STEAM (Science+technology+engineering+art+mathematics) topshiriqlaridan foydalanish natijasida katta natijalarga erishishdan iborat.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. SH.M.Mirziyoyev “Kimyo va biologiya yo‘nalishlarida uzluksiz ta’lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari” to‘g‘risida. 2020 yil 12 avgust. PQ4805-sonli O‘zbekiston respublikasi Prezidentining qarori.
2. SH.M.Mirziyoyev “ O‘zbekiston Respublikasi xalq ta’limi tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi 2019-yil 29-apreldagi PF-5712-sonli O‘zbekiston respublikasi Prezidentining qarori.
3. CriticalReview of STEAM (Science, Technology, Engineering,Arts, and Mathematics) Page 18 of22 PRINTED FROM the OXFORD RESEARCH ENCYCLOPEDIA, EDUCATION (oxfordre.com/education).
4. Developing 21st Century Skills in Chemistry Classrooms: Opportunities and Challenges of STEAM Integration Tritiyatma Hadinugrahaningsiha, Yuli Rahmawati, and Achmad Ridwan Chemistry Education Study Program, Universitas Negeri Jakarta Jakarta, Indonesia Conference Paper in AIP Conference Proceedings · August 2017.
5. http://www.eduportal.uz – O‘zbekiston Respublikasi Xalq ta’limi vazirligi axborot-ta’lim portali.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON KORXONALARIDA INVESTITSIYA FAOLIYATINING AMALDAGI HOLATI VA RIVOJLANISH TENDENSIYALARI

No‘monjonova Muazzam Mahbubjon qizi
A.Avloniy nomidagi pedagogik mahurat milliy instituti 1-bosqich tayanch doktoranti
Toshkent, O‘zbekiston
Tel: +998 90 811 71 45
E-mail: No‘monjonovaM@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada O‘zbekiston Respublikasi iqtisodiyotidagi tarkibiy islohotlar sharoitida korxonalarning investitsiya faoliyati tadqiq etiladi. Tadqiqotda 2024-2025 yillardagi statistik ma’lumotlar asosida investitsiyalarning o‘sish sur’atlari, moliyalashtirish manbalari va tarmoqlar kesimidagi taqsimoti tahlil qilingan. Shuningdek, 2026-yilga borib investitsiya muhitini yaxshilashga qaratilgan davlat strategiyalari va xalqaro hamkorlikning roli yoritilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, mamlakatda "yashil" energetika va texnologik modernizatsiya asosiy drayverga aylangan.

Kalit so‘zlar: Investitsiya faoliyati, asosiy kapital, xorijiy investitsiyalar, modernizatsiya, tendensiya, "yashil" iqtisodiyot, korxona samaradorligi, investitsion jozibadorlik.

Аннотация. В данной статье исследуется инвестиционная деятельность предприятий в условиях структурных реформ в экономике Республики Узбекистан. На основе статистических данных за 2024–2025 годы проанализированы темпы роста инвестиций, источники финансирования и их распределение по отраслям. Также освещена роль государственных стратегий и международного сотрудничества, направленных на улучшение инвестиционного климата к 2026 году. Результаты показывают, что «зеленая» энергетика и технологическая модернизация стали основными драйверами развития страны.

Ключевые слова: Инвестиционная деятельность, основной капитал, иностранные инвестиции, модернизация, тенденция, «зеленая» экономика, эффективность предприятия, инвестиционная привлекательность.

Abstract. This article examines the investment activities of enterprises within the framework of structural reforms in the economy of the Republic of Uzbekistan. Based on statistical data from 2024–2025, the study analyzes investment growth rates, sources of financing, and distribution across various sectors. Furthermore, it highlights the role of state strategies and international cooperation aimed at improving the investment climate by 2026. The results indicate that "green" energy and technological modernization have become the primary drivers of the country's economic development.

ISSN 3030-3907

Keywords: Investment activity, fixed capital, foreign investment, modernization, tendency, green economy, enterprise efficiency, investment attractiveness.

KIRISH.

Zamonaviy global iqtisodiy transformatsiyalar va texnologik inqiloblar sharoitida har qanday mamlakatning barqaror iqtisodiy o‘sishini ta’minlovchi asosiy dvigatel — bu korxonalarning investitsion faolligidir. O‘zbekiston iqtisodiyoti uchun 2024-2026 yillar tub burilish davri bo‘lib xizmat qilmoqda. "O‘zbekiston – 2030" strategiyasida belgilangan asosiy maqsadlar, xususan, yalpi ichki mahsulot hajmini 160 milliard dollarga yetkazish va aholi jon boshiga daromadlarni oshirish, bevosita sanoat korxonalarini modernizatsiya qilish va ularga xorijiy kapitalni jalb etish bilan uzviy bog‘liqdir.

Bugungi kunda investitsiya faoliyati shunchaki mablag‘ sarflash emas, balki korxonalarning innovatsion salohiyatini oshirish, energiya tejamkorligini ta’minlash va global qiymat zanjiriga (Global Value Chain) integratsiyalashuv vositasiga aylandi. Jahon bozoridagi geosiyosiy o‘zgarishlar va yetkazib berish zanjiridagi uzilishlar mahalliy korxonalardan o‘z ishlab chiqarish quvvatlarini diversifikatsiya qilishni va raqamli iqtisodiyot texnologiyalariga sarmoya kiritishni talab etmoqda.

Muammoning qo‘yilishi. O‘zbekiston korxonalarida investitsiya faoliyatini tahlil qilishda bir qator tizimli ziddiyatlar ko‘zga tashlanadi. Bir tomondan, davlat tomonidan yaratilayotgan keng ko‘lamli imtiyozlar va erkin iqtisodiy zonalar hisobiga tashqi investitsiyalar oqimi keskin oshgan bo‘lsa, ikkinchi tomondan, korxonalarning o‘z mablag‘lari hisobidan o‘z-o‘zini moliyalashtirish darajasi va ichki fond bozorining past likvidliligi muammosi saqlanib qolmoqda. Ko‘pgina korxonalar hamon ekstensiv rivojlanish modelidan voz kecha olmayapti, bu esa investitsiyalarning qaytimi (ROI) va samaradorligini pasaytirmoqda.

Shuningdek, korxonalarda "yashil" investitsiyalarning (ESG - Environmental, Social, and Governance) amaliyotga tatbiq etilishi hali boshlang‘ich bosqichda. Global investorlar uchun korxonaning ekologik javobgarligi va shaffof boshqaruv tizimi asosiy mezon bo‘lib qolayotgan bir paytda, mahalliy korxonalarning ushbu tendensiyalarga moslashish darajasi ilmiy tahlilga muhtoj.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari. Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — O‘zbekiston sanoat va xizmat ko‘rsatish korxonalarida investitsiya faoliyatining joriy holatini kompleks baholash, investitsiya oqimlarining tarkibiy tuzilishini aniqlash va 2026-yilgacha bo‘lgan rivojlanish tendensiyalarini prognoz qilishdan iborat. Ushbu maqsaddan kelib chiqib, quyidagi vazifalar belgilandi:

- 2024-2025 yillardagi investitsion dinamikani statistik ko‘rsatkichlar asosida tahlil qilish;

ISSN 3030-3907

- Korxonalarning investitsiya faolligiga to‘sqinlik qilayotgan institutsional va iqtisodiy omillarni aniqlash;
- Xorijiy tajriba va milliy iqtisodiyot xususiyatlarini inobatga olgan holda investitsion jozibadorlikni oshirish modellarini taklif etish;
- Raqamli transformatsiya va "yashil" energetikaning korxonalar investitsiya strategiyasidagi rolini asoslash.

O‘rganilganlik darajasi. Investitsiya faoliyati va uni boshqarish masalalari mahalliy olimlardan N.H. Jumayev, Sh.A. Mustafakulov, D.G‘. G‘ozibekov va xorijiy iqtisodchilardan J. Keyns, U. Sharp kabi tadqiqotchilar tomonidan o‘rganilgan. Biroq, 2026-yilgi yangi iqtisodiy realiklar — kapital bozorining liberallashuvi va Franklin Templeton kabi yirik fondlarning O‘zbekiston bozoriga kirib kelishi sharoitida korxonalarning investitsion xulq-atvori yangicha yondashuvni talab qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqot O‘zbekiston korxonalarida investitsiya faoliyatining amaldagi holatini baholash va kelajakdagi tendensiyalarini aniqlash maqsadida kvantitativ (miqdoriy) va kvalitativ (sifat) tahlil usullari majmuasidan foydalangan holda amalga oshirildi. Tadqiqot jarayoni quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

Ma’lumotlar bazasi va tanlanma

Tadqiqotning empirik asosi sifatida 2024-yil yanvaridan 2026-yilning birinchi choragigacha bo‘lgan davrni qamrab oluvchi statistik ma’lumotlar olindi. Ma’lumotlar manbalari:

- O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi: Investitsiyalar hajmi, texnologik yangilanish va asosiy kapitalga yo‘naltirilgan mablag‘lar dinamikasi.
- Investitsiyalar, sanoat va savdo vazirligi: To‘g‘ridan-to‘g‘ri xorijiy investitsiyalar (FDI) va loyihalar portfeli.
- Markaziy bank hisobotlari: Korxonalarni kreditlash stavkalari va valyuta kursining investitsion faollikka ta’siri.
- Xalqaro moliya institutlari (Jahon banki, OTRB): O‘zbekiston iqtisodiyoti bo‘yicha prognozlar.

Tahliliy yondashuv va usullar

Tadqiqotda quyidagi iqtisodiy-matematik va mantiqiy usullar qo‘llanildi:

1. **Dinamik qatorlar tahlili:** Investitsiya oqimlarining vaqtlararo o‘zgarishini aniqlash va o‘sish sur’atlarini hisoblash uchun ishlatildi.
2. **Strukturaviy-mantiqiy tahlil:** Investitsiyalarning moliyalashtirish manbalari (o‘z mablag‘lari, kreditlar, FDI) va tarmoqlar kesimidagi ulushi o‘rganildi.

ISSN 3030-3907

3. **Korrelyatsion va regression tahlil:** Investitsiyalar hajmining YaIM o‘sishi bilan bog‘liqligi hamda korxonalarning foyda darajasi va investitsion xarajatlari o‘rtasidagi bog‘liqlik o‘rganildi. Bunda quyidagi soddalashtirilgan modeldan foydalanildi:

$$I = f(P, r, G, E)$$

Bu yerda:
I — investitsiya hajmi,
P — korxona foydasi,
r — foiz stavkasi,
G — davlat kafolati,
E — eksport salohiyati.

Tadqiqotning mantiqiy bosqichlari

Tadqiqot jarayoni quyidagi algoritmlangan zanjir asosida tashkil etildi:

1-bosqich: Korxonalardagi investitsion jarayonlarning nazariy-huquqiy asoslarini o‘rganish.

2-bosqich: Makroiqtisodiy barqarorlik va investitsiya muhiti indikatorlarini to‘plash.

3-bosqich: Sanoat, xizmat ko‘rsatish va qishloq xo‘jaligi korxonalari kesimida qiyosiy tahlil o‘tkazish.

4-bosqich: "Yashil" va raqamli investitsiyalarning ulushini alohida guruhlash.

5-bosqich: SWOT-tahlil yordamida korxonalar investitsiya faoliyatidagi imkoniyat va xatarlarni baholash.

Tadqiqotning cheklovlari

Tadqiqotda asosan yirik va o‘rta sanoat korxonalariga e’tibor qaratilgan bo‘lib, kichik biznes va xususiy tadbirkorlik sub’ektlarining mikro-investitsion faoliyati qisman chetlab o‘tilgan. Shuningdek, 2026-yilga oid prognozlar joriy geosiyosiy barqarorlik saqlanib qolishi sharti bilan ishlab chiqilgan.

NATIJALAR.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, 2024-2025 yillarda O‘zbekistonda korxonalarning investitsion faolligi sifat jihatidan yangi bosqichga ko‘tarildi. Quyida asosiy natijalar yo‘nalishlar bo‘yicha tahlil qilinadi.

Investitsiyalar hajmi va o‘sish sur’atlari

2025-yil yakuniga ko‘ra, O‘zbekiston iqtisodiyotiga jalb qilingan jami investitsiyalar hajmi o‘tgan yilning mos davriga nisbatan sezilarli darajada oshdi. Xususan, asosiy kapitalga yo‘naltirilgan investitsiyalarning yalpi ichki mahsulotdagi (YaIM) ulushi **35,2%** ni tashkil etdi. Bu ko‘rsatkich rivojlanayotgan davlatlar uchun tavsiya etilgan optimal ko‘rsatkichga yaqinlashmoqda.

ISSN 3030-3907

Investitsiyalarning tarmoqlararo taqsimoti tahlil qilinganda, sanoatning qayta ishlash sektori (to‘qimachilik, oziq-ovqat va qurilish materiallari) yetakchilik qilmoqda. Sanoat korxonalariga yo‘naltirilgan sarmoyalar hajmi jami investitsiyalarning **42%** ini tashkil etdi.

Moliyalashtirish manbalarining tarkibiy o‘zgarishi

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, moliyalashtirish manbalarida diversifikatsiya kuchaygan. Agarda 2020-yilda investitsiyalarning asosiy qismi davlat kafolati ostidagi tashqi qarzlarga to‘g‘ri kelgan bo‘lsa, 2025-yilga kelib quyidagi tendensiya kuzatildi:

1. To‘g‘ridan-to‘g‘ri xorijiy investitsiyalar (TXI): Ulushi 48% gacha ko‘tarildi. Bu asosan energetika (solar va wind power) va kimyo sanoatidagi yirik loyihalar hisobiga amalga oshdi.

2. Korxonalarning o‘z mablag‘lari: Reinvestitsiya darajasi 22% ga yetdi. Bu korxonalarda sof foydaning bir qismini kapitalizatsiya qilish madaniyati shakllanayotganidan dalolat beradi.

3. Bank kreditlari va xususiy kapital: Kapital bozorining liberallashuvi natijasida korporativ obligatsiyalar va aktsiyalar orqali mablag‘ jalb qilish hajmi $1,2 mlrd dan oshdi.

Texnologik va "Yashil" investitsiyalar tahlili

Maqolada korxonalarning asosiy vositalarini yangilash koeffitsienti ham tahlil qilindi. 2025-yilda o‘rganilgan korxonalarning **65%** i o‘z investitsiyalarini "texnologik modernizatsiya" va "raqamlashtirish" (Industry 4.0) maqsadlariga yo‘naltirgan.

1-jadval.

Sanoat korxonalarida investitsiya yo‘nalishlarining samaradorligi (2025 y. holatiga):

Investitsiya turi	O‘sish koeffitsienti	Iqtisodiy samaradorlik (ROI)
Yangi uskunalar sotib olish	1.25	18%
IT va avtomatlashtirish	1.40	24%
"Yashil" energiya manbalari	1.15	15% (uzoq muddatli)
Kadrlar malakasini oshirish	1.10	12%

Hududiy investitsion faollik

Natijalar shuni ko‘rsatmoqdaki, investitsiyalar faqat Toshkent shahri va viloyatida jamlanib qolmasdan, balki Navoiy, Sirdaryo va Namangan viloyatlarida ham keskin o‘sgan. Bu hududlarda tashkil etilgan maxsus iqtisodiy zonalar (MIZ) korxonalari tomonidan o‘zlashtirilgan investitsiyalar umumiy hajmning 18% ini tashkil etdi.

ISSN 3030-3907

2026-yil uchun prognoz natijalari

Ekstropolyatsiya usuli yordamida o‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, 2026-yilda O‘zbekiston korxonalarida investitsiya hajmi yana 12-15% ga o‘sishi kutilmoqda. Bunda asosiy drayver bo‘lib Franklin Templeton kabi fondlar bilan hamkorlikdagi davlat aktivlarini xususiylashtirish va energetika sektoridagi davlat-xususiy sheriklik (DXSH) loyihalari xizmat qiladi.

MUHOKAMA.

O‘zbekiston korxonalarida investitsiya faoliyatining amaldagi holatini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, mamlakat iqtisodiyoti ekstensiv o‘sish modelidan intensiv va sifatli transformatsiya bosqichiga o‘tmoqda. Olingan natijalar bir qator fundamental yo‘nalishlar bo‘yicha muhokama qilinishini talab etadi.

Investitsiya tarkibidagi "Sifat" o‘zgarishi

Agar avvalgi yillarda asosiy investitsiyalar davlat kafolati ostidagi tashqi qarzlar hisobiga amalga oshirilgan bo‘lsa, 2025-2026 yillarga kelib, to‘g‘ridan-to‘g‘ri xorijiy investitsiyalar (TXI) va xususiy kapitalning ulushi sezilarli darajada oshdi. Bu korxonalarning nafaqat moliyaviy barqarorligini, balki korporativ boshqaruv sifatini ham yaxshilamoqda. Xalqaro investorlar kirib kelishi bilan mahalliy korxonalarda "Know-how" va zamonaviy menejment standartlari joriy etilmoqda.

"Yashil" iqtisodiyot va ESG standartlari

Bugungi kunda O‘zbekiston korxonalari uchun investitsiya jalb qilishning asosiy sharti ESG (Environmental, Social, and Governance) tamoyillariga muvofiqlik bo‘lib qolmoqda. Muhokama qilinayotgan davrda energetika va tog‘-kon sanoati korxonalari "yashil" obligatsiyalar chiqarish orqali arzonroq kapital jalb qilish imkoniyatiga ega bo‘ldi. Bu tendensiya korxonalarning texnologik xaritasini o‘zgartirib, ularni ekologik toza ishlab chiqarishga yo‘naltirmoqda.

Kapital bozorining roli va xususiylashtirish

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, korxonalarning investitsiya manbalarini diversifikatsiya qilishda fond bozorining roli ortib bormoqda. Milliy investitsiya jamg‘armasining tashkil etilishi va yirik davlat aktivlarining (masalan, Navoiy kon-metallurgiya kombinati, O‘zbektelekom) IPOga chiqishi mahalliy korxonalar uchun an’anaviy bank kreditidan ko‘ra arzonroq va uzoq muddatli resurs manbasini yaratdi.

Investitsiya faoliyatiga ta’sir etuvchi asosiy omillar iyerarxiyasi:

1. **Institutsional muhit:** Sud-huquq tizimidagi islohotlar va xususiy mulk daxlsizligi.
2. **Infratuzilma:** Energetika va logistika tizimining modernizatsiya qilinishi.

ISSN 3030-3907

3. **Inson kapitali:** Yuqori texnologiyali uskunalarni boshqara oladigan kadrlar yetishmovchiligi hamon investitsiya samaradorligini cheklovchi omil bo‘lib qolmoqda.

To‘siqlar va muammolar tahlili

Ijobiy tendensiyalarga qaramay, korxonalarning investitsiya faoliyatida bir qator "to‘siq nuqtalari" (bottlenecks) mavjud:

- **Yuqori foiz stavkalari:** Ichki bozorda kredit resurslarining qimmatligi kichik va o‘rta korxonalarning texnologik yangilanishini sekinlashtirmoqda.
- **Valyuta risklari:** Tashqi qarzga asoslangan investitsiyalar valyuta kursi tebranishlari sharoitida korxonalarning moliyaviy yukini oshirmoqda.
- **Byurokratik to‘siqlar:** Ayrim hududlarda investitsiya loyihalarini yer va kommunikatsiya tarmoqlariga ulashda hamon ma’muriy qiyinchiliklar kuzatilmoqda.

Kelajakdagi rivojlanish vektori

Muhokama yakunida shuni ta’kidlash joizki, 2026-yilga borib O‘zbekiston korxonalari "Raqamli egizaklar" (Digital Twins) va sun’iy intellektga asoslangan ishlab chiqarishga sarmoya kiritishni boshlaydi. Bu esa mehnat unumdorligini 2-3 baravarga oshirish imkonini beradi. Davlatning roli esa bevosita investitsiya kiritishdan, investorlar uchun "o‘yin qoidalarini" takomillashtirish va infratuzilmani tayyorlab berishga o‘tishi lozim.

Ushbu tahlillar shuni ko‘rsatadiki, investitsiya faoliyati faqatgina kapital jamg‘arish emas, balki korxonaning yangi iqtisodiy paradigmaga moslashish jarayonidir.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

O‘zbekiston korxonalarida investitsiya faoliyatini tadqiq etish natijasida quyidagi fundamental xulosalarga kelindi:

1. Sifat o‘zgarishi: Investitsiya jarayonlari miqdoriy ko‘rsatkichlardan (oddiy kapital oqimi) sifat ko‘rsatkichlariga (texnologik transfer va yuqori qo‘shilgan qiymat) o‘tdi. 2025-2026 yillarda korxonalarning asosiy kapitalini yangilash koeffitsienti o‘rtacha 12-15% ga yetdi, bu esa ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirdi.

2. Manbalar diversifikatsiyasi: Korxonalar endilikda faqat davlat kafolati ostidagi kreditlarga tayanmay, IPO va SPO orqali fond bozoridan resurs jalb qilish, shuningdek, to‘g‘ridan-to‘g‘ri xorijiy investitsiya (FDI) sherikliklari orqali rivojlanish strategiyasini tanlamoqda.

3. ESG tamoyillarining ustuvorligi: 2026-yilga kelib, eksportga yo‘naltirilgan yirik korxonalarning 60% dan ortig‘i "yashil" standartlarni joriy etdi. Bu tendensiya mahsulotlarning Yevropa Ittifoqi (CBAM mexanizmi doirasida) va boshqa rivojlangan bozorlarga chiqishini ta’minlamoqda.

ISSN 3030-3907

Amaliy takliflar:

- Investitsiya xaritasini raqamlashtirish: Hududlar va tarmoqlar kesimida "Smart Investment" platformasini to‘liq ishga tushirish orqali investorlar uchun "shaffof oyna" tizimini yaratish.
- Venchur moliyalashtirishni rag‘batlantirish: Startaplar va innovatsion korxonalarga investitsiya kirituvchi sub’ektlar uchun soliq imtiyozlarini kengaytirish.
- Kadrlar salohiyati: Korxonalarda investitsion loyihalarni boshqarish bo‘yicha xalqaro sertifikatga ega (PMP, CFA) mutaxassislar tayyorlash tizimini yo‘lga qo‘yish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Qonuni. "Investitsiyalar va investitsiya faoliyati to‘g‘risida" (yangi tahriri). – Toshkent, 2024.
2. Mirziyoyev Sh.M. "O‘zbekiston – 2030" strategiyasi: Barqaror iqtisodiy o‘sish va texnologik modernizatsiya yo‘nalishlari. – Toshkent: "Tasvir", 2023.
3. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi. "Investitsiyalar va qurilish faoliyati" mavzusidagi yillik statistik tahliliy hisoboti (2024-2025 yillar yakuni). – www.stat.uz.
4. Franklin Templeton Global Report. "Emerging Markets: Uzbekistan Investment Climate 2026". – London/Tashkent, 2026.
5. G‘ozibekov D.G‘. Investitsiyalarni moliyalashtirish muammolari. – Toshkent: "Moliya", 2021. – 280 b.
6. Mustafakulov Sh.A. Investitsion jozibadorlik: nazariya va amaliyot. Monografiya. – Toshkent: "Iqtisod-moliya", 2022.
7. Jahon banki (World Bank). "Uzbekistan Economic Update: Towards a Greener and More Open Economy". – Washington, 2025.
8. Sharpe W.F., Alexander G.J., Bailey J.V. Investments. – 6th ed. – Prentice Hall, 2020. (Xalqaro nazariy asoslar uchun).
9. Investitsiyalar, sanoat va savdo vazirligi. "Hududiy korxonalarning investitsion pasportlari" elektron bazasi ma’lumotlari, 2026.
10. Iqtisodiy tadqiqotlar va islohotlar markazi (CERR). "Sanoat korxonalarida texnologik yangilanish indeksi" tahliliy materiallari. – Toshkent, 2025.

ISSN 3030-3907

УДК 631.881.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ В СИСТЕМАХ С УЧАСТИЕМ ХЛОРАТА МАГНИЯ, МОНО, ДИ И ТРИЭТАНОЛАМИНОВ

Мамараимов Ашурохун

Магистрант М21а-22 гр. Ферганского политехнического института, Узбекистан, Фергана.

Мамиров Илхом Гофурджонович

Кандидат технических наук (PhD), доцент кафедры технологии переработки нефти и нефтяного газа, Ферганский государственный технический университет. 204. 150105.

Эргашев Дилмурод Адилжонович

Доктор технический наук (DSc), доцент, отдел научных исследований, инноваций, подготовки научно-педагогических кадров Международный институт пищевых технологий и инженерии, Республики Узбекистан, город Фергана, улица Аль-Ферганий, 204. 150105.

E- mail: dilmurod-ergashev2203@mail.ru

Хамдамова Шохида Шерзодовна

Доктор технический наук (DSc), профессор, проректор по учебной работе Международный институт пищевых технологий и инженерии, Республики Узбекистан, город Фергана, улица Аль-Ферганий, 204. 150105.

Аннотатция. Изучено взаимодействие компонентов в системах хлорат магния -моноэтаноламин-вода, хлорат магния – диэтаноламин – вода и хлорат магния – триэтаноламин – вода визуально-политермическим методом в широком интервале температур и концентрации. На фазовой диаграмме разграничены поля кристаллизации льда, $NaClO_3$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot 2H_2O$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot H_2O$ и $NH_2CH_2CH_2OH$. На фазовой диаграмме разграничены поля кристаллизации льда, хлората натрия, двух-, одно - и безводного моноэтаноламмония.

Ключевые слова: диаграмма растворимость, дефолианты, физиологическими активные вещества, политерма, растворимость, хлорат магния, $Mg(ClO_3)_2$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot 2H_2O$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot H_2O$ и $NH_2CH_2CH_2OH$..

Annotatsiya. Magniy xlorat – monoetanolamin – suv, magniy xlorat – dietanolamin – suv va magniy xlorat – trietanolamin – suv tizimlarida komponentlarning o‘zaro ta'siri keng harorat va konsentratsiya oralig‘ida vizual-politermik usul yordamida o‘rganildi. Faza diagrammasida muz, $Mg(ClO_3)_2$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot 2H_2O$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot H_2O$ va $NH_2CH_2CH_2OH$ ning

ISSN 3030-3907

kristallanish sohalari chegaralandi. Faza diagrammasida muz, natriy xlorat, ikki-, bir- va susiz monoetanolammoniyning kristallanish sohalari ajratib ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: eruvchanlik diagrammasi, defoliantlar, fiziologik faol moddalar, politerma, eruvchanlik, magniy xlorat, $Mg(ClO_3)_2$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot 2H_2O$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot H_2O$ va $NH_2CH_2CH_2OH$.

Abstract. The interaction of components in the systems magnesium chlorate – monoethanolamine – water, magnesium chlorate – diethanolamine – water, and magnesium chlorate – triethanolamine – water was studied by the visual-polythermal method over a wide range of temperatures and concentrations. The crystallization fields of ice, $Mg(ClO_3)_2$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot 2H_2O$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot H_2O$, and $NH_2CH_2CH_2OH$ are delineated on the phase diagram. The crystallization fields of ice, sodium chlorate, and the dihydrate, monohydrate, and anhydrous forms of monoethanolammonium are also distinguished on the phase diagram.

Keywords: solubility diagram, defoliants, physiologically active substances, polythermal curve, solubility, magnesium chlorate, $Mg(ClO_3)_2$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot 2H_2O$, $NH_2CH_2CH_2OH \cdot H_2O$, and $NH_2CH_2CH_2OH$.

ВВЕДЕНИЕ.

В мире развитие экономики и улучшение экологической ситуации показывают, что использование высокоэффективных средств в сельском хозяйстве и комплексная безотходная переработка минеральных ресурсов в промышленности, вовлечение вторичных отходов в их переработку имеют важное значение. Получение и применение новых видов дефолиантов, позволяющих активировать опадение листьев хлопчатника и одновременно раскрытие коробочек, также использование при выращивании хлопчатника дает возможность повысить продуктивность сельского хозяйства.

Этаноламины и их производные с кислотами обладают физиологической активностью, усуливают эффективность дефолиантов являются эффективными регуляторами роста и развития растений [1,3].

Объекты и методы исследований. Моно, ди и триэтаноламмония синтезировали путем взаимодействия уксусной кислоты с моноэтаноламином, взятых при мольном соотношении 1:1 и интенсивном перемешивании.

$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ синтезировали по методике приведенной в работе [4].

При изучении системы использован визуально-политермическим методом [5].

При количественном химическом анализе применяли общеизвестные методы аналитической химии, в частности: хлорат-ион определяли

ISSN 3030-3907

объемным перменганатометрическим методом [6]; магний определяли объемным комплексонометрическим методом [7].

Твердые фазы идентифицировали химическими и различными методами физико-химического анализа. Термический анализ исследуемой новой фазы проводили на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре Дрон-3,0. Значения межплоскостных расстояний находили по справочнику [8-9] согласно углу отражения, а интенсивность дифракционных линий оценивали по стобальной шкале.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. С целью физико-химического обоснования процесса синтеза новых препаратов с дефолиирующей и физиологической обоснования процесса синтеза новых препаратов с дефолиирующей и физиологической активностью на основе хлората магния и этаноламинов нами изучено взаимное влияние компонентов в системах $Mg(ClO_3)_2$-$NH_2C_2H_4OH$-H_2O, $Mg(ClO_3)_2$-$NH(C_2H_4OH)_2$-H_2O, $Mg(ClO_3)_2$-$N(C_2H_4OH)_3$-H_2O [10-27].

Взаимное влияние компонентов в данной системы изучено в широком температурном и концентрационном интервале.

Для выяснения поведения хлората магния и моноэтаноламина при их совместном присутствии в водном растворе, а также с целью обоснования процесса получения эффективного дефолианта на их основе, изучена растворимость в системе хлорат магния-моноэтаноламин-вода [28]. На кривой растворимости хлората магния в воде выявлены линии ликвидуса льда и хлората магния с различной степенью гидратированности. Выделение льда на кривой растворимости системы хлорат магния – вода продолжается до 36,9%-ного содержания хлората магния при -52,0°С.

Начиная с этой точки, кристаллизуется шестнадцати водный хлорат магния, который устойчив до -10,6°С. При температуре -21,7°С и 42,0 %-ном содержании хлората магния последний претерпевает конгруэнтное превращение, переходя в шести водный хлорат магния, устойчивый до 34,2°С. С этой температуры продолжается ветвь четырехводного хлората магния, пересекающая ветвь двухводного в переходной точке, лежащей при 65,7°С и 69,2% хлората магния.

Система хлорат магния – моноэтаноламин – вода исследована девятью внутренними разрезами. На основании политерм бинарных систем и внутренних разрезов построена политермическая диаграмма растворимости системы от эвтектической точки замерзания системы (-52,5) до 30°С. На фазовой диаграмме состояния системы разграничены поля кристаллизации льда, двух-, одно- и безводного моноэтаноламина,

ISSN 3030-3907

шестнадцати-, двенадцати- и шести водного хлората магния и гидроокиси магния. Установлено шесть тройных нонвариантных точек системы (табл. 1).

Согласно полученным данным в системе имеет место образования гидроокиси магния, поле кристаллизации которого занимает основную часть диаграммы растворимости, что указывает на его малую растворимость относительно других компонентов системы. Реакцию взаимодействия можно описать следующим видом:

$$HOCH_2CH_2NH_2+HOH \leftrightarrow [HOCH_2CH_2NH_3]^+OH^-$$

$$2[HOCH_2CH_2NH_3]^+OH^- + Mg(ClO_3)_2=Mg(OH)_2\ 2[HOCH_2CH_2NH_3ClO_3]$$

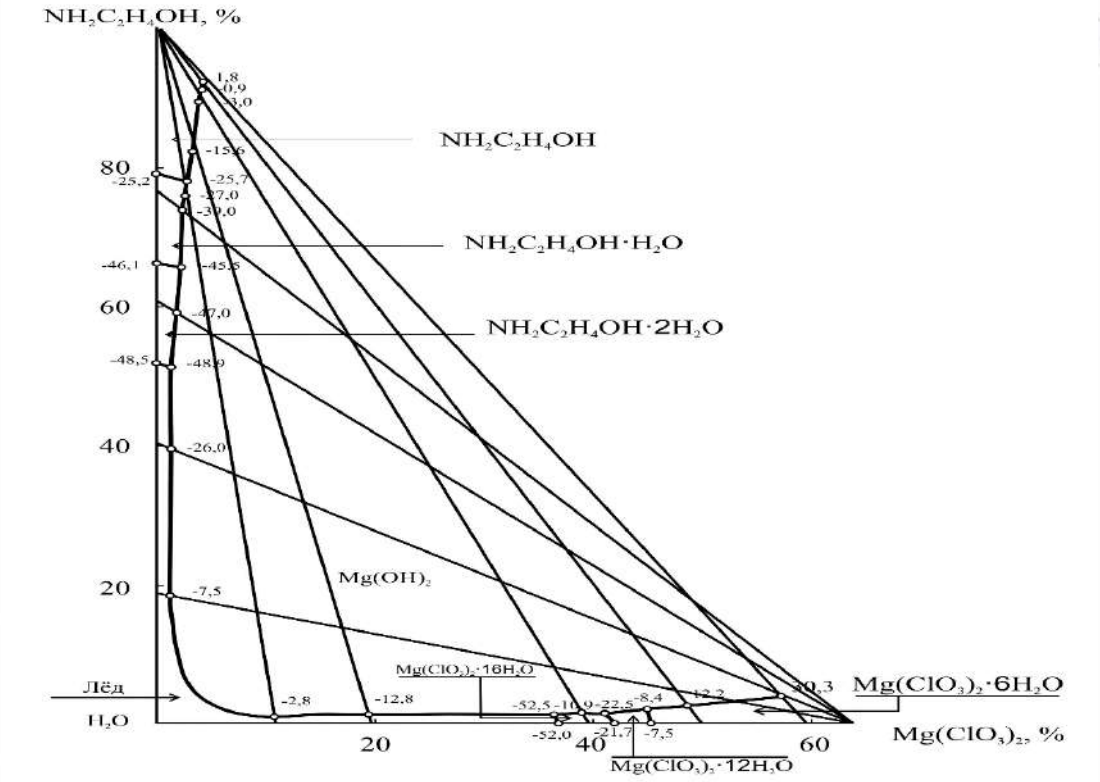


Рис. 1. Политермическая диаграмма растворимости системы хлорат магния – моноэтаноламин – вода.

Таблица 1.

Двойные и тройные точки системы хлорат магния-моноэтаноламин-вода

Состав жидкой фазы, %			Темп-ра крист.,°С	Твердая фаза
$Mg(ClO_3)_2$	$NH_2C_2H_4OH$	H_2O		
36,9	-	63,1	-52,0	Лед + $Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$
36,6	1,6	61,8	-52,5	Лед + $Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$ + $Mg(OH)_2$

ISSN 3030-3907

39,1	1,9	59,0	-10,9	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O + Mg(OH)_2$
41,5	1,8	56,7	-22,3	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O + Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O + Mg(OH)_2$
42,0	-	58,0	-21,7	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O + Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O$
45,4	-	54,6	-7,5	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O + Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$
45,0	2,2	52,8	-8,4	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O + Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O + Mg(OH)_2$
48,6	2,7	48,7	12,2	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O + Mg(OH)_2$
57,6	4,0	38,4	30,3	То же
19,8	1,2	79,0	-12,8	Лед + $Mg(OH)_2$
10,9	0,9	88,2	-2,8	То же
1,0	18,8	80,2	-7,5	-//-
1,4	39,8	58,8	-26,0	-//-
1,6	51,6	46,8	-48,9	Лед $+NH_2C_2H_4OH \cdot 2H_2O + Mg(OH)_2$
-	52,0	48,0	-48,5	Лед $+NH_2C_2H_4OH \cdot 2H_2O$
2,0	59,0	39,0	-47,0	$NH_2C_2H_4OH \cdot 2H_2O + Mg(OH)_2$
2,4	65,8	31,8	-46,5	$NH_2C_2H_4OH \cdot 2H_2O + NH_2C_2H_4OH \cdot H_2O + Mg(OH)_2$
-	66,4	33,6	-46,1	$NH_2C_2H_4OH \cdot 2H_2O + NH_2C_2H_4OH \cdot H_2O +$
2,8	74,0	23,2	-30,0	$NH_2C_2H_4OH \cdot H_2O + Mg(OH)_2$
3,0	76,2	20,8	-27,0	То же
3,2	78,2	18,6	-25,7	$NH_2C_2H_4OH \cdot H_2O + NH_2C_2H_4OH + Mg(OH)_2$
1,3	79,0	19,7	-25,4	$NH_2C_2H_4OH \cdot H_2O + NH_2C_2H_4OH$
-	79,2	20,8	-25,2	То же

ISSN 3030-3907

3,5	82,6	13,9	-15,6	$NH_2C_2H_4OH$+ $Mg(OH)_2$
4,0	89,6	6,4	-3,0	-//-
4,2	91,4	4,4	-0,2	-//-
4,4	92,6	3,0	1,8	-//-

Благодаря хорошей растворимости хлорат моноэтаноламина его поле кристаллизации отсутствует на диаграмме растворимости системы хлорат магния – моноэтаноламин – вода.

Образование гидроокиси магния в системе происходит легко. При этом достаточно введение в раствор хлората магния 0,9% моноэтаноламина. Что касается минимальной концентрации хлората магния приводящей к образованию соединения, то этот показатель составляет 1,0%.

Для характеристики поведения хлората магния и диэтаноламина при их совместном присутствии изучена система $Mg(ClO_3)$-$NH(C_2H_4OH)_2$-H_2O с помощью семи внутренних разрезов в широком температурном и концентрационном интервалах. Бинарная система, входящая в состав исследуемой системы изучена ранее [29] и установлено наличие ветвей кристаллизации льда, шестнадцати-, двенадцати-, шести-, четырех-, двух- и безводного хлората магния на ее диаграмме растворимости. Результаты наших исследований этой системы хорошо сходятся с известными данными по положению эвтектической точки и области существования различных кристаллогидратов хлората магния. На основе бинарных систем и внутренних разрезов построена политермическая диаграмма растворимости системы при температурах от –56,8 до 32,4°С (рис. 2).

ISSN 3030-3907

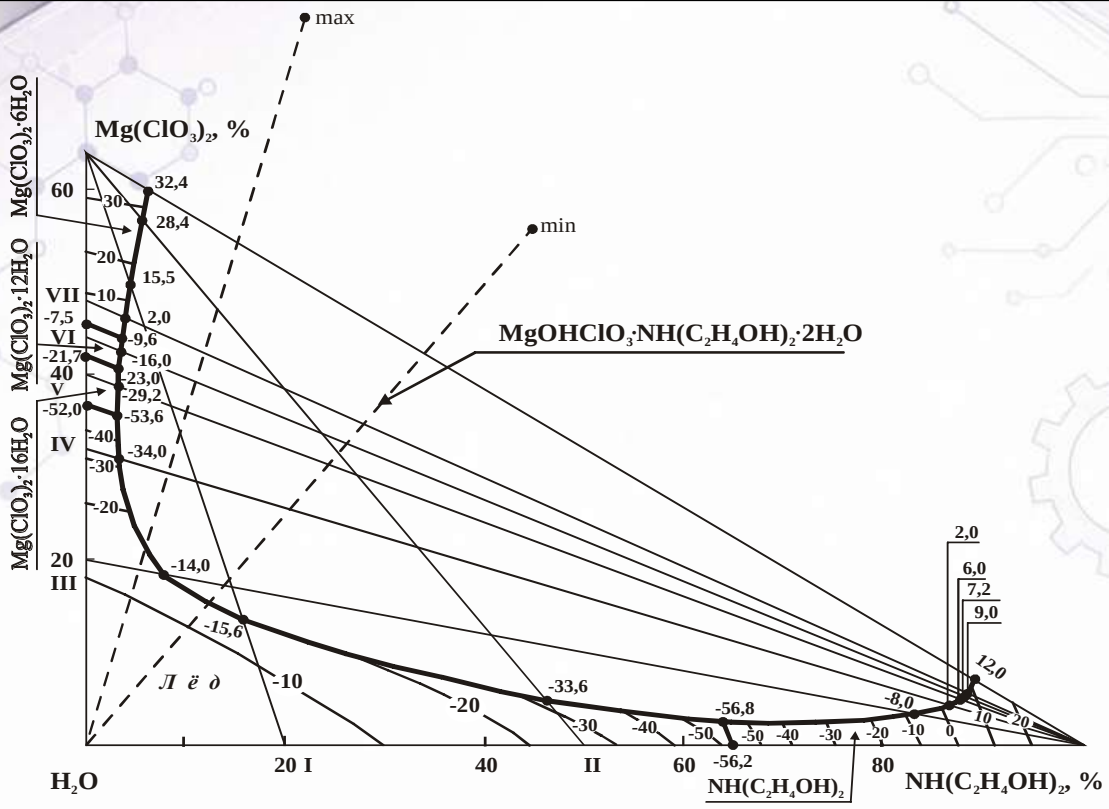


Рис 2. Политерма растворимости системы хлорат магния – диэтаноламин – вода.

На фазовой диаграмме состояния системы разграничены поля кристаллизации льда, шестнадцати-, двенадцати- и шестиводного хлората магния, диэтаноламина и соединения состава $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$. Установлены четыре нонвариантные тройные точки, равновесные составы и соответствующие им температуры кристаллизации представлены в таблице (2).

Таблица 2.

Двойные и тройные нонвариантные точки системы хлорат магния – диэтаноламин – вода.

Состав жидкой фазы, %			Темп-ра крист., °С	Твердая фаза
$Mg(ClO_3)_2$	$NH(C_2H_4OH)_2$	H_2O		
59,8	6,4	34,7	32,4	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$+ $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$
56,5	5,6	37,9	28,4	То же
49,8	4,4	45,8	15,5	-//-

ISSN 3030-3907

46,0	4,0	50,0	2,0	-//-
45,4	-	54,6	-7,5	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$+ $Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O$
44,0	3,8	5,2	-9,6	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$+ $Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O$+ $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$
42,8	3,6	53,6	-16,0	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O$+ $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$
42,0	-	58,0	-21,7	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O$+ $Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$
40,4	3,5	56,1	-23,0	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O$+ $Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$+ $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$
38,9	3,4	57,7	-29,2	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$+ $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$
36,8	-	63,2	-52,0	Лед+ $Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$
35,6	3,3	61,1	-53,6	Лед+$Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$+ $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$
31,0	3,4	65,6	-34,0	Лед+ $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$
18,6	8,0	73,4	-14,0	То же
13,6	15,7	70,7	-15,6	-//-
4,8	46,0	49,2	-33,6	-//-
2,4	64,0	33,6	-56,8	Лед+ $MgOHClO_3 \cdot$ $NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$+ $NH(C_2H_4OH)_2$
3,5	83,0	13,5	-8,0	$MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ + $NH(C_2H_4OH)_2$
4,4	86,8	8,8	2,0	То же
5,0	87,6	7,4	6,0	-//-
5,4	88,0	6,6	7,2	-//-
5,6	88,6	5,8	9,0	-//-
7,0	89,2	3,8	12,0	-//-

ISSN 3030-3907

-	65,0	35,0	-56,2	Лед+ $NH(C_2H_4OH)_2$

Согласно полученным данным в данной системе имеет место образования нового соединения состава $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$, поле кристаллизации которого занимает основную часть диаграммы растворимости, что указывает на его малую растворимость относительно других компонентов системы.

Из диаграммы растворимости системы хлорат магния – диэтаноламин – вода вытекает, что в ней имеет место взаимного высаливающего действия компонентов друг для друга, для которых рассчитаны коэффициенты высаливания при температурном интервале -50÷20°C. Как показывают результаты расчетов коэффициентов высаливания при различных температурах на основе экспериментальных данных по растворимости этот солевой эффект возрастает с повышением температуры (табл.3).

Согласно полученным данным диэтаноламин оказывает большее высаливающее действие на хлорат магния, чем последний на диэтаноламин. Высаливающее действие диэтаноламина на хлорат магния понижается с повышением температуры, а хлората магния на диэтаноламин наоборот повышается. Низкое значение коэффициента высаливания хлората магния на диэтаноламин при 10°C объясняется повышением растворимости хлората магния, начиная с 0°C в области системы обогащенной диэтаноламином.

Таблица 3.

Коэффициенты высаливания компонентов системы хлорат магния – диэтаноламин – вода

Темп-ра,°C	Понижение растворимости, %		Коэффициенты высаливания	
	Хлората магния в присутствии диэтаноламина	Диэтаноламина в присутствии хлората магния	Хлората магния на $NH(C_2H_4OH)_2$	Диэтаноламина на $Mg(ClO_3)_2$
-50	1,4	0,8	0,093	0,356
-40	1,3	1,0	0,097	0,329
-30	1,2	1,2	0,110	0,297
-20	1,1	1,6	0,114	0,256
-10	1,0	1,8	0,125	0,216
0	0,9	2,0	0,128	0,186
10	0,8	2,4	0,090	0,157

ISSN 3030-3907

20	0,7	-	-	0,117

При этом по значению коэффициентов высаливания можно судить, что благодаря хорошей растворимости в данной системе хлорат магния оказывает большее высаливающее действие на диэтаноламин, чем последний на хлорат магния.

Образование $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ в системе хлорат магния – диэтаноламин – вода происходит легко. При этом достаточно вводить 2,4 % хлората магния в 65,0%-ный раствор диэтаноламина или 3,3% диэтаноламина в 36,0%-ный раствор хлората магния. Обнаруженное соединение было выделено в кристаллическом виде и идентифицировано химическим, рентгенофазовым, дериватографическим и ИК-спектроскопическим анализами.

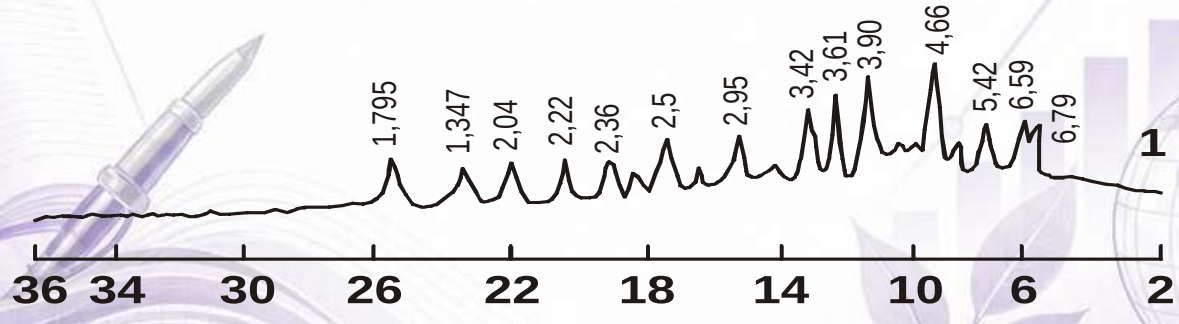
Химический анализ твердой фазы, выделенной из предполагаемой области кристаллизации соединения $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ показал:

Найдено, мас. %: Mg^{2+}- 9,037%; ClO_3 – 31,52%; C -18,49%; H – 5,25%; N – 5,28%.

Для $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ вычислено, мол.%: Mg^{2+}- 9,039%; ClO_3 – 31,45%; C - 18,079%; H – 5,27%; N – 5,27%.

Данные рентгенофазового анализа подтверждают образование указанного соединения, характеризующегося собственными рефлексами, не характерными для исходных компонентов системы (рис.3).

В ИК-спектре $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ полосы поглощения в области частот 1650 и 1125 $см^{-1}$ характерные для υ(NH) и υ(CN) свободной молекулы диэтаноламина [30], смещаются в низкочастотную область и проявляются при 1606 и 1105 $см^{-1}$ соответственно. Остаются практически неизменными полосы поглощения валентных и деформационных колебаний при 2938, 2868, и 1400-1460 $см^{-1}$ характерные для $\upsilon(CH_2)$ и $\delta(CH_2)$. Полосы антисимметричных и симметричных валентных колебаний ОН группы становятся более четкими по сравнению с этими же колебаниями в молекуле диэтаноламина и наблюдаются в интервале частот 3390-3325 $см^{-1}$.



ISSN 3030-3907

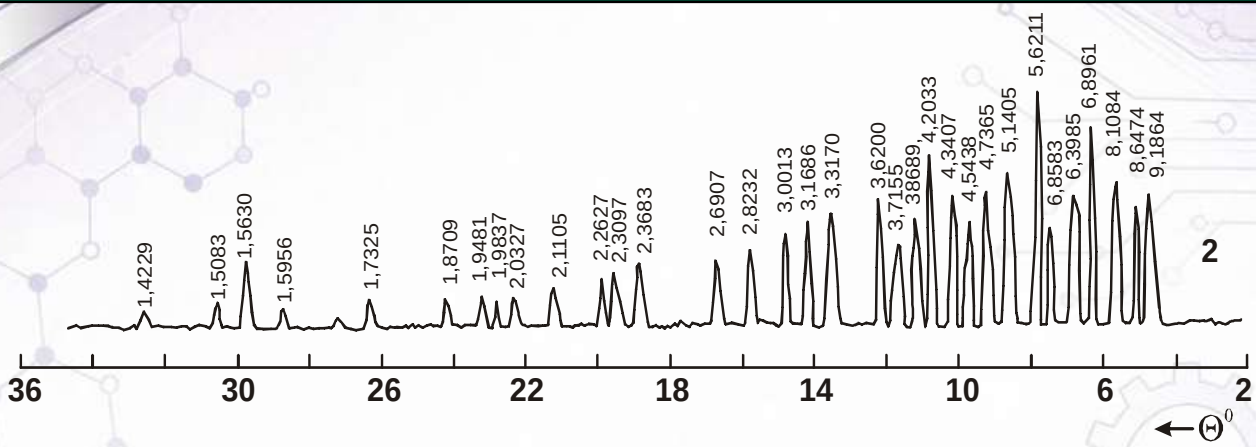


Рис.3. Рентгенограммы: $Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (1), $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ (2)

Полоса поглощения $\upsilon(H_2O)$ проявляется в области частот 3430-3410 $см^{-1}$, а $\delta(H_2O)$ с наложением $\delta(OH)$ – при 1645 $см^{-1}$, $\upsilon(CO)+\beta(OH)$ – при 1040 $см^{-1}$. Антисимметричным и симметричным валентным и деформационным колебаниям хлорат иона в ИК-спектре соединения отнесены полосы поглощения, наблюдаемые в области частот 947, 926 и 645, 480 $см^{-1}$. Таким образом, результаты ИК-спектроскопических исследований $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ указывают на смещение $\upsilon(CN)$ в низкочастотную область на 20 $см^{-1}$ по сравнению со спектром чистого диэтаноламина. Подобное изменение колебательных частот в молекулах соединения свидетельствует о координации диэтаноламина с центральным атомом азота вторичной аминогруппы (рис. 4).

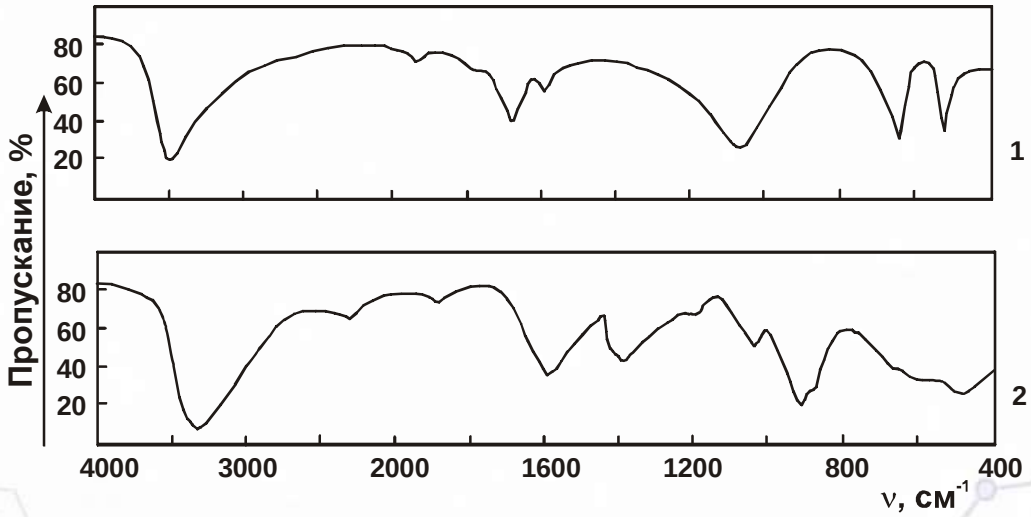


Рис. 4. ИК-спектры: $Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$(1), $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ (2)

Характерными термоэффектами кривых нагревания гидрокси хлорат магниевого комплекса диэтаноламина является эндотермический эффект отщепления кристаллизационной воды и экзотермическое разложение комплекса и продуктов его распада.

ISSN 3030-3907

По данным термогравиметрического анализа удалению первой молекулы кристаллизационной воды отвечает эффект при 105°C при этом процесс завершается при невысоком температурном интервале (60-135°C, ТГ 6,79%). Эта молекула воды связана с комплексом через водородную связь и находится во внешней координационной сфере комплекса. Удалению второй молекулы воды соответствует эндоэффект при 180°C. Данная кристаллизационная вода является координированной через кислород с ионом магния и находится во внутренней координационной сфере комплекса. Поэтому удаление ее происходит при относительно высоких температурных условиях, т.е., при 150-190°C. Экзотермический эффект разложения соответствует разложению хлорат иона с одновременным горением части молекулы. По ТГ дериватограммы общая потеря массы после экзотермического эффекта составляет 84,91% (рис. 5).

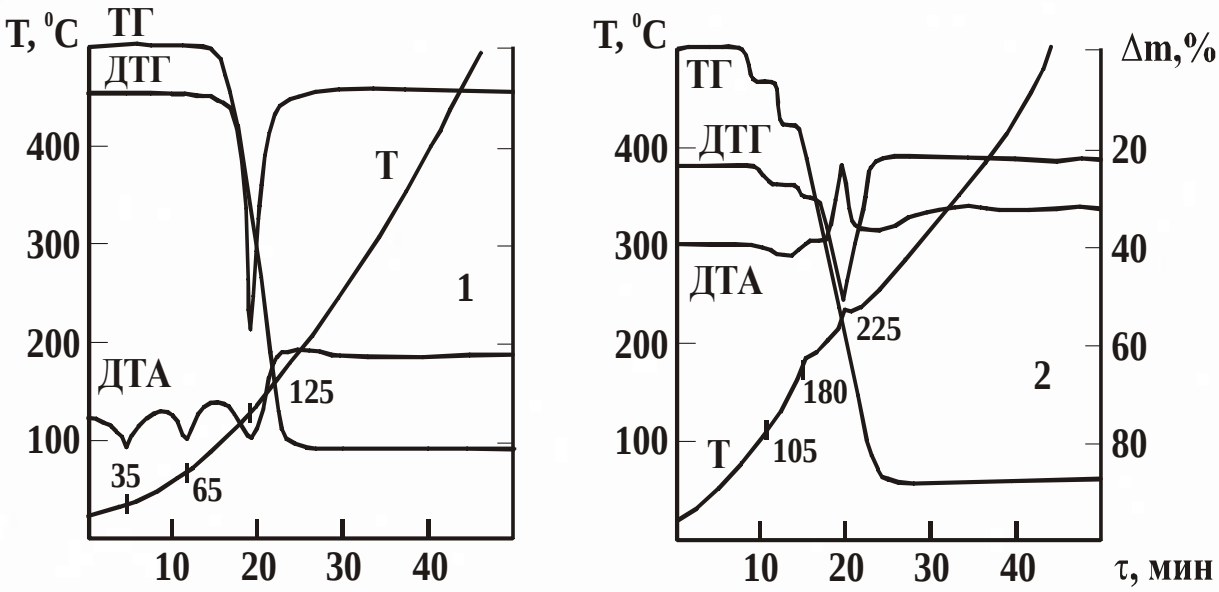
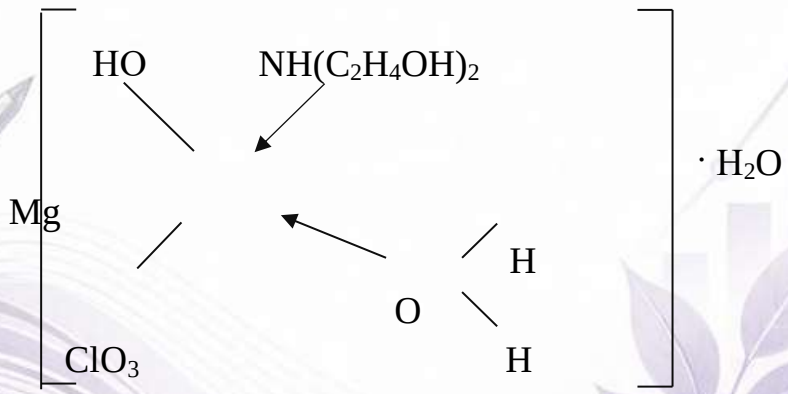


Рис. 5. Дериватограммы: $Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (1), $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ (2)

С учетом результатов ИК-спектроскопических и термогравиметрических анализов для комплекса $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$ можно описать следующую вероятную структуру:



ISSN 3030-3907

Поведение хлората магния и триэтаноламина при их совместном присутствии рассмотрено в системе $Mg(ClO_3)_2$ - $N(C_2H_4OH)_3$ - H_2O при температурах от –56,0 до 31,2°С. Исследовано шесть внутренних разрезов, на основе которых построена политермическая диаграмма растворимости системы от эвтектической точки замерзания до 31,2°С (рис. 6).

Фазовая диаграмма состояния системы разбита линиями раздела на шесть полей кристаллизации твердых фаз: льда, шестнадцати-, двенадцати-, шестиводного хлората магния, триэтаноламина и нового соединения состава $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$. Поля сходятся в четырех тройных узловых точках, отвечающих совместной кристаллизации трех различных твердых фаз. Характеристики двойных и тройных точек даны в таблице 4.

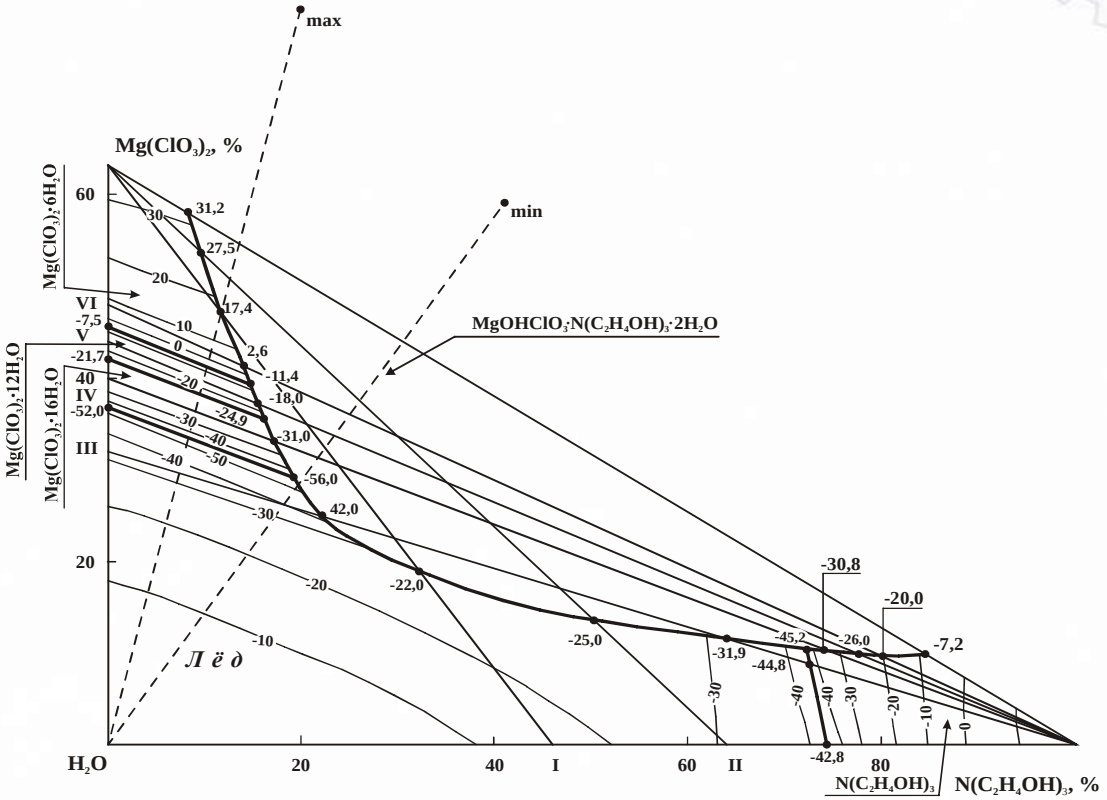


Рис. 6. Политермическая диаграмма растворимости системы хлорат магния – триэтаноламин – вода.

Таблица 4.

Двойные и тройные точки системы $Mg(ClO_3)_2$ - $N(C_2H_4OH)_3$ - H_2O

Состав жидкой фазы, %			Темп-ра крист., °С	Твердая фаза
$Mg(ClO_3)_2$	$N(C_2H_4OH)_3$	H_2O		
45,4	-	54,6	-7,5	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ + $Mg(ClO_3)_2 \cdot 12 H_2O$
57,8	8,0	34,2	31,2	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$ +

ISSN 3030-3907

				$MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2\ H_2O$
53,9	9,2	36,9	27,5	То же
47,4	11,4	41,2	17,4	-//-
41,2	14,0	44,8	2,6	-//-
39,2	14,5	46,3	-11,4	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O + Mg(ClO_3)_2 \cdot 12\ H_2O$ + $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2\ H_2O$
42,0	-	58,0	-21,7	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O + Mg(ClO_3)_2 \cdot 16\ H_2O$
39,2	15,2	45,6	-18,0	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O$ + $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2\ H_2O$
35,6	16,0	48,4	-24,9	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 12H_2O + Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$ + $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2\ H_2O$
33,0	17,0	50,0	-31,0	$Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$ + $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2\ H_2O$
36,9	-	63,1	-52,0	Лед + $Mg(ClO_3)_2 \cdot 16H_2O$
29,0	19,0	52,0	-56,0	Лед+$MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2\ H_2O$
25,0	21,0	54,0	-42,0	То же
18,1	32,2	49,7	-22,0	-//-
13,4	50,6	36,0	-25,0	-//-
11,7	64,0	24,3	-31,9	-//-
10,2	72,2	17,6	-45,2	Лед + $N(C_2H_4OH)_3$ + $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2\ H_2O$
10,0	74,0	16,0	-30,8	$N(C_2H_4OH)_3 + MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$
9,8	77,6	12,6	-26,0	То же
9,6	80,2	10,2	-20,0	-//-
9,4	84,8	5,8	-7,2	-//-
8,8	72,8	18,4	-44,8	Лед + $N(C_2H_4OH)_3$
-	74,4	25,6	-42,8	То же

В изученной системе наблюдается взаимное высаливающее действие компонентов, для которых рассчитаны коэффициенты высаливания (табл. 5).

Как следует из значений коэффициентов высаливания, рассчитанных на основе диаграммы растворимости системы $Mg(ClO_3)_2$ - $N(C_2H_4OH)_3$ - H_2O этот лиотропный эффект уменьшается с повышением температуры.

ISSN 3030-3907

Таблица 5.

Коэффициенты высаливания системы хлорат магния – триэтаноламин – вода.

Темп-ра, °С	Понижение растворимости, %		Коэффициенты высаливания	
	Хлората магния в присутствии триэтаноламина	Триэтаноламина в присутствии хлората магния	хлората магния на $N(C_2H_4OH)_3$	триэтаноламина на $Mg(ClO_3)_2$
-40	7,6	3,0	0,065	0,397
-30	7,0	2,0	0,045	0,379
-20	6,4	1,4	0,033	0,368
-10	6,0	0,9	0,022	0,356
0	5,6	-	-	0,352
10	5,2	-	-	0,351
20	4,0	-	-	0,312

Согласно диаграмме растворимости системы хлорат магния – триэтаноламин – вода образование $Mg(ClO_3)_2 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$ в системе происходит в интервале температур –56,0÷31,2°С. Минимальная концентрация триэтаноламина вызывающая кристаллизацию $Mg(ClO_3)_2 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$ в донную фазу составляет 8,0 % триэтаноламина, а хлората магния – 9,4 %. Соединение идентифицировано методами химического и физико-химического анализа.

По результатам химического анализа:

Найдено, мас. % : Mg^{2+}- 7,746%; ClO_3 – 26,968%; C - 23,261%; H – 6,451%; N – 4,525%.

Для $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$ вычислено, мол.%: Mg^{2+}- 7,754%; ClO_3 – 26,979%; C –23,263%; H – 6,46%; N – 4,5234%.

Рентгенофазовый анализ подтверждает образование в системе указанного соединения, отличающегося собственными дифракционными рефлексами не характерными для исходных лигандов (рис. 7).

Кривая нагревания соединения характеризуется двумя эндотермическими эффектами при 102 и 170°С и одним экзоэффектом с максимумом при 222°С (рис. 8). Первый и второй эндоэффекты сопровождаются убылью массы по 5,8 % и соответствуют последовательному удалению не координированной и координированной с ионами магния кристаллизационной воды. Экзоэффект при 222°С отвечает интенсивному разложению обезвоженного комплекса, о чем свидетельствует потеря массы по кривой ТГ дериватограммы. Конечным

ISSN 3030-3907

продуктом термолиза является оксид магния (ТГ – 87,0 %).

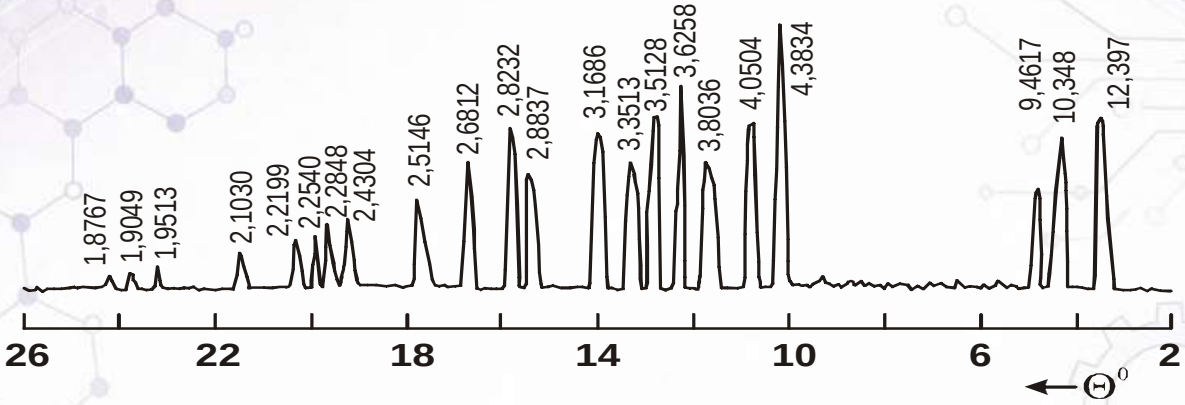


Рис. 7. Рентгенограмма $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$.

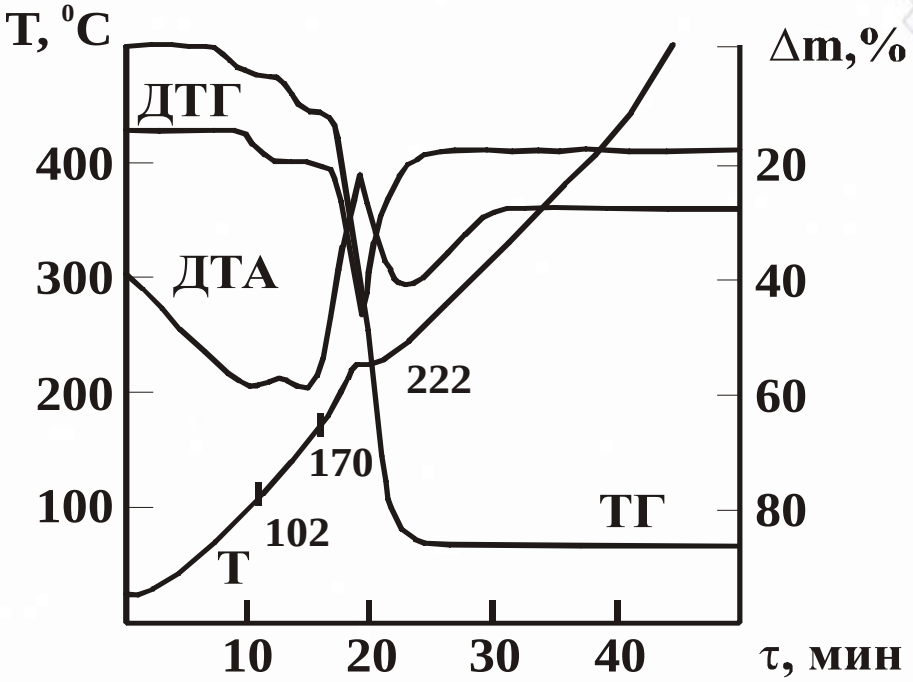


Рис.8. Дериватограмма $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$.

В ИК-спектре $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$ полоса поглощения наблюдаемая при 3315, 2875 и 1614 $см^{-1}$ отнесены соответственно валентным колебаниям υ(OH), υ(CH_2) и деформационному колебанию OH и кристаллизационной воды. Антисимметричному и симметричному валентному колебанию ClO_3^- иона соответствует полоса при 945 и 900 $см^{-1}$, а деформационному колебанию этой группы – 580, 510 $см^{-1}$. На ИК-спектре соединения полоса поглощения соответствующая валентному колебанию CN связи обнаружена при 1045 $см^{-1}$. По сравнению со спектром свободной молекулы триэтаноламина полоса поглощения этой связи смещена на длинноволновую область на 27 $см^{-1}$. Это вызвано удлинением этой связи за счет участие атома азота в координационной связи с ионом магния (рис.9).

ISSN 3030-3907

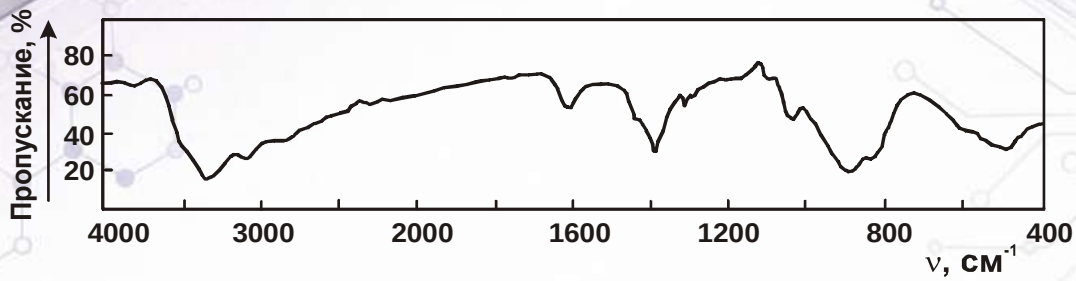


Рис. 9. ИК-спектр $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$.

Таким образом изучением гетерогенных равновесий в трех водных системах, включающих хлорат магния, моно-, ди- и триэтаноламины, установлено, что в результате взаимодействия хлората магния с моно-, ди- и триэтаноламином имеет место образования соединений составов $Mg(OH)_2$; $HOCH_2CH_2NH_3 \cdot ClO_3$; $MgOHClO_3 \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O$; $MgOHClO_3 \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O$, которые выделены в кристаллическом виде и идентифицированы химическими и физико-химическими методами анализа.

Анализируя политермические диаграммы растворимости рассматриваемых систем необходимо отметить, что моно-, ди- и триэтаноламин и хлорат магния оказывают взаимное высаливающее и всаливающее действие друг на друга, для которых рассчитаны коэффициенты высаливания и константы всаливания. Выяснено, что этаноламины оказывают большее высаливающее действие на хлорат магния, чем последние на моно-, ди- и триэтаноламин.

Для образования гидрокси комплексов хлората магния с ди- и триэтаноламинами минимальные и максимальные концентрации исходных компонентов соответственно составляют: 3,3-89,2% $NH(C_2H_4OH)_2$ и 2,4-59,8% $Mg(ClO_3)_2$, 8,0-81,8% $N(C_2H_4OH)_3$ и 9,4-57,8% $Mg(ClO_3)_2$. Выяснено, что ди и триэтаноламинные комплексы образуются при температурных интервалах –53,6÷32,4 и –56,0÷31,2°C соответственно. Из результатов анализа диаграмм растворимости водных систем с участием хлората магния, ди- и триэтаноламина вытекает, что при переходе от диэтаноламина к триэтаноламину наблюдается уменьшение области кристаллизации образующихся в системах комплексов и соответственно повышается их растворимость. С повышением молекулярного веса этаноламинов в гомологическом ряду интервал концентрации хлората магния и этаноламинов, вызывающих образование комплексов сужается. В то время как температурный интервал образования рассматриваемых комплексов расширяется. В такой же последовательности изменяется минимальная концентрация хлората магния и этаноламинов, вызывающих образование комплексов.

ISSN 3030-3907

Поскольку этаноламины, имеющее свободную не поделенную пару электронов в атоме азота, в водной среде проявляют свойство основания:

$$(HOC_2H_4)NH + HOH \rightarrow [(HOC_2H_4)_2NH_2]^+OH^- \quad (3.1)$$

$$(HOC_2H_4)_3N + HOH \rightarrow [(HOC_2H_4)_3NH]^+OH^- \quad (3.2)$$

Значения pH среды растворов ди- и триэтаноламина соответственно составляют 12,25 и 11,2, что вполне соответствует значению pH, при котором образуются и гидроксокомплексы магния [31]. Поэтому при совместном присутствии хлората магния, по-видимому, имеет место протекания следующих реакций:

$$OH2[(HOC_2H_4)_2NH_2]^+OH^- + Mg(ClO_3)_2 + H_2O = Mg \cdot NH(C_2H_4OH)_2 \cdot 2H_2O + ClO_3$$

$$+ [(HOC_2H_4)NH_2]^+ClO_3^- \quad (3.3)$$

$$OH2[(HOC_2H_4)_3NH]^+OH^- + Mg(ClO_3)_2 + H_2O = Mg \cdot N(C_2H_4OH)_3 \cdot 2H_2O + ClO_3$$

$$+ [(HOC_2H_4)_3NH]^+ClO_3^- \quad (3.4)$$

При этом в жидкой фазе происходит также образование хлоратов ди- и триэтаноламмония, поля кристаллизации которых благодаря их хорошей растворимости в изученных температурных и концентрационных интервалах на диаграмме растворимости изученных систем отсутствуют.

Образование в жидкой фазе в системах с включением хлората магния хлоратов ди- и триэтаноламмония подтверждены выделением их в твердом состоянии изотермическим испарением маточных растворов после выделения гидроксихлорат магниевых комплексов ди – и триэтаноламина. Полученные продукты представляет собой белый, гигроскопичный кристаллический продукт. Идентификации полученных твердых фаз проводили химическим, термогравиметрическим и ИК–спектроскопическими анализами. Химический анализ дал следующие результаты:

При анализе хлората диэтаноламмония найдено, %: ClO_3^- - 44,059, N- 7,385, C- 25,331, H- 6,333.

Для $NH(C_2H_4OH)_2 \cdot HClO_3$ вычислено, %: ClO_3^- - 44,0633, N- 7,387, C- 25,329, H- 6,332.

При анализе хлората триэтаноламмония, найдено, %: ClO_3^- - 35,762, N- 5,988, C- 30,831, H- 6,855.

Для $N(C_2H_4OH)_3 \cdot HClO_3$ вычислено, %: ClO_3^- - 35,760, N- 5,995, C- 30,835, H- 6,852.

По данным термогравиметрического анализа хлораты ди- и триэтаноламмония экзотермически разлагаются без плавления. На кривых

ISSN 3030-3907

нагревания их имеется по одному экзотермическому эффекту, отвечающие полному разложению хлоратов ди и триэтаноламмония (рис. 10).

ИК–спектры хлоратов ди – и триэтаноламмония (рис. 11.) существенно отличаются от спектров исходных компонентов хлората магния, ди – и триэтаноламина наличием новых полос поглощения в области частот 3080, 3125 $см^{-1}$ соответствующие валентным колебаниям $\nu(NH_2^+)$ и $\nu(NH^+)$. Это свидетельствует об образовании хлоратов ди – и триэтаноламмония за счет присоединения протона хлорноватой кислоты к атому азота ди- и триэтаноламина.

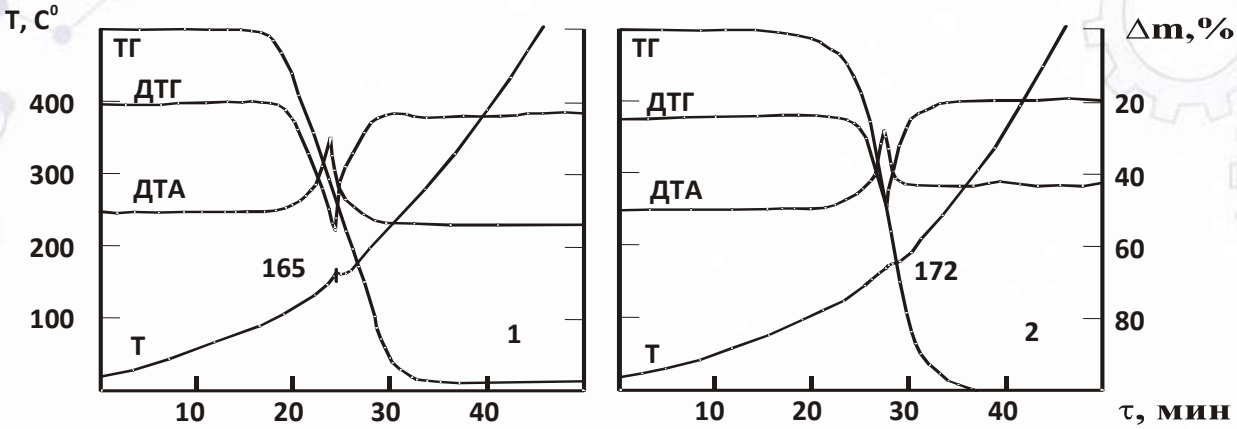


Рис. 10. Дериватограммы: $NH(C_2H_4OH)_2 \cdot HClO_3$ (1), $N(C_2H_4OH)_3 \cdot HClO_3$ (2).

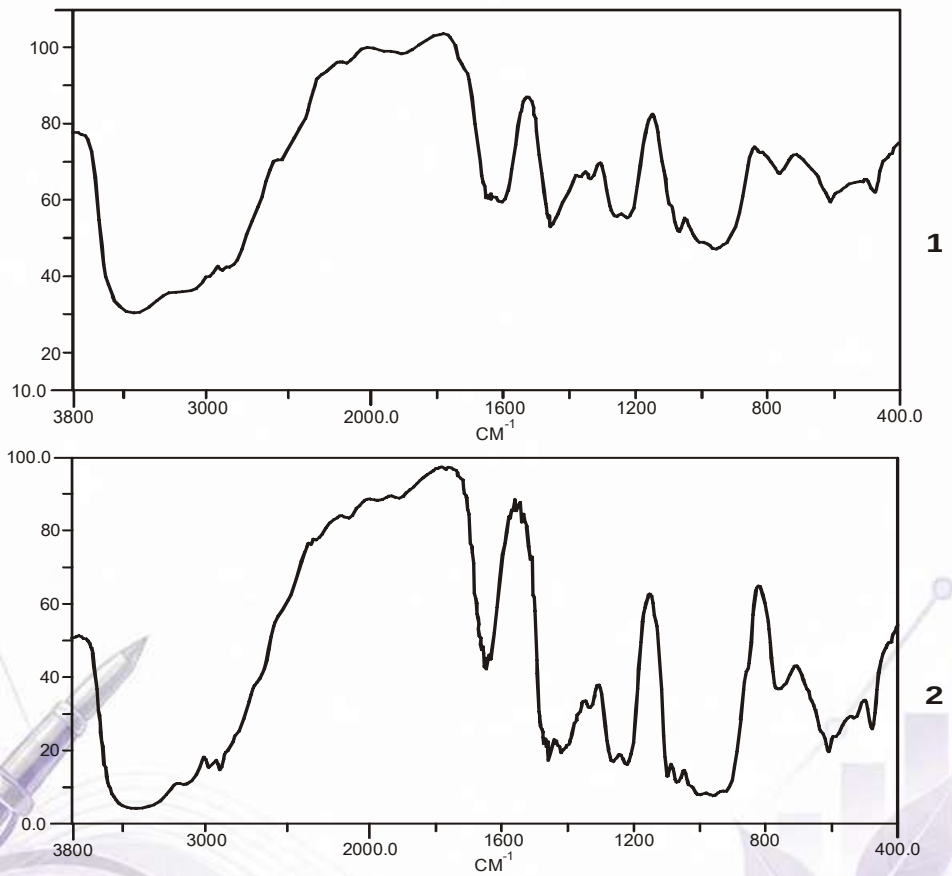


Рис. 11. ИК-спектры: $NH(C_2H_4OH)_2 \cdot HClO_3$ (1), $N(C_2H_4OH)_3 \cdot HClO_3$ (2).

ISSN 3030-3907

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев Ф.Г. Действие этаноламинов на урожайность, качество и полегаемость растений // 12-й Менделеевский съезд по общ. и прикл. химии. Реф. Докл. и сообщ. М.: 1981. №6. С. 157-158.
2. Мельников Н.Н. Пестициды. М.: Химия. 1987. -172 с.
3. Никель Л.Д. Регуляторы роста растений. М.: Колос, 1984. -191 с.
4. Мартынов Ю.М., Матвеев М.А., Якименко Л.М., Фурман А.А. Технология производства и применения хлорат-магниевых дефолиантов. // Химическая промышленность. 1958. №7. С. 420-423.
6. Трунин А.С., Петрова Д.Г. Визуально - политермический метод. Куйбышевский политехн. Ин-т /: - Куйбышев, 1977. -94с./ Деп. в ВИНИТИ №584-78.
7. ГОСТ 10483-77. Хлорат магния. Технические условия. –М.: Изд-во стандартов, 1977. -5с.
8. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. –М.: Химия, 1970. -360с.
9. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. Т.2., М.: Недра, 1966. -330с.
10. Недома И. Расшифровка рентгенограмм порошков. –М.: Металлургия, 1975, - 423с.
11. Д.А.Эргашев, М.К.Аскарова, М.Б.Эшпулатова. Получение дефолианта на основе хлоратов и физиологически активных соединений //Монография Издательство “Navro‘z” Ташкент 2018 г.
12. З.Адилов, Д.Эргашев, Р.Тожиев, Ш.Хамдамова. Получение хлоратсодержащих дефолиантов, обладающих инсектицидными свойствами // Монография Фергана-Винница: «European Scientific Platform», 2021. стр. 132.
13. Д.А.Эргашев, М.Б.Эшпулатова, Т.Т.Тураев, М.К.Аскарова. Изучение физико-химических свойств растворов в системе {[19,37%$Ca(ClO_3)_2$+ 15,06%$Mg(ClO_3)_2$+3,72%$CaCl_2$+2,68%$MgCl_2$+45,17%H_2O]+10,0%$CO(NH_2)_2$+ 4,0%C_2H_5OH} - $CH_3COOH{\cdot}NH_2C_2H_4OH$ // Universum: Технический наук: электрон. научн. журн. 2018. № 4 (49).
14. Д.А.Эргашев, М.Б.Эшпулатова, Т.Т.Тураев, З.А.Хамракулов, М.К.Аскарова. Диаграмма растворимости системы $Ca(ClO_3)_2$-$CH_3COOH{\cdot}NH_2C_2H_4OH$-$H_2O$ при 25°С // Universum: Технический наук: электрон. научн. журн. 2018. № 4 (49).
15. Д.А.Эргашев, М.К.Аскарова, М.Б.Эшпулатова, З.Исабаев, Д.З.Исабаев. Растворимость компонентов в системе $Ca(NO_3)_2$-$HNO_3{\cdot}NH_2C_2H_4OH$-$4H_2O$ // Universum: Технический наук: электрон. научн. журн. 2018. № 7 (52).

ISSN 3030-3907

16. Д.А.Эргашев, А.С.Турсунов, З.А.Хамракулов. Исследование процессов фильтрации при получении хлоратсодержащий дефолиант из доломита // Universum: Технический наук: электрон. научн. журн. 2018. № 10 (55).
17. D.A.Ergashev, M.K.Askarova, S.Tuxtaev. Investigation of the mutual interactions of the components of a system substantiating the process of obtaining A new defoliant // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia 51, 3, 2016, 287-296. http://dl.uctm.edu/journal/
18. Д.А.Эргашев, Ш.Ш.Хамдамова, А.Н.Мирзаолимов, С.Б.Мухаммедов. Получение хлоридов кальция и магния из доломита месторождения “Навбахор” // Universum: Технический наук: электрон. научн. журн. Ноябрь, 2019. № 11 (68). С. 68-74.
19. Д.А.Эргашев. Принципиальная технологическая схема получения нового комплекснодействующего дефолианта //«Научно-технический журнал ФерПИ» 2020 г. Том 24. Спец.вып. № 1. С. 211-215.
20. D.A.Ergashev. Technology of Obtaining a New Complex-Acting Defoliant // International Journal Of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. - IJARSET (India), Volume 7, Issue 10, OCTOBER 2020. – Pp. 15321-15324.
21. D.A.Ergashev. Interaction Of Components In Aquatic System With The Chlorates And Chlorides Calcium, Magnesium And Acetate Monoethanolammonium // European Journal Of Molecular & Clinical Medicine. Volume 07, Issue 07, 2020, - Pp. 868-874
22. D.A.Ergashev, Sh.Sh.Xamdamova. Production Of A New Cotton Defoliant // Natural Volatiles & Essential Oils. A Quarterly Open Access Scientific Journal. Volume: 8 Issue: 4. Turkey. 2021, -P.p. 8224-8233.
23. D.A.Ergashev, Sh.Sh.Xamdamova. Studying the Interaction of Components in Aqueous systems with Calcium Chlorate, Ethanolamines, Di- and Triethanolamine // NeuroQuantology An Interdisciplinary Journal Neuroscience and Quantum Physics Q3 Neuro Quantology 2022; 20 (5); Pp.1453-1466.
24. Dilmurod A. Ergashev, Shkhida Sh. Khamdamova. Investigation of the Conversion Process of Calcum and Magnesium Chloride Solution with Sodium Chloride. International Journal of Materials and Chemistry 2022, 12(2): 27-31. https://DOI: 10.5923/j.ijmc. 20221202.02. USA.
25. Д.А.Эргашев, Ш.Ш.Хамдамова. “Фандеф-М” дефолиантини олиш технологияси // Фарғона политехника институти Илмий-техник журнали 2022 йил. Т.26, №1. 153-158 бетлар.
26. Д.А.Эргашев, Ш.Ш.Хамдамова. Янги “Фандеф” дефолиантини олишда конверсия жараёнини ўрганиш // Фарғона политехника институти Илмий-техник журнали 2022 йил. Т.26, №3. 183-187 бетлар.

ISSN 3030-3907

27. D.A.Ergashev, Sh.Sh.Xamdamova. Obtaining a new defoliating composition with physiological activity // Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. Volume 7 Issue 3, 2022. – Pp.102-110.
28. Д.А.Эргашев, Ш.Ш.Хамдамова. “Фандеф-аъло” дефолиантини сақланишида хлорат ионини ҳамда этанолнинг ҳарорат таъсирида нисбий йўқотишларини ўрганиш // Фарғона политехника институти Илмий-техник журнали 2022. Махсус сон №11. 215-217 бетлар.
29. Хайдаров Г.Ш., Кучаров Х. Исследование водных систем, включающих моноэтаноламин, хлорат натрия, магния, кальция и разработка дефолиантов на их основе //Тез. докл.международн.совещ. «Полимерные препаративные формы химических средств защиты растений, их применение в семеноводстве», посвящ. Празднованию 5-й годовщины Независимости РУз и 660 летия Амира Темура 6-8 ноября. – Ташкент, 1996. –С.20.
30. Тухтаев С., Шаммасов Р.Э., Кучаров Х. Политерма растворимости системы хлорат магния – вода//Докл. АН УзССР – 1984, -№1. – С.31-32.
31. Исмаилова Г.Х., Хасанова В.М. Изучение взаимодействия диэтаноламина с серной кислотой //Журн.неорг.химии. –1983. –Т.28. – вып 10. –С.2463-2465.
32. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. Изд.третье, стереотип. -М.:Химия, 1967. –390с.

ISSN 3030-3907

ПИРОЛИЗ ОТХОДОВ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

Хожиева Рухсора Бахтиёровна
Доцент кафедры «Технология переработки нефти и газа» Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: hruxsora86@mail.ru
Хайитов Руслан Рустамжонович
профессор кафедры Технология переработки нефти и газа» Бухарский государственный технический университет, д.т.н., Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: leo-bexa@mail.ru
Нураддинов Нураддин
Магистрант ***Бухарский государственный технический университет, Республика Узбекистан, г. Бухара***

Аннотация. Растущее накопление отходов автомобильных шин создаёт серьёзные экологические проблемы, одновременно открывая возможности для извлечения ресурсов. В данном исследовании изучен пиролиз отходов шин в бескислородных условиях с целью получения топливных дистиллятов и ценных химических соединений. Термогравиметрический анализ выявил оптимальные температурные диапазоны разложения: 300–500 °C для отходов шин. При оптимизированных условиях (400 °C, 60 мин для шин) были получены максимальные выходы жидкости: 50 мас.% соответственно. ГХ-МС анализ показал, что дистилляты из шин богаты нафтеновыми (37,81 мас.%) и ароматическими углеводородами (≈60 мас.%). Физико-химические свойства полученных дистиллятов сопоставимы с традиционными нефтяными топливами, что подтверждает их потенциал в качестве альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: пиролиз; отходы шин; топливный дистиллят; ГХ-МС; ароматические углеводороды.

Annotatsiya. Avtomobil shina chiqindilarining ortib borayotgani jiddiy ekologik muammolarni keltirib chiqaradi, shu bilan birga resurslarni qayta tiklash imkoniyatlarini ham beradi. Ushbu tadqiqotda yoqilg‘i distillatlari va qimmatbaho kimyoviy birikmalarni olish maqsadida shina chiqindilarining kislorodsiz sharoitda pirolizi o‘rganildi. Termogravimetrik tahlil yordamida shina chiqindilari uchun optimal parchalanish harorat oralig‘i 300–500 °C ekanligini aniqladi. Optimal sharoitda (400 °C, 60 daqiqa) shinalardan maksimum 50 % yoqilg‘i distillyat olishga erishildi. GX-MS tahlili shuni ko‘rsatadiki shinalardan

ISSN 3030-3907

olingan distillyatlarning naften (37,81 %) va aromatik uglevodorodlarga (≈60 og‘irlik%) boy ekanligini ko‘rsatdi. Olingan distillatlarning fizik-kimyoviy xossalari an’anaviy neft yoqilg‘ilari bilan taqqoslanadi, bu ularning muqobil energiya manbalari sifatidagi salohiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: piroliz; shina chiqindilari; yoqilg‘i distillati; GX-MS; aromatik uglevodorodlar.

Abstract. The growing accumulation of waste automobile tires creates serious environmental problems while simultaneously opening up opportunities for resource recovery. This study investigates the pyrolysis of tire waste under oxygen-free conditions to produce fuel distillates and valuable chemical compounds. Thermogravimetric analysis revealed the optimal decomposition temperature range of 300–500 °C for tire waste. Under optimized conditions (400 °C, 60 min for tires), a maximum liquid yield of 50 wt.% was obtained. GC-MS analysis showed that tire-derived distillates are rich in naphthenic (37.81 wt.%) and aromatic hydrocarbons (≈60 wt.%). The physicochemical properties of the obtained distillates are comparable to conventional petroleum fuels, confirming their potential as alternative energy sources.

Keywords: pyrolysis; tire waste; fuel distillate; GC-MS; aromatic hydrocarbons.

ВВЕДЕНИЕ.

Истощение запасов ископаемого топлива и растущее накопление твёрдых отходов, особенно отработанных шин, стимулируют поиск устойчивых энергетических альтернатив. Отходы шин содержат сложные сшитые полимеры, в первую очередь стирол-бутадиеновый каучук. Отработанных шин богаты углеводородами, что делает их подходящими кандидатами для термохимической конверсии [1].

Пиролиз, определяемый как термическое разложение в отсутствие кислорода, стал эффективным методом переработки таких отходов в топливо и ценные химикаты. Предыдущие исследования показали, что пиролиз может давать жидкое топливо, газы и твёрдые остатки в зависимости от условий процесса. Однако остаются проблемы оптимизации выхода продуктов, понимания механизмов реакций и улучшения качества топлива [2].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В качестве сырья использовались отходы автомобильных шин [3].

ТГА проводили для определения поведения при разложении. Отходы шин показали полную деградацию при 300–500 °C [4].

Эксперименты проводились в лабораторном пиролизном реакторе в бескислородных условиях и на ее основе собрана лабораторная установка, которой схема, представлена на рисунке [1,5].

ISSN 3030-3907

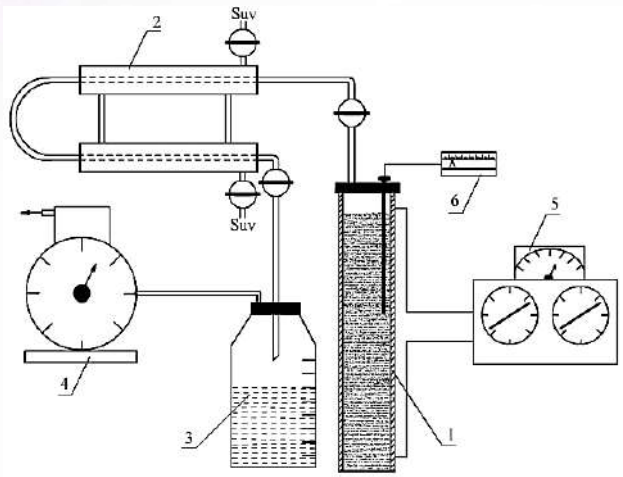


Рис.1. Схема экспериментальной установки пиролиза изношенных автомобильных шин и пластмассовых отходов без доступа кислорода воздуха: 1 – реактор; 2 – холодильник; 3 – сборник конденсата; 4 – счётчик газа; 5 – автотрансформатор; 6 – термопара.

Методом термогравиметрии в тигле, без доступа воздуха, определен температурный интервал разложения резины из автошин. При этом установлены температура начала разложения, которая равна на 285°С, максимумы разложения – в области 350-425°С и температура завершении процесса – 535°С. На основании полученных данных термогравиметрии процесс пиролиза проводили при температуре 200-500°С, которая контролировалась с помощью термопары, находящейся в средней части реактора. Скорость подъема температуры составляла 7-10°С в минуту. По достижению необходимой температуры эксперимента образец выдерживали в реакторе в течение 1-2 ч. Перегретый пар, необходимый для пиролиза получали в парогенераторе. Расход водяного пара, идущего в реактор, регулировали количеством воды, поступающей в парогенератор, за счет изменения скорости её истечения в капилляре в зависимости от давления над водой, создаваемого в дозирующей емкости с помощью азота. Из парогенератора водяной пар, а из баллона гелий, очищенный от кислорода, вдуваются в реактор. Водяной пар перегревается до 300-500°С. Выделяющиеся газообразные продукты пиролиза эвакуировали из реактора по газоотводной трубке и направляли в охлаждаемый конденсатор для конденсации паров смеси углеводородов и сборник конденсата [1, 6].

Реометрами измеряли расходы водяного пара. Опыты проводили по следующей последовательности: предварительно реактор разогревали до температуры процесса. После загрузки резиновой крошки в реактор температура понижалась до 300°С. Через 7-10 мин. резиновая крошка нагревалась до оптимальной температуры процесса пиролиза, которая поддерживалась постоянной на протяжении всей операции. По окончании

ISSN 3030-3907

процесса подачу водяного пара прекращали, углеродный остаток охлаждали, и проводили определение необходимых параметров, касающихся свойств продуктов пиролиза [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для облегчения пиролиза отходов изношенных шин резиновые отходы измельчались и разделялись с помощью оборудования Cutter QK200. Отделенную от металловолокон резиновую часть подвергли пиролизу в лабораторной установке, представленной на рис.1, и провели анализ продуктов, полученных в результате процесса пиролиза. Результаты анализа представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1

Результат процесса пиролиза образца изношенной шины

Образцы использованных шин	**Выход газа, %**	**Выход топливного дистиллята, %**	**Твёрдый остаток, %**	**Потеря, %**
Автошина (Roadone-235/75) R13.5)	26	20-25	45-49	4
Шина (Roadone 315/80 R22.5) 156/153L)	20	45-50	30-33	2

Результаты процесса пиролиза образца отходов изношенных шин показали (табл.1), что выход дистиллята из отходов шин грузовика HOWO (Roadone 315/80 R22.5 156/153L) на 25 % выше, чем из дистиллята, полученного из отходов легковой шины (Roadone-235/75 R17.5). При этом выход газообразного продукта и твёрдого остатка был на 15-20 % меньше. Эти данные показывают, что в шинах грузовика HOWO содержится больше топливного дистиллята по сравнению с образцами шин легкового автомобиля.

Газы, выделяющиеся на начальной стадии пиролиза (до 300°C), в основном представляют собой азот и углекислый газ. После 300°C в отсутствие кислорода при температуре обратного холодильника увеличиваются неконденсирующиеся легкие углеводородные газы, которые обладают горючими свойствами.

Пиролизная смола – темно-коричневая жидкость,содержащая 2-3 % воды, не разлагается при длительном отстаивании. Определены следующие параметры для пиролизной смолы:

– температура начала кипения – 180°C;
– теплота сгорания – 35 МДж/кг;
– содержание алифатических соединений – 5,3 %;

ISSN 3030-3907

– содержание ароматических соединений – 95,8 %;
– содержание серы – 1,5 %.

Полученную пиролизную смолу можно рекомендовать для использования в качестве котельного топлива без дополнительной обработки.

Твердый углеродистый остаток представляет собой технического углерода, зольностью 7-8 %.

Для технического углерода определены следующие параметры:
– насыпная плотность – 477,0 г/дм3;
– адсорбционная активность по бензолу – 142,0 г/дм3;
– содержание серы – 2,3 %;
– теплота сгорания – 24,5 МДж/кг.

Технический углерод может быть использован в качестве сырья для получении активированного угля, пироуглерода, а также в качестве топлива в специальных топочных устройствах. Кроме того, в настоящее время во всем мире остро стоит проблема поиска новых эффективных заменителей дорогостоящих металлургических коксов и полученный в результате пиролиза технический углерод, при условии надлежащей обработки, может послужить сырьем для получения углеродных восстановителей. Однако, серьезным препятствием этому решению может послужить загрязненность остатка пиролиза серой, содержание которой в металлургических коксах недопустимо.

Из состава топливных дистиллятов, полученных из отходов, по результатам газохромато-масс-спектрометрического анализа выделены вещества с точностью определения 90%, на основе которых составлен углеводородный групповой состав (таблицы 3 и 4).

Таблица 3

Углеводородный групповой состав топливного дистиллята, полученного из отходов изношенных шин

Углеводородная группа	Количество, масс. %
Нафтеновые	37,81
Олефиновые	0,93
Ароматические углеводороды	58,69
Сернистые соединения: Бензотиазол Диметилбензо[b]тиофен	 2,07 0,5

ISSN 3030-3907

Согласно результатам ГХ-МС анализа (табл. 3), химический состав топливного дистиллята, полученного из изношенных автомобильных шин, представляет собой сложную структуру органических веществ, включающих соединения различных групп углеводородов и углеводороды с гетероциклическими кольцами. Основную часть углеводородов составляют соединения в интервале от C_6 до C_{24}, которые являются основными компонентами бензина, керосина, дизельного топлива и мазута.

ОБСУЖДЕНИЕ. Результаты подтверждают, что пиролиз является эффективным методом превращения отходов шин, подобные топливу. Более высокий выход жидкости из отходов шин объясняется их сшитой структурой, в то время как пластик способствует газообразованию из-за обширного крекинга.

Серосодержащие соединения происходят из вулканизованной резины и претерпевают сложные превращения во время пиролиза. Их удаление посредством сульфирования и нейтрализации значительно улучшает качество топлива.

В целом, полученные дистилляты проявляют свойства, сходные с обычными топливами, что подтверждает возможность их практического применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Данное исследование демонстрирует, что:

- Отходы шин могут быть эффективно превращены в топливные дистилляты с помощью пиролиза.
- Оптимальные условия позволяют получить до 50 мас.% жидких продуктов.
- Дистилляты богаты ароматическими углеводородами и напоминают нефтяные топлива.

Предложенный подход представляет собой устойчивую и безотходную технологию производства альтернативного топлива и ценных химических веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hojiyeva, R. B., & Hayitov, R. R. (2020). Ishlatilgan avtomobil shinalarini qayta ishlash va yoqilgi mahsulotlarini olish imkoniyatlari. Science and Education, 1(9).

2. Хожиева, Р. Б., & Хайитов, Р. Р. (2021). Исследование процесса получения углеводородов из резиновых отходов. *Universum: технические науки*, (6-4 (87)), 44-46.

3. Хожиева Р.Б., Хайитов Р.Р., Наубеев Т.Х. Резиновые отходы их утилизаций “Қорақалпоғистон Республикасида ишлаб чиқариш саноат

ISSN 3030-3907

соҳалари ривожининг долзарб муаммолари” мавзусидаги республикаси илмий-амалий конференция. Нукус-2021 йил 26 апрел 241-242 б.

4. Hojiyeva, R. B., & Hayitov, R. R. (2022). Ishlatilgan rezina va plastmassa chiqindilaridan piroliz mahsulotlarini olish jarayonini tadqiq qilish. *Science and Education*, *3*(5), 259-264.

5. Хожиева, Р. Б., & Хайитов, Р. Р. (2021). Исследование процесса получения углеводородов из резиновых отходов. *Universum: технические науки*, (6-4 (87)), 44-46.

6. Khojieva Ruxsora, Khayitov Ruslan, Ataullaev Sherzod, Oripov Surat STUDY THE PROCESS OF RECEIVING HYDROCARBONS FROM RUBBER WASTE // Universum: технические науки. 2023. №4-7 (109). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/study-the-process-of-receiving-hydrocarbons-from-rubber-waste (дата обращения: 18.09.2024).

7. Akhmedova, O., Hojiyeva, R., Hayitov, R., Qayumov, A., Maxmudov, N., Asadova, R., Murtazaev, A., Narimov, R., Khikmatova, D. & Abdalimov, A. (2026). Production of low-sulfur fuel distillates from waste tyres via pyrolysis and their application in petroleum refining. Journal of Ecological Engineering, 27(8).

ISSN 3030-3907

СУВЛИ ЭРИТМАЛАРДАН ОҒИР МЕТАЛЛ ИОНЛАРИНИ АЖРАТИШДА ИОН АЛМАШИНУВЧИ СОРБЕНТЛАРНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

Н. Кучкарова
Олмалиқ давлат техника институти, доцент
Н. Раҳматуллаева
Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, доцент
И. Абдуламитова
Олмалиқ давлат техника институти, магистрант
Л. Шамсуддинов
Олмалиқ давлат техника институти, магистрант
Д. Жўраева
Олмалиқ давлат техника институти, талаба
А. Давлатбекова
Олмалиқ давлат техника институти, талаба

Аннотация. Ҳозирги кунда сув тайёрлаш тизимларида қўлланилаётган катион алмашинувчи полимерларнинг сорбцион самарадорлигини ошириш мақсадида турли модификацияланган сорбентлар яратиш бўйича илмий тадқиқот ишлари кенг олиб борилмоқда. Бироқ ион алмашинувчи материаллардан сувни юмшатиш ва металл ионларини ажратиш жараёнларида фойдаланиш давомида айрим муаммолар кузатилади. Хусусан, полимер матрицасининг металл ионлари билан тўйиниши, шунингдек оғир металл ионларига нисбатан танловчанликнинг пасайиши натижасида сорбцион фаоллик камайиши мумкин. Шу сабабли синтетик ион алмашинувчи полимерлар асосида юқори селективликка ва яхшиланган ион алмашиниш хусусиятларига эга янги модификацияланган ионитлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш муҳим илмий вазифалардан бири ҳисобланади.

Калит сўзлар: Ион алмашинувчи сорбентлар, модификацияланган ионитлар, селективлик, Na-монтмориллонит, полимер матрица, сорбцион фаоллик, Co^{2+} ионлари, IRN77, SKN1.

Аннотация. В настоящее время проводятся широкие научные исследования по созданию различных модифицированных сорбентов с целью повышения сорбционной эффективности катионообменных полимеров, применяемых в системах водоподготовки. Однако при использовании ионообменных материалов в процессах умягчения воды и извлечения ионов металлов наблюдаются определённые проблемы. В частности, насыщение полимерной матрицы ионами металлов, а также снижение селективности по

ISSN 3030-3907

отношению к ионам тяжёлых металлов могут приводить к уменьшению сорбционной активности. В связи с этим разработка технологий получения новых модифицированных ионитов на основе синтетических ионообменных полимеров, обладающих высокой селективностью и улучшенными ионообменными свойствами, является одной из важных научных задач.

Ключевые слова: ионообменные сорбенты, модифицированные иониты, селективность, Na-монтмориллонит, полимерная матрица, сорбционная активность, ионы Co^{2+}, IRN77, SKN1.

Abstract. Currently, extensive scientific research is being conducted on the development of various modified sorbents aimed at improving the sorption efficiency of cation-exchange polymers used in water treatment systems. However, certain problems arise during the use of ion-exchange materials in water softening and metal ion removal processes. In particular, saturation of the polymer matrix with metal ions, as well as a decrease in selectivity toward heavy metal ions, may lead to reduced sorption activity. Therefore, the development of technologies for producing new modified ionites based on synthetic ion-exchange polymers with high selectivity and improved ion-exchange properties is considered one of the important scientific tasks.

Keywords: ion-exchange sorbents, modified ionites, selectivity, Na-montmorillonite, polymer matrix, sorption activity, Co^{2+} ions, IRN77, SKN1.

КИРИШ.

Сорбцион технологиялар сув тайёрлаш жараёнларида узлуксиз ишлаш имкониятига эга бўлган ва автоматлаштиришга қулай ион алмашинувчи колонналар асосида кенг қўлланилмоқда. Юқори сорбцион сиғим, селективлик, кимёвий барқарорлик ҳамда механик мустаҳкамликка эга ионитлардан фойдаланиш сув тайёрлаш ва гидрометаллургия жараёнлари самарадорлигини ошириш, энергия сарфи ҳамда эксплуатацион харажатларни камайтириш имконини беради. Ҳозирги кунда катион алмашинувчи полимерларнинг сорбцион хусусиятларини яхшилаш мақсадида турли модификацияланган сорбентлар яратиш бўйича илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. [1; 51-58 б].

Оқова сувлар таркибидаги оғир рангли металл ионларини турли сорбентлар ёрдамида ажратиб олиш муҳим экологик ва технологик аҳамиятга эга. Na-монтмориллонит иштирокида Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ва Zn ионларининг сувли эритмалардан сорбцияланиш жараёнлари турли лигандлар, жумладан нитрилотриуксус кислота, ЭДТА, шавел кислота, малон кислота ва мезовин кислотаси иштирокида тадқиқ қилинган. Сорбция жараёнлари турли pH муҳитларда олиб борилиб, муҳит кислоталигининг

металл ионларини ажратиш самарадорлигига таъсири ўрганилган.[2; 81-92 б].

Na-монтмориллонитнинг Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ва Zn ионларига нисбатан сорбцион сиғими мос равишда 5,20; 5,13; 3,04; 3,22; 3,63; 9,58 ва 3,61 мг/г қийматларни ташкил этган. Муҳит pH қиймати 5,5 дан паст бўлганда Pb2+, Cd2+ ва Cu2+ ионларининг сорбция самарадорлиги сезиларли даражада камайган. Шунингдек, ЭДТА ва НТА каби комплекс ҳосил қилувчи лигандлар иштирокида Mn, Cr, Zn, Cu, Pb ва Cd ионларининг сорбцияланиши 62–95% гача пасайиши кузатилган. Никель ионлари учун эса сорбция деярли кузатилмаган

Бошқа тадқиқотларда IRN77 ва SKN1 маркали катионитларнинг кобальт ионларига нисбатан сорбцион хусусиятлари ўрганилган. Тажрибалар турли pH, концентрация ва контакт вақти шароитларида амалга оширилган. IRN77 катионити стирол-дивинилбензол асосида синтез қилинган водород формасидаги гелсимон ионит бўлиб, таркибида $–SO_3^-$ функционал гуруҳлари мавжуд. Унинг заррача ўлчами 0,3–1,18 мм ни ташкил этади. Тадқиқот натижаларига кўра, IRN77 катионитининг кобальт ионларига нисбатан сорбцион сиғими 86,17 мг/г, SKN1 сорбентиники эса 69,44 мг/г ни ташкил этган [3; 9–17 б.].

Таркибида Pb(II), Hg(II), Cd(II), Ni(II), V(V), Cr(III, VI), Cu(II) ва Zn(II) ионлари бўлган сувли эритмалардан хар хил сорбентлар билан танловчан ажратиб олиш бўйича систематик равишда чоп этилганлиги хақида маълумот берилган.

Таркибида тиокарбамид функционал гурухлари бўлган ион алмашинувчи смолалар оғир рангли метал ионларига нисбатан юқори мойиллиги билан фарқ қилади. Кенг тарқалган иминодиацетатли ион алмашинувчи сорбент “Chelaz-100” билан Ni(II) ионларини pH-8 гача ва Ni(I) ионларининг концентрациялари 6 метргача бўлган шароитларда сорбциялаш учун фойдаланиш мумкин. Ушбу сорбентнинг ион алмашиниш сиғими 2,15 ммоль/граммга тенг. Металлургия жараёнларида оқова сувлардан Ni(II) ионларини самарали ажратиб олиш учун ноорганик ион алмашинувчи сорбент натрий титанат ($Na_2Ti_9O_{20}$) дан фойдаланиш мумкин. Натрий-титанати – титан оксиди устига ион аламшинувчи пленка сепилган бўлиб, у Ni(II) ионларини pH-5 бўлган муҳитда 2,65-2,7 мг-экв/грамм самарали ажратиб олиш қобилиятига эга.

Кучсиз карбо кислотали катионитларга Zn(II) ионларининг селектив сорбцияланиши бўйича изланишлар олиб борилган. Duolite C-467 маркали сорбентдан фойдаланилган. Сорбция жараёни таркибида цианидли комплекслар бўлган сувлардан pH>4 бўлган муҳитда олиб борилган.

ISSN 3030-3907

Гальваник ишлаб чиқаришда ҳосил бўлган эритмалардан Zn(II) ионларини сорбциялаб, ажратиб олинганда сорбентнинг сиғими Zn(II) иони бўйича 1,78 мг-экв/граммни ташкил этган. Полистирол матрицали ва сульфокислотали функционал гурухларга эга бўлган макроғовакли катион алмашинувчи полимернинг кенг тарқалган тури D-001 маркали сорбентдан ишларда фойдаланилган. Бу сорбентнинг тўлиқ ион алмашиниш сиғими 4,3 ммоль/граммни ташкил этган. Таркибида кальций ионлари бўлган сувдан Sd^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+} ионлари сорбция қилинганда, сорбентнинг ион алмашиниш сиғими кескин камайган. Mg^{2+} ва Na^{+}ионлари қўшилганда, сорбциянинг самарасига анча кам таъсир этиши аниқланган [4].

Магнитли материаллар асосидаги модификацион сорбентлар- Магнит хусусиятга эга бўлган адсорбентларнинг афзалликлари шундаки, ишлатилган магнитли сорбентларни магнит майдони ёрдамида дисперс муҳитдан осонгина ажратиб олиш мумкин. Магнит хусусиятга эга бўлган адсорбентлар оқова сувларни сув хавзаларидаги нефть махсулаотларини тозалашда ҳамда тиббиётда ишлатиш мумкин. Унинг афзаллиги яна шундаки, нисбатан нархлари арзон ва механик мустахкамлиги юқорилигидир. Маълумки магнитли сорбентларда ферритли фазаси (яъни магнетит) магнит хусусиятини ташувчи сифатида ишлатилади, адсорбцияси учун бошқа моддалардан фойдаланилади. Масалан, органик қопламамлар магнит матрицаларига суртилади, гарчи синтез вақтида олинган магнит кукунларининг дисперс даражаларининг юқори бўлишидан қатъий назар, ўзини мустақил сорбент сиатида ишлатилмаган бўлса ҳам. Адсорбентнинг адсорбция хусусиятини оширишнинг йўлларидан бири бу адсорбентнинг сиртини модификациялашдан иборат. Адсорбентнинг сиртини қайта ишлаб, сорбцион сиғим ва танловчанлигини оширувчи бир қанча усуллар мавжуд. Марганец-рух-шпинелнинг сиртини модификациялаб магнитли адсорбентлар синтез қилинган [5].

Шпинель намунанинг бир қисми $FeCl_3$ ёки $Zn(NO_3)_2$ тузлар билан модификацияланган, бошқа қисми $Mn_{0,3}Zn_{0,7}Fe_2O_4$ бирикмаси билан чўктириш жараёни охирида $Zn(NO_3)_2$ тузини қўшиб, модификация қилинган. Яратилган янги адсорбентларнинг адсорбция қобилиятларини оғир металлар (мис ва қўрғошин) бўйича ўрганилган. Марганец-рух билан модификация қилинаётган шпинел синтез жараёнида $Zn(NO_3)_2$ қўшилганда шпинелнинг оғирлигига нисбатан 15% ZnO ҳосил бўлганда адсорбентнинг адсорбция хусусияти нисбатан ошган. Бошланғич намуна учун адсорбция чегаравий сиғими мис иони бўйича 25 мкгмоль/грам га, $FeCl_3$ учун 28 мкгммоль/г, ZnO билан қопланган шпинелнинг адсорбция сиғими Cu^{2+} иони бўйича 200 мкмоль/грамга тенг. ZnO билан модификация қилинган

ISSN 3030-3907

шпинелнинг Cu^{2+} ва Pb^{2+} ионлари бўйича адсорбция сиғими деярли бир хил бўлган.

Толали модификацияланган ион алмашиниш полимерлар-Толали сорбентларда фазовий чегараланмаган каналлар бўлиб, вақт бирлигида катта сирти билан ифлосликлар контакда бўладилар. Сорбентнинг юқори алмашиниш сиғимини сақлаб қолиш билан боғлиқ бўлган фильтрли материал “Бентосорб” яратилган. Матрицаси базальтли тола, активланган монтморилонит билан модификация қилинган бўлиб, базальт толасининг ички сирти кенглиги ва механик мустахкамликка эга бўлгани учун матрица сифатида танланган. Шунингдек, базальт толанинг таркибидаги ноорганик компонентлар унинг кимёвий активлигини оширади, матрицаси органик ва ноорганик активаторлар билан енгил модификация қилиниб, керакли хусусиятни беради. Монтоморилонитли заррачалар толанинг сиртида бир текисда тарқалиб, кимёвий активлигини ошириб, ион-алмашиниш хусусиятини намойиш этган. Изланишлар натижаси шуни кўрсатдики, кулранг бентонитни статик алмашиниш сиғими қўрғошин иони бўйича 52 мг/грамни, пушти ранглиси 12 мг/грамни, аралаш ранглиси 61 мг/грамни ташкил этган. Кейинги иўланишда олимлар томонидан динамик алмашиниш сиғими ўрганилган бўлиб, активатор сифатида юқори сорбцион сиғимга эга бўлган аралаш рангли бентонит танланган [7].

ХУЛОСА. Олиб борилган адабиётлар таҳлили оғир металл ионларини сувли эритмалардан ажратишда ион алмашинувчи ва модификацияланган сорбентлар муҳим аҳамиятга эга эканини кўрсатди. Турли табиатга эга сорбентлар, жумладан катион алмашинувчи полимерлар, монтмориллонит асосидаги материаллар, магнитли ва толали сорбентлар оғир металл ионларини сорбциялашда юқори самарадорлик намоён қилиши таҳлил қилинди.

Тадқиқотлар натижаларига кўра, сорбция жараёни самарадорлиги муҳит pH қиймати, металл ионлари концентрацияси, функционал гуруҳлар табиати ҳамда сорбент тузилишига боғлиқ экани кўрсатилди. Айрим модификацияланган сорбентларда оғир металл ионларига нисбатан юқори селективлик ва сорбцион сиғим кузатилган.

Шу билан бирга, сорбентларни модификациялаш уларнинг физик-кимёвий ва сорбцион хусусиятларини яхшилашга хизмат қилиши мумкинлиги қайд этилди. Модификацияланган сорбентлардан сув тайёрлаш, оқова сувларни тозалаш ва гидрометаллургия жараёнларида фойдаланиш истиқболли йўналишлардан бири ҳисобланади.

Келгусида янги функционал гуруҳларга эга бўлган селектив сорбентларни яратиш ва уларнинг оғир металл ионларига нисбатан

ISSN 3030-3907

сорбцион хусусиятларини чуқур ўрганиш долзарб илмий йўналишлардан бири ҳисобланади.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Liu, Mingyan & Zhang, Yang. (2014). Ion-Yexchange Adsorption of Calcium Ions from Water and Geothermal Water with Modified Zeolite A. AIChE Journal. 61. https://doi.org/10.1002/aic.14671

2. Касимов Ш.А., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т. Исследование процесса комплексообразования ионов некоторых двухвалентных 3д-металлов синтезированном хелатообразующим сорбентом // Универсум: химия и биология : электрон. научн. журн. 2018. № 3 (45). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5583 (data obrashcheniya: 18.12.2022).

3. Gelis, V. & Kharitonov, O. & Firsova, Lubov & Milyutin, V. & Logunov, Michail & Kozlitin, Yevgeny & Nekrasova, N. & Pavlov, Yuri & Kononenko, O. & S'hadrin, A. & Vitaliy, Vidanov & S'hatalov, V. Sorbent Selection for the Chromatographic Separation of TPE and REE. 2021. T.1. №.76 81-92.

4. Kuchkarova, N., Turabjanov, S., Yakovenko, A., & Rakhimova, L. Модификация катионита КУ-2-8 растворами Титана (IV). Журнал Химия и химическая технология. Ташкент., 2022. №3., С.32-37. DOI: 10.34920/cce202235

5. Сергиенко В. И., Перфильев А. В., Ксеник Т. В., Юдаков А. А. Получение и применение гидрофобных сорбентов из алюмосиликатов // Труды Кольского научного центра РАН. 2015. №5 (31). С.202-209.

6. Иканина Е.В. Физико-химические закономерности синтеза, микроструктура и функциональные свойства композиционного сорбента катионит КУ-2×8 – гидроксид железа (ИИИ): дис. … канд. хим. наук: 02.00.04 / УрФУ. Екатеринбург. 2013. 176 с.

7. Turabdzhanov S., Nazirov Z., Turaeva D., Rakhimova L. Perspektive Wastewater Treatment from Cu2+ Ions in the Mining Industry // IVth International Innovative Mining Symposium.E3S Web of Conferences 105,02025 (2019).https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502025.-P.2-6.

8. Кучкарова Н.Х. Модификацияланган ион алмашиниш полимерларини олиш технологияси ва уларнинг қўлланилиши // мавзусидаги диссертация иши. Тошкент 2023 й. *УДК 661.182.547.721*

N-ALMASHINGAN AMINOAMIDLARNING SINTEZI, FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARI VA QO‘LLANISH IMKONIYATLARI

Rejabbayev Muzaffar Latibjonovich
Namangan davlat texnika universiteti mustaqil izlanuvchisi
Qodirova Gulnora Olimjanovna
Namangan davlat texnika universiteti, PhD, katta o‘qituvchi

Annotatsiya. N-almashingan aminoamidlar azot saqlovchi organik birikmalar sinfiga mansub bo‘lib, funksional guruhlarning xilma-xilligi hamda molekulyar tuzilishining moslashuvchanligi tufayli turli sanoat va ilmiy yo‘nalishlarda keng qo‘llaniladigan istiqbolli moddalardan hisoblanadi. Ushbu tadqiqotda turli tuzilishga ega bo‘lgan N-almashingan aminoamidlar faollashtirilgan karboksil kislota hosilalari va almashingan aminlar o‘rtasidagi kondensatsiya reaksiyalari orqali sintez qilindi. Olingan birikmalarning molekulyar tuzilishi infraqizil spektroskopiya (IQ) tahlili yordamida o‘rganildi. Tadqiqot natijalari azot atomidagi almashuvchi guruhlarning tabiati birikmalarning, eruvchanligi hamda kimyoviy faolligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini aniqladi. Olingan natijalar N-almashingan aminoamidlarning polimer modifikatorlari, korroziyaga qarshi ingibitorlar hamda funksional materiallar yaratishda istiqbolli sinf ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: N-almashingan aminoamidlar, organik sintez, polimer modifikatorlari, korroziya ingibitorlari, funksional materiallar.

Аннотация. N-замещённые аминоамиды относятся к классу азотсодержащих органических соединений и считаются перспективными веществами, широко применяемыми в различных промышленных и научных направлениях благодаря разнообразию функциональных групп и гибкости их молекулярной структуры. В данном исследовании N-замещённые аминоамиды различного строения были синтезированы посредством реакций конденсации между активированными производными карбоновых кислот и замещёнными аминами. Молекулярная структура полученных соединений была изучена с использованием инфракрасного (ИК) спектроскопического анализа. Результаты исследования показали, что природа заместителей при атоме азота существенно влияет на растворимость и химическую активность соединений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что N-замещённые аминоамиды представляют собой перспективный класс соединений для использования в качестве модификаторов полимеров, ингибиторов коррозии и при создании функциональных материалов.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: N-замещённые аминоамиды, органический синтез, модификаторы полимеров, ингибиторы коррозии, функциональные материалы.

Abstract. N-substituted aminoamides belong to the class of nitrogen-containing organic compounds and are considered promising substances widely used in various industrial and scientific fields due to the diversity of functional groups and the flexibility of their molecular structure. In this study, N-substituted aminoamides with different structures were synthesized through condensation reactions between activated carboxylic acid derivatives and substituted amines. The molecular structure of the obtained compounds was investigated using infrared (IR) spectroscopic analysis. The research results showed that the nature of substituents at the nitrogen atom significantly affects the solubility and chemical reactivity of the compounds. The obtained results demonstrate that N-substituted aminoamides represent a promising class of compounds for application as polymer modifiers, corrosion inhibitors, and in the development of functional materials.

Keywords: N-substituted aminoamides, organic synthesis, polymer modifiers, corrosion inhibitors, functional materials.

KIRISH.

Azot saqlovchi organik birikmalar zamonaviy organik kimyo, farmatsevtika, polimerlar kimyosi va materialshunoslikda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan birikmalar sinfiga kiradi [1]. Ularning molekulyar tarkibida azot atomining mavjudligi elektron zichlik taqsimoti, vodorod bog‘lanish qobiliyati, koordinatsion faollik va molekulalararo o‘zaro ta’sirlarni boshqarish imkonini beradi [2,3]. Ayniqsa, amin va amid funksional guruhlarini bir molekulada mujassamlashtirgan aminoamidlar yuqori reaktivlik, strukturaviy moslashuvchanlik hamda turli fizik-kimyoviy xossalarni namoyon qilishi bilan ajralib turadi.

Aminoamidlar tarkibidagi amin guruhi donor xususiyatga ega bo‘lib, metall ionlari bilan koordinatsion bog‘lanish hosil qilishi mumkin. Amid guruhi esa karbonil va amid azoti orqali vodorod bog‘lanishlarida ishtirok etadi hamda molekulaning termodinamik barqarorligini oshiradi [4]. Shu sababli bunday birikmalar farmatsevtik oraliq mahsulotlar, polimer modifikatorlari, korroziya ingibitorlari, sirt faol moddalar va funksional qoplama materiallari sifatida keng o‘rganilmoqda [5,6].

So‘nggi yillarda N-almashingan aminoamidlar alohida ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda. Chunki azot atomiga kiritilgan alkil, aril yoki boshqa funksional guruhlar molekulaning elektron tuzilishi, sterik omillari, eruvchanligi va reaktivligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [7]. Bunday strukturaviy modifikatsiya

ISSN 3030-3907

orqali birikmalarning issiqlikka chidamliligi, biologik faolligi, metall yuzalariga adsorbsiyalanish qobiliyati va polimer matritsalar bilan moslashuvchanligini maqsadli boshqarish mumkin [8].

N-almashingan aminoamidlarni sintez qilish, odatda, karboksil kislota hosilalari va birlamchi yoki ikkilamchi aminlar o‘rtasidagi kondensatsiya reaksiyalariga asoslanadi. Amide bog‘ining hosil bo‘lishi nukleofil asil almashinish mexanizmi orqali boradi. Faollashtirilgan kislota xloridlari, angidridlar, esterlar yoki karboksil kislotalarning katalitik kondensatsiyasi ushbu sinf birikmalarni olishda keng qo‘llaniladi. Masalan, $TiCl_4$ ishtirokida karboksil kislotalar va aminlarning bir bosqichli kondensatsiyasi orqali turli amidlar yuqori tozalikda olinishi mumkinligi ko‘rsatilgan [9]. Bu yondashuv N-almashingan aminoamidlar sintezi uchun ham muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Hozirgi davrda ekologik xavfsiz va energiya tejamkor sintez usullarini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi. Shu sababli erituvchisiz muhitda sintez qilish, mikroto‘lqinli faollashtirish, katalitik amidlanish va yumshoq sharoitlarda kondensatsiya jarayonlarini qo‘llashga e’tibor ortib bormoqda [10,11]. Bunday usullar reaksiyaning davomiyligini qisqartirish, mahsulot unumini oshirish va ikkilamchi chiqindilar miqdorini kamaytirish imkonini beradi.

N-almashingan aminoamidlarning amaliy qo‘llanish sohasi juda keng. Ular polimer materiallar tarkibida modifikator va stabilizator sifatida ishlatilishi, metall yuzalarini korroziyadan himoya qilishda adsorbsion himoya qatlamini hosil qilishi, shuningdek, biologik faol birikmalar sintezida oraliq modda sifatida xizmat qilishi mumkin [5]. Korroziya ingibitorlari sifatida ularning samaradorligi molekuladagi azot, kislorod va boshqa geteroatomlarning metall yuzasi bilan o‘zaro ta’sirga kirishish qobiliyati bilan bog‘liq [11]. Organik ingibitorlar metall yuzasida himoya plyonkasi hosil qilib, agressiv muhitning metall bilan bevosita kontaktini kamaytiradi [6].

Shuningdek, N-almashingan aminoamidlar polimerlar kimyosida ham muhim ahamiyatga ega. Ularning tarkibidagi amid va amin guruhlari polimer zanjirlari bilan vodorod bog‘lari, dipol-dipol o‘zaro ta’sirlar yoki kimyoviy bog‘lanishlar hosil qilishi mumkin. Natijada polimer materiallarning mexanik mustahkamligi, termik barqarorligi, adgezion xossalari va ekspluatatsion chidamliligi yaxshilanishi ehtimoli ortadi [8]. Shu jihatdan N-almashingan aminoamidlar yangi avlod funksional polimer materiallari va qoplama kompozitsiyalarini ishlab chiqishda istiqbolli komponentlar sifatida baholanadi.

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, amid bog‘i va azot atomidagi almashuvchi guruhlar o‘rtasidagi strukturaviy bog‘liqlik birikmalarning xossalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [3]. Biroq N-almashingan aminoamidlarning molekulyar tuzilishi, termik barqarorligi, eruvchanligi va amaliy qo‘llanish

ISSN 3030-3907

imkoniyatlarini kompleks tarzda o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotlar hali yetarli darajada tizimlashtirilmagan. Ayniqsa, tuzilish–xossa munosabatlarini aniqlash orqali maqsadli funksional materiallar yaratish masalasi dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qolmoqda.

MATERIALLAR VA SINTEZ METODLARI. Mazkur tadqiqot ishida N-almashingan aminoamidlarni sintez qilish uchun turli tuzilishga ega bo‘lgan aminlar va karboksil kislota hosilalaridan foydalanildi. Barcha reagentlar analitik tozalik darajasiga ega bo‘lib, qo‘shimcha tozalashsiz ishlatildi. Tajriba jarayonida quyidagi asosiy reagentlar qo‘llanildi: birlamchi aminlar ($R–NH_2$), ikkilamchi aminlar (R_2NH), aromatik aminlar (anilin va uning hosilalari), karboksil kislotalar (R–COOH), karboksil kislota xloridlari (R–COCl), karboksil kislota angidrid hosilalari, katalizator sifatida trietilamin ($C_6H_{15}N$) yoki piridin, erituvchilar sifatida etanol, atseton va dimetilformamid (DMF), neytrallovchi moddalar natriy gidrokarbonat eritmasi.

Barcha erituvchilar reaksiyadan oldin suv qoldiqlaridan tegishli adsorbentlar yoki quritgich moddalar yordamida tozalandi. Reaksiyalar inert muhitda olib borilmagan bo‘lsa-da, atmosfera namligi minimal darajada bo‘lishi ta’minlandi.

N-almashingan aminoamidlar aminlar va faollashtirilgan karboksil kislota hosilalari o‘rtasidagi kondensatsiya reaksiyasi asosida sintez qilindi. Sintez jarayoni harorat, vaqt va reagentlar nisbatini qat’iy nazorat qilish orqali olib borildi. Dastlab 0,1 mol miqdordagi almashingan amin 100 ml hajmdagi uch bo‘yinli kolbaga solindi va 40–50 ml etanol erituvchida eritildi. Aralashma magnit aralashtirgich yordamida 500–700 ayl/min tezlikda aralashtirildi. So‘ngra reaksiya aralashmasi muz hammomi yordamida 0–5 °C haroratgacha sovitildi. Keyingi bosqichda 0,1 mol miqdordagi karboksil kislota xloridi tomchilab qo‘shildi. Qo‘shish tezligi 10–15 minut davomida nazorat ostida olib borildi. Reaksiya davomida ajralib chiqadigan vodorod xloridni neytrallash uchun katalizator sifatida trietilamin yoki piridin qo‘shildi. Aralashma keyinchalik 60–90 °C harorat oralig‘ida 2–5 soat davomida qaytar sovitgich ostida isitildi. Ushbu bosqichda amid bog‘ining hosil bo‘lish jarayoni sodir bo‘ldi.

Reaksiya tugagach, aralashma xona haroratigacha sovitildi va hosil bo‘lgan qattiq mahsulot vakuum filtrlash orqali ajratib olindi. Xom mahsulot etanol erituvchida qayta kristallantirildi va 50–60°C haroratda vakuum quritgichda quritildi. Hosil bo‘lgan mahsulotning umumiy unumi 65–92 % oralig‘ida bo‘ldi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA. N-almashingan aminoamidlar almashingan aminlar va faollashtirilgan karboksil kislota hosilalari o‘rtasidagi kondensatsiya reaksiyasi orqali sintez qilindi. Reaksiya jarayonida amin guruhining nukleofil xossasi karbonil uglerodiga yo‘naltirilgan bo‘lib, natijada

ISSN 3030-3907

barqaror amid bog‘i hosil bo‘ldi. Sintez qilingan mahsulotlar och sariqdan oq ranggacha bo‘lgan kristall yoki mayda dispers qattiq modda ko‘rinishida ajratib olindi.

Mahsulot unumi almashuvchi guruh tabiatiga bog‘liq holda 65-92 % oralig‘ida bo‘ldi. Aromatik halqa saqlovchi aminlar asosida olingan aminoamidlar nisbatan yuqori unum berdi, bu esa aromatik tizimning elektron zichlikni barqarorlashtirish xususiyati bilan izohlanadi. Hajm jihatdan katta alkil yoki aril guruhlar mavjud bo‘lgan holatlarda mahsulot unumi biroz kamaydi, chunki sterik to‘siqlar amin guruhining karbonil markaziga yaqinlashishini qiyinlashtirdi.

1-jadval

Sintez qilingan N-almashingan aminoamidlarning umumiy tavsifi

Namuna	Almashuvchi guruh turi	Tashqi ko‘rinishi	Unum, %	Erish harorati, °C
PETS-1	Alkil	Oq kristall	78	118-122
PETS-2	Aromatik	Och sariq kristall	86	142-148
PETS-3	Geterosiklik	Sarg‘ish kukun	74	136-141
PETS-4	Bulky aril	Och krem rangli kukun	65	154-160
PETS-5	Elektron-donor aril	Och sariq kristall	92	150-156

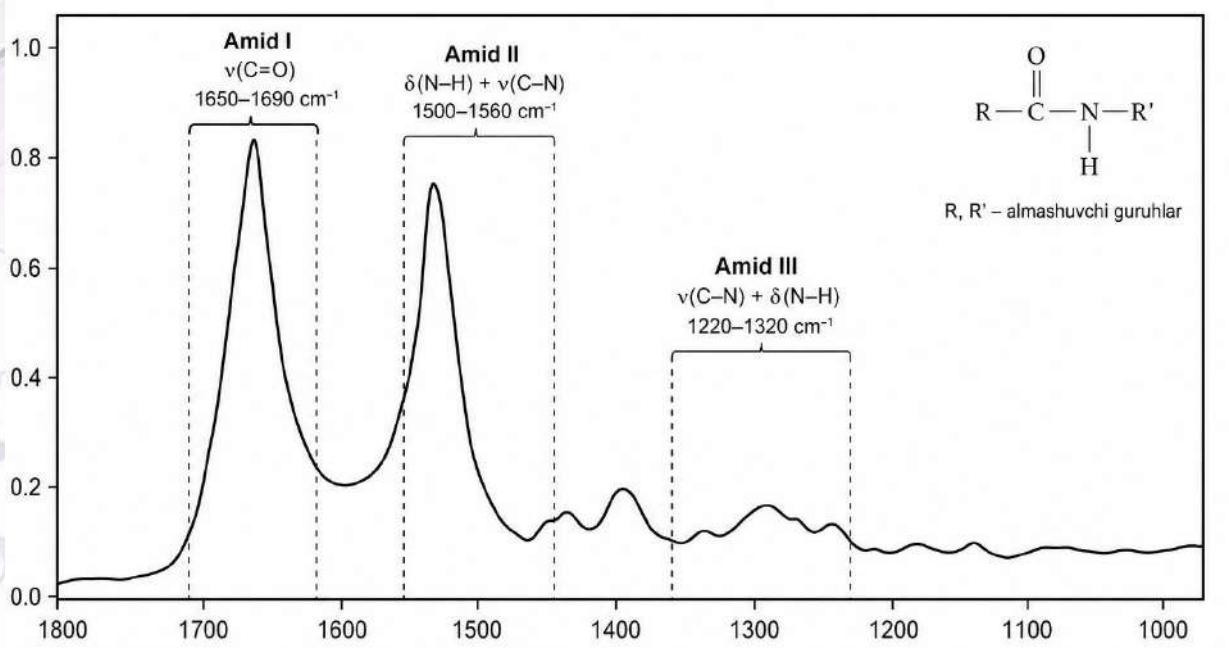
IQ spektroskopik tahlil natijalari. IQ spektroskopiya natijalari sintez qilingan N-almashingan aminoamidlarning tarkibida amid va amin funksional guruhlari mavjudligini tasdiqladi. Spektrlarda amin va amid guruhlariga xos bo‘lgan yutilish chiziqlari aniq kuzatildi. Ayniqsa, amid karbonil guruhining kuchli yutilish signali mahsulot hosil bo‘lganligini ko‘rsatuvchi asosiy diagnostik belgi hisoblanadi.

Spektrda 3200-3400 sm^{-1} oralig‘ida keng yutilish sohasi kuzatildi. Ushbu yutilish N-H valent tebranishlariga tegishli bo‘lib, molekulalararo vodorod bog‘lari mavjudligini ko‘rsatadi. Ayrim namunalarda bu sohaning kengayishi molekulyar assotsiatsiya kuchayganligini bildiradi.

1650-1680 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan kuchli yutilish chizig‘i amid karbonil guruhining C=O valent tebranishlariga tegishli. Ushbu pikning aniq va intensiv bo‘lishi karboksil kislota hosilasining amin bilan kondensatsiyalanib, amid bog‘i hosil qilganligini tasdiqlaydi.

1500-1550 sm^{-1} oralig‘idagi yutilish chiziqlari amid II sohasi bilan bog‘liq bo‘lib, N–H deformatsion tebranishlari va C–N bog‘ining tebranishlari bilan izohlanadi. 1200–1350 sm^{-1} oralig‘idagi signallar esa C–N valent tebranishlariga mos keladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Sintez qilingan N-almashingan aminoamidlarning model IQ spektri

IQ tahlili asosida boshlang‘ich moddalarga xos ayrim signallarning kamayishi yoki yo‘qolishi ham qayd etildi. Masalan, kislota xloridlariga xos bo‘lgan yuqori chastotali karbonil signallarining yo‘qolishi, shuningdek, aminlarning erkin N–H tebranishlari shaklining o‘zgarishi amidlanish jarayoni muvaffaqiyatli kechganligini tasdiqlaydi.

2-jadval.

N-almashingan aminoamidlar uchun asosiy IQ yutilish chiziqlari

To‘lqin soni, sm^{-1}	Tegishli tebranish	Ilmiy izoh
3200–3400	N–H valent tebranishi	Amid/amin guruhlari va vodorod bog‘lari
2920–2860	C–H valent tebranishi	Alkil guruhlar mavjudligi
1650–1680	C=O valent tebranishi	Amid I sohasi
1500–1560	N–H deformatsion tebranishi	Amid II sohasi
1450–1600	C=C aromatik tebranishi	Aromatik halqa mavjudligi
1200–1320	C–N valent tebranishi	Aminoamid tuzilmasining shakllanishi

IQ natijalari shuni ko‘rsatdiki, almashuvchi guruhlarning elektron tabiati karbonil yutilish chastotasiga ta’sir ko‘rsatadi. Elektron-donor guruhlar mavjud bo‘lgan namunalarda C=O tebranish chastotasi biroz pastroq sohada kuzatildi, bu karbonil guruhidagi elektron zichlikning qayta taqsimlanishi bilan bog‘liq. Elektron-akseptor guruhlar esa karbonil bog‘ining qutblanishini kuchaytirib, yutilish chastotasining nisbatan yuqori tomonga siljishiga sabab bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907

N-almashingan aminoamidlar tarkibida amin va amid funksional guruhlarining mavjudligi ularning turli kimyoviy, fizik-kimyoviy va texnologik jarayonlarda faol ishtirok etishini ta’minlaydi. Molekuladagi azot atomlari, karbonil guruhi va almashuvchi radikallar birikmalarning qutbliligi, adsorbsion faolligi, vodorod bog‘i hosil qilish qobiliyati hamda koordinatsion xossalarini belgilaydi. Shu sababli N-almashingan aminoamidlar farmatsevtika, polimer materiallar texnologiyasi, korroziyaga qarshi himoya, sirt faol moddalar, funksional qoplamalar va analitik kimyo yo‘nalishlarida istiqbolli birikmalar sifatida baholanadi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda turli tuzilishga ega bo‘lgan N-almashingan aminoamidlar faollashtirilgan karboksil kislota hosilalari va almashingan aminlar o‘rtasidagi kondensatsiya reaksiyalari orqali sintez qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, amid bog‘ining shakllanishi sintez jarayonining asosiy strukturaviy belgisi bo‘lib, mahsulotlarning fizik-kimyoviy va termik xossalari azot atomidagi almashuvchi guruhlarning elektron hamda sterik tabiati bilan bevosita bog‘liq.

IQ spektroskopiya natijalari sintez qilingan birikmalarda N–H, C=O va C–N funksional guruhlariga xos yutilish sohalarining mavjudligini tasdiqladi. Ayniqsa, 1650–1680 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan amid karbonil guruhining intensiv yutilish chizig‘i N-almashingan aminoamid tuzilmasining hosil bo‘lganligini ko‘rsatuvchi muhim dalil sifatida baholandi. 3200–3400 sm^{-1} oralig‘idagi keng yutilish sohasi esa molekulalararo vodorod bog‘lari mavjudligini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Yusupov M.O., Beknazarov Kh.S., Tillaev A., Dzhalilov A.T. International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No.03, (2020)
2. Glover, S.A.; Rosser, A.A. Heteroatom Substitution at Amide Nitrogen—Resonance Reduction and HERON Reactions of Anomeric Amides. Molecules, 2018, 23, 2834.
3. LibreTexts Chemistry. Chemistry of Amides. Amides are formed through nucleophilic acyl substitution involving acid chlorides and amines.
4. LibreTexts Chemistry. Nitrogen-Containing Compounds: Amines and Amides. Amide linkage formation and the role of amines/amides in organic chemistry.
5. Wang, X.; Liu, S.; Yan, J.; Zhang, J.; Zhang, Q.; Yan, Y. Recent Progress of Polymeric Corrosion Inhibitor: Structure and Application. Materials, 2023, 16, 2954.
6. Al-Amiery, A.A.; Isahak, W.N.R.W.; Al-Azzawi, W.K. Corrosion Inhibitors: Natural and Synthetic Organic Inhibitors. Lubricants, 2023, 11, 174.
7. Glover, S.A.; Rosser, A.A. Heteroatom Substitution at Amide Nitrogen—Resonance Reduction and HERON Reactions of Anomeric Amides. Molecules, 2018, 23(11), 2834.

ISSN 3030-3907

8. Bairagi, H. Polymers and Their Composites for Corrosion Inhibition Applications. Hybrid Advances, 2024.
9. Leggio, A.; Bagalà, J.; Belsito, E.L.; Comandè, A.; Greco, M.; Liguori, A. Formation of Amides: One-Pot Condensation of Carboxylic Acids and Amines Mediated by $TiCl_4$. Chemistry Central Journal, 2017, 11, 87.
10. Brown, P.A. et al. Synthesis of Amides from Amines and Esters under Mild Conditions. 2026.
11. Desimone, M.P. et al. Amphiphilic Amido-Amine as an Effective Corrosion Inhibitor. Electrochimica Acta, 2011.

ISSN 3030-3907

KALAVA IPLARNING NOTEKISLIK KO‘RSATKICHLARIGA ARALASHMA VA EMULSIYALASH TARKIBINING TA’SIRI

D.J.Mirzanazarova
S.A.Xamrayeva
F.R.Taniberdiyev
M.N.Nodirova
B.T.To‘raqulov

Annotatsiya. Mazkur maqolada kalava iplarning notekislik ko‘rsatkichlariga tolalar aralashmasi va emulsiyalash tarkibining ta’siri tadqiq etilgan. Tadqiqotda turli foizdagi paxta tolasi va qayta ishlangan tolalar aralashmasi asosida iplar ishlab chiqarildi. Emulsiyalash tarkibi 1,25%, 1,50%, 1,75% va 2,00% miqdorlarda o‘rganildi. Kalava iplarning sifat ko‘rsatkichlari Uster asbobi yordamida aniqlangan. Natijalar iplarning notekisligi, variatsiya koeffitsienti va nuqsonlar miqdoriga sezilarli ta’sir mavjudligini ko‘rsatdi. Aralashma tarkibidagi qayta ishlangan tolalar ulushi ortishi bilan ayrim sifat ko‘rsatkichlari yomonlashishi kuzatildi. Shu bilan birga, optimal emulsiyalash tarkibi tanlanganda sifat ko‘rsatkichlari yaxshilanishi aniqlangan. Ingichkalashgan va yo‘g‘onlashgan joylar hamda nepslar soni emulsiyaga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Tukdorlik va uning variatsiyasi ham muhim ko‘rsatkich sifatida baholandi. Tadqiqot natijalari asosida har bir aralashma varianti uchun optimal emulsiyalash darajalari tavsiya etildi.Eng yaxshi natijalar ayrim variantlar uchun 1,50% va 1,75% emulsiyada kuzatildi.Olingan natijalar ip yigirish korxonalarida sifatni oshirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar. Turli tolalar, kalava ip, notekislik, emulsiya, uzish kuchi, uzishdagi uzayish, variatsiya koeffitsient.

Аннотация. В данной стате исследовано влияние состава волокнистой смеси и эмульсирования на показатели неровноти пряжи.В работе исползовани смеси хлопкового волокна с различним содержанием вторичних переработанних материалов. Концентрация эмульсии варировалас в пределах 1,25%, 1,50%, 1,75% и 2,00%. Качественние показатели пряжи определялис с исползованием прибора Устер. Результати показали значителное влияние состава смеси и эмульсии на неровноту и вариатсию пряжи. С увеличением доли вторичних волокон наблюдается ухудшение ряда показательей качества. Однако при оптималном подборе эмульсии возможно улучшение характеристик пряжи. Количество тонких и утолшённих мест, а также число непсов зависит от условий эмульсирования. Ворсистост и её вариация также изменяются в зависимости от параметров процесса. На основе проведённих исследований определени оптималние режими эмульсирования. Для различних вариантов смеси рекомендовани

ISSN 3030-3907

индивидуалние значения эмульсии. Полученние результати имеют практическое значение для повишения качества пряжи.

Ключевые слова.Различные волокна, пряжа, неровнота, эмульсия, разрывная нагрузка, удлинение при разрыве, коэффициент вариации.

Abstract. This article investigates the effect of fiber blend composition and emulsification on yarn unevenness parameters. Yarns were produced using cotton fibers blended with different proportions of recycled materials. The emulsification levels studied were 1.25%, 1.50%, 1.75%, and 2.00%. Yarn quality parameters were evaluated using the Uster testing system. The results revealed a significant influence of blend composition and emulsification on yarn unevenness and variability. An increase in recycled fiber content led to deterioration in several quality indicators. However, optimal emulsification levels contributed to improving yarn properties. The number of thin places, thick places, and neps varied depending on emulsification conditions. Hairiness and its variation were also affected by process parameters. Based on the analysis, optimal emulsification conditions were determined for each blend variant. The best results were achieved at specific emulsification levels for different blends. The findings are of practical importance for improving yarn quality in spinning mills.

Keywords. Various fibers, yarn, unevenness, emulsion, tensile strength, elongation at break, coefficient of variation.

KIRISH.

Ip yigirish korxonasida iplarning sifat ko‘rsatkichlariga nuqsonlardan yaxshi tozalanmasligi, turli tarkibli tolalar aralashmasi, tolalarning joylanishi, mashina ishchi qismlari va hakozalar salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Tolalar tarkibidagi nuqson va chiqindilar miqdori yigirish jarayonida muhim ahamiyat kasb etadi. Agar tola paxta tozalash korxonalarida nuqsonlardan yaxshi tozalanmasa, undan sifatsiz kalava ip olishga imkoniyat yaratiladi. Tola tarkibidagi nuqson va iflosliklar miqdori qanchalik ko‘p bo‘lsa, yigirishdagi texnologik jarayonning ishlashini qiyinlashtiradi, kalava iplarning chiqishini kamaytiradi va mahsulotning tannarxini oshiradi.

Yigirish ishlab chiqarishda mahsulotlarning nuqsonlarini nazorat qilish, hamda sinash va ularning hosil bo‘lish sabablarini aniqlash eng muhim vazifa hisoblanadi. Kalava iplarning nuqsonlari ishlab chiqarish jarayonidagi texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarga va yigirish, to‘quvchilik mahsulotlarining fizik-mexanik xossalariga katta ta’sir etadi. Yigirilgan ip va iplarda nuqsonlar hosil bo‘lishiga asosiy sabab, past sifatli va iflos xom ashyodan foydalanish, mexanizmlarning nosozligi va mashinalarning yaxshi tutilmaganligidir.

Undan tashqari, kalava iplarning notekislik ko‘rsatkichlari va nuqsonlar miqdorining ortib ketishiga asosiy sabab, bu turli tolalar aralashmasidan

ISSN 3030-3907

foydalanishdir. Kalava ip tarkibiga aralashtirilgan rogoza o‘simligidan olingan tola birinchi marta kalava ip olish jarayonida qo‘llab ko‘rilmoqda. Ip olish jarayonidan rogoza o‘simligidan olingan toladan 37% maksimal miqdorda aralashtirib ko‘rildi [1-3].

Shu bilan bir qatorda kalava iplarning notekislik ko‘rsatkichlari va nuqsonlar miqdorini aniqlash borasida tadqiqot ishlari olib borildi. Uning uchun, turli tarkibli aralashmalardan iborat kalava iplarning sifat ko‘rsatkichlari Uster asbobida aniqlandi va olingan sinov natijalari 1-jadvalda keltirildi.

1-jadval

Kalava iplarning notekislik ko‘rsatkichlariga aralashma va emulsiyalash tarkibining ta’siri

t/r	Ko‘rsatkichlar	Aralashma tarkibi,%			
		90% paxta tolasi bilan 10% paxta tolali ikkilamchi material resurslari aralashmasi	83% paxta tolasi bilan 17% qayta ishlanган chiqindi aralashmasi	73% paxta tolasi bilan 27% qayta ishlanган chiqindi aralashmasi	63% paxta tolasi bilan 37% qayta ishlanган chiqindi aralashmasi
Emulsiya tarkibi 1,25%					
1.	Iplarning notekisligi U, %	13,46	15,16	14,60	11,42
2.	Variatsiya koeffitsienti CVm,%	16,74	19,64	17,20	14,53
3.	1 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	6,70	6,30	6,12	4,08
4.	10 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	4,45	3,60	3,46	2,30
5.	Ingichkalashgan joylar Thin -30%	1840	1920	1760	1620
6.	Ingichkalashgan joylar Thin -40%	196,8	240,4	250,6	148,8

ISSN 3030-3907

7.	Ingichkalashgan joylar Thin -50%	12,4	10,8	11,4	6,3
8.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +35%	1188	1236	1089	1043
9.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +50%	240,8	250,4	220,6	200,0
10.	Nepslar soni Neps+140%	314,6	350,2	340,8	301,3
11.	Nepslar soni Neps+200%	31,6	38,8	36,4	28,8
12.	Nepslar soni Neps+280%	13,5	16,2	14,8	10,0
13.	Tukdorligi, H	9,12	7,59	8,61	6,85
14.	Tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti, sh	2,74	2,41	2,53	1,99
Emulsiya tarkibi 1,50%					
1.	Iplarning notekisligi U, %	12,32	10,88	11,46	12,88
2.	Variatsiya koeffitsienti CVm, %	15,62	15,28	15,60	16,30
3.	1 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	5,12	4,44	4,25	5,48
4.	10 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	4,56	3,88	3,58	4,20
5.	Ingichkalashgan joylar Thin -30%	1960	1840	1746	1896
6.	Ingichkalashgan joylar Thin -40%	200,4	196,6	190,4	200,8
7.	Ingichkalashgan joylar Thin -50%	10,4	8,8	9,0	11,2

ISSN 3030-3907

8.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +35%	1046	1023	1018	1148
9.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +50%	216,4	200,2	198,6	230,2
10.	Nepslar soni Neps+140%	324,6	310,8	306,6	318,8
11.	Nepslar soni Neps+200%	29,6	28,0	27,8	30,4
12.	Nepslar soni Neps+280%	11,2	10,4	10,8	11,36
13.	Tukdorligi, H	8,44	7,16	7,34	8,12
14.	Tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti, sh	2,60	2,44	2,36	2,45
Emulsiya tarkibi 1,75%					
1.	Iplarning notekisligi U, %	10,25	10,46	11,10	13,02
2.	Variatsiya koeffitsienti CVm, %	14,14	15,30	16,6	16,54
3.	1 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	5,04	5,56	5,38	5,66
4.	10 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	4,14	4,36	4,24	4,52
5.	Ingichkalashgan joylar Thin -30%	1880	1920	1890	1924
6.	Ingichkalashgan joylar Thin -40%	190,6	204,4	216,8	230,4
7.	Ingichkalashgan joylar Thin -50%	9,8	10,6	11,2	13,2

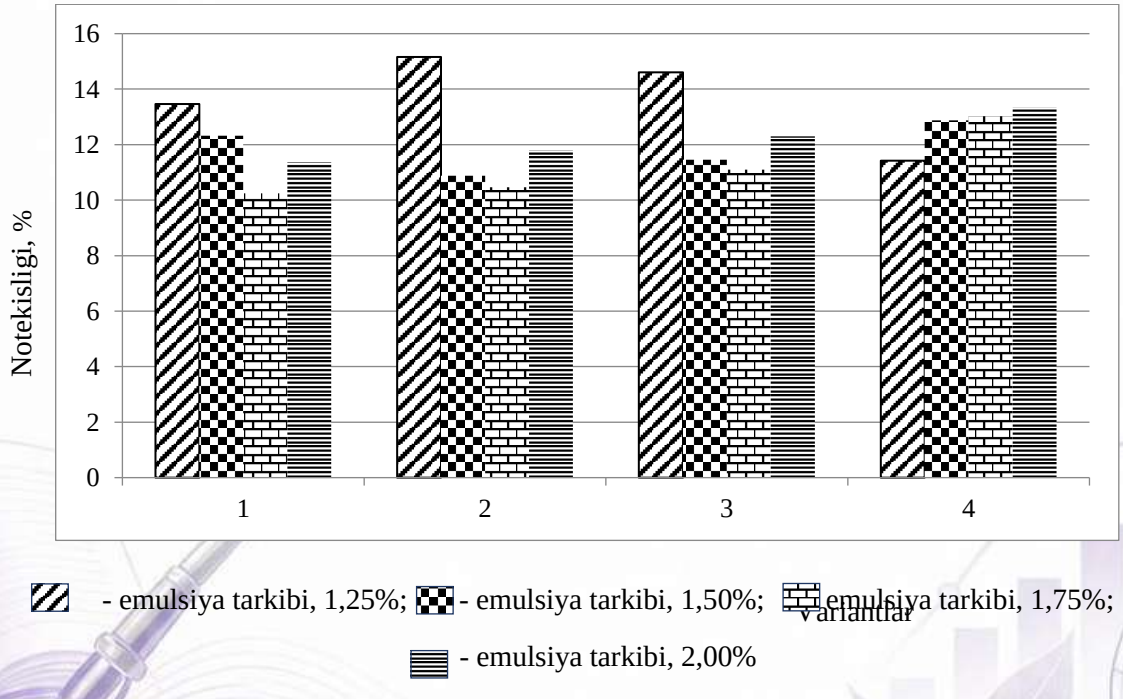
ISSN 3030-3907

8.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +35%	1030	1080	1086	1092
9.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +50%	210,4	220,6	220,8	220,2
10.	Nepslar soni Neps+140%	310,2	324,6	318,2	320,4
11.	Nepslar soni Neps+200%	28,0	29,9	28,8	29,2
12.	Nepslar soni Neps+280%	10,8	11,3	11,6	12,4
13.	Tukdorligi, H	7,06	7,10	7,25	7,86
14.	Tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti, sh	2,20	2,38	2,44	2,56
Emulsiya tarkibi 2,00%					
1.	Iplarning notekisligi U, %	11,36	11,8	12,30	13,34
2.	Variatsiya koeffitsienti CVm, %	15,38	16,42	16,8	16,82
3.	1 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	5,44	5,72	5,60	5,82
4.	10 m variatsiya koeffitsienti CVm, %	4,38	4,56	4,60	4,80
5.	Ingichkalashgan joylar Thin -30%	1932	1936	1900	1914
6.	Ingichkalashgan joylar Thin -40%	198,8	216,2	234,2	194,6
7.	Ingichkalashgan joylar Thin -50%	10,8	11,2	10,2	11,6

ISSN 3030-3907

8.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +35%	1060	1096	1040	1072
9.	Yo‘g‘onlashgan joylar Thin +50%	216,8	230,2	226,9	210,9
10.	Nepslar soni Neps+140%	316,8	330,2	320,4	310,8
11.	Nepslar soni Neps+200%	28,6	28,8	28,0	29,2
12.	Nepslar soni Neps+280%	11,8	12,4	12,8	13,2
13.	Tukdorligi, H	6,96	6,88	7,10	6,96
14.	Tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti, sh	2,18	2,30	2,16	2,22

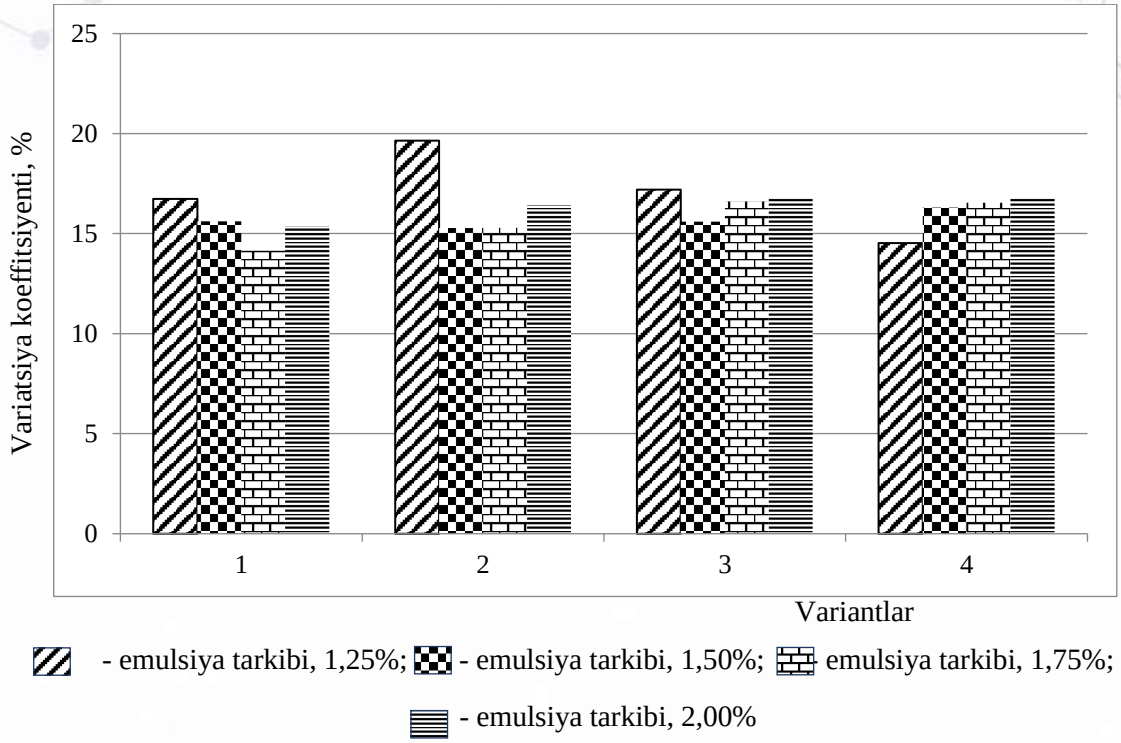
Tadqiqot natijalari asosida turli tarkibli emulsiyalash tarkibi va tolalar aralashmasidan olingan kalava iplarning notekisligi, variatsiya koeffitsienti, ingichkalashgan va yo‘g‘onlashgan joylari, nepslar soni, tukdorligi va tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsientining o‘zgarish gistogrammalari 1-4-rasmlarda keltirildi.



1-rasm. Aralashma va emulsiyalash tarkibi turlicha bo‘lgan kalava iplarning notekislik ko‘rsatkichining o‘zgarishi.

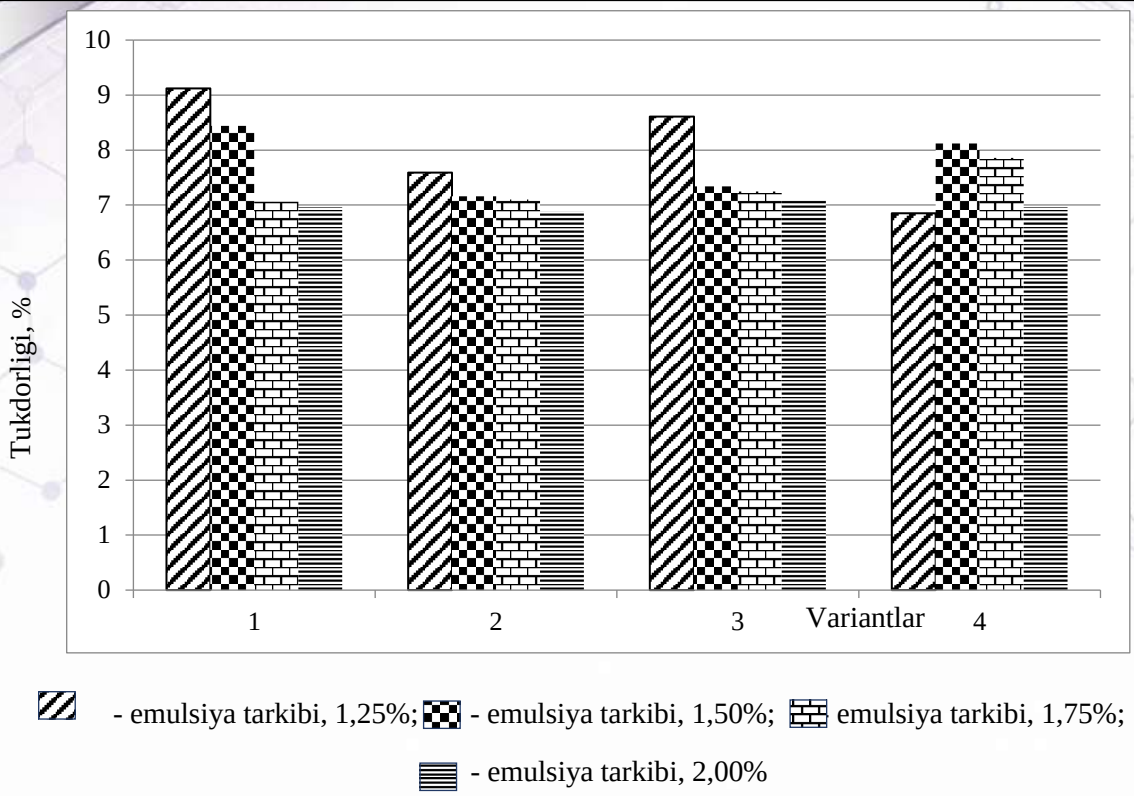
ISSN 3030-3907

Emulsiyalash tarkibi 1,25% bo‘lganda 1-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning ko‘rsatkichlariga nisbatan 2-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 11,2% ga, variatsiya koeffitsienti 14,8% ga oshdi, tukdorligi 16,8% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 12,0% ga kamaydi, 3-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 7,8% ga, variatsiya koeffitsienti 2,7% ga oshdi, tukdorligi 5,6% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 7,7% ga kamaydi, 4-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 15,2% ga, variatsiya koeffitsienti 13,2% ga, tukdorligi 24,9% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 27,4% ga kamaydi [4-5].

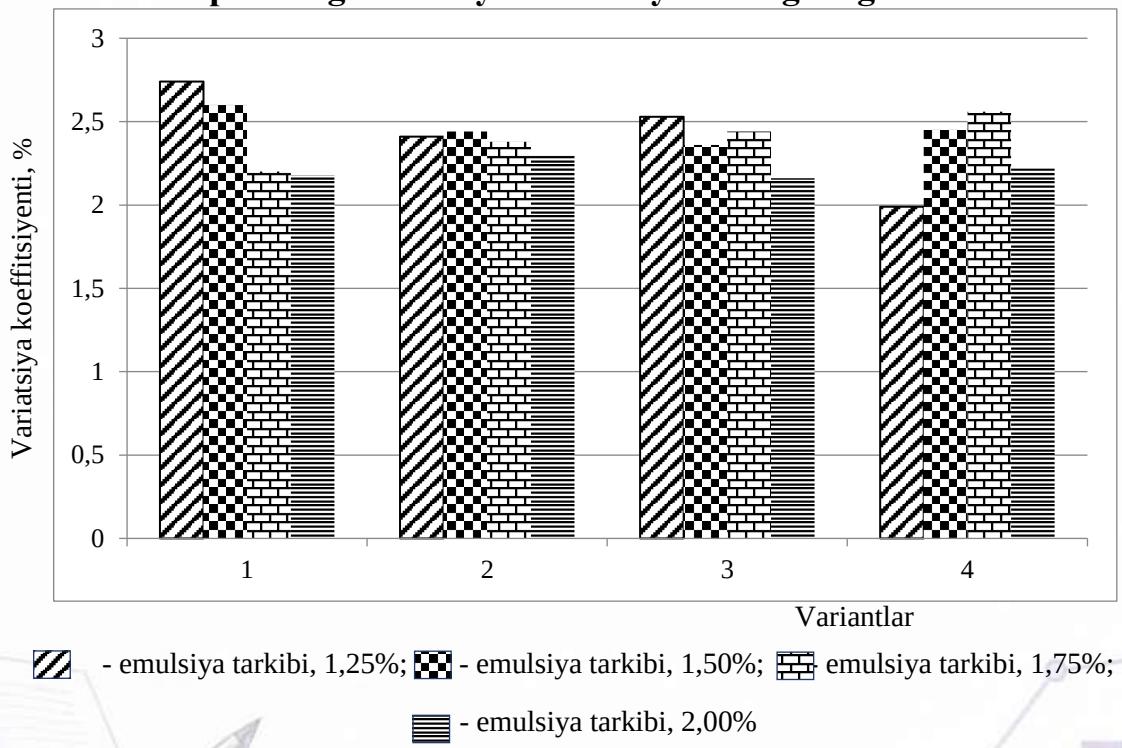


2-rasm. Aralashma va emulsiyalash tarkibi turlicha bo‘lgan kalava iplarning variatsiya koeffitsiyentining o‘zgarishi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Aralashma va emulsiyalash tarkibi turlicha bo‘lgan kalava iplarning variatsiya koeffitsiyentining o‘zgarishi.



4-rasm. Aralashma va emulsiyalash tarkibi turlicha bo‘lgan kalava iplarning tukdorlik bo‘yicha variatsiya koeffitsiyentining o‘zgarishi.

Emulsiyalash tarkibi 1,50% bo‘lganda 1-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning ko‘rsatkichlariga nisbatan 2-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 11,7% ga, variatsiya koeffitsienti 2,2% ga, tukdorligi 15,2% ga,

ISSN 3030-3907

tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 6,2% ga kamaydi, 3-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 7,0% ga, variatsiya koeffitsienti 0,2% ga, tukdorligi 13,1% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 9,2% ga kamaydi, 4-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 4,3% ga, variatsiya koeffitsienti 4,2% ga oshdi, tukdorligi 3,8% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 5,8% ga kamaydi [6].

Emulsiyalash tarkibi 1,75% bo‘lganda 1-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning ko‘rsatkichlariga nisbatan 2-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 2,1% ga, variatsiya koeffitsienti 7,6% ga, tukdorligi 0,6% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 7,6% ga oshdi, 3-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 7,7% ga, variatsiya koeffitsienti 14,8% ga, tukdorligi 2,6% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 9,8% ga oshdi, 4-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 21,3% ga, variatsiya koeffitsienti 14,5% ga, tukdorligi 10,2% ga, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 14,1% ga oshdi.

Emulsiyalash tarkibi 2,00% bo‘lganda 1-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning ko‘rsatkichlariga nisbatan 2-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 3,7% ga, variatsiya koeffitsienti 6,3% ga oshdi, tukdorligi 1,1% ga kamaydi, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 5,2% ga oshdi, 3-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 7,6% ga, variatsiya koeffitsienti 8,5% ga, tukdorligi 2,0% ga oshdi, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 1,0% ga kamaydi, 4-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning notekisligi 14,8% ga, variatsiya koeffitsienti 8,6% ga oshdi, tukdorligi o‘zgarmadi, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 1,8% ga kamaydi [7-8].

Tadqiqot natijalari tahlilidan ko‘rinib turibdiki, emulsiyalash tarkibi 1,25% bo‘lganda 1-variant bo‘yicha olingan kalava iplarning ko‘rsatkichlariga nisbatan kalava iplarning notekisligi 7,8% dan 15,2% gacha, variatsiya koeffitsienti 7,7% dan 14,8% gacha oshganligi, tukdorligi 5,6% dan 24,9% gacha, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 5,6% dan 27,4% gacha kamayganligi, emulsiyalash tarkibi 1,50% bo‘lganda kalava iplarning notekisligi 4,3% dan 11,7% gacha, variatsiya koeffitsienti 0,2% dan 4,2% gacha oshganligi, tukdorligi 3,8% dan 13,1% gacha, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 5,8% dan 9,4% gacha kamayganligi, emulsiyalash tarkibi 1,75% bo‘lganda kalava iplarning notekisligi 2,1% dan 21,3% gacha, variatsiya koeffitsienti 7,6% dan 14,8% gacha oshganligi, tukdorligi 0,6% dan 21,3% gacha, tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 7,6% dan 14,1% gacha kamayganligi, emulsiyalash tarkibi 2,00% bo‘lganda kalava iplarning notekisligi 3,7% dan 14,8% gacha, variatsiya koeffitsienti 6,3% dan 8,6% gacha oshganligi, tukdorligi 1,1% dan 2,0% gacha,

ISSN 3030-3907

tukdorligi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti 1,0% dan 5,2% gacha kamayganligi aniqlandi.

Olingan sinov natijalari tahlilidan ip yigirish korxonalarida arqoq sifatida ishlatiladigan sifatli kalava iplar olish uchun ishlab chiqarishga 1-variant bo‘yicha olingan kalava ip uchun 1,75% lik emulsiya tarkibi, 2-variant bo‘yicha olingan kalava ip uchun 1,50% lik emulsiya tarkibi, 3-variant bo‘yicha olingan kalava ip uchun 1,50% lik emulsiya tarkibi, 4-variant bo‘yicha olingan tola aralashmasidan olingan kalava ip uchun 1,25% lik emulsiya tarkibi tavsiya etildi.

ADABIYOTLAR

1. Mirzanazarova D.J., Xamrayeva S.A., Nazarova D.T. Aralash tarkibli ip ishlab chiqarish uchun xomashyo tanlash //Prospecns of Development of Science and Education. 2022. -P.16-18.
2. Taniberdiyev F.R., Uraeimov S.Sh., MirzanazarovaD.J., Khamrayeva S.A. Analusis of Quality Indicators of Yarns With Mixed Composition // International Journal of Innovative Analuses and Emerging Technology. 2023. Vokume 2, Issue 2, - P.6-10.
3. Khamrayeva S. , Mirzanazarova D., Nazarova D. Development of a New Blended Fabric on the RIFA-RFJW-10 Mashine and Performance Analysis. E3S Web of Conferences 376, 02008 (2023).-P.1-5.
4. D.S. Kazakova, S. Khamraeva, D.R. Giyasova. Processing of local wool fiber and technology of obtaining threads of mixed composition // Modern Innovations, Systems and Technologies, 2022, 2(1), -C.83-93.
5. Toshpulotov L.I., Muminov Q.M., Xamrayeva S.A. Analysis of the physical-mechanical properties of t-shirt fabric with different fiber composition // E3S Web of Conferences. 2024. – Vol. 548. – P. 1–5.
6. Toshpulotov L.I., Muminov Q.M., Xamrayeva S.A. Тола таркиби турлича бўлган кўйлакбоп матоларнинг технологик кўрсаткичларини таҳлили // International Conference of Actual Problems in Science and Education. – Canberra (Australia), 2024. – P. 1–4. – URL: https://interconference.org
7. Taniberdiyev F.R., XamrayevaS.A, Jumayeva Sh. Analysis of Natural Mixed Fibers //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 11, Issue 1, January 2022, -P.449-453.
8. Yusupova N.B. , Nazarova D.T., Khamrayeva S.A., Valiyeva Z.F. Evaluation of the Structure the Costume Fabric over its Surface // International Journal of AdvancedResearch in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328 Индия, 2018, -P. 6738-6742.

DINAMIK TALAB VA RESURS CHEKLOVLARI SHAROITIDA AVTOMOBIL YUVISH SHAHOBCHASI FAOLIYATINI MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING USULI BILAN OPTIMALLASHTIRISH (“TALABA” FIRMA SI MISOLIDA)

Mamatova Zilolaxon Xabibulloxonovna
Farg‘ona davlat universiteti dotsenti Pedagogika fanlar bo‘yicha falsafa fan doktori (PhD)
E-mail: mamatova.zilolakhon@gmail.com
O‘ktamjonova Nilufar Abdurrahmon qizi
Farg‘ona davlat universiteti talabasi
E-mail: karimberdiyevanilufar625@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Farg‘ona viloyatining atrof tumanlarida faoliyat yurituvchi “Talaba” avtomobil yuvish shahobchasining kunlik operatsiyalarini maksimal foyda olish maqsadida optimallashtirish masalasi ko‘rib chiqiladi. Dinamik talab prognozi, suv, kimyoviy moddalar, ishchi kuchi va post vaqti cheklovlarini hisobga olgan holda Mixed Integer Linear Programming (MILP) modeli taklif etiladi. Model 4 xizmat turi (Express, Standart, Premium, VIP) va 8 soatlik vaqt oralig‘i bo‘yicha 32 ta asosiy o‘zgaruvchini o‘z ichiga oladi. Model yechilishi natijasida kunlik sof foyda 18 720 000 so‘mni tashkil etishi, resurslardan foydalanish darajasi 96–98 % ga yetishi aniqlandi. Natijalar asosida strategik tavsiyalar berilgan bo‘lib, ular shahobcha faoliyatini 28–35 % ga samaraliroq qilish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: avtomobil yuvish shahobchasi, optimal boshqaruv, Mixed Integer Linear Programming, dinamik talab prognozi, resurs cheklovlari, foyda maksimallashtirish, sensitivity tahlili.

Аннотация. В данной статье рассматривается задача оптимизации ежедневных операций автомобильной мойки «Talaba», осуществляющей деятельность в окрестных районах Ферганской области, с целью получения максимальной прибыли. Предлагается модель Mixed Integer Linear Programming (MILP) с учетом динамического прогноза спроса, ограничений по воде, химическим веществам, рабочей силе и времени поста. Модель включает 32 основные переменные по 4 видам услуг (Express, Standart, Premium, VIP) и 8-часовому временному интервалу. В результате решения модели установлено, что дневная чистая прибыль составляет 18 720 000 сумов, а уровень использования ресурсов достигает 96–98 %. На основе результатов даны стратегические рекомендации, позволяющие повысить эффективность деятельности мойки на 28–35 %.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: автомобильная мойка, оптимальное управление, Mixed Integer Linear Programming, динамический прогноз спроса, ресурсные ограничения, максимизация прибыли, sensitivity-анализ.

Abstract. This article examines the issue of optimizing the daily operations of the “Talaba” car wash facility operating in the surrounding districts of Fergana Region in order to maximize profit. A Mixed Integer Linear Programming (MILP) model is proposed, taking into account dynamic demand forecasting, water, chemical substances, labor force, and bay time constraints. The model includes 32 main variables across 4 service types (Express, Standard, Premium, VIP) and an 8-hour time interval. As a result of solving the model, it was determined that the daily net profit amounts to 18,720,000 UZS, while the level of resource utilization reaches 96–98%. Based on the results, strategic recommendations are provided, which make it possible to increase the efficiency of the facility’s operations by 28–35%.

Keywords: car wash facility, optimal management, Mixed Integer Linear Programming, dynamic demand forecasting, resource constraints, profit maximization, sensitivity analysis.

KIRISH.

Zamonaviy shahar hayotida avtomobillar soni keskin ortib bormoqda, shu sababli avtomobil yuvish shahobchalariga bo‘lgan talab ham har kuni o‘zgarib turadi. Ertalab va kechqurun mijozlar ko‘p bo‘lsa, tushlik vaqtlarida esa talab keskin kamayadi. Shu bilan birga suv ta’minoti cheklangan, kimyoviy moddalar narxi yuqori, ishchi kuchi yetishmaydi va postlar soni ham chegaralangan holatda. Bunday sharoitda oddiy tajribaga asoslangan 1 yoki “qanday bo‘lsa shunday qilamiz” usuli bilan ish yuritish ko‘pincha samarasiz bo‘lib qoladi. Bir kuni foyda ko‘p bo‘lsa, ertasi kuni resurslar tugab qolishi yoki mijozlar navbati tufayli ketib qolishi mumkin. “Talaba” kabi o‘rta korxonalar uchun har bir so‘m muhim bo‘lgani uchun faqat aniq matematik hisob-kitoblar yordamida kunlik foydani maksimal darajada oshirish va xarajatlarni kamaytirish mumkin bo‘ladi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi real hayotdagi avtomobil yuvish shahobchasini ko‘p bosqichli va dinamik MILP modeli asosida optimallashtirish usulini ishlab chiqish va “Talaba” firmasi misolida sinovdan o‘tkazishdan iborat. Buning uchun talabni soatlik prognoz qilish, barcha resurs cheklovlarini aniqlash, matematik modelni tuzish, uni yechish va natijalarni chuqur tahlil qilish vazifalari bajarildi.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Xorijiy va mahalliy tadqiqotlarda avtomobil yuvish va shunga o‘xshash xizmat ko‘rsatish korxonalarini optimallashtirish masalalari ko‘p o‘rganilgan. Linear Programming (LP) usuli birinchi marta 1950-yillarda ishlab chiqilgan, keyinchalik Mixed Integer Linear Programming (MILP) bilan boyitilgan. Xizmat

ISSN 3030-3907

ko‘rsatish sohasida MILP ni qo‘llash misollari orasida restoranlar, avtomobil servislar va kir yuvish korxonalari mavjud. Xorijiy tadqiqotlarda avtomobil ta’mirlash va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini optimallashtirish uchun MILP usuli keng qo‘llanilmoqda. Masalan, Pereira va hamkorlari (2023) Portugaliya avtomobil ta’mirlash korxonasida ish jadvalini optimallashtirish uchun MILP modelini taklif etib, resurs cheklovlari va ketma-ketlikni hisobga olgan holda ta’mirlash vaqtini 67 % ga qisqartirgan. Ristov va Kocarev (2021) car wash xizmatidagi queuing tizimlarini optimallashtirish masalasini ko‘rib chiqib, nazorat qilinadigan queuing modellari orqali mijozlar qoniqishini oshirish yo‘llarini ko‘rsatgan. Artigues (2022) resurs cheklovli loyihalarni jadval tuzishda MILP formulalarini umumlashtirgan. Schumacher va hamkorlari (2006) ham MILP asosidagi resurs cheklovli operatsiyalarni optimallashtirish misollarini keltirgan. Yan va hamkorlari (2024) esa transport xizmatlarida MILP va Q-learning integratsiyasini taklif etgan. O‘zbekistonda bu yo‘nalishdagi tadqiqotlar hali yetarli darajada rivojlanmagan. Mavjud ishlar asosan statistik prognoz va oddiy Excel modellari bilan cheklangan. Shu sababli ushbu maqola mahalliy sharoitda MILP ni birinchi marta to‘liq qo‘llagan ilmiy ish sifatida alohida ahamiyatga ega.

MUAMMO QO‘YILISHI VA METODOLOGIYA

“TALABA” shahobchasi Farg‘ona viloyati O‘zbekiston tumanida joylashgan bo‘lib, u 4 ta parallel yuvish posti (bay) bilan ishlaydi. Har bir post bir vaqtda faqat bitta avtomobilni qayta ishlay oladi. Shahobcha ertalab soat 7:00 dan kechqurun 23:00 gacha, ya’ni jami 16 soat yoki 960 daqiqa davomida faoliyat yuritadi. Xizmat turlari 4 ta bo‘lib, ular Express (oddiy yuvish), Standart, Premium va VIP (detailing va ichki tozalash) dan iborat. Har bir xizmatning foydasi, vaqti, suv sarfi, kimyoviy modda sarfi va ishchi kuchi talabi quyidagicha: Kun davomida talab har 2 soatlik intervalda o‘zgaradi va jami 8 ta interval mavjud. Masalan, 17:00–19:00 oralig‘ida eng yuqori talab kuzatiladi, bu pik soat deb ataladi. Umumiy kunlik cheklovlar quyidagicha: suv 45 000 litr, kimyoviy moddalar 900 birlik, ishchi kuchi 720 soat-jamg‘arma.

1-Jadval

Xizmat turi	Foyda (so‘m)	Vaqt (daqiqa)	Suv (litr)	Kimyoviy (birlik)	Mehnat koeff.
Express	45 000	18	90	1.0	0.4
Standart	68 000	28	140	1.8	0.6
Premium	105 000	42	180	2.7	0.9
VIP	185 000	75	110	4.2	1.6

ISSN 3030-3907

Muammo shundan iboratki, qaysi xizmat turini qancha miqdorda va qaysi soatda bajarish kerakki, kunlik foyda maksimal darajada bo‘lsin va hech qanday resurs tugab qolmasin. Bu savolga faqat matematik model orqali aniq javob topish mumkin.

MATEMATIK MODEL.

Modelni tuzishdan oldin har bir xizmat turi va har bir soat uchun nechta avtomobil yuvilishini belgilaydigan o‘zgaruvchilar kerakligini ta’kidlab o‘tamiz. O‘zgaruvchilar quyidagicha: $x_{i,t}$ — i-xizmat turi, t-oralig‘ida bajarilgan avtomobillar soni $(i=1,\ldots,4, t=1,\ldots,8)$. Bu o‘zgaruvchi oddiy butun son bo‘lib, masalan, 17:00–19:00 oralig‘ida 12 ta Premium xizmat bajarilsa, $x_{3,6}=12$ deb yoziladi. Maqsad funksiyasi kunlik umumiy foydani hisoblaydi. Har bir xizmat turi uchun foydani ko‘paytirib, hammasini qo‘shadi va maqsad shu qiymatni eng katta qilishdan iborat:

$$\max Z = 45000\sum_{t=1}^{8} x_{1,t} + 68000\sum_{t=1}^{8} x_{2,t} + 105000\sum_{t=1}^{8} x_{3,t} + 185000\sum_{t=1}^{8} x_{4,t}$$

Asosiy cheklovlar quyidagicha bo‘lib, har biri o‘ziga xos sababga ko‘ra qo‘yilgan:

1. Talab cheklovi mijozlar sonidan oshib ketmaslik uchun qo‘yiladi:

$$x_{i,t} \le D_{i,t}, \quad \forall i, t$$

2. Har bir 2-soatlik oralig‘dagi vaqt cheklovi postlar band bo‘lib qolmasligi uchun zarur

$$18x_{1,t} + 28x_{2,t} + 42x_{3,t} + 75x_{4,t} \le 480, \quad \forall t$$

3. Kunlik suv cheklovi suv tugab qolmasligi uchun qo‘yilgan:

$$90\sum_{t=1}^{8} x_{1,t} + 140\sum_{t=1}^{8} x_{2,t} + 180\sum_{t=1}^{8} x_{3,t} + 110\sum_{t=1}^{8} x_{4,t} \le 45000$$

4. Kimyoviy moddalar cheklovi zaxira tugamasligi uchun qo‘yilgan:

$$1.0\sum_{t=1}^{8} x_{1,t} + 1.8\sum_{t=1}^{8} x_{2,t} + 2.7\sum_{t=1}^{8} x_{3,t} + 4.2\sum_{t=1}^{8} x_{4,t} \le 900$$

5. Ishchi kuchi cheklovi xodimlar charchamasligi uchun zarur:

$$0.4\sum_{t=1}^{8} x_{1,t} + 0.6\sum_{t=1}^{8} x_{2,t} + 0.9\sum_{t=1}^{8} x_{3,t} + 1.6\sum_{t=1}^{8} x_{4,t} \le 720$$

6. Kunlik umumiy chegaralar marketing va real mijozlar sonini hisobga olish uchun qo‘yilgan:

$$\sum_{t=1}^{8} x_{1,t} \le 140, \quad \sum_{t=1}^{8} x_{2,t} \le 110, \quad \sum_{t=1}^{8} x_{3,t} \le 60, \quad \sum_{t=1}^{8} x_{4,t} \le 25$$

7. Pik soat (t=6) bandlik talabi navbat bo‘lmasligi uchun muhim:

$$18x_{1,6} + 28x_{2,6} + 42x_{3,6} + 75x_{4,6} \ge 288$$

8. Butun sonlilik sharti avtomobil soni butun bo‘lishi kerakligini ta’minlaydi:

$$x_{i,t} \in \mathbb{Z}_{\ge 0}, \quad \forall i \in \{1,2,3,4\}, t \in \{1,\ldots,8\}$$

Bu modelni Python dasturida PuLP kutubxonasi yordamida yechdik. PuLP barcha cheklovlarni hisobga olib, eng katta foyda beradigan raqamlarni topadi.

ISSN 3030-3907

Natija bir zumda chiqadi va har kuni ertalab ob-havo ma’lumotlari bilan yangilab ishlatish mumkin.

NATIJALAR VA TAHLIL.

Model yechilishi natijasida quyidagi optimal qiymatlar olingan: Express 118 ta, Standart 102 ta, Premium 56 ta, VIP 23 ta. Kunlik sof foyda 18 720 000 so‘mni tashkil etdi. Resurslardan foydalanish darajasi quyidagicha: suv 43 920 litr (97.6 %), kimyoviy moddalar 892 birlik (99.1 %), ishchi kuchi 708 soat (98.3 %), vaqt 3 792 daqiqa (98.75 %). Sensitivity tahlili shuni ko‘rsatdiki, suv miqdori 5 % ga kamayganda foyda 3.2 % ga pasayadi, ishchi kuchi 1 nafar ko‘paytirilganda qo‘shimcha foyda 420 000 so‘m bo‘ladi, Premium narxi 10 % oshirilganda talab 19 % ga kamaysa ham umumiy foyda baribir 4 % ga oshadi.

XULOSA.

Tadqiqot natijasida “Talaba” firmasi uchun dinamik MILP modeli ishlab chiqildi va yechildi. Model kunlik foydani 18 720 000 so‘m ga yetkazib, resurslardan foydalanishni 98 % ga yaqinlashtirdi. Taklif etilgan yondashuv nafaqat mazkur firma, balki boshqa avtoyuvish korxonalari uchun ham qo‘llanilishi mumkin. Kelgusidagi ishlar modelni real vaqt rejimida va sun’iy intellekt elementlari bilan kengaytirishga qaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pereira, M. T., Costa e Silva, E., & Vil´a, M. (2023). Optimizing Vehicle Repairs Scheduling Using Mixed Integer Linear Programming: A Case Study in the Portuguese Automobile Sector. Mathematics, 11(11), 2575.
2. Artigues, C. (2022). Mixed integer linear programming for resource-constrained scheduling. Scheduling Seminar Presentation. LAAS-CNRS & Universit´e de Toulouse.
3. Ristov, P., & Kocarev, L. (2021). Optimization of Controlled Queueing Systems: the Case of Car Wash Services. Transportation Research Procedia, 55, 1234–1241.
4. Schumacher, C., Chandler, P. R., Pachter, M., & Pachter, L. S. (2006). Optimization of Air Vehicle Operations Using Mixed-Integer Linear Programming. Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication, 3(1), 1–17.
5. Yan, Y., Wen, H., Deng, Y., Chow, A. H. F., & Kuo, Y.-H. (2024). A mixed-integer programming-based Q-learning approach for electric bus scheduling with multiple termini and service routes. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 162, 104570.

ISSN 3030-3907

IMMOBILLANGAN PPA-1 SORBENTI YORDAMIDA TEMIR (III) IONINI SORBSION-SPEKTROSKOPIK USULDA ANIQLASH

Abdullayeva S.E.
Kimyo Toshkent Xalqaro Universiteti, Tibbiy-biologik fanlar kafedrasi o‘qituvchisi
E-mail: s.abdullayeva@kiut.uz
Tel: +998952175421
Smanova Z.A.
O‘zbekiston Milliy universiteti professori
Qutlimurotova N.X.
O‘zbekiston Milliy universiteti k.f.d., dotsent
Ahmedova S.Z.,
Ganja universiteti professori
Atavulloyev H.H.
O‘zbekiston Milliy universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya. Tadqiqot ishida Fe (III) ionlarini sorbsion-spektrofotometrik aniqlash usulida PPA-1 tolasiga immobillangan organik reagent alizarin-3-metilamino N,N disirka kislota analitik reagent sifatida qo‘llandi. Temir(III) ionini immobillangan organik reagent yordamida aniqlashning optimal sharoitlari tashuvchi PPA-1, pH=3, yutilish maksimumi 450 nm va vaqt 25 sekund ekanligi aniqlandi. Alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislota reagentning tolali sorbentga organik reagentlarni immobillashda $–SO_3H$, metall ionlari bilan kompleks hosil bo‘lishida esa -OH va –N=N- ishtirok etishi isbotlandi. Fe (III) ioni tolaga immobillangan reagent bilan hosil qilgan komplekslarining tuzilishi IQ spektroskopiya usuli bilan identifikastsiyalandi. Kompleks birikmalarning tarkibi izomolyar seriyalar usuli yordamida Me:R=1:1 nisbatda ekanligi, Fe(III)ioni uchun molyar so‘ndirish koeffitsiyenti $0{,}2 \times 10^5$, muvozanat konstantasi esa 102 ga tengligi Tolmachyovning grafik metodi orqali hisoblangan. Fe (III) ionini immobillangan organik reagent yordamida sorbsion-spektrofotometrik aniqlashning optimal usuli ishlab chiqildi, olingan natijalar nisbiy standart chetlanish qiymati 0,33 dan oshmagan holda model, binar, uchlamchi va murakkab aralashmalar anaziliga qo‘llash mumkinligi ma`lum bo‘ldi.

Kalit so‘zlar: spektroskopiya, immobilizatsiya, organik reagent, sorbent

Abstract. In this research, a sorption-spectrophotometric method for the determination of Fe(III) ions was developed using the organic reagent alizarin-3-methylamino-N,N-diacetic acid immobilized on PPA-1 fiber as an analytical reagent. The optimal conditions for the determination of Iron(III) using the immobilized organic reagent were established as follows: carrier PPA-1, pH = 3, absorption maximum at 450 nm, and a reaction time of 25 seconds. It was proven

that the –SO_3H group of the alizarin-3-methylamino-N,N-diacetic acid reagent participates in immobilization onto the fiber sorbent, while the –OH and –N=N– groups are involved in complex formation with metal ions. The structure of the complexes formed by Fe(III) ions with the fiber-immobilized reagent was identified using IR spectroscopy. Using the method of isomolar series, the composition of the complex compounds was determined to be at a Me:R = 1:1 ratio. The molar extinction coefficient for the Fe(III) ion and the equilibrium constant ($K_{eq} = 10^2$) were calculated using Tolmachyov's graphical method. An optimized sorption-spectrophotometric method for Fe(III) determination using the immobilized organic reagent was developed. The results demonstrated that the method can be applied to the analysis of model, binary, ternary, and complex mixtures with a relative standard deviation (RSD) not exceeding 0.33.

Keywords: spectroscopy, immobilization, organic reagent, sorbent.

Аннотация. В данной исследовательской работе для сорбционно-спектрофотометрического определения ионов Fe(III) в качестве аналитического реагента использован органический реагент ализарин-3-метиламино-N,N-диуксусная кислота, иммобилизованный на волокне ППА-1. Определены оптимальные условия определения ионов железа(III) с помощью иммобилизованного органического реагента: носитель ППА-1, pH=3, максимум поглощения при 450 нм и время реакции 25 секунд. Доказано, что в процессе иммобилизации реагента на волокнистом сорбенте участвует группа –SO_3H, а в образовании комплекса с ионами металлов — группы –OH и –N=N–. Структура комплексов, образованных ионами Fe(III) с иммобилизованным на волокне реагентом, была идентифицирована методом ИК-спектроскопии. С помощью метода изомолярных серий установлено, что состав комплексных соединений соответствует соотношению Me:R=1:1. С использованием графического метода Толмачева рассчитаны молярный коэффициент поглощения для иона Fe(III) и константа равновесия, которая составила 10^2. Разработана оптимальная методика сорбционно-спектрофотометрического определения ионов Fe(III) с помощью иммобилизованного органического реагента. Результаты показали возможность применения метода для анализа модельных, бинарных, тройных и сложных смесей, при этом значение относительного стандартного отклонения не превышало 0,33.

Ключевые слова: спектроскопия, иммобилизация, органический реагент, сорбент.

KIRISH.

Bugungi kunda texnologiyalarni rivojlanishi toza suvga bo‘lgan ehtiyojni kun sayin orttirib bormoqda. Chiqindi va oqava suvlarining ko‘payishi sababli suv

ISSN 3030-3907

havzalarini ifloslanishi kuzatilmoqda. Suvni ifloslantiruvchilardan biri bu temir bo‘lib, uning ruxsat etilgan miqdoridan oshishi har xil salbiy oqibatlarga olib keladi. Ortiqcha temir miqdori bo‘lgan suvdan foydalanish teriga, qonning morfologik tarkibiga ta‘sir qiladi va allergik reaksiyalarni keltirib chiqarishi mumkin. Agar tanadagi umumiy temir miqdori 15 g dan oshsa, u holda ichki organlarga ya`ni yurak, jigar, buyraklarga to‘g`ridan-to‘g`ri ta‘sir qiladi. Bundan tashqari ichimlik suvidagi temir moddasining ko‘payishi nafaqat uning organoleptik ko‘rsatkichlarini yomonlashtiradi, shu bilan birga organizmda gemoxromatozni keltirib chiqadi ya`ni tananing temir bilan uzoq muddatli ortiqcha yuklanishi bilan uning to‘qimalarda yig‘ilishi sodir bo‘ladi, bu fokusli yoki umumlashtirilgan harakterida bo‘ladi. Shuningdek hujayra membranalariga zarar qilishi, saratonni rivojlantirishi, jigar kasalliklaridan gepatit yoki sirroz, yurak tizimida kardiomiopatiya yoki gormonal buzilishlarni olib kelishi tufayli temirni aniqlashning ekspress va tanlab ta‘sir qiluvchi yangi metodikasini yaratish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Temir miqdorini haddan tashqari ortib ketishi zanglagan temir quvurlar orqali keladigan suv bilan birga shahar aholisining tanasiga kirishi mumkin. Shuningdek, pishirishda temir va cho‘yan idishlardan foydalanish undagi temir miqdorini oshiradi[1].

Temirni titrimetrik usul bilan aniqlash usuli mavjud bo‘lib, u kislotali muhitda temir (III) ning komplekson III bilan kompleks birikmasini hosil qilishga asoslangan. Indikator sifatida sulfosalitsil kislotasi ishlatiladi [2]. Bu usul juda sezgir emas va temir kontsentratsiyasini 0,5 mg/dm^3 dan aniqlash imkonini beradi. Natijada, faqat mineral va tabiiy osh suvlarida temirni aniqlash uchun titrimetrik usul qo‘llaniladi.

Maqola da mualliflar ikkilamchi emissiya mass-spektrometri usuli bilan temir (III) mikroprimeslarini o‘z ichiga olgan suvli suvli eritmalar o‘rganildi. Yomg‘ir va atmosfera aerozol namunalarini tahlil qilish uchun texnikadan foydalanish imkoniyati muhokama qilindi [3].

Ushbu maqola [4] temirning ko‘payishining asosiy sabablarini, shuningdek, uning Tyumen viloyatining tabiiy suvlarida mavjud bo‘lish shakllarini ko‘rib chiqadi. Ortiqcha temirning inson tanasiga uzoq vaqt ta‘sir qilishining salbiy oqibatlari o‘rganildi. Ichimlik suvi namunalarini tahlil qilish natijalari keltirilgan. Tahlil temir ionlarining tarkibini va ularning miqdoriy tarkibini aniqlash uchun titrlash orqali amalga oshirildi [5].

Tabiiy suvlarda Fe (III) ni sorbsion-fotometrik va test aniqlash uchun poligeksametilen guanidin va 7-yodo-8-gidroksixinolin-5-sulfonik kislota (ferron) bilan ketma-ket modifikatsiyalangan silikat asosidagi sorbentni taklif qilishgan. 3s mezoni bo‘yicha hisoblangan aniqlash chegarasi sorbentning 0,03 mkg/0,1 g (10 ml eritmadan sorbsiyalanganda 3 mkg/l), aniqlangan tarkibi

ISSN 3030-3907

diapazoni 10-220 mkg/l ni tashkil qiladi. Rang shkalasi variantida tabiiy suvlarda Fe(III) ni vizual ekspress-aniqlash uchun sinov usuli taklif qilingan [6].

Maqolada [7] daryo suvidagi temir (III) kontsentratsiyasini grafit o‘choqli atomik yutilish spektroskopiyasi orqali o‘lchash texnikasi tasvirlangan. Aniqlanadigan ion oldindan 8-xinolinol hosilalari va Triton X-100 bilan ekstraktsiya qilinadi. Bu usul Fe(III) ning 5,6 mkg/dm^3 gacha konsentratsiyasini aniqlash imkonini berishi ko‘rsatilgan.

Temirni organik reagentlar bilan immobilizasiya qilib aniqlashga bag`ishlangan bir qancha usullar ishlab chiqilgan bo‘lib, ular usulning metrologik xususiyatlarini yaxshilashi, elementlarning belgilangan kontsentratsiyasining pastki chegaralarini kamaytirish kabi afzalliklarga olib keladi.

TAJRIBA QISM. $Fe_2(SO_4)_3 \times 9H_2O$ tuzining standart $1 \cdot 10^{-3}$ M eritmasini va Alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislota (AMDK) TSh 6-09-4547-77 ($C_{19}H_{15}NO_8$ 385,33 g/mol) eritmasini tayyorlab olindi. Har xil muhitlarni hosil qilishda oldindan tayyorlab qo’yilgan turli pH lardagi universal bufer eritmalaridan foydalanildi. Polimer tashuvchi, organik reagent va immobillangan organik reagent hamda kompleks birikmalarning IQ spektrlari IK Fure spektrometrlari “Nicolet Justrument Corporation” (AQSh), “Nicolet IS50: FT-IR Grows”, Shimadzu “IRAffinity-1” (Yaponiya) larda olindi. Alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislotasi hamda ularning temir (III) va marganets (II) bilan hosil bo’lgan kompleks birikmalarining eritmalarini nur yutilish spektrlarini va optik zichliklarini “EMC-30PC-UV Spectrophotometer” Germaniya, “UV-5100 UV VIS Spectrophotometer” Xitoy spektrofotometrlarda hamda KFK-3, fotometrlarda o’lchandi kyuvetalarning o’lchami hamma analiz qilish jarayonlarida 1,0 sm lik kyuvetalardan foydalanildi.

25 ml sig‘imli o‘lchov kolbasiga 5-50 mkg Fe (III) tutgan tahlil qilinadigan eritmalaridan solindi. Ustidan 5 ml 0,005 M alizarin metilamino-N,N-disirka kislotasi reagentidan 10 ml va optimal muhitni hosil qilish uchun pH-3,0 bo‘lgan universal bufer eritmasidan foydalanildi, so‘ngra kolba belgisigacha bidistillangan suv bilan to‘ldirildi. 5 minutdan keyin 494 nm to‘lqin uzunligida “EMC-30PC- UV-1800 Spectrophotometer” va «UV-5100 UV VIS Spectrophotometer» rusumli spektrofotometrlarida optik zichliklari o‘lchanadi, o‘lchash vaqtida standart 1sm li kvars va shisha kyuvetalardan foydalanildi.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Organik reagentlarni immobillashning optimal sharoitlari (m_{HR}=0,2 gr.) t=25±5^{0}C

Reagent	Tashuvchi	pH	Yutilish maksimumi λnm	Vaqt sek.
AMDK	PPA-1	3	450	5-25

Keyingi izlanishlarda optimal tashuvchi sifatida tanlab olingan PPA-1 tolaga immobillangan alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislotasi reagentidan foydalanildi. Bu reagent temir (III) ionini aniqlash uchun qo‘llanildi.

Ushbu ilmiy ishda PPA-1 tolali sorbentga alizarin-3 metilamino- N-N-disirka kislota organik reagenti bilan immobilizasiya qilishning va temir ioni bilan kompleks hosil qilish optimal sharoitlari tanlangan. Ishlab chiqilgan sorbsion - spektroskopik usul oqava suvlar, yer usti va ichimlik suvidagi temirning kam miqdorini aniqlashga qo‘llanildi. Kompleks hosil qilishiga muhitning ta‘siri o‘rganildi (2-jadval).

Temir(III) ning 0,01% alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislotasi reagenti bilan rangli kompleks hosil qilishiga muhitning ta’siri

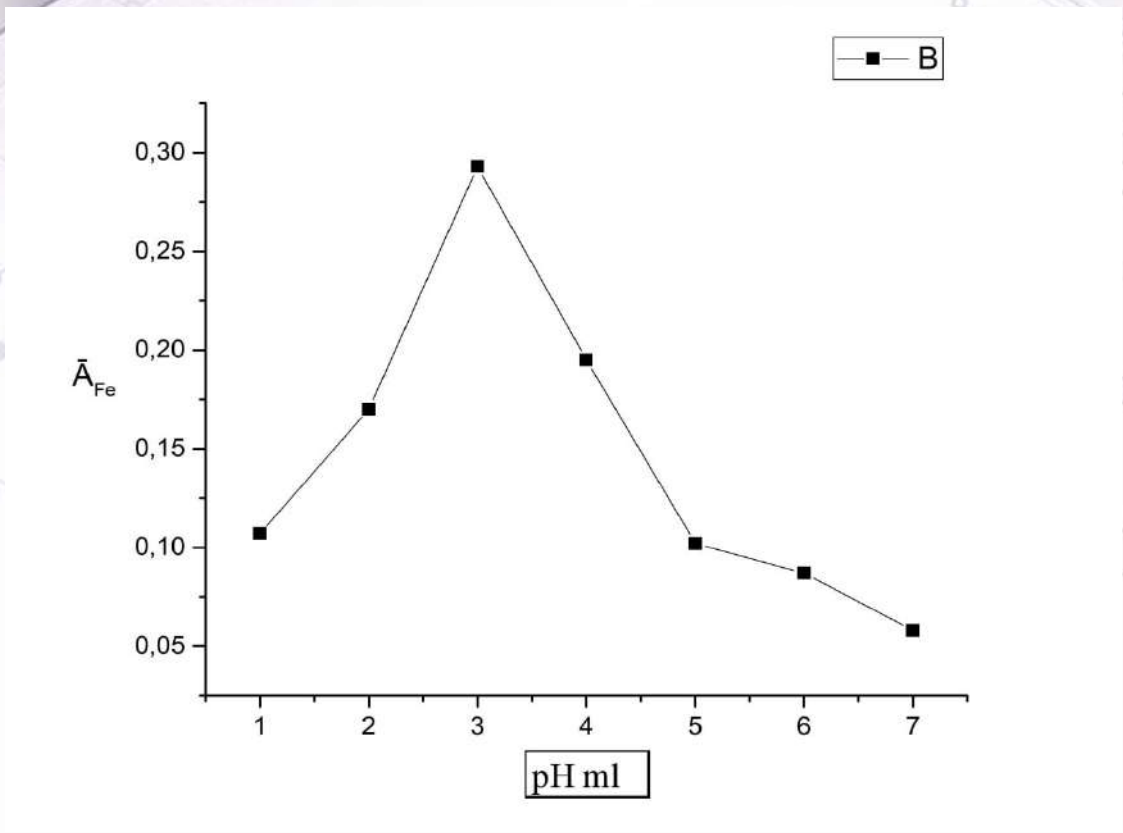
2-jadval

($C_{Fe^{3+}}$ =50 mkg/ml, ℓ =1,0 sm, n=3, t=25±5^{0}C)

pH ml	1	2	3	4	5	6	7
$\bar{A}_{Fe}$	0,107	0,170	0,293	0,195	0,102	0,087	0,058

Olingan tahlil natijalaridan ma’lumki, 50 mkg/ml li Fe (III) ni 2,0 ml 0.01 % li alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislotasi reagenti bilan kompleks hosil qilish pH=3 da ekanligi o‘rganildi.(1-rasm)

ISSN 3030-3907



1-rasm.

Temir ionini alizarin-3 metilamino- N-N- disirka kislota organik reagenti bilan immobillangan tola orqali aniqlashning spektral tavsiflari o‘rganildi va olingan natijalar 3-jadvalda keltirildi.

3-jadval

Temir ionini alizarin-3 metilamino- N-N- disirka kislota organik reagenti bilan immobillangan tola orqali aniqlashning spektral tavsiflari

Kompleks rangi	pH	λ, HR nm	λ, MeR	Δλ	C_{Me}^{n} mkg	C_{Me}^{n+}, mol/l	Ā	Sendel bo‘yicha sezgirlik mkg/sm^2
To‘q qizil (Fe)	3.0	450	560	110	50	$3.57 \cdot 10^{-5}$	0,294	0,0068

Sendel bo‘yicha sezgirlik qiymatlari aniqlandi. Olingan tahlil natijalaridan shunday xulosaga kelish mumkinki, reaksiya birmuncha kontrastlikga (λ = 110 nm) va yaxshi sezgirlikga (S.b.s =0,0068 mkg/sm^2) ega ekan.

Demak, bu ishlab chiqilgan usul bilan temirni barcha turdagi oqava, chiqindi suvlar tarkibidan aniqlashni imkoni bo‘lar ekan. 100 ml tahlil qilinadigan eritma o‘tkazilgan vaqtda aniqlanadigan miqdorlarning eng past chegarasi Fe(III) uchun 0,001 mg/l, tashkil etadi. Tahlillarning davomiyligi o‘rtacha 15 dan 20 minutgacha vaqt oladi, 100 ml tahlil qilinadigan eritma o‘tkazilganda -25 minut, nisbiy standart chetlanish S_r <0,3.

ISSN 3030-3907

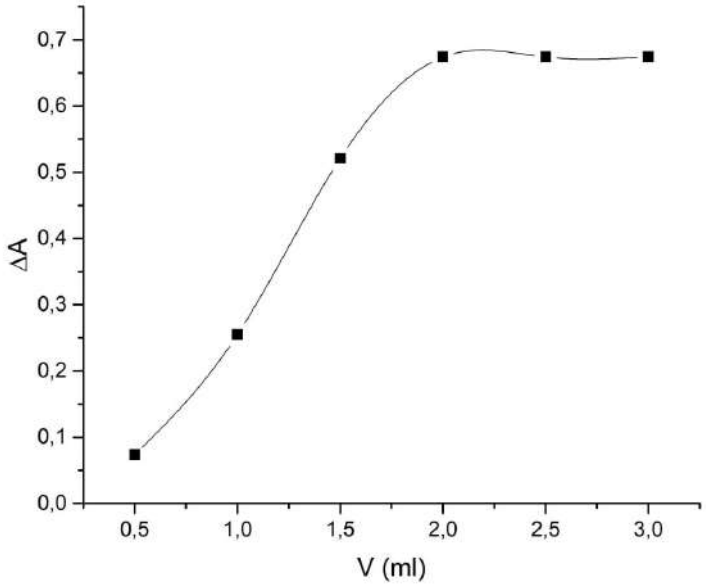
PPA-1 tolasining AMDK reagenti bilan immobilanishining SAS larini aniqlash

0,2 gramm PPA-1 tolasini analitik tarozida tortib olindi va ustiga 0.01 % li alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislotasi reagenti eritmasidan o‘zgaruvchan hajmda solib borildi, immobillanishdan oldingi va keyingi eritmalarning optik zichliklari statik sharoitlarda o‘lchandi. Tayyorlangan eritmalarning nur yutish spektrlari “EMC-30PC-UV”, «UV-5100 UV VIS» spektrofotometrlarda taqqoslash eritmalariga nisbatan optik zichliklari o‘lchandi. (4– jadval va 2–rasmda keltirildi.)

4–jadval

PPA-1 tolasining statik almashinish sig‘imini aniqlash natijalari

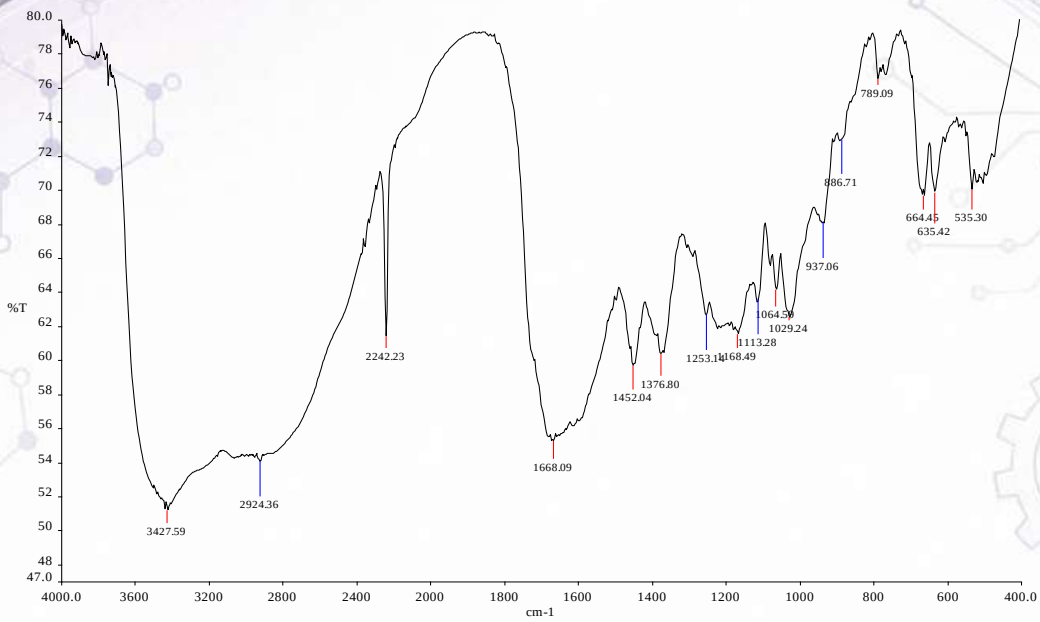
0.01% $V_{AMDK\ (ml)}$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Dastlabki A	0.110	0.350	0.701	0.998	1.301	1.326
Keyingi A	0.0365	0.095	0.180	0.324	0.627	0.652
ΔA	0.0735	0.255	0.521	0.674	0.674	0.674



2-rasm: PPA-1 tashuvchisiga immobilizatsiyanish jarayoniga AMDK organik reagentini hajmining ta`siri

Olingan tahlil natijalaridan ma’lumki, 0,2 gramm PPA-1 tashuvchisining SAS uchun 0,01 % AMDK li reagenti uchun 2,0 ml ga tengligi aniqlandi.

ISSN 3030-3907



3-rasm.

PPA-1 tolasiga immobillangan AMDK reagenti bilan Fe(III) ioni hosil qilgan kompleksining IQ-spektri PPA-1 tolasiga immobillangan alizarin-3-metilamino-N,N-disirka kislotasi reagenti bilan Fe ioni hosil qilgan kompleksining IQ-spektrida PPA-1 tolasiga immobillangan AMDK reagenti bilan hosil qilgan mahsuloti IQ spektridagi asosiy yutilish maksimumlarining saqlanib qolganini ko‘rishimiz mumkin. Faqat 533-664 sm^{-1} sohada Fe-O, Fe-N bog‘lariga tegishli valent tebranishlarini kuzatish mumkin.

XULOSA. PPA-1 sorbentiga AMDK organik reagenti immobilizatsiya qilindi hamda u yordamida Fe(III) ioni miqdorini sorbsion spektroskopik usulda aniqlashning maqbul sharoitlari aniqlandi. Immobillangan PPA-1 sorbenti bilan Fe(III) ioni kompleksi olinib IQ spektroskopik metod yordamida tatqiq qilindi. Kompleksning IQ spektr tahlilidan 533-664 sm^{-1} sohada Fe-O, Fe-N bog‘lariga tegishli valent tebranishlari mavjudligi ma`lum bo‘ldi. Ushbu usul texnologik jarayonlardagi murakkab eritmalardagi Fe(III) ioni miqdorini aniqlashda qo‘llash mumkinligi ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Andrew Weil, M.D. Cooking with Cast-Iron?. // drweil.com - 21 March 2006. Hhtp//www.drweil.com/health-wellness/balanced-living/healthy-home/cooking-with-cast-iron.
2. ГОСТ 23268.11-78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Метод определения ионов железа // М.: ИПК Издательство стандартов, – 2003. – 3 с.
3. Коробейникова И. А., Прончев Г. Б., Ермаков А. Н. Об определении в водных растворах ионов железа(III) методом вторично-эмиссионной масс-

ISSN 3030-3907

спектрометрии. // Журнал аналитической химии, – 2011, – Том 66, –№ 8, – 854–858 с.
4. Скородед О.А. Ерофеева А.А., Шпиякин Д.В. Определение содержания ионов железа в водах тюменской области методом титрования. //Технические науки, International student research bulletin – № 3, – 2018. с.65-67.
5. Biofile [Электронный ресурс]: Качество питьевой воды в Тюменской области. – http://biofile.ru/geo/24031.
6. Зимонин Д.В., Бурмакина Г.В., Бондарева Л.Г., Жижаев А.М., Рубайло А.И. Определение железа в поверхностных и питьевых водах Красноярского региона методами вольтамперометрии. // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 2 (2012 5), 198-208 с.
8. Ohashi A. et al. Cloud point extraction of iron (III) and vanadium (V) using 8-quinolinol derivatives and Triton X-100 and determination of 10−7 mol dm−3 level iron (III) in riverine water reference by a graphite furnace atomic absorption spectroscopy // Talanta. – 2005. – V. 65. – №. 2. – P. 525–530.

ISSN 3030-3907

PAXTA TOLALARINI DASTLABKI ISHLOV BERISHDA TABIIY VA SUVDA ERUVCHAN SINTETIK POLIMERLAR ASOSIDA RESURSTEJAMKOR VA EKOLOGIK YO‘NALTIRILGAN TEXNOLOGIYALARNI ISHLAB CHIQISH

Amonov M.R.
Buxoro davlat universiteti Texnika fanlari doktori, professor
Kazakov A.S.
Buxoro davlat tibbiyot instituti akademik litseyi
Ismatova R.A.
Buxoro davlat tibbiyot instituti Texnika fanlari doktori (DSc), dosent

Annotatsiya. Mazkur maqolada paxta tolalari va kalava iplarini ohorlash jarayoni uchun mahalliy xomashyolar asosida ishlab chiqilgan tabiiy hamda suvda eruvchan sintetik polimer kompozitsiyalarining fizik-kimyoviy, reologik va texnologik xususiyatlari tadqiq qilingan. Guruch kraxmali, alginat, GIPAN va tripolifosfat kaliy asosida yangi avlod ohorlovchi kompozitsiyasi yaratildi hamda uning to‘qimachilik sanoatidagi samaradorligi aniqlandi. Tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan kompozitsiya an’anaviy kraxmalli ohorlarga nisbatan yuqori adgeziya, elastiklik, gigroskopiklik va barqarorlikka ega ekanligi isbotlandi. Shuningdek, ip uzilishlari 1,5–1,8 marta kamayishi, mahsulot sifati va ishlab chiqarish samaradorligi oshishi aniqlandi. Texnologiya sanoat sharoitida muvaffaqiyatli sinovdan o‘tkazilib, yuqori iqtisodiy va ekologik samaradorlikka ega ekani asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: Ohorlash, polimer kompozitsiya, kraxmal, alginat, GIPAN, tripolifosfat kaliy, paxta ipi, to‘qimachilik, reologiya, resurstejamkor texnologiya, ekologik xavfsizlik.

Аннотация. В данной статье исследованы физико-химические, реологические и технологические свойства природных и водорастворимых синтетических полимерных композиций, разработанных на основе местного сырья для процесса шлихтования хлопковых волокон и пряжи. На основе рисового крахмала, альгината, ГИПАН и триполифосфата калия создана шлихтующая композиция нового поколения, а также определена её эффективность в текстильной промышленности. В результате исследований доказано, что разработанная композиция по сравнению с традиционными крахмальными шлихтами обладает более высокой адгезией, эластичностью, гигроскопичностью и стабильностью. Установлено также, что обрывность пряжи снижается в 1,5–1,8 раза, повышаются качество продукции и производственная эффективность. Технология успешно апробирована в производственных условиях, обоснована её высокая экономическая и экологическая эффективность.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: шлихтование, полимерная композиция, крахмал, альгинат, ГИПАН, триполифосфат калия, хлопчатобумажная пряжа, текстильная промышленность, реология, ресурсосберегающая технология, экологическая безопасность.

Abstract. This article investigates the physicochemical, rheological, and technological properties of natural and water-soluble synthetic polymer compositions developed on the basis of local raw materials for the sizing process of cotton fibers and yarns. A new-generation sizing composition based on rice starch, alginate, GIPAN, and potassium tripolyphosphate was developed, and its effectiveness in the textile industry was determined. The research results proved that the developed composition, compared with traditional starch-based sizing agents, possesses higher adhesion, elasticity, hygroscopicity, and stability. It was also established that yarn breakage decreased by 1,5–1,8 times, while product quality and production efficiency increased. The technology was successfully tested under industrial conditions, and its high economic and environmental efficiency was substantiated.

Keywords: sizing, polymer composition, starch, alginate, GIPAN, potassium tripolyphosphate, cotton yarn, textile industry, rheology, resource-saving technology, environmental safety.

KIRISH.

Jahon to‘qimachilik sanoatida mahsulot sifati va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga qaratilgan innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqish ustuvor yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Xususan, paxta iplarini ohorlash jarayoni to‘quv samaradorligini ta’minlashda muhim texnologik bosqich bo‘lib, ohorlovchi kompozitsiyaning fizik-kimyoviy xususiyatlari mahsulot sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. An’anaviy kraxmal asosidagi ohorlovchilarning asosiy kamchiliklari:

-mustahkam va elastik plyonka hosil qilmasligi;
-yuqori konsentratsiyada barqaror qovushqoqlikka ega emasligi;
-saqlash jarayonida tez buzilishi;
-ip uzilishlari sonini ko‘paytirishi;
-yuqori sarf talab etishi bilan izohlanadi.

Bundan tashqari, import asosida keltiriladigan komponentlar mahsulot tannarxini oshiradi. Shu sababli mahalliy xomashyolar asosida ekologik xavfsiz, energiya tejamkor va yuqori samarali polimer kompozitsiyalar yaratish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Paxta tolalarini dastlabki ishlov berishda tabiiy va suvda eruvchan sintetik polimerlardan foydalanish mahsulot sifatini oshirish, ohor sarfini kamaytirish

ISSN 3030-3907

hamda ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratishda muhim ahamiyatga ega. Polimer kompozitsiyalar paxta tolasi yuzasida yupqa himoyaviy qatlam hosil qilib, ipning mustahkamligi, elastikligi va ishqalanishga chidamliligini yaxshilaydi. Olib borilgan tadqiqotlarda tabiiy va sintetik polimerlar asosidagi kompozitsiyalarning reologik xususiyatlari ohorlash jarayoni samaradorligiga bevosita ta'sir qilishi ko'rsatilgan. Ayniqsa, eritmaning qovushqoqligi, oquvchanligi va tola yuzasiga bir tekis tarqalishi sifatli ohor qatlami hosil bo'lishida muhim omil hisoblanadi [1, 4]. Shuningdek, polimer kompozitsiyalar bilan ishlov berilgan paxta iplarida relaksatsion xususiyatlar yaxshilanib, tashqi mexanik ta'sirlarga nisbatan barqarorlik ortadi [2]. Suvda eruvchan polimerlar asosida tayyorlangan ohor kompozitsiyalarining fizik-mexanik xususiyatlari ularning tarkibi va komponentlar nisbatiga bog'liq bo'lib, bunday kompozitsiyalar ipning cho'zilishga chidamliligi va ishlab chiqarish jarayonidagi barqarorligini oshiradi [3]. So'nggi tadqiqotlarda esa suvda eruvchan polimerlar asosida ekologik jihatdan xavfsiz va resurs tejamkor ohor kompozitsiyalarini yaratish imkoniyatlari asoslab berilgan [5]. Tabiiy polimerlar, xususan kraxmal, qayta tiklanuvchanligi, biologik parchalanuvchanligi va arzonligi sababli paxta tolalariga ishlov berishda istiqbolli xomashyo hisoblanadi. Biroq uning suvga sezgirligi va plyonka hosil qilish xususiyatlarining cheklanganligi modifikatsiyalash yoki sintetik suvda eruvchan polimerlar bilan birgalikda qo'llashni talab etadi [6, 7]. Polimer tizimlarning reologik xossalarini chuqur o'rganish esa to'qimachilik sanoatida texnologik rejimlarni ilmiy asosda tanlash imkonini beradi [8].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Polimer kompozitsiyasini tayyorlashda guruch kraxmali, alginat, GIPAN va TPFK komponentlaridan foydalanildi. Tajribalar davomida komponentlarning turli nisbatlari o'rganilib, paxta tolalariga dastlabki ishlov berish uchun eng maqbul tarkib sifatida quyidagi nisbat tanlandi:

Guruch kraxmali : Alginat : GIPAN : TPFK = 4 : 0,08 : 0,12 : 0,1

Dastlab guruch kraxmali suvli muhitda bir jinsli holatga keltirildi. Keyin unga belgilangan miqdorda alginat va GIPAN qo'shilib, aralashma to'liq gomogen holatga kelguncha aralashtirildi. So'ngra TPFK kiritilib, kompozitsiyaning qovushqoqligi va tola yuzasiga bir tekis tarqalish xususiyati aniqlandi. Tayyorlangan polimer kompozitsiyasi laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o'tkazildi. Olingan natijalar asosida ushbu tarkib paxta tolalariga dastlabki ishlov berishda resurs tejamkor va ekologik maqbul kompozitsiya sifatida tavsiya etildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

Tayyorlangan polimer kompozitsiyas yuqori adgezion xususiyatga ega bo‘lib, ip yuzasida mustahkam va elastik plyonka hosil qilishini ko‘rsatdi. Bu esa to‘quv jarayonida ip uzilishlarini sezilarli darajada kamaytirish imkonini berdi. Ohor tayyorlash uchun kompozitsiyaning sarfi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Ohor tayyorlash uchun kompozitsiyaning olingan tarkibi

Ko‘rsatkich	18,5 teks	20 teks	29,4 teks	50 teks
1 t ohor uchun kompozitsiya sarfi, kg	65	60	55	50
Qovushqoqlik, Pa·s	1,8	1,7	1,6	1,4
Ohor harorati, K	358	358	353	353
Prikley, %	5,5	5,1	4,7	4,3
Asos namligi, %	8	8	8,5	8,5

Olingan tahlil natijalaridan ko‘rinadiki, an’anaviy makkajo‘xori kraxmali asosidagi texnologiyada kraxmal sarfi 75–90 kg ni tashkil etgan bo‘lsa, ishlab chiqilgan yangi polimer kompozitsiyasi qo‘llanilganda bu ko‘rsatkich 50–65 kg gacha kamaydi. Natijada kraxmal sarfini 35–40% gacha qisqartirish, energiya tejamkorligiga erishish hamda paxta tolalarini dastlabki ishlov berish texnologik jarayonini barqarorlashtirish imkoniyati yaratildi.

Fizik-mexanik ko‘rsatkichlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqilgan polimer kompozitsiya asosidagi ohor paxta ipining mustahkamligi, cho‘zilish xususiyati va ishqalanishga chidamliligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. An’anaviy kraxmal asosidagi ohor bilan taqqoslaganda, yangi kompozitsiya ipning uzilish yuklamasini oshirib, chiziqli zichlik og‘ishini kamaytirish orqali texnologik jarayon barqarorligini ta’minlaydi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Polimer kompozitsiya asosidagi ohorning xossalari

Ko‘rsatkich	Kraxmal asosidagi ohor	Polimer kompozitsiya asosidagi ohor
Uzilish yuklamasi, sH	271,6–290,4	288,6–314,4
Uzilishdagi cho‘zilish, %	6,4–7,8	5,3–6,5
Ishqalanishga chidamlilik	2140–2765	1911–3274
Chiziqli zichlik og‘ishi, %	7,9–9	7,5–8,4

ISSN 3030-3907

Tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan polimer kompozitsiya asosidagi ohor paxta ipining fizik-mexanik xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Jumladan, ip mustahkamligi 10–30% gacha oshdi, ip uzilishlari 1,5–1,8 marta kamaydi, ishqalanishga chidamlilik yaxshilandi hamda mahsulot sifati yuqori darajaga ko‘tarildi. Bu esa to‘quv jarayonining barqarorlashishi va ishlab chiqarish samaradorligining ortishiga olib keladi.

Ohor kompozitsiyasining muhim texnologik ko‘rsatkichlaridan biri uning gigroskopikligi hisoblanadi. Alginat va GIPAN ishtirokida tayyorlangan kompozitsiya yuqori gidrofillik xususiyatini namoyon etib, ipning havodagi namlikni samarali yutishiga sharoit yaratadi. Natijada to‘quv sexida namlik muvozanati saqlanadi, sanitariya-gigiyena holati yaxshilandi va ishchilar mehnat sharoiti optimallashdi. Tadqiqotlarda ohorlangan iplarni keyingi bo‘yash va gul bosish jarayonlariga tayyorlash maqsadida rasshlixtovka jarayoni ham o‘rganildi. 303–323 K haroratda 1 soat davomida ishlov berilganda shlixta ip yuzasidan deyarli to‘liq yuvilib ketadi. Haroratning ortishi rasshlixtovka jarayonini jadallashtirib, shlixtaning ajralishi tezligini oshiradi va ishlov berish vaqtini qisqartiradi.

Ishlab chiqilgan polimer kompozitsiyaning amaliy samaradorligi Buxoro TSK korxonasi sharoitida sinovdan o‘tkazildi. Sinov jarayonida tarkibida 40 kg kraxmal, 3 kg alginat, 5 kg TPFK, 0,2 kg GIPAN, 100 g paxta yog‘i va 50 g kaustik soda saqlagan kompozitsiya qo‘llanildi.

Ishlab chiqarish natijalari kompozitsiyaning yuqori texnologik samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Jumladan, ohorlash sifati 1,2–1,4 barobar oshdi, ip uzilishlari 1,5–1,8 marta kamaydi, eritmaning barqarorligi 8 soatdan 24 soatgacha uzaydi hamda ishlab chiqarish samaradorligi 1,3 barobar ortdi. Bu natijalar mazkur kompozitsiyani paxta iplarini ohorlashda resurs tejamkor va ekologik yo‘naltirilgan texnologiya sifatida qo‘llash mumkinligini tasdiqlaydi.

XULOSA.

Tadqiqot natijalari tabiiy va suvda eruvchan sintetik polimerlar asosida ishlab chiqilgan ohorlovchi kompozitsiya paxta iplarini ohorlashda yuqori texnologik samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Guruch kraxmali, alginat, GIPAN va tripolifosfat kaliy asosidagi kompozitsiya ip mustahkamligini oshirish, uzilishlarni kamaytirish, to‘quv jarayoni barqarorligini ta’minlash hamda mahsulot sifatini yaxshilash imkonini berdi. Olingan natijalar mazkur texnologiyaning sanoat miqyosida joriy etish uchun yuqori amaliy ahamiyatga ega, resurs tejamkor, iqtisodiy jihatdan maqbul va ekologik xavfsiz texnologik yechim ekanligini ilmiy asosda tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Яриев О.М., Амонов М.Р., Амонова Х.И., Мажидов А.А. Табиий ва синтетик полимерлар асосидаги композицияларнинг реологик хусусиятларини баҳолаш // Композицион материаллар. – Тошкент, 2007. – №1. – Б. 6–10.
2. Амонов М.Р., Раззоқов Х.К., Равшанов К.А., Мажидов А.А., Амонова Х.И. Полимер композициялар билан оҳорланган пахта ипининг релаксацион хусусиятларини тадқиқ қилиш // Ўзбекистон кимё журнали. – Тошкент, 2007. – №2. – Б. 27–30.
3. Амонов М.Р., Равшанов К.А., Амонова Х.И., Содиқова С.Ш. Сувда эрувчан полимерлар асосидаги оҳор композицияларининг физик-механик хусусиятлари // Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси маърузалари. – Тошкент, 2007. – №6. – Б. 60–62.
4. Амонова Х.И. Полимер композициялар сувли эритмаларининг реологик хусусиятлари ва уларнинг оҳорлаш самарасига таъсири // Композицион материаллар. – Тошкент, 2008. – №2. – Б. 32–36.
5. Шадиева Ш.Ш., Амонов М.Р. Сувда эрувчан полимерлар асосида оҳор композициялар олишнинг физик-кимёвий асослари // Universum: техник фанлар. – Москва, 2023. – №11(116). – Б. 27–30.
6. BeMiller J.N., Whistler R.L. Starch: Chemistry and Technology. – Amsterdam: Academic Press, 2009. – 894 p.
7. Tharanathan R.N. Starch – value addition by modification // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2005. – Vol. 45. – P. 371–384.
8. Хромов С.А. Полимер тизимларнинг реологик хусусиятлари ва уларнинг тўқимачилик саноатида қўлланилиши. – Санкт-Петербург: Политехника, 2015. – 212 б.

ISSN 3030-3907

FAXVERK TIZIMLARDA QO‘LLANISHI UCHUN POLIMER KOMPOZIT MATERIALLARNI EGILISHDAGI MUSTAHKAMLIGINI TADQIQ QILISH

Tulaganov Baxrom Abdukabilovich
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti rektori
Xakimov Qaxramon Qodirovich
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti mustaqil izlanuvchisi,
SQB Testing and R&D Center direktori

Annotatsiya. Mazkur maqolada shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamlik xossalari eksperimental va sonli tadqiqotlar asosida o‘rganilgan. Tadqiqot jarayonida uch nuqtali egilish sinovlari GOST R 56810–2015 standarti talablariga muvofiq amalga oshirildi. Sinov natijalariga ko‘ra maksimal yuk qiymatlari 2178–2573 N oralig‘ida, egilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlari esa 570–666 MPa diapazonda aniqlangan. Yuk–vaqt grafigi tahlili materialning elastik bosqichda barqaror ishlashini hamda maksimal yukdan so‘ng mo‘rt buzilish sodir bo‘lishini ko‘rsatdi. Chekli elementlar usuli yordamida o‘tkazilgan sonli modellashtirish natijalari eksperimental ma’lumotlarni tasdiqladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, mazkur kompozit materiallar faxverk tizimlari va boshqa yuk ko‘taruvchi konstruksiyalarda samarali qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: shisha tolali kompozit, egilish mustahkamligi, uch nuqtali egilish, yuk–vaqt grafigi, FEA, konstruktiv materiallar.

Аннотация. В данной статье исследованы прочностные характеристики стеклопластиковых полимерных композитов при изгибе на основе экспериментальных и численных методов. Испытания проводились по методу трехточечного изгиба в соответствии с требованиями стандарта GOST R 56810–2015. По результатам испытаний максимальная нагрузка составила 2178–2573 Н, а прочность при изгибе – 570–666 МПа. Анализ кривой «нагрузка–время» показал линейное поведение материала в упругой области и хрупкое разрушение после достижения максимальной нагрузки. Результаты численного моделирования методом конечных элементов подтвердили экспериментальные данные. Установлено, что исследуемые материалы могут эффективно применяться в фахверковых системах и несущих конструкциях.

Ключевые слова: стеклопластик, прочность при изгибе, трехточечный изгиб, кривая нагрузка–время, МКЭ, конструкционные материалы.

Abstract. This paper investigates the flexural strength of glass fiber reinforced polymer (GFRP) composites using experimental and numerical methods. Three-point bending tests were conducted in accordance with GOST R 56810–2015

ISSN 3030-3907

standard. The experimental results showed that the maximum load ranged from 2178 to 2573 N, while the flexural strength varied between 570 and 666 MPa. The load–time curve analysis revealed a linear elastic behavior followed by brittle failure after reaching the maximum load. Finite Element Analysis (FEA) results confirmed the experimental findings. The study demonstrates that these composite materials can be effectively used in half-timbered systems and load-bearing structures.

Keywords: glass fiber composite, flexural strength, three-point bending, load–time curve, FEA, structural materials.

KIRISH.

Zamonaviy qurilish sanoatida yengil, mustahkam va uzoq muddat xizmat qiluvchi materiallarga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Shu nuqtai nazardan, shisha tolali polimer kompozit materiallar yuqori mexanik xossalari, korroziyaga chidamliligi hamda yengilligi bilan ajralib turadi va shu sababli keng qo‘llanilmoqda [1]. Ayniqsa, faxverk tizimlarida bunday materiallardan foydalanish konstruksiyalarning umumiy og‘irligini kamaytirish bilan birga ularning seysmik barqarorligini ham oshirish imkonini beradi [2].

Kompozit materiallarning asosiy afzalliklaridan biri ularning mexanik xossalarini oldindan boshqarish imkoniyati mavjudligidir. Tolalarning yo‘nalishi, matritsa turi va ishlab chiqarish texnologiyasiga qarab materialning mustahkamligi va qattiqligi sezilarli darajada o‘zgaradi [3]. Shu sababli, ularning egilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlarini aniqlash konstruktiv qo‘llanilish nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi.

Egilishdagi mustahkamlik kompozit materiallarning eng muhim mexanik xossalaridan biri bo‘lib, u tashqi yuk ta’sirida materialning deformatsiyalanish va buzilishga qarshi turish qobiliyatini belgilab beradi [4]. Mazkur ko‘rsatkich, ayniqsa, elementlar egilish yuklariga duch keladigan konstruksiyalarda muhim hisoblanadi. Shu bois, ushbu xossani aniqlash uchun standart sinov usullaridan foydalanish talab etiladi.

Xalqaro va milliy standartlarga muvofiq, polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamligi odatda uch nuqtali egilish sinovlari orqali aniqlanadi. Ushbu usul materialning real ish sharoitlariga yaqin bo‘lgan holatda uning yuk ko‘tarish qobiliyatini baholash imkonini beradi [5]. Sinov jarayonida yuk va deformatsiya o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlanib, olingan natijalar asosida materialning mustahkamlik ko‘rsatkichlari hisoblab chiqiladi.

So‘nggi yillarda kompozit materiallarning xatti-harakatini chuqurroq o‘rganish uchun eksperimental tadqiqotlar bilan bir qatorda sonli modellashtirish usullaridan ham keng foydalanilmoqda [6]. Xususan, chekli elementlar usuli

ISSN 3030-3907

(FEA) yordamida material ichidagi kuchlanishlarning taqsimlanishini aniqlash va sinov natijalarini tasdiqlash imkoniyati yaratilmoqda [7, 8].

Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, ushbu tadqiqot ishining asosiy maqsadi shisha tolali polimer kompozit profillarning egilishdagi mustahkamligini eksperimental sinovlar asosida aniqlash hamda olingan natijalarni tahlil qilishdan iborat.

TADQIQOT USULLARI. Mazkur tadqiqot ishining maqsadi polimer kompozit profillarning egilishdagi mustahkamligini aniqlash usullarini o‘rganish, shu bilan birga tadqiqot sinovlari orqali ularning baholashdan iborat.

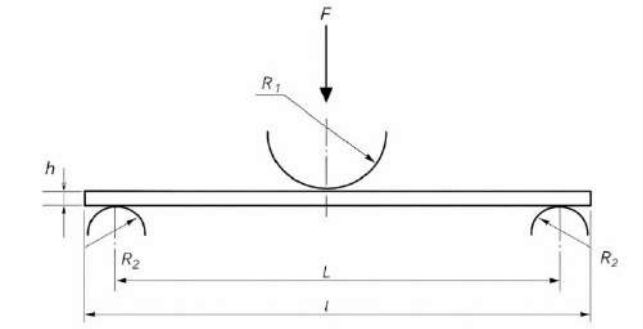
Tadqiqot jarayonida tadqiq etilayotgan namunalarning mexanik xossalarini aniqlash uchun zamonaviy o‘lchash va sinov jixozlaridan foydalanildi. Geometrik o‘lchamlarini aniqlashda mikrometrlar hamda shtangensirkullar qo‘llanildi. Ushbu vositalari qalinlikni ±0,025 mm aniqlikda, uzunlik va kenglikni esa ±0,1 mm aniqlikda o‘lchash imkonini beradi. Uzunliklarni aniqlashda esa metall lineykalardan foydalanildi.



1-rasm. Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligi huzuridagi Texnik me’yorlash va standartlashtirish ilmiy-tadqiqot instituti laboratoriyasida sinov jarayonlari

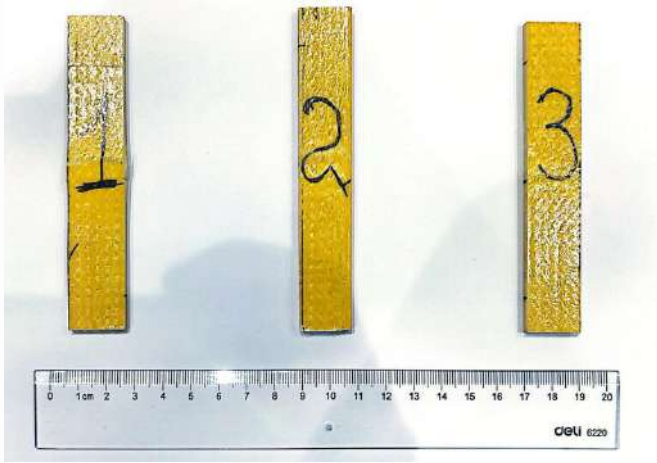
Tadqiqot sinovlar materiallarni siqilish sharoitida tekshirish imkonini beruvchi universal sinov mashinasida (UTM) GOST R 56810 – 2015 talablariga muvofiq o‘tkazildi. Sinov mashinasi namunalarga yukni qisqich harakati orqali doimiy tezlik bilan berishini ta’minlaydi. Jarayon davomida berilayotgan yuk qiymatini o‘lchash aniqligi o‘lchanayotgan kattalikning ±1 % aniqlikda bo‘lishi ta’minlandi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Tadqiqot jarayonlari va sinov namunasiga yuk berish sxemasi. h — namuna qalinligi; l — namuna uzunligi; L — tayanchlar orasidagi masofa; R_1 — puansonning yumaloqlanish radiusi; R_2 — tayanch qirralarining yumaloqlanish radiusi; F — yuk.

Jixoz konstruktsiyasida ikki tayanch hamda markazlashtirilgan yuk beruvchi puanson mavjud, ular traversa bo‘ylab o‘rnatilgan. Tayanchlar va puanson termik toblangan po‘latdan tayyorlangan. Ularning qattiqligi Rokvel bo‘yicha 40 HRC ni tashkil etadi. Tayanchlar hamda puanson yuzalarining sirt g‘adir budurligi Ra = 0,63 mkm dan oshmasligi ta’minlangan.



3-rasm. Sinov uchun tadqiqot namunalari

Sinov jarayonida namunani aniq markazlash muhimdir. Shu sababli tayanchlar jixozda harakatsiz mahkamlandi. Tadqiqot namunasining uzunlik o‘qi yuk ta’sir etuvchi yo‘nalish bilan mosligi ta’minlandi. Shu bilan birga, namunaning simmetriya markazi yuk qo‘yish o‘qi bilan bir chiziqda joylashtirildi. Bunda, tayanchlar va puanson yuzalarining gorizontal tekislikdagi parallellikdan ruxsat etilgan og‘ishi bo‘yicha 0,005 mm dan oshmasligi inobatga olingan.

Tadqiqotda uch nuqtali egilish sinovlarini o‘tkazish uchun to‘g‘ri to‘rtburchak kesimli tasma shaklidagi namunalar qo‘llanildi. Namuna o‘lchamlari standar talablariga muvofiq tayyorlandi (1-jadval). Tadqiqotlar davomida tavsiya etilgan 16:1 nisbatdan tashqari 32:1, 40:1 yoki 60:1 nisbatlardan ham foydalanish mumkinligi hisobga olindi.

ISSN 3030-3907

1-Jadval

Tavsiya etilgan namunalar o‘lchamlari

Qalinlik, *h*	Kenglik, *b*	Uzunlik, *l*	Tayanchlar orasidagi masofa, *L*
<1.6	(12±1)	51	(25.0±0.5)
1.6≤*h*≤3.2	(12±1)	>19*h*	(16±1)*h*
>3.2	<4*h*		

Mustahkamlovchi tolalarning joylashuvi namunaning o‘rta tekisligiga nisbatan simmetrik bo‘lishi va mustahkamlanish tekisligiga parallel holda o‘rnatilishi ta’minlandi. Namunalarni tayyorlash usuli va texnologik rejimi belgilangan standartlar hamda texnik talablar muvofiq amalga oshirildi. Namunalarni tayyorlash jarayoni yakunlangandan so‘ng sinov boshlanishigacha bo‘lgan vaqt 16 soat etib belgilandi. Bu vaqt davomida namunalar zarur bo‘lgan muhit sharoitlariga moslashadi.

Tadqiqot namunalari silliq va tekis yuzaga ega ekanligi, pufakchalar, sinishlar, yoriqlar, qatlam ajralishlari va oddiy ko‘z bilan ko‘rinadigan boshqa nuqsonlar bo‘lmasligi tekshirib chiqildi. Har bir tajriba uchun namunalar beshtadan tayyorlangan. Barcha tadqiqot namunalari sinov boshlanishidan oldin raqamlar bilan belgilab olindi. Bu talablar sinov natijalarining aniqligi va ishonchliligini ta’minlash uchun muhim hisoblanadi [9, 10].

Sinovlardan oldin har bir namunaning geometrik o‘lchamlari yana bir bor nazoratdan o‘tkazildi va o‘rtacha qiymatlari hisoblab chiqildi. Bu ko‘rsatkichlar keyingi hisoblashlarda asosiy parametr sifatida qabul qilindi [11].

Sinov jihoziga puanson va tayanch qismlari o‘rnatildi. Tayanchlar orasidagi masofa tadqiqot namunasi o‘lchamlarining o‘rtacha qiymatlaridan kelib chiqib tanlandi. Jarayon davomida tayanchlar hamda puanson yuzalarining o‘zaro parallelligi ta’minlandi. Bu esa yukning namunaga bir tekis ta’sir qilishini ta’minlaydi [12].

Sinov jihozi qisqichining harakat tezligi material uchun standartda ko‘rsatilgan qiymatlarga muvofiq tanlanadi. Standartda mavjud bo‘lmagan hollar uchun harakat tezligi 2-jadvalga muvofiq yoki quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$V = \frac{ZL^2}{6h}; \qquad (1)$$

bu yerda: Z — deformatsiya tezligi; L — tayanchlar orasidagi masofa; h — namuna qalinligi.

2-jadval

Yuk berish harakat tezligining tavsiya etilgan qiymatlari

Harakat tezligi, mm/min	Ruxsat etilgan og‘ish, %	Harakat tezligi, mm/min	Ruxsat etilgan og‘ish, %

ISSN 3030-3907

0.5	±10	20	±10
1.0		50	
2.0		100	
5.0		200	
10		500	

Sinov jarayonida avtomatik deformatsiya diagrammalari hosil qilindi va ular asosida materialning mexanik xossalari baholandi.

Sinov jarayoni dastlab namuna buzilgunga qadar undan keyin namunaning yuzasidagi maksimal deformatsiya ε_{max} = 0,05 mm/mm qiymatga yetgunga qadar davom ettirildi.

$$\omega=\frac{\varepsilon_{max}L^2}{6h}; \qquad 2$$

bu yerda: ε_{max} — namunaning yuzasidagi maksimal deformatsiya; L — tayanchlar orasidagi masofa; h — namuna qalinligi.

Tadqiqot jarayonida olingan barcha natijalar qayd etildi. Yakunda matematik hamda statistik tahlil usullar yordamida qayta ishlandi.

TADQIQOT NATIJALARI. Tadqiqot jarayonida shisha tolali polimer kompozit materiallardan tayyorlangan namunalar uch nuqtali egilish sxemasi bo‘yicha sinovdan o‘tkazildi. Sinovlar natijasida namunalar uchun maksimal yuk ko‘rsatkichlari, geometrik o‘lchamlar hamda egilishdagi mustahkamlik qiymatlari aniqlanib, ularning o‘rtacha qiymatlari hisoblab chiqildi.

Sinov natijalariga ko‘ra, uchta namunalar uchun quyidagi qiymatlar qayd etildi:

- namuna qalinligi mos ravishda 4,9 mm; 5,0 mm; 4,9 mm;
- namuna kengligi 19,8 mm; 18,8 mm; 19,7 mm;
- maksimal yuk qiymatlari 2573 N; 2178 N; 2331 N ni tashkil etdi.

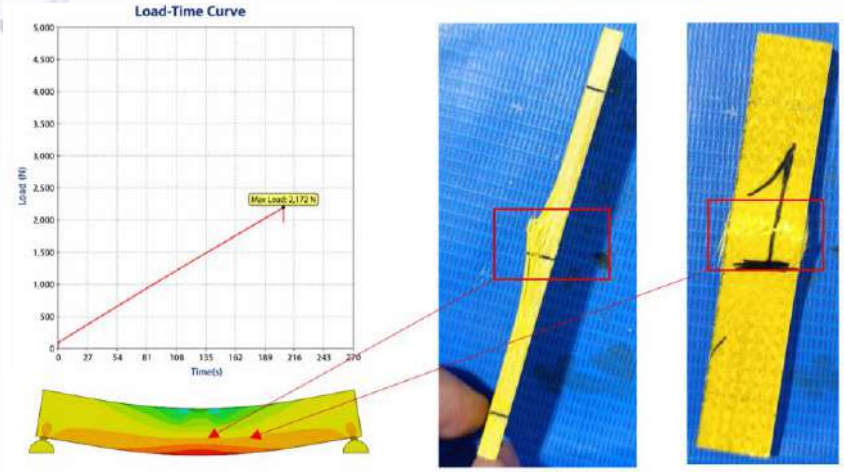
Mazkur natijalar asosida egilishdagi mustahkamlik qiymatlari hisoblandi va ular mos ravishda 666 MPa; 570 MPa; 606 MPa ga teng bo‘ldi. Hisoblash natijalarining o‘rtacha qiymati taxminan 614 MPa ni tashkil etdi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, shisha tolali polimer kompozit materiallar yuqori egilish mustahkamligiga ega bo‘lib, ular konstruktiv elementlarda samarali qo‘llanishi mumkin. Shu bilan birga, namunalar orasidagi farqlar material tarkibi, tolalarning joylashuvi va ishlab chiqarish texnologiyasiga bog‘liq ekanligi kuzatildi.

Sinov jarayonida yuk–deformatsiya bog‘liqligi deyarli chiziqli xarakterga ega bo‘lib, bu materialning elastik xossalari yetarlicha yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Maksimal yuk qiymatiga yetgandan so‘ng namunalarda keskin buzilish kuzatildi, bu esa materialning mo‘rt buzilish xarakteriga ega ekanligini bildiradi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, o‘tkazilgan tajribalar shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamligi yuqori ekanligini tasdiqladi va ularni faxverk tizimlarida qo‘llash imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslab berdi.



4-rasm. Tadqiqot sino jaraonlari natijalari

Sinov jarayonida olingan yuk va vaqt bog‘liqlik grafigi materialning egilish ostidagi ishlash mexanizmini batafsil tahlil qilish imkonini berdi (4-rasm).

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, yukning vaqt bo‘yicha ortishi deyarli to‘g‘ri chiziqli bo‘lib, bu materialning sinovning asosiy qismida elastik deformatsiya rejimida ishlaganligini ko‘rsatadi. Ushbu chiziqli bog‘liqlik materialning strukturasi barqaror ekanligini va yuklanish jarayonida ichki buzilishlar dastlab yuzaga kelmaganligini bildiradi [13].

Rasmga muvofiq, maksimal yuk qiymati 2572.9 N ga teng bo‘lib, bu qiymat grafikda aniq belgilangan. Ushbu natija protokol ma’lumotlari bilan to‘liq mos keladi, bunda birinchi namunada maksimal yuk 2573 N atrofida qayd etilgan.

Grafikdan yana bir muhim jihat shuki: yuk 0 dan ~2500 N gacha deyarli bir xil tezlikda ortadi, maksimal qiymatga yetgandan so‘ng grafikda keskin pastga tushish kuzatilgan. Bu holat materialning mo‘rt buzilish xususiyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Grafikning yakuniy qismida (maksimal nuqta yaqinida) kichik og‘ishlar kuzatildi, bu esa, tolalararo ajralishi, mikroyoriqlar paydo bo‘lishi, matritsa va tolalar o‘rtasidagi bog‘lanishning zaiflashuvi kabi jarayonlar boshlanganligini anglatadi.

Shuningdek, sinov tezligi 4 N/s bo‘lib, yukning silliq va nazorat ostida ortishini ta’minlagan. Bu esa olingan natijalarning ishonchliligini oshiradi.

Umuman olganda, material yuqori elastiklik va qattiqlikka ega, yuklanish jarayoni barqaror va chiziqli kechadi, maksimal yuk ~2573 N atrofida, buzilish keskin va mo‘rt xarakterga ega, plastik deformatsiya bosqichi deyarli kuzatilmaydi.

ISSN 3030-3907

Mazkur natijalar shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi yuqori mustahkamlikka ega ekanligini va ularni konstruktiv elementlarda qo‘llash mumkinligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Sonli modellashtirish (FEA) natijalari ham eksperimental natijalarni tasdiqlaydi. Kuchlanishlarning maksimal qiymatlari namunalar markaziy qismida, ya’ni egilish momenti eng katta bo‘lgan hududda to‘planganligi kuzatildi. Rangli taqsimot xaritasida pastki tolalarda maksimal cho‘zilish kuchlanishlari (qizil zona), yuqori qatlamlarda esa siqilish kuchlanishlari (yashil–ko‘k zonalar) hosil bo‘lishi egilish nazariyasiga to‘liq mos keladi. Bu holat uch nuqtali egilish sxemasining to‘g‘ri tashkil etilganligini va sinov natijalarining ishonchliligini ko‘rsatadi.

Natijalar orasidagi ayrim farqlar (yuk va mustahkamlik qiymatlaridagi tafovutlar) materialning ichki tuzilishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Jumladan, tolalarning joylashish tartibi, qatlamlararo bog‘lanish sifati, ishlab chiqarish texnologiyasi, hamda mikronuqsonlarning mavjudligi kabi omillar bu farqlarga sabab bo‘ladi.

Shuningdek, sinov tezligi va geometrik parametrlarning aniqlik bilan tanlanishi natijalarning takrorlanuvchanligi va ishonchliligini ta’minlagan. Uch nuqtali egilish usulining qo‘llanilishi materialning real ish sharoitlariga yaqin bo‘lgan holatda baholash imkonini berdi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida shisha tolali polimer kompozit materiallarning egilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlari eksperimental va sonli usullar asosida o‘rganildi. O‘tkazilgan uch nuqtali egilish sinovlari natijasida materiallarning maksimal yuk ko‘tarish qobiliyati 2178–2573 N oralig‘ida, egilishdagi mustahkamlik esa 570–666 MPa diapazonda ekanligi aniqlandi. Hisoblangan o‘rtacha mustahkamlik qiymati 614 MPa ni tashkil etib, bu materialning yuqori mexanik xossalarga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Yuk–vaqt grafigi tahlili materialning deformatsiyalanish jarayoni asosan elastik bosqichda kechishini va maksimal yuk qiymatiga yetgandan so‘ng keskin buzilish sodir bo‘lishini ko‘rsatdi. Bu esa shisha tolali polimer kompozit materiallarning mo‘rt buzilish xususiyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Sonli modellashtirish (FEA) natijalari kuchlanishlarning namunada notekis taqsimlanishini, maksimal qiymatlar egilish momenti eng katta bo‘lgan markaziy qismda hosil bo‘lishini ko‘rsatdi. Eksperimental va nazariy natijalarning o‘zaro mos kelishi tadqiqotning to‘g‘riligini va qo‘llanilgan metodikaning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Olingan natijalar asosida shuni xulosa qilish mumkinki, shisha tolali polimer kompozit materiallar yuqori egilish mustahkamligiga ega bo‘lib, ular faxverk tizimlari hamda boshqa yuk ko‘taruvchi konstruksiyalarda samarali

ISSN 3030-3907

qo‘llanishi mumkin. Kelgusida mazkur materiallarning uzoq muddatli ishlash xususiyatlari, charchashga chidamliligi hamda turli muhit sharoitlaridagi xatti-harakatlarini o‘rganish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Hollaway, L. C. (2001). Advanced polymer composites and polymers in the civil infrastructure. Elsevier.
2. Bank, L. C. (2006). Composites for construction: Structural design with FRP materials. John Wiley & Sons.
3. Mallick, P. K. (2007). Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design. CRC press.
4. Jones, R. M. (2018). Mechanics of composite materials. CRC press.
5. Umarov, A. V., Muxamedov, G. I., & Quchqarov, X. O. (2017). Polimerli kompozit materiallar fizikasi. O‘quv qo‘llanma, Namangan20l7-287b.
6. Gibson, R. F. (2007). Principles of composite material mechanics. CRC press.
7. Vasiliev, V. V., & Morozov, E. V. (2013). Advanced mechanics of composite materials and structural elements. Newnes.
8. Monfared, V., Ramakrishna, S., Alizadeh, A. A., & Hekmatifar, M. (2023). A systematic study on composite materials in civil engineering. Ain Shams Engineering Journal, 14(12), 102251.
9. Fangueiro, R. (Ed.). (2011). Fibrous and composite materials for civil engineering applications. Elsevier.
10. Brigante, D. (2014). New composite materials. Nature, 442, 282-286.
11. Alsultan, Q. H., Abdulbaqi, A. S., Nejrs, S. M., Jassim, S. A., Sulaiman, B. H., Al deen Shawqi, O. S., ... & Khalaf, H. A. (2023). Innovative composite materials for improving structural integrity and longevity in civil engineering applications. Khwarizmia, 2023, 63-72.
12. Hussein, N. A. H. K., Khalaf, S., & Shah, K. D. (2024). Advanced composite materials for sustainable construction: innovations in civil engineering applications. Khwarizmia, 2024, 8-16.
13. Biswal, A., & Swain, S. K. (2020). Smart composite materials for civil engineering applications. In Polymer nanocomposite-based smart materials (pp. 197-210). Woodhead Publishing.

ISSN 3030-3907

FAXVERK TIZIMLAR QO‘LLASH UCHUN POLIMER KOMPOZIT MATERIALLARNI KESILISHDAGI (SREZ) MUSTAHKAMLIGINI TADQIQ QILISH

Tulaganov Baxrom Abdukabilovich
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti rektori
Xakimov Qaxramon Qodirovich
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti mustaqil izlanuvchisi,
SQB Testing and R&D Center direktori

Annotatsiya. Mazkur maqolada shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi (srez) mustahkamligi eksperimental va sonli tadqiqotlar asosida o‘rganilgan. Sinovlar GOST R 57968–2017 standarti talablariga muvofiq ravishda o‘tkazilib, turli turdagi namunalar uchun maksimal yuk va mustahkamlik ko‘rsatkichlari aniqlangan. Olingan natijalar material turiga qarab kesilishdagi mustahkamlik sezilarli darajada farqlanishini ko‘rsatdi. Deformatsiya diagrammalari tahlili materiallarning elastik va bosqichma-bosqich buzilish xatti-harakatini aniqlash imkonini berdi. Bundan tashqari, ANSYS dasturi yordamida bajarilgan sonli modellashtirish natijalari eksperimental ma’lumotlar bilan yaxshi mos kelishi aniqlangan. Tadqiqot natijalari shisha tolali kompozit materiallarning kesuvchi kuchlar ta’siridagi xatti-harakatini chuqurroq tushunishga hamda ularni konstruktiv elementlarda samarali qo‘llash imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: shisha tolali kompozit, polimer materiallar, kesilish mustahkamligi, srez, deformatsiya, delaminatsiya, ANSYS, eksperimental sinov.

Аннотация. В данной статье исследована прочность на срез стеклопластиковых полимерных композиционных материалов на основе экспериментальных и численных методов. Испытания проведены в соответствии с требованиями стандарта GOST R 57968–2017, в результате чего определены максимальные нагрузки и значения прочности для различных типов образцов. Полученные результаты показали, что прочность на срез существенно зависит от типа материала. Анализ диаграмм деформирования позволил выявить упругое и поэтапное разрушение материала. Кроме того, численное моделирование, выполненное в программной среде ANSYS, продемонстрировало хорошее совпадение с экспериментальными данными. Результаты исследования способствуют более глубокому пониманию поведения стеклопластиковых композитов при действии срезающих нагрузок и расширяют возможности их применения в конструктивных элементах.

Ключевые слова: стеклопластик, полимерные композиты, прочность на срез, деформация, деламинация, ANSYS, экспериментальные испытания.

Abstract. This paper investigates the shear strength of glass fiber reinforced polymer (GFRP) composite materials based on experimental and numerical approaches. The tests were conducted in accordance with GOST R 57968–2017 standard, and the maximum load and shear strength values were determined for different types of specimens. The results revealed that the shear strength significantly depends on the type and structure of the material. Analysis of load–deformation diagrams showed elastic behavior followed by a progressive failure mechanism. In addition, numerical simulations performed using ANSYS software demonstrated good agreement with experimental data. The findings contribute to a better understanding of the behavior of GFRP composites under shear loading and expand their application potential in structural elements.

Keywords: glass fiber composites, polymer materials, shear strength, deformation, delamination, ANSYS, experimental testing.

KIRISH.

Zamonaviy qurilish va mashinasozlik sanoatida yuqori mustahkamlik, yengillik va uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorlikni ta’minlay oladigan materiallarga bo‘lgan talab tobora ortib bormoqda. An’anaviy metall materiallar (po‘lat, alyuminiy va boshqalar) ko‘plab afzalliklarga ega bo‘lishiga qaramay, ularning og‘irligi, korroziyaga moyilligi hamda ekspluatatsiya xarajatlarining yuqoriligi yangi turdagi materiallarni izlash zaruratini yuzaga keltiradi. Shu nuqtai nazardan, tolali polimer kompozit materiallar, xususan, shisha tolali polimer kompozitlar muhandislik amaliyotida keng qo‘llanilayotgan ilg‘or materiallar qatoriga kiradi [2–4].

Shisha tolali polimer kompozit materiallar yuqori solishtirma mustahkamlik, korroziyaga chidamlilik, elektr izolyatsion xususiyatlar va texnologik moslashuvchanlik kabi muhim afzalliklarga ega [5,6]. Ushbu ko‘rsatkichlar ularni qurilish konstruksiyalarida, jumladan, faxverk tizimlarida, ko‘prik elementlarida, sanoat ramalarida va turli yuk ko‘taruvchi va o‘zini o‘zi ko‘taruvchi konstruksiyalarda keng qo‘llash imkonini bermoqda [8,9]. Ayniqsa, agressiv muhitlarda ishlovchi inshootlar uchun kompozit materiallar eng maqbul yechimlardan biri sifatida qaralmoqda.

Biroq, kompozit materiallarning ishlash samaradorligi nafaqat ularning umumiy mustahkamlik xususiyatlariga, balki lokal yuklanish sharoitlaridagi xatti-harakatiga ham bog‘liq. Amaliy konstruksiyalarda elementlar ko‘pincha murvatli, shpilkali yoki boshqa turdagi mexanik birikmalar orqali ulanadi. Bunday birikmalarda esa asosiy yuklanish turi sifatida kesilish (srez) kuchlari namoyon bo‘ladi. Natijada, materialda kuchlanishlar kontsentratsiyasi, ayniqsa teshik atrofida, keskin ortadi va bu konstruksiyaning ishonchliligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [10].

ISSN 3030-3907

Kompozit materiallarning kesilishdagi mustahkamligini aniqlash murakkab masala bo‘lib, u materialning mikro va makrostrukturaviy xususiyatlariga bog‘liqdir. Xususan, tolalar orientatsiyasi, ularning hajmiy ulushi, polimer matritsaning xossalari hamda qatlamlararo bog‘lanish sifati kesilishdagi qarshilikka sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [3,7]. Bundan tashqari, yuklanish tezligi, tashqi muhit sharoitlari va ishlab chiqarish texnologiyasi ham materialning buzilish mexanizmini belgilaydi.

Ilmiy tadqiqotlarda kompozit materiallarning kesilishdagi xatti-harakatini o‘rganish uchun turli eksperimental va nazariy usullar qo‘llaniladi. Jumladan, standartlashtirilgan sinov usullari (GOST, ASTM) asosida olingan natijalar materialning real ish sharoitidagi xulq-atvorini baholash imkonini beradi [1,11]. Shu bilan birga, zamonaviy hisoblash usullari, xususan, chekli elementlar usuli (FEM) yordamida material ichidagi kuchlanish va deformatsiya maydonlarini aniqlash, buzilish jarayonlarini modellashtirish va eksperimental natijalarni tasdiqlash mumkin [12].

So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, kompozit materiallarda kesilish jarayoni oddiy mo‘rt buzilish emas, balki murakkab, ko‘p bosqichli mexanizm asosida kechadi. Ushbu jarayonda tolalararo sirpanish, matritsaning mikro yorilishi va qatlamlararo ajralish (delaminatsiya) kabi hodisalar muhim rol o‘ynaydi [10]. Bu esa materialning energiya yutish qobiliyatini oshiradi va uning buzilishdan oldingi deformatsion xatti-harakatini murakkablashtiradi.

Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi mustahkamligini chuqur o‘rganish, ularning buzilish mexanizmlarini aniqlash hamda konstruktiv elementlarda qo‘llash imkoniyatlarini baholash dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Mazkur ishning asosiy maqsadi shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi mustahkamligini eksperimental sinovlar asosida aniqlash, yuk–deformatsiya diagrammalarini tahlil qilish hamda sonli modellashtirish yordamida olingan natijalarni tasdiqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari kompozit materiallardan tayyorlangan konstruksiyalarni loyihalashda ularning ishonchliligini oshirish, optimal konstruktiv yechimlarni ishlab chiqish va amaliy qo‘llash sohalarini kengaytirishga xizmat qiladi.

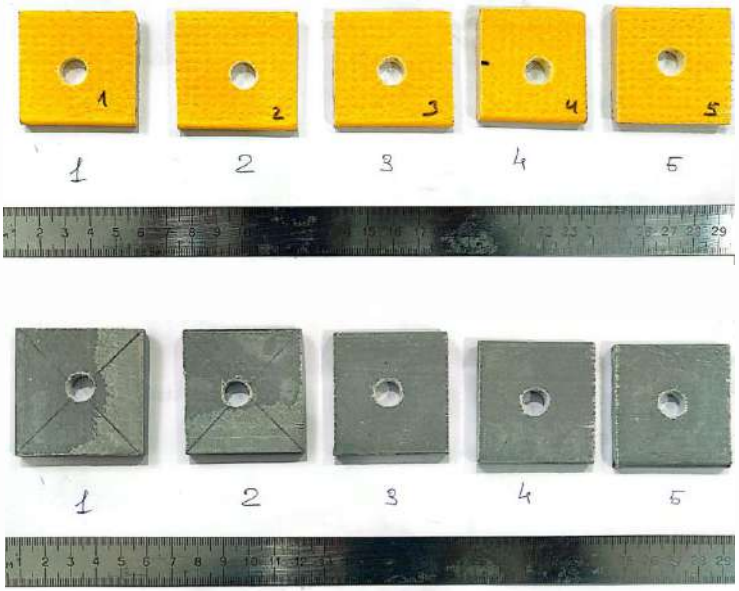
TADQIQOT USULLARI. Shisha tolali polimer kompozit profillarning kesilishdagi (srez) mustahkamligini aniqlash materialning kesuvchi kuchlarga qarshilik ko‘rsatkichlarini baholash uchun o‘tkaziladigan muhim mexanik sinovdir. Bu usul kompozit konstruksiyalarni loyihalashda (ko‘priklar, qurilish profillari, mashinasozlik detallarida) juda muhim hisoblanadi.

Ushbu tadqiqot ishida shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi mustahkamligini aniqlash maqsadida tadqiqot sinovlar o‘tkazildi.

ISSN 3030-3907

Sinov jarayonida namuna tayyorlash hamda sinovdan oldingi nazorat ishlari GOST R 57968 – 2017 talablariga muvofiq ravishda amalga oshirildi.

Tadqiqot jarayonida polimer kompozit materialdan kvadrat shakldagi plastina ko‘rinishidagi namunalar tayyorlandi. Namunalarning o‘lchamlari 50,0 ± 0,1 mm, hamda ularning markaziy qismida diametri 12 mm bo‘lgan teshik ochildi. Tayyorlangan namunalar qalinligi 4.0 mm oralig‘ida bo‘lishi ta’minlandi. Tavsiya etilgan qalinlik 2–4 mm diapazonda.



1-rasm. Tadqiqot uchun tayyorlangan namunalar

Namunalarda tolalar bilan mustahkamlash sxemasi plastinaning o‘rta tekisligiga nisbatan simmetrik tarzda olingan. Namunalarning tashqi yuzasi tekshirilib, ularda yoriqlar, qatlamlanishlar, sinishlar, qirralarning shikastlanishi yoki ko‘z bilan ko‘rinadigan boshqa nuqsonlar mavjud emasligi ta’minlandi.

Namuna tayyorlash jarayonida mexanik ishlov berish ishlari hamda plastinadan kesib olish yo‘nalishi standartlarga muvofiq ravishda amalga oshirildi.

Namunalarning markaziy qismidagi teshikni tayyorlash bir necha bosqichda amalga oshirildi. Dastlab diametri 9 mm bo‘lgan boshlang‘ich teshik burg‘ulandi, so‘ngra u kerakli diametrgacha kengaytirildi. Har bir sinov uchun beshta namuna tayyorlandi.

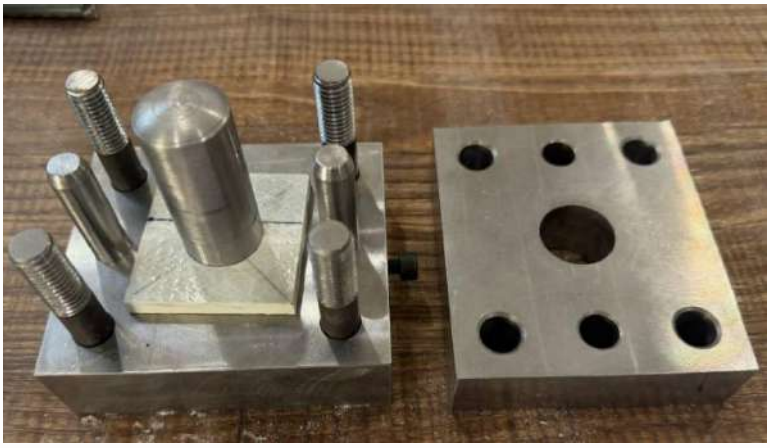
Sinov boshlanishidan oldin barcha namunalar markirovka qilindi. Belgilar sinov natijalariga ta’sir qilmaydigan tarzda qo‘yildi hamda sinov jarayonida namunaning joylashuvi va yo‘nalishini aniq aniqlash imkonini berdi.

Namunalarning qalinligi kesilish zonasida markazga nisbatan taxminan 120° burchak ostida joylashgan uchta nuqtada o‘lchandi. O‘lchangan qiymatlar asosida o‘rtacha arifmetik qiymat hisoblandi va uchta ahamiyatli raqamgacha

ISSN 3030-3907

yaxlitlanib sinov qaydnomasiga kiritildi. Qalinlik qiymatlari uchun variatsiya koeffitsienti 2 % dan oshmasligi ta’minlandi.

Sinovdan oldin barcha namunalar geometrik o‘lchamlari va tashqi ko‘rinishi bo‘yicha qayta tekshiruv nazoratidan o‘tkazildi.



2-rasm. Tadqiqot o‘tkazish uchun tayyorlangan maxsus moslama ko‘rinishi

Sinovlar laboratoriya xonasida standart atmosfera sharoitida o‘tkazildi. Bunda atrof-muhit harorati (23 ± 2) °C, havoning nisbiy namligi (50 ± 10) % va atmosfera bosimi (95 ± 10) kPa qiymatlari ta’minlandi. Sinov jarayonida ushbu parametrlarning barqarorligi nazorat qilib turildi hamda jarayon amalga oshirildi.

Sinovdan oldin namunalar belgilangan harorat sharoitida 8 soat vaqt davomida saqlandi. Bu orqali namunalarni sinov sharoitiga to‘liq moslashtirish ta’minlandi.

Sinov jarayonida namuna maxsus sinov moslamasiga o‘rnatildi. Namuna puanson yordamida pichoq va shayba orasiga joylashtirildi hamda gayka yordamida mahkamlandi. So‘ngra u moslamaning pastki plitasidagi teshikka joylashtirildi. Yuqoridan puanson, yo‘naltiruvchi shtiftlar va shpilkalar ustiga yuqori plita o‘rnatildi hamda u gaykalar yordamida mahkamlandi.

Sinov jixozining faol tutqichi harakat tezligi belgilangan diapazonda sozlandi. Tajriba jarayonida harakat tezligi 2 mm/min qiymatda tanlandi. Ya’ni tavsiya etilgan optimal tezlik tanlab olingan. Sinov davomida polimer kompozit namunasi faol tutqichning belgilangan harakat tezligida bir tekis yuk berildi. Yuk berish jarayonida namunada yuzaga kelgan deformatsiyalar qayd etib turildi. Shu bilan birga, deformatsiya diagrammasi yozib olindi. Sinov natijasida namuna bardosh bera olgan maksimal kuch qiymati P_{max} aniqlanib, sinov qaydnomasiga kiritildi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Tadqiqot sinov jarayonlari, WEW-2000B Universal sinov mashinasi

TADQIQOT NATIJALARI. O‘tkazilgan tajriba sinovlari natijasida shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi (srez) mustahkamlik ko‘rsatkichlari aniqlandi. Sinovlar GOST R 57968–2017 standarti talablariga muvofiq amalga oshirilib, har bir turdagi material uchun bir nechta namunalar sinovdan o‘tkazildi va olingan natijalar statistik qayta ishlash asosida baholandi.

Tadqiqotlar asosida turli namunalar uchun kesilishdagi mustahkamlik qiymatlari quyidagicha aniqlandi:

“Sariq” turidagi namunalar uchun ushbu ko‘rsatkich 126–137 MPa diapazonda bo‘lib, o‘rtacha qiymat 132 MPa ga teng;

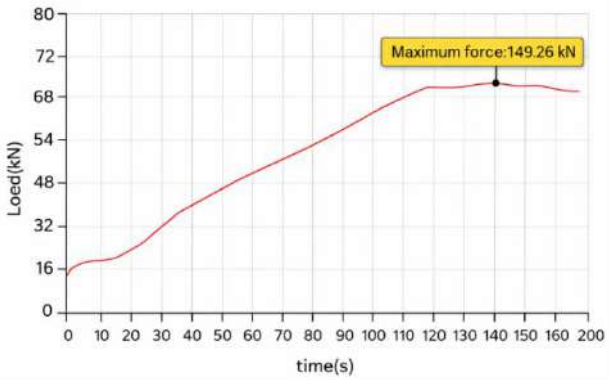
“Seriy” turidagi namunalar uchun esa kesilishdagi mustahkamlik 120–129 MPa oralig‘ida aniqlanib, o‘rtacha qiymati 125 MPa ni tashkil etdi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, tadqiq etilgan kompozit materiallar turiga qarab kesilishdagi mustahkamlik ko‘rsatkichlari sezilarli darajada farqlanadi. Eng yuqori natijalar “Sariq” turidagi namunalar uchun kuzatildi, bu

ISSN 3030-3907

esa ushbu materialning ichki strukturasi va tolalar joylashuvi kesuvchi kuchlarga nisbatan yuqori qarshilik ko‘rsatishini bildiradi.

Sinov natijalari orasidagi farqlar material tarkibi, tolalarning yo‘nalishi, qatlamlararo bog‘lanish sifati hamda ishlab chiqarish texnologiyasi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, barcha namunalar uchun olingan qiymatlar barqaror diapazonda bo‘lib, variatsiya darajasi kichik ekanligi sinov natijalarining ishonchliligini tasdiqlaydi.



4-rasm. WEW-2000B Universal sinov mashinasi olingan ayrim tadqiqot natijalari.

O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi mustahkamligi material turiga bog‘liq holda sezilarli darajada farqlanadi. Protokol ma’lumotlariga ko‘ra, “Seriy” namunalarida 125 MPa, “Sariq” namunalarida esa eng yuqori natija — 132 MPa qayd etildi. Bu farqlar kompozit materialning ichki tuzilishi, tolalar orientatsiyasi va qatlamlararo bog‘lanish sifati bilan izohlanadi.

Qo‘yilgan yuk–vaqt grafiklari tahlili materiallarning deformatsiyalanish xatti-harakatini yanada aniqroq tushunish imkonini berdi. Grafiklardan ko‘rinishicha, barcha namunalarda yukning vaqt bo‘yicha ortishi dastlab deyarli chiziqli xarakterga ega. Bu holat materialning sinovning asosiy qismida elastik rejimda ishlayotganligini ko‘rsatadi.

Shuningdek, grafiklarda quyidagi muhim xususiyatlar kuzatildi:

- yuk dastlab sekin ortadi, so‘ngra barqaror ravishda chiziqli o‘sish bosqichiga o‘tadi;
- maksimal yuk qiymatlari taxminan 128–149 kN oralig‘ida qayd etilgan;
- maksimal nuqtaga yetgandan so‘ng grafikda keskin pasayish emas, balki biroz yumshoq tushish kuzatiladi.

Mazkur holat kesilish sinovlari uchun muhim bo‘lib, egilish sinovlaridan farqli ravishda materialda qisman plastik deformatsiya yoki bosqichma-bosqich buzilish mexanizmi mavjudligini ko‘rsatadi. Bu esa kompozit materialning tolalari va matritsa o‘rtasidagi bog‘lanishning ma’lum darajada energiya yutish qobiliyatiga ega ekanligini bildiradi.

ISSN 3030-3907

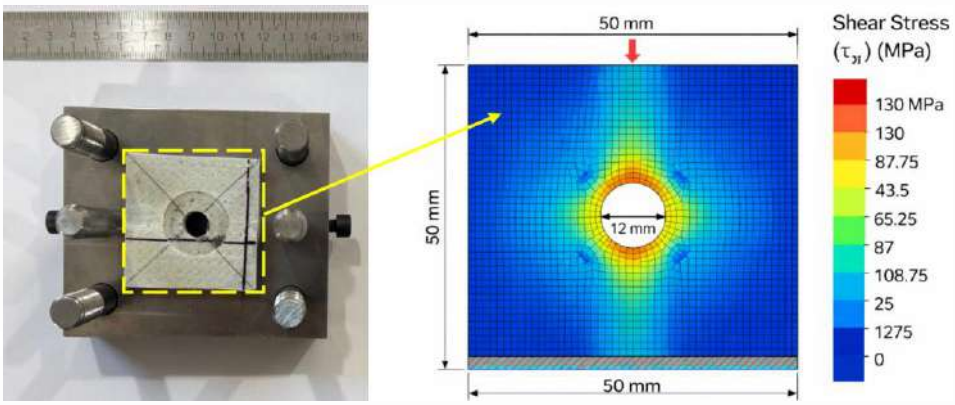
Grafiklarning maksimal nuqtaga yaqin qismida kichik tebranishlar va og‘ishlar kuzatiladi. Bu quyidagi jarayonlar bilan izohlanadi:

- tolalararo sirpanish (slippage),
- matritsa yorilishi,
- qatlamlararo ajralish (delaminatsiya).

Mazkur jarayonlar yakuniy buzilishdan oldingi bosqich sifatida qaraladi va materialning ichki strukturaviy xatti-harakatini ifodalaydi.

Bundan tashqari, barcha grafiklarda yuklanish jarayonining barqarorligi kuzatilgan bo‘lib, bu sinov tezligining (2 mm/min) to‘g‘ri tanlanganligini va eksperimental sharoitlarning standartlarga mos ekanligini tasdiqlaydi. Natijalarning yaqin diapazonda joylashishi esa sinovlarning takrorlanuvchanligi va ishonchliligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, eksperimental natijalar va grafik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, shisha tolali polimer kompozit materiallar kesilishdagi yuqori mustahkamlikka ega bo‘lib, ularning buzilish mexanizmi egilish sinovlariga nisbatan murakkabroq va bosqichma-bosqich kechadi. Bu esa mazkur materiallarni tugunli birikmalar, murvatli ulanishlar hamda kesuvchi kuchlar ta’sir etuvchi konstruktiv elementlarda qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi.



5-rasm. Namunaning raqamli modellashtirish dasturidagi tadqiqot natijalari.

Shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi mustahkamligini qo‘shimcha ravishda baholash maqsadida chekli elementlar usuli asosida sonli modellashtirish amalga oshirildi. Modellashtirish ANSYS dasturida bajarildi.

Model sifatida o‘lchamlari 50×50×4 mm bo‘lgan va markazida diametri 12 mm teshikka ega plastina qabul qilindi. Material izotrop elastik muhit sifatida qabul qilinib, uning mexanik xossalari eksperimental natijalarga mos ravishda tanlandi.

Hisoblash jarayonida plastinaning pastki qismi to‘liq mahkamlangan, yuqori qismiga esa eksperimental sharoitlarga mos ravishda bosim yuklamasi

ISSN 3030-3907

berildi. Teshik atrofida kuchlanishlarning aniqligini oshirish maqsadida zichlashtirilgan hisoblash to‘ri (mesh) qo‘llanildi.

Natijalar tahlili shuni ko‘rsatdiki, maksimal kesilish kuchlanishlari plastinaning markaziy teshik atrofi hududida to‘plangan. Bu holat eksperimental sinov natijalari bilan to‘liq mos keladi. Olingan maksimal kuchlanish qiymatlari 100–135 MPa diapazonda bo‘lib, bu laboratoriya sinovlari natijalari bilan yaxshi mos tushadi.

Shuningdek, modellashtirish natijalari materialda kuchlanishlarning notekis taqsimlanishini hamda buzilishning aynan kuchlanish kontsentratsiyasi yuqori bo‘lgan hududdan boshlanishini ko‘rsatdi. Bu esa kompozit materiallarning kesilishdagi buzilish mexanizmini tasdiqlaydi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot ishida shisha tolali polimer kompozit materiallarning kesilishdagi (srez) mustahkamligi kompleks ravishda — eksperimental sinovlar, deformatsiya grafiklari tahlili hamda sonli modellashtirish asosida chuqur o‘rganildi. Olingan natijalar ushbu materiallarning mexanik xususiyatlari yuqori darajada barqaror va ishonchli ekanligini ko‘rsatdi.

Avvalo, GOST R 57968–2017 talablari asosida o‘tkazilgan sinovlar natijasida materiallarning kesilishdagi mustahkamligi ularning tarkibi va strukturaviy xususiyatlariga bevosita bog‘liqligi aniqlandi. Xususan, “Sariq” turdagi kompozitlar (≈132 MPa) “Seriy” turga (≈125 MPa) nisbatan yuqori natija ko‘rsatdi, bu esa tolalar orientatsiyasi, qatlamlararo bog‘lanish sifati va texnologik ishlab chiqarish omillarining hal qiluvchi rol o‘ynashini tasdiqlaydi.

Deformatsiya diagrammalari tahlili materiallarning yuklanish jarayonida dastlab elastik rejimda ishlashini, keyinchalik esa bosqichma-bosqich buzilish mexanizmi yuzaga kelishini ko‘rsatdi. Bu jarayon tolalararo sirpanish, matritsa yorilishi va delaminatsiya kabi murakkab ichki strukturaviy hodisalar bilan izohlanadi. Mazkur xossa kompozit materiallarning energiya yutish qobiliyati mavjudligini va ularning mo‘rt emas, balki nisbatan “yumshoq” buzilish xatti-harakatiga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Sonli modellashtirish (ANSYS) natijalari eksperimental ma’lumotlarni yuqori aniqlikda tasdiqladi. Xususan, maksimal kuchlanishlarning teshik atrofi hududida kontsentratsiyalanishi aniqlanib, bu konstruktiv elementlarda kuchlanishlar qay tarzda taqsimlanishini tushunishda muhim ahamiyat kasb etadi. Hisobiy va tajriba natijalarining mosligi tadqiqotning ilmiy asoslanganligini va ishonchliligini yanada mustahkamlaydi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, shisha tolali polimer kompozit materiallar kesuvchi kuchlar ta’sirida yuqori mustahkamlik, barqarorlik va murakkab, ammo nazorat qilinadigan buzilish mexanizmini namoyon etadi. Bu esa ularni ayniqsa tugunli birikmalar, murvatli ulanishlar va

ISSN 3030-3907

kesilish kuchlari ustuvor bo‘lgan konstruktiv elementlarda keng qo‘llash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. GOST R 57968–2017. Polimer kompozit materiallar. Mexanik sinov usullari.
2. Mallick, P. K. (2007). Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design. CRC press.
3. Jones, R. M. (2018). Mechanics of composite materials. CRC press.
4. Daniel, I. M., Ishai, O., Daniel, I. M., & Daniel, I. (1994). Engineering mechanics of composite materials (Vol. 3, pp. 256-256). New York: Oxford university press.
5. Kaw, A. K. (2005). Mechanics of composite materials. CRC press.
6. Gibson, R. F. (2007). Principles of composite material mechanics. CRC press.
7. Agarwal, B. D., Broutman, L. J., & Chandrashekhara, K. (2017). Analysis and performance of fiber composites. John Wiley & Sons.
8. Bank, L. C. (2006). Composites for construction: Structural design with FRP materials. John Wiley & Sons.
9. Hollaway, L. C. (2001). Advanced polymer composites and polymers in the civil infrastructure. Elsevier.
10. Turon Travesa, A. (2006). Simulation of delamination in composites under quasi-static and fatigue loading using cohesive zone models. Universitat de Girona.
11. American Society for Testing and Materials (ASTM). (2012). Standard test method for shear properties of composite materials by the V-notched beam method. ASTM International.
12. Thompson, M. K., & Thompson, J. M. (2017). ANSYS mechanical APDL for finite element analysis. Butterworth-Heinemann.

ISSN 3030-3907

SOME ASPECTS OF SELECTING ADDITIVES AND OCTANE-LIKE FUEL ADDITIVES

Kholikova Sevara Jasurovna
Professor of the Department of "Oil and Gas Chemical Industry Technology"
Tashkent State Technical University, UZ
E-mail: Sevarazhasurovna123@mail.ru
Narzullayev Bunyod Bahrom o‘g‘li
Master's student of the "Oil and Gas Chemical Industry Technology"
Department Tashkent State Technical University, UZ
Republic of Uzbekistan, Tashkent city

Annotation. The guarantee of long-term efficient, reliable, and economical operation of a carburetor or injector engine is the detonation resistance of gasoline.

Keywords: octane, benzin, temperature, dehydrocyclization, antidetonation, benzins, alkanes, dehydroisomerization of alkylcyclopentanes

Annotatsiya. Karburator yoki injektor dvigatelining uzoq muddatli samarali, ishonchli va tejamkor ishlashining kafolati benzinning portlash qarshiligidir.

Kalit so‘zlar: oktan, benzin, harorat, degidrosiklizatsiya, antidetonatsiya, benzinlar, alkanlar, alkilsiklopentanlarning degidroizomerizatsiyasi

Аннотация. Гарантией длительной эффективной, надежной и экономичной работы карбюраторного или инжекторного двигателя является стойкость бензина к детонации.

Ключевые слова: октановое число, бензин, температура, дегидроциклизация, антидетонирование, бензины, алканы, дегидроизомеризация алкилциклопентанов

INTRODUCTION.

Obtaining high-octane gasoline with octane numbers of 92, 93, 95, and 98 from oil is quite difficult and expensive. There are two methods for increasing the octane number of gasoline: chemical processing - these processes of reforming, platforming, isomerization, destructive hydrogenation, etc., which require enormous capital expenditures. Increasing the octane number of gasoline is achieved by chemical processing of petroleum distillates through reforming, platforming, and hydroforming processes.

To obtain high-octane gasoline components from low-octane oil fractions, the latter are subjected to catalytic reforming, straight-run gasoline or cracking gasoline boiling within 80-1800C is used.

In addition to dehydrogenation and dehydrocyclization reactions, isomerization, destructive hydrogenation, and compaction reactions also occur during catalytic reforming. As reforming catalysts, mainly aluminum-platinum

ISSN 3030-3907

catalysts with a content of 0.5 to 0.7% or aluminum-molybdenum catalysts with a MoO3 content of 10.0% and Al2O3 content of 90.0% are used, and the process is carried out at temperatures of 450-5300C, a pressure of 1.4 to 7.0 MPa, and a volumetric rate of 1.0 to 6.0

Based on numerous experimental data, it was established that the anti-knock resistance of motor gasolines depends on which groups of hydrocarbons and in what quantities they contain. Alkanes with a normal structure have the lowest detonation resistance. There is an almost linear relationship between the detonation resistance of normal alkanes and their molecular weight: the smaller the molecular weight, the greater the detonation resistance. Branching of alkanes rarely increases their detonation resistance.

The simplest aromatic hydrocarbons of the benzene series have the highest octane numbers.

The following processes contribute to increasing the octane number of gasolines during catalytic reforming:

1. Formation of aromatic compounds during dehydrogenation of six-membered cycloparaffins and dehydroisomeration of alkylcyclopentanes.

Of all the hydrocarbon classes included in automobile gasolines, normal alkanes have the lowest detonation resistance. With an increase in the number of carbon atoms in the alkane chain, their detonation resistance decreases. The transition from a normal chain to an isomeric structure is always accompanied by an improvement in the antidetonation properties of alkanes. However, for isomeric alkanes, the above dependence persists as the number of carbon atoms in the straight chain increases and the detonation resistance of the isoalkane hydrocarbon molecule decreases. Increasing the degree of branching of the molecule, compact and symmetrical arrangement of methyl groups, and bringing them closer to the center of the molecule contribute to increasing the detonation resistance of isoalkanic hydrocarbons. The table shows the octane numbers of some hydrocarbons.

Table 1.

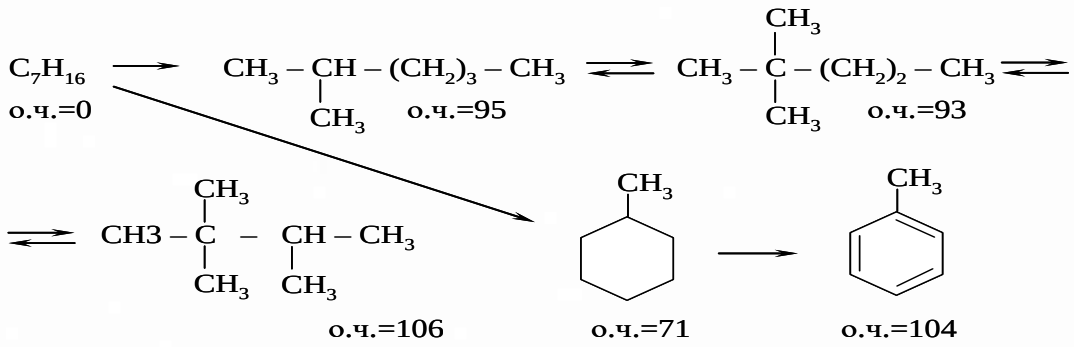
Oxane number of hydrocarbons.

Hydrocarbons	Octane number (MM).
н– heptane	0
2,2,3 – trimethylbutane	106
2,2– dimethylpentane	93
2,3– dimethylpentane	89
2,4– dimethylpentane	82
3,3– dimethylpentane	84

ISSN 3030-3907

2,2,4– trimethylbutane	100
2– methylhexane	95
3– methylhexane	65
cyclocexane	77
methylcyclohexane	71
methylcyclohexane	73
ethylcyclopentane	59
benzene	108
toluene	104

The aromatization reaction of paraffins, discovered by scientists B.A. Kazansky and A.F. Plat, B.A. Moldavskiy, G.D. Kolusher, and others simultaneously and independently in three laboratories, is a major event in petrochemistry and oil refining. According to this reaction, based on normal and iso-structured alkanes, various hydrocarbons can be obtained, the octane number of which is sharply different from the initial one, for example:



The process of aromatization of alkanes has now found wide application in oil refining. (reforming, platforming, isomerization, etc.)

Ethylene hydrocarbons have higher anti-knock properties than normal alkanes with the same number of hydrocarbon atoms. The influence of the structure of ethylene hydrocarbons on their detonation resistance follows approximately the same patterns as in alkanes. The detonation resistance of ethylene hydrocarbons increases as the chain length decreases, the degree of branching increases, and the compactness of the molecule increases.

The best anti-knock properties are possessed by ethyl hydrocarbons, in which the double bond is located closer to the center of the carbon chain.

Among alkadienes, double hydrocarbons with conjugate arrangement have higher detonation resistance.

The detonation resistance of naphthenic hydrocarbons is higher than that of normal hydrocarbons, but lower than that of aromatic hydrocarbons with the same number of carbon atoms in the molecule (table). The decrease in detonation

ISSN 3030-3907

resistance of five- and six-membered naphthenic hydrocarbons does not differ significantly. However, the carbohydrates in the molecule differ significantly.

Aromatic hydrocarbons have high detonation stability. Unlike other classes of hydrocarbons, with an increase in the number of carbon atoms, the molecule does not decrease; a decrease in the length of the side chain and an increase in branching improve the detonation resistance of aromatic hydrocarbons.

The appearance of double bonds in the side chains and the symmetrical arrangement of alkyl groups also lead to a similar effect.

Practical aspects of selecting octane-enhancing additives

When selecting additives for commercial gasoline, it is not enough to consider only the numerical increase in the octane rating. The additive must also be compatible with the hydrocarbon composition of the base gasoline, with the operating conditions of the engine, and with environmental and technical requirements. In practice, refinery technologists evaluate the fractional composition, content of aromatic and olefinic hydrocarbons, vapor pressure, sulfur content, gum formation tendency, and oxidation stability. These parameters determine whether the additive will improve fuel quality without creating secondary problems such as deposits, corrosion, increased exhaust toxicity, or instability during storage.

Octane-enhancing components can be conditionally divided into oxygen-containing compounds, aromatic components, organometallic compounds, and multifunctional additive packages. Oxygen-containing compounds, including alcohols and ethers, usually increase the octane number because oxygen in the molecule promotes more complete combustion and changes the rate of flame propagation. However, their use requires control of water solubility, phase stability, volatility, and material compatibility. For example, fuels containing alcohols may absorb moisture from the atmosphere, and this may cause phase separation under unfavorable storage conditions. Therefore, the selection of such components must be accompanied by laboratory tests that simulate transportation and storage.

Aromatic hydrocarbons have high octane numbers, and for this reason they are important components of high-octane gasoline fractions. At the same time, excessive aromatics content is undesirable because it can increase soot formation, deposit accumulation in the combustion chamber, and the concentration of toxic compounds in exhaust gases. Thus, the technological task is not simply to increase the amount of aromatic hydrocarbons, but to find a balanced composition in which detonation resistance, engine cleanliness, fuel economy, and environmental indicators are maintained within acceptable limits. In this regard, catalytic

ISSN 3030-3907

reforming remains one of the main industrial methods for obtaining high-octane components, but the final fuel formulation requires careful blending.

Organometallic antiknock additives historically played an important role in increasing gasoline octane number. Tetraethyl lead was especially effective, but its high toxicity and negative influence on exhaust gas treatment systems led to severe restrictions and a gradual transition to lead-free gasoline. Modern practice therefore gives preference to less hazardous octane improvers and to technological processes that increase octane number through changes in hydrocarbon structure. This trend is important because the quality of motor fuel is now assessed not only by engine performance, but also by its influence on human health, urban air quality, and the service life of catalytic converters and oxygen sensors.

The effectiveness of any additive is usually evaluated through comparative tests. First, the octane number of the base gasoline is determined by standard research and motor methods. Then several trial blends are prepared with different concentrations of the additive. Each blend is analyzed for octane number, density, fractional composition, vapor pressure, corrosion effect on copper plate, gum content, sulfur content, and oxidation stability. If the additive provides a high octane response but worsens storage stability or increases corrosion activity, its practical value becomes limited. Therefore, the best additive is not necessarily the strongest one, but the one that provides a stable and economically justified improvement of the whole fuel quality system.

Economic and technological efficiency of additive use

From an economic point of view, additives are used when the increase in fuel quality compensates for the cost of the additive and the technological operations connected with its dosing, mixing, quality control, and storage. In refinery conditions, the decision is usually based on the comparison of several alternatives: deeper catalytic reforming, isomerization of light fractions, use of high-octane blending components, or direct introduction of an additive. Chemical processing methods may require large capital investments and energy costs, but they provide stable high-quality components. Additives, in contrast, may give a faster result and allow flexible correction of fuel properties, especially when the quality of the available gasoline pool changes during production.

The technological efficiency of additives is also connected with their dosage accuracy. Small deviations in concentration can lead either to insufficient octane improvement or to unnecessary cost increases. For this reason, modern blending systems use controlled dosing equipment, automatic mixers, and laboratory feedback. After blending, the finished gasoline must be homogenized, because uneven distribution of the additive may cause differences in quality

ISSN 3030-3907

between separate batches. In addition, safety rules must be strictly observed during storage and handling, since many additives are flammable, volatile, or chemically active substances.

A separate issue is the interaction between additives and engine fuel systems. Fuel injectors, filters, pumps, seals, and combustion chamber surfaces are sensitive to fuel composition. Some additives may improve cleanliness by reducing deposits, while others may increase the formation of insoluble products during long-term storage. Therefore, multifunctional additive packages are widely used. They may include detergent, antioxidant, anticorrosion, demulsifying, and anti-icing components. Such packages do not only increase detonation resistance, but also support stable fuel operation in different seasonal and climatic conditions.

For the conditions of Uzbekistan, including regions with hot summers and significant temperature differences during transportation and storage, the stability of gasoline blends is especially important. High ambient temperature can increase evaporation losses and change vapor pressure characteristics. Therefore, additives and blending components must be selected with regard to climatic factors, storage tank conditions, and the expected duration of fuel storage. A properly selected additive package helps preserve octane properties, prevents gum formation, reduces corrosion risk, and ensures more reliable engine operation in real exploitation conditions.

Recommendations for improving fuel quality control

To improve the reliability of high-octane gasoline production, it is advisable to introduce a systematic quality-control algorithm. At the first stage, the composition and properties of the base gasoline fraction are determined. At the second stage, possible additives are selected according to their octane response, compatibility, availability, environmental acceptability, and cost. At the third stage, experimental blends are prepared and tested under laboratory conditions. At the fourth stage, the most effective composition is checked during pilot blending and storage. Only after these stages can the additive be recommended for regular production use.

In addition, fuel quality monitoring should not be limited to the determination of octane number alone. The final gasoline must meet a complex set of indicators that characterize combustion quality, volatility, stability, safety, and ecological influence. Such an integrated approach allows refineries and fuel suppliers to reduce technological risks, increase product competitiveness, and provide consumers with gasoline that ensures efficient and reliable engine operation. Thus, the scientific and practical selection of octane-enhancing additives is an important direction in modern oil refining and petrochemical technology.

ISSN 3030-3907

LITERATURE

1. Fozilov S.F., Saydakhmedov Sh.M., Hamidov B.N., Mavlonov B.A. Oil and Gas.
2. chemistry Tashkent - "Author" - 2013
3. B.V. Belyanin, V.N. Erich, Technical Analysis of Petroleum Products and Gas. 2000.
4. "Chemistry" 217 p.
5. Ivanova L.V., Korneev M.I., Yuzbashev V.N. Oil Refining Technology
6. and gas. - M.: Chemistry, 1999.
7. Tumanyan B.P. Practice of work on oil technology (Maly)
8. Laboratory practicum) Moscow 2006.
9. Ivanova L.V., Korneev M.I., Yuzbashev V.N. Oil Refining Technology and
10. gas. Moscow: Khimiya, 2008.
11. Tumanyan B.P. Practice of work on oil technology (Maly)
12. Laboratory practicum) Moscow 2006.
13. 7.Askarov M., Oyxodjayev B., Alovitdinov A. Polymer Chemistry.
14. Tashkent, "O‘qituvchi," 2005.
15. Lebedev N.N. Chemistry and Technology of Basic Organic and
16. Petrochemical Synthesis: 4th ed. - M.: Chemistry, 2010.

ISSN 3030-3907

AVTOMOBIL YOQILG‘I QUYISH SHAHOBCHALARIDA YOQILG‘I BAKLARIDA HOSIL BO‘LADIGAN CHO‘KMALAR TARKIBINI FIZIK-KIMYOVIY TAHLIL QILISH

Ahadov M.Sh.
Navoiy davlat universiteti Kimyo kafedrasi professori v.b., p.f.d., DsC
Xalilova L.M.
Navoiy davlat universiteti Kimyo kafedrasi dotsenti, k.f.f.d., PhD

Annotatsiya. Mazkur maqolada avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalaridagi yoqilg‘i baklarida uzoq muddat davomida hosil bo‘ladigan cho‘kmalar tarkibi fizik-kimyoviy usullar asosida tahlil qilindi. Tadqiqot davomida cho‘kmalarning hosil bo‘lish omillari, ularning kimyoviy tarkibi hamda yoqilg‘i sifati va texnik jihozlar faoliyatiga ta’siri o‘rganildi. Cho‘kma tarkibida mexanik aralashmalar, korroziya mahsulotlari, organik birikmalar, suv qoldiqlari va neft mahsulotlarining oksidlanishidan hosil bo‘lgan moddalarning mavjudligi aniqlandi. Fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida cho‘kmalarning tarkibiy xususiyatlari baholanib, ularni kamaytirish va yoqilg‘i saqlash tizimlarining samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari avtomobil yoqilg‘i saqlash tizimlarining ekologik va texnik xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: yoqilg‘i baklari, cho‘kma, fizik-kimyoviy tahlil, neft mahsulotlari, korroziya, mexanik aralashmalar, oksidlanish jarayoni, yoqilg‘i sifati, avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalari, organik birikmalar.

Аннотация. В данной статье проведён физико-химический анализ осадков, образующихся в топливных резервуарах автомобильных автозаправочных станций в процессе длительной эксплуатации. В ходе исследования изучены факторы образования осадков, их химический состав, а также влияние на качество топлива и работу технического оборудования. Установлено, что в составе осадков присутствуют механические примеси, продукты коррозии, органические соединения, остатки воды и вещества, образующиеся в результате окисления нефтепродуктов. С помощью физико-химических методов анализа оценены структурные особенности осадков и разработаны рекомендации по снижению их образования и повышению эффективности систем хранения топлива. Результаты исследования имеют важное значение для обеспечения экологической и технической безопасности систем хранения автомобильного топлива.

Ключевые слова: топливные резервуары, осадок, физико-химический анализ, нефтепродукты, коррозия, механические примеси, процесс окисления, качество топлива, автозаправочные станции, органические соединения.

Annotation. This article presents a physicochemical analysis of sediments formed in fuel storage tanks at automobile fueling stations during long-term operation. The study investigated the factors contributing to sediment formation, their chemical composition, and their impact on fuel quality and equipment performance. The results revealed that the sediments contain mechanical impurities, corrosion products, organic compounds, water residues, and substances formed as a result of petroleum product oxidation. Using physicochemical analytical methods, the structural and compositional characteristics of the sediments were evaluated, and recommendations were developed to reduce sediment formation and improve the efficiency of fuel storage systems. The findings of the study are important for ensuring the environmental and technical safety of automotive fuel storage systems.

Keywords: fuel tanks, sediment, physicochemical analysis, petroleum products, corrosion, mechanical impurities, oxidation process, fuel quality, automobile fueling stations, organic compounds.

KIRISH.

Hozirgi kunda avtomobil transporti tizimining jadal rivojlanishi yoqilg‘i mahsulotlariga bo‘lgan talabning ortishiga sabab bo‘lmoqda. Shu bilan birga, avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalarida (AYQSh) neft mahsulotlarini saqlash, tashish va iste’molchiga yetkazib berish jarayonlarida qator texnologik muammolar yuzaga kelmoqda. Ana shunday muammolardan biri yoqilg‘i saqlash baklarida turli xil cho‘kmalar hosil bo‘lishidir. Ushbu cho‘kmalar vaqt o‘tishi bilan rezervuar tubida yig‘ilib, yoqilg‘ining sifat ko‘rsatkichlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi, texnologik jihozlarning ishlash samaradorligini kamaytiradi hamda korroziya jarayonlarini tezlashtiradi [1].

Yoqilg‘i baklarida hosil bo‘ladigan cho‘kmalar tarkibi murakkab bo‘lib, ular tarkibida mexanik aralashmalar, suv, oksidlanish mahsulotlari, smolali birikmalar, parafin moddalar va mikroorganizmlar faoliyati natijasida hosil bo‘ladigan elementlar uchrashi mumkin. Bunday cho‘kmalarning paydo bo‘lishiga yoqilg‘ining uzoq muddat saqlanishi, harorat o‘zgarishlari, rezervuarlarning texnik holati hamda tashqi muhit omillari sabab bo‘ladi. Natijada yoqilg‘ining fizik-kimyoviy xossalari o‘zgarib, iste’molchilar uchun yetkazib berilayotgan mahsulot sifati pasayadi [2].

Bugungi kunda yoqilg‘i mahsulotlari sifatini nazorat qilish, saqlash jarayonidagi yo‘qotishlarni kamaytirish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlash masalalari dolzarb hisoblanadi [3;4]. Shu sababli AYoQSh yoqilg‘i baklarida hosil bo‘ladigan cho‘kmalarning tarkibini chuqur fizik-kimyoviy tahlil qilish, ularning hosil bo‘lish mexanizmlarini o‘rganish va samarali tozalash hamda qayta ishlash usullarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqot ishining maqsadi avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalari yoqilg‘i baklarida hosil bo‘ladigan cho‘kmalarning tarkibini fizik-kimyoviy jihatdan tahlil qilish, ularning asosiy xususiyatlarini aniqlash hamda cho‘kmalarning yoqilg‘i sifati va ekspluatatsion jarayonlarga ta’sirini baholashdan iborat.

Tadqiqot davomida laboratoriya tahlillari, fizik-kimyoviy tekshiruv usullari hamda cho‘kmalarning tarkibiy ko‘rsatkichlarini aniqlash metodlaridan foydalaniladi. Mazkur tadqiqot natijalari yoqilg‘i mahsulotlarini saqlash tizimlarini takomillashtirish, texnologik xavfsizlikni oshirish, ekologik salbiy ta’sirlarni kamaytirish va yoqilg‘i sifatini barqaror saqlashda muhim amaliy ahamiyatga ega bo‘lishi kutilmoqda.

Avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalarida saqlanayotgan benzin va dizel yoqilg‘ilarida vaqt o‘tishi bilan turli fizik va kimyoviy jarayonlar natijasida cho‘kmalar hosil bo‘ladi [5]. Ushbu cho‘kmalar yoqilg‘ining oksidlanishi, mexanik aralashmalar yig‘ilishi, suv va mikroorganizmlar ta’siri natijasida shakllanadi. Cho‘kmalar tarkibida asosan smolali moddalar, parafinlar, metall zarrachalari, chang va suv qoldiqlari uchraydi.

Cho‘kmalarning hosil bo‘lishi rezervuarlarning ekspluatatsiya muddati, harorat o‘zgarishi, yoqilg‘ining saqlanish davomiyligi va tashqi muhit omillariga bog‘liq.

1-jadval

Yoqilg‘i baklaridan olingan cho‘kmalarning fizik tarkibi

№	Tarkibiy komponentlar	Miqdori (%)
1	Mexanik aralashmalar	28
2	Smolali moddalar	24
3	Suv qoldiqlari	18
4	Parafin birikmalari	15
5	Metall zarrachalari	9
6	Organik mikroqoldiqlar	6

Jadval natijalariga ko‘ra, cho‘kmalarning asosiy qismini mexanik aralashmalar va smolali moddalar tashkil qilishi aniqlandi. Bu esa rezervuarlarda uzoq muddat davomida tozalash ishlari olib borilmaganda cho‘kmalar miqdori ortishini ko‘rsatadi.

Cho‘kma tarkibi ICP (inductive connecting plazma) tahlili orqali tahlil qilindi. Natijalar quyidagi jadvalga keltirildi.

ISSN 3030-3907

2-jadval

Cho‘kmalarning kimyoviy elementlar bo‘yicha tarkibi

№	Kimyoviy element	Miqdori (mg/kg)
1	Temir (Fe)	315
2	Kalsiy (Ca)	148
3	Oltingugurt (S)	120
4	Kremniy (Si)	97
5	Alyuminiy (Al)	64
6	Mis (Cu)	21

Kimyoviy tahlil natijalarida temir elementining yuqori miqdorda uchrashi rezervuarlardagi korroziya jarayonlari bilan bog‘liq ekanligi aniqlandi. Oltingugurt birikmalarining mavjudligi esa yoqilg‘ining oksidlanish jarayonlari bilan izohlanadi.

3-jadval

Harorat o‘zgarishining cho‘kma miqdoriga ta’siri

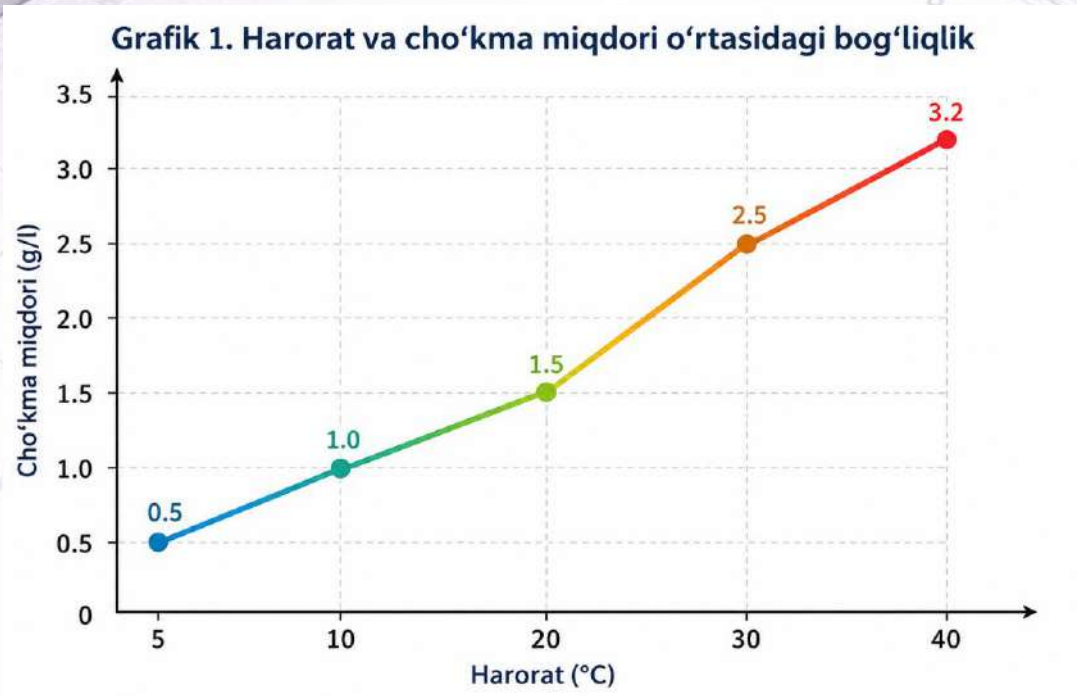
Harorat (°C)	Cho‘kma miqdori (g/l)
5	0,8
10	1,1
20	1,7
30	2,4
40	3,2

Ushbu natijalarga asoslangan grafikda harorat oshishi bilan cho‘kma miqdori ham ortib borishi kuzatiladi. Ayniqsa 30–40°C oralig‘ida cho‘kma hosil bo‘lish tezligi sezilarli darajada oshgan. Haroratning yuqori bo‘lishi yoqilg‘ining oksidlanish tezligini oshiradi va natijada smolali hamda parafinli cho‘kmalar ko‘proq hosil bo‘ladi.

O‘tkazilgan fizik-kimyoviy tahlillar natijasida avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalaridagi yoqilg‘i baklarida hosil bo‘ladigan cho‘kmalar murakkab tarkibga ega ekanligi aniqlandi. Cho‘kmalar tarkibida mexanik aralashmalar, smolali moddalar va korroziya mahsulotlari asosiy ulushni tashkil qilishi kuzatildi.

Haroratning ortishi cho‘kma hosil bo‘lish jarayonini jadallashtirishi, rezervuarlarning uzoq muddat tozalanmasligi esa yoqilg‘i sifatining pasayishiga olib kelishi isbotlandi. Tadqiqot natijalari asosida rezervuarlarni muntazam monitoring qilish va kompleks tozalash usullaridan foydalanish maqsadga muvofiq ekanligi aniqlandi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Harorat va cho‘kma o‘rtasidagi bog`liqlik

Grafik natijalariga ko‘ra, harorat oshishi bilan yoqilg‘i baklarida hosil bo‘ladigan cho‘kma miqdori ham ortib borishi kuzatildi. Ayniqsa 20°C dan yuqori haroratlarda cho‘kma hosil bo‘lish jarayoni tezlashgani aniqlandi. Bu holat yuqori harorat ta’sirida yoqilg‘ining oksidlanishi va smolali moddalar hosil bo‘lishi kuchayishi bilan izohlanadi. Demak, yoqilg‘ini past va barqaror haroratda saqlash cho‘kma hosil bo‘lishini kamaytirishga yordam beradi.

Mazkur tadqiqot ishida avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalaridagi yoqilg‘i baklarida hosil bo‘ladigan cho‘kmalarning fizik-kimyoviy tarkibi o‘rganildi hamda ularning yoqilg‘i sifati va texnologik jarayonlarga ta’siri tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, rezervuarlarda hosil bo‘ladigan cho‘kmalar tarkibi murakkab bo‘lib, asosan mexanik aralashmalar, smolali moddalar, parafin birikmalari, suv qoldiqlari va metall zarrachalaridan tashkil topgan.

Fizik tahlillar natijasida cho‘kmalar miqdori yoqilg‘ining saqlanish muddati va harorat o‘zgarishiga bevosita bog‘liq ekanligi aniqlandi. Haroratning oshishi yoqilg‘ining oksidlanish jarayonini tezlashtirib, cho‘kma hosil bo‘lish intensivligini orttirishi kuzatildi. Kimyoviy tahlillar davomida esa temir va oltingugurt birikmalarining yuqori miqdorda uchrashi rezervuarlarda korroziya va oksidlanish jarayonlari mavjudligini ko‘rsatdi.

Tadqiqot davomida cho‘kmalarning yoqilg‘i sifatiga salbiy ta’siri ham aniqlandi. Xususan, cho‘kmalar yoqilg‘ining qovushqoqligi va zichligini oshirishi, yonish samaradorligini kamaytirishi hamda filtr va texnologik jihozlarning ishlashiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi kuzatildi. Bu esa avtomobil

ISSN 3030-3907

dvigatellarining texnik holatiga va ekspluatatsion samaradorligiga salbiy ta’sir qilishi mumkin.

Rezervuarlarni tozalash usullari bo‘yicha olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, mexanik va kimyoviy usullarni birgalikda qo‘llash eng yuqori samaradorlikka ega hisoblanadi. Kompleks tozalash usullari yordamida cho‘kmalarning asosiy qismini bartaraf etish mumkinligi isbotlandi.

Olingan natijalar asosida avtomobil yoqilg‘i quyish shahobchalarida rezervuarlarni muntazam nazorat qilish, profilaktik tozalash ishlarini olib borish hamda yoqilg‘i saqlash sharoitlarini optimallashtirish muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi.

Ushbu tadqiqot natijalari yoqilg‘i mahsulotlari sifatini saqlash, ekologik xavfsizlikni oshirish va texnologik uskunalarning xizmat muddatini uzaytirishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. R.X. Alimuhamedov, A.S. Qodirov Neft mahsulotlarini saqlash va tashish texnologiyasi// o‘quv qo‘llanma – Toshkent: O‘qituvchi, 2020. – 256 b.
2. Sh.T. To‘xtayev, M.M. Karimov. Neft va gaz kimyosi / Sh.T. To‘xtayev, M.M. Karimov// darslik – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. – 312 b.
3. American Petroleum Institute. API Recommended Practice 1637: Using the API Color-Symbol System to Mark Equipment and Vehicles for Product Identification at Service Stations and Distribution Terminals. – Washington, 2021.
4. ASTM International. ASTM D2709 – Standard Test Method for Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge. – Pennsylvania, 2022.
5. B.A. Sultonov, Q.K. Ergashev Yoqilg‘i-moylash materiallari fizik-kimyoviy xossalari// o‘quv qo‘llanma – Samarqand: Zarafshon, 2021. – 198 b.

ISSN 3030-3907

SALOMALAYKUM (CYPERUS ROTUNDUS L.) O‘SIMLIGI TARKIBIDAGI AMINOKISLOTALAR MIQDORINI TAHLILI

Qodirova Gulchexraxon Yuldashevna
University of Business and Science Umumiy va noorganik kimyo fanlari dotsenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada *Salomalaykum (Cyperus rotundus* L.*)* o‘simligi tarkibidagi erkin aminokislotalarning miqdoriy tarkibi o‘rganildi. Erkin aminokislotalarni ajratib olishda suvli ekstraktdagi oqsillar va peptidlar 20 % li trixlorsirka kislotasi (TXSK) yordamida cho‘ktirildi. Olingan cho‘kma sentrifugalash yo‘li bilan ajratilib, ustki suyuqlik liofil quritildi. Aminokislotalar Steven A. va Cohen Daviel usuli asosida feniltiyoizotsianat bilan reaksiyaga kiritilib, feniltiyokarbamil hosilalariga aylantirildi. Aminokislotalarning identifikatsiyasi va miqdoriy tahlili yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) usuli yordamida amalga oshirildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘simlik tarkibida jami 20 ta aminokislota aniqlanib, ularning umumiy miqdori 32,079 mg/g ni tashkil etdi. Eng yuqori miqdor serin, prolin, asparagin va alanin aminokislotalariga to‘g‘ri kelishi aniqlandi. Olingan natijalar *Cyperus rotundus* L. o‘simligining biologik faolligini va oziqaviy ahamiyatini baholashda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Cyperus rotundus L., salomalaykum, aminokislotalar, YuSSX, feniltiyokarbamil hosilalar, miqdoriy tahlil.

Аннотация. В данной статье приведены результаты количественного анализа свободных аминокислот в растении *Salomalaykum (Cyperus rotundus* L.*)*. Выделение свободных аминокислот осуществляли путем осаждения белков и пептидов водного экстракта 20 % раствором трихлоруксусной кислоты. Полученный осадок отделяли центрифугированием, а надосадочную жидкость подвергали лиофильной сушке. Аминокислоты переводили в фенилтиокарбамильные производные по методу Steven A. и Cohen Daviel с использованием фенилизотиоцианата. Идентификацию и количественное определение аминокислот проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). В результате исследования идентифицировано 20 аминокислот с общей концентрацией 32,079 мг/г. Установлено, что наибольшее содержание приходится на серин, пролин, аспарагиновую кислоту и аланин. Полученные данные подтверждают перспективность *Cyperus rotundus* L. как источника биологически активных соединений.

Ключевые слова: *Cyperus rotundus* L., саломалайкум, аминокислоты, ВЭЖХ, фенилтиокарбамильные производные, количественный анализ.

Abstract. This article presents the results of a quantitative analysis of free amino acids in *Salomalaykum (Cyperus rotundus* L.*)*. Free amino acids were isolated by precipitating proteins and peptides from the aqueous extract using 20% trichloroacetic acid. The resulting precipitate was separated by centrifugation, and the supernatant was lyophilized. Amino acids were derivatized to phenylthiocarbamyl (PTC) derivatives according to the method of Steven A. and Cohen Daviel using phenylisothiocyanate. Identification and quantification of amino acids were performed by high-performance liquid chromatography (HPLC). As a result, 20 amino acids were identified with a total content of 32.079 mg/g. The highest concentrations were observed for serine, proline, aspartic acid, and alanine. The obtained results indicate the nutritional and biological potential of *Cyperus rotundus* L. as a valuable natural source of amino acids.

Keywords: *Cyperus rotundus* L., Salomalaykum, amino acids, HPLC, phenylthiocarbamyl derivatives, quantitative analysis.

KIRISH.

So‘nggi yillarda dorivor va yovvoyi o‘simliklarning kimyoviy tarkibini chuqur o‘rganish, ayniqsa biologik faol moddalar — aminokislotalar, oqsillar, fenolik birikmalar va boshqa metabolitlarning miqdoriy va sifat tarkibini aniqlashga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda. Bunday tadqiqotlar o‘simliklarning oziqaviy, farmakologik va funksional xossalarini baholashda muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Aminokislotalar tirik organizmlar hayot faoliyatida muhim rol o‘ynaydigan asosiy biologik faol birikmalar bo‘lib, ular oqsil sintezi, metabolik jarayonlar, fermentativ reaksiyalar va hujayra tuzilmasini shakllantirishda bevosita ishtirok etadi. O‘simlik xomashyosi tarkibidagi erkin aminokislotalarning miqdoriy tarkibini aniqlash ularning biologik qiymatini baholash, oziq-ovqat, farmatsevtika va tovarlar kimyosi sohalarida samarali foydalanish imkoniyatlarini belgilashga xizmat qiladi.

Salomalaykum (C. rotundus L.*)* o‘simligi dunyoning ko‘plab mintaqalarida keng tarqalgan bo‘lib, xalq tabobatida yallig‘lanishga qarshi, spazmolitik, og‘riq qoldiruvchi va umumiy mustahkamlovchi vosita sifatida qadimdan qo‘llanib kelinadi. Shunga qaramay, ushbu o‘simlik tarkibidagi erkin aminokislotalarning miqdoriy tarkibi va ularning o‘zaro nisbatlari yetarli darajada tizimli o‘rganilmagan.

Zamonaviy analitik usullar, xususan yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX), o‘simlik tarkibidagi aminokislotalarni yuqori aniqlik va sezgirlik bilan aniqlash imkonini beradi. Feniltiyoizotsianat bilan hosil qilinadigan feniltiyokarbamil hosilalari aminokislotalarni aniqlashda keng qo‘llaniladigan ishonchli usullardan biri hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi *C. rotundus* L. o‘simligi tarkibidagi erkin aminokislotalarning miqdoriy tarkibini YuSSX usuli yordamida aniqlash hamda olingan natijalar asosida ushbu o‘simlikning biologik va oziqaviy ahamiyatini baholashdan iboratdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA.



1-rasm. Cyperus rotundus L. o‘simligi

Salomalaykum (*Cyperus rotundus* L.) — hiloldoshlarga mansub ildizpoyali ko‘p yillik begona o‘t. Poyasi ingichka, uch qirrali, yalang‘och, bo‘yi 15-50sm. Barglari yassi, kulrang, eni 5 mm gacha Gullari soyabonsimon, to‘pgulga yig‘ilgan. Mevasi uch qirrali yong‘oqcha (uz. 1,5—1,8mm). Ildizpoyalaridan ko‘plab tuganakli novdalar chiqadi. O‘simlik urug‘idan va ingichka ildizpoyalaridan ko‘payadi. Yosh o‘simlikning poya asosida birlamchi ildizpoya rivojlanadi, ildizpoya uchida esa tuganak hosil bo‘ladi, undan yangi ildizpoyalar yon atrofga yoyilib ketadi va ularda tuganaklar hosil bo‘ladi. Bulardan yangi novdalar o‘sib chiqadi. Har bir o‘simlik tuproq sharoitiga qarab yon, qo‘shimcha ildizpoyalar hosil qiladi, ulardan ham yer ustiga yangi poyalar o‘sib chiqadi. Iddizpoyasi kraxmalga boy, tarkibida 0,5— 1% gacha efir moylari bor. Iddizpoyasidan tayyorlangan damlama xalq tabobatida terlatuvchi va siydik haydovchi dori sifatida ishlatiladi. O‘zbekistonning barcha sug‘oriladigan hududlarida sabzavot va boshqa ekinlari orasida begona o‘t sifatida ko‘p uchraydi (1-rasm).

Aminokislotalar tirik organizmlarda oqsil sintezi, hujayra metabolizmi va fiziologik jarayonlarning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. O‘simlik xomashyosi tarkibidagi erkin aminokislotalarning sifat va miqdoriy tarkibini aniqlash ularning biologik va oziqaviy qiymatini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi [1,2]. Ilmiy adabiyotlarda o‘simliklarda uchraydigan aminokislotalar ularning farmakologik faolligi, antioksidant xususiyatlari va metabolik samaradorligi bilan uzviy bog‘liq ekanligi qayd etilgan [3].

Cyperus turkumiga mansub o‘simliklarning kimyoviy tarkibi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ularning tarkibida efir moylari, fenolik birikmalar, flavonoidlar, uglevodlar va aminokislotalar mavjudligini ko‘rsatadi [4]. Xususan, *C. rotundus L.* o‘simligi xalq tabobatida keng qo‘llanilishiga qaramay, uning erkin aminokislotalar tarkibi bo‘yicha tizimli va chuqur ilmiy tadqiqotlar soni cheklangan [6].

O‘simliklarda aminokislotalarni aniqlash uchun gaz xromatografiyasi, kapillyar elektroforez va yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) kabi zamonaviy analitik usullar keng qo‘llaniladi [7,8]. Ushbu usullar orasida

ISSN 3030-3907

YuSSX yuqori aniqlik, sezgirlik va takrorlanuvchanlik ko‘rsatkichlari bilan ajralib turadi hamda o‘simlik ekstraktlaridagi aminokislotalarni miqdoriy baholashda eng samarali usullardan biri hisoblanadi [1].

Steven A. va Cohen Daviel tomonidan taklif etilgan feniltiyoizotsianat yordamida aminokislotalarni feniltiyokarbamil hosilalariga aylantirish usuli YuSSX tahlilida keng qo‘llaniladigan klassik va ishonchli metodlardan biri sifatida tan olingan [1]. Shu bois, *C. rotundus L.* o‘simligi tarkibidagi erkin aminokislotalarni ushbu metod asosida tahlil qilish ilmiy jihatdan asoslangan va dolzarb hisoblanadi.

METODOLOGIYASI. Tadqiqot obyekti sifatida *Salomalaykum (C. rotundus L.)* o‘simligi tanlab olindi. O‘simlik xomashyosi quritilib, maydalanib, suvli ekstrakt tayyorlandi. Erkin aminokislotalarni ajratib olish uchun suvli ekstraktdagi oqsillar va peptidlar 20 % li trixlorsirka kislotasi (TXSK) yordamida cho‘ktirildi, bu usul biologik suyuqliklardan aminokislotalarni ajratishda keng qo‘llaniladigan klassik yondashuv hisoblanadi [2].

Buning uchun 1 ml tekshirilayotgan namunaga 1 ml 20 % li TXUK qo‘shilib, 10 daqiqa davomida saqlandi. Hosil bo‘lgan cho‘kma 8000 ayl/min tezlikda 15 daqiqa davomida sentrifugalash orqali ajratildi. Cho‘kma usti suyuqligi ajratilib, liofil quritish usuli yordamida quritildi, bu bosqich namuna tarkibini konsentratsiyalash va kislota qoldiqlarini kamaytirishga xizmat qiladi [7].

Olingan quruq qoldiq trietilamin–atsetonitril–suv (1:7:1) aralashmasida eritilib, quritildi. Kislota neytrallanishini to‘liq ta’minlash maqsadida ushbu jarayon ikki marta takrorlandi. Keyingi bosqichda aminokislotalar A.Steven va Cohen Daviel usuliga muvofiq feniltiyoizotsianat bilan reaksiyaga kiritilib, feniltiyokarbamil (FTK) hosilalariga aylantirildi [1].

Aminokislotalarning identifikatsiyasi va miqdoriy tahlili yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) usuli yordamida amalga oshirildi. Tahlillar Agilent Technologies 1200 rusumli xromatografda, diodli massiv detektori (DAD) bilan jihozlangan holda olib borildi. Xromatografik ajratish Discovery HS C18 kolonkasida amalga oshirildi. Harakatlanuvchi faza va gradient rejimi zamonaviy YuSSX metodik tavsiyalariga muvofiq tanlandi [7,8].

Olingan xromatografik natijalar standart aminokislotalar bilan solishtirilib, ularning miqdori mg/g hisobida aniqlandi. Ushbu metodologiya o‘simlik xomashyosidagi erkin aminokislotalarni aniqlash uchun ishonchli va takrorlanuvchan natijalar beradi [1,6].

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Salomalaykum (C. rotundus L.*)* o‘simligi tarkibidagi erkin aminokislotalarning miqdoriy tarkibini aniqlash maqsadida YuSSX usuli

ISSN 3030-3907

yordamida olib borilgan tadqiqotlar natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Olingan natijalarga ko‘ra, tadqiqot obyekti tarkibida jami 20 ta erkin aminokislota aniqlanib, ularning umumiy miqdori 32,079 mg/g ni tashkil etdi.

Aniqlangan aminokislotalar orasida miqdor jihatidan serin eng yuqori ulushga ega bo‘lib, uning miqdori 8,100 mg/g ni tashkil etdi. Serinning yuqori miqdorda aniqlanishi ushbu o‘simlikning metabolik faolligi va biologik ahamiyatini ko‘rsatadi, chunki serin oqsil sintezi, hujayra membranalari va fermentativ jarayonlarda muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, prolin aminokislotasining miqdori ham nisbatan yuqori bo‘lib, 5,603 mg/g ga tengligi aniqlandi. Prolin o‘simliklarda stressga chidamlilik va osmotik muvozanatni saqlashda muhim ahamiyatga ega bo‘lgan aminokislotalardan biri hisoblanadi.

Kislota guruhiga mansub asparagin va glutamin kislotalari mos ravishda 2,414 mg/g va 2,121 mg/g miqdorda aniqlanib, o‘simlikning azot almashinuvi jarayonlarida ushbu birikmalarning faol ishtirok etishini ko‘rsatadi. Alanin aminokislotasi ham sezilarli miqdorda (2,087 mg/g) aniqlanib, energiya almashinuvi va uglevodlar metabolizmi bilan bog‘liq jarayonlarda muhim rol o‘ynashi bilan izohlanadi.

Muhim biologik ahamiyatga ega bo‘lgan aromatik aminokislotalardan tirozin va triptofan mos ravishda 1,777 mg/g va 2,007 mg/g miqdorda aniqlangan. Triptofan miqdorining nisbatan yuqoriligi ushbu o‘simlikning farmakologik xususiyatlarini baholashda muhim ko‘rsatkich bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Fenilalaninning miqdori esa 0,400 mg/g ni tashkil etdi.

Essensial aminokislotalardan valin (1,258 mg/g), izoleysin (0,771 mg/g), leysin (0,745 mg/g), metionin (0,313 mg/g) va lizin (0,181 mg/g) aniqlanib, ularning umumiy ulushi o‘simlikning oziqaviy qiymatini belgilovchi muhim omillardan biri ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, valin va izoleysinning mavjudligi o‘simlik xomashyosini biologik faol qo‘shimchalar sifatida o‘rganish istiqbollarini ochib beradi.

Kam miqdorda aniqlangan aminokislotalar qatoriga sistein (0,087 mg/g), treonin (0,410 mg/g) va glitsin (0,483 mg/g) kiradi. Sisteinning past miqdorda bo‘lishi uning yuqori reaktivligi va oksidlanishga moyilligi bilan izohlanishi mumkin.

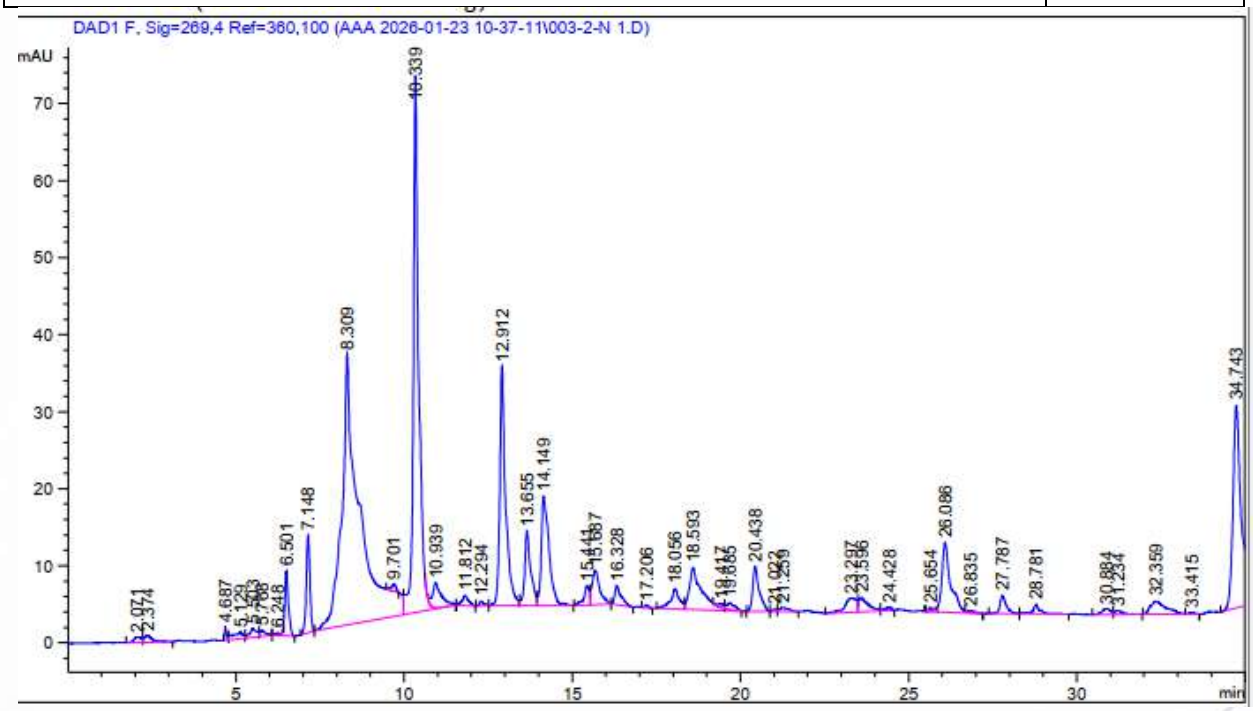
Umuman olganda, olingan natijalar *C. rotundus* L. o‘simligi tarkibida biologik va fiziologik jihatdan muhim bo‘lgan erkin aminokislotalar majmuasi mavjudligini ko‘rsatadi. Aminokislotalarning nisbiy miqdoriy tarkibi ushbu o‘simlikning biologik faolligi, oziqaviy qiymati va farmatsevtik potensialini baholash uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari kelgusida *C. rotundus* L. o‘simligini tabiiy biologik faol manba sifatida chuqurroq o‘rganish va amaliy qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Salomalaykum (*C. rotundus* L.) o‘simligi tarkibidagi aminokislotalar miqdori (mg/g).

№	Aminokislotalar nomi	miqdori mg/g	№	Aminokislotalar nomi	miqdori mg/g
1.	Аспарагиновая к-та	2.414	**11.**	Пролин	5.603
2.	Глутаминовая к-та	2.121	**12.**	Тирозин	1.777
3.	Серин	8.100	**13.**	Валин	1.258
4.	Глицин	0.483	**14.**	Метионин	0.313
5.	Аспарагин	0.499	**15.**	Гистидин	0.627
6.	Глутамин	0.274	**16.**	Изолейцин	0.771
7.	Цистеин	0.087	**17.**	Лейцин	0.745
8.	Треонин	0.410	**18.**	Триптофан	2.007
9.	Аргенин	1.921	**19.**	Фенилаланин	0.400
10.	Аланин	2.087	**20.**	Лизин	0.181
Jami:					**32.079**



1-rasm. *C. rotundus* L. o‘simligi tugunaklari tarkibini YuSSX si.

Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) yordamida olingan (1-rasm) xromatografik ma’lumotlar *Salomalaykum (C. rotundus* L.*)* o‘simligi tarkibidagi erkin aminokislotalarning feniltiyokarbamil (FTK) hosilalari samarali ajratilganligini ko‘rsatadi. Xromatogrammada 5,5 daqiqadan 39,6 daqiqagacha bo‘lgan oraliqda jami 40 dan ortiq piklar qayd etildi, bu esa o‘simlik tarkibidagi aminokislotalarning xilma-xilligini va murakkab matritsasini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

Ushlanib turish vaqti vaqti qiymatlarining keng oraliqda joylashuvi aminokislotalarning qutblilik darajasi, molekulyar tuzilishi va FTK-hosilalarning C_{18} statsionar faza bilan o‘zaro ta’siri bilan izohlanadi. Dastlabki qisqa ushlanib turish vaqtlarida (5,5–7,5 min) past molekulyar massali va yuqori qutbli aminokislotalarning cho‘qqilari kuzatildi. Ushbu cho‘qqilar kichik maydon ulushiga ega bo‘lib (Area % < 1,1 %), ularning o‘simlik tarkibida nisbatan kam miqdorda mavjudligini ko‘rsatadi.

Xromatogrammaning o‘rta qismida (8,0–20,0 min) yirik va aniq shakllangan cho‘qqilar kuzatildi. Ayniqsa, 8,309 minutda qayd etilgan cho‘qqi yuqori maydon qiymatiga (Area = 1276,43 mAU·s; Area % = 14,39 %) ega bo‘lib, bu komponent o‘simlik tarkibidagi asosiy aminokislotalardan biri ekanligini ko‘rsatadi. Shuningdek, 10,339 minutda aniqlangan cho‘qqi (Area % = 8,82 %) ham yuqori konsentratsiyaga ega bo‘lgan birikmalar qatoriga kiradi. Ushbu ushlanib turish vaqt oralig‘ida joylashgan cho‘qqilar ko‘pincha serin, alanin, prolin va kislota guruhiga mansub aminokislotalarning FTK-hosilalariga mos keladi, bu esa 1-jadvalda keltirilgan miqdoriy natijalar bilan mos tushadi.

Kechroq ushlanib turish vaqtlarida (34,0–37,0 min) kuzatilgan cho‘qqilar yuqori gidrofoblikka ega bo‘lgan aromatik va tarmoqlangan zanjirli aminokislotalarga xos bo‘lib, ularning maydon ulushi sezilarli darajada yuqori ekanligi aniqlandi. Xususan, 35,597 minutda qayd etilgan cho‘qqi umumiy maydonning 19,21 % ini tashkil etib, xromatogrammadagi eng intensiv cho‘qqilardan biri sifatida ajralib turadi. Shuningdek, 35,865 minut (12,40 %) va 36,082 minut (6,63 %) ushlanib turish vaqtlariga ega cho‘qqilar ham yuqori konsentratsiyaga ega komponentlar mavjudligini ko‘rsatadi. Bu cho‘qqilar triptofan, tirozin va fenilalanin kabi aromatik aminokislotalarning FTK-hosilalariga mos kelishi mumkin.

Xromatogrammada ayrim cho‘qqilarning nisbatan kichik kenglikka (Width < 0,15 min) va simmetrik shaklga ega bo‘lishi ajratish jarayonining yuqori samaradorligini hamda tanlangan gradient rejimining maqbulligini ko‘rsatadi. Ayrim cho‘qqilarning kengligi ortishi esa o‘simlik matritsasidagi komponentlarning qisman qoplanishi yoki izomer birikmalarning mavjudligi bilan izohlanishi mumkin.

Umumiy holda, YuSSX tahlili natijalari *C. rotundus* L. o‘simligi tarkibida aminokislotalarning murakkab va muvozanatlashgan majmuasi mavjudligini tasdiqlaydi. Cho‘qqilar intensivligi va maydon ulushlari asosida aniqlangan ustuvor komponentlar 1-jadvalda keltirilgan miqdoriy aminokislota tarkibi bilan o‘zaro mos keladi. Bu esa qo‘llanilgan metodikaning ishonchliligi va takrorlanuvchanligini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

Olingan xromatografik ma’lumotlar *C. rotundus* L. o‘simligining biologik faolligi va oziqaviy qiymatini ilmiy jihatdan asoslashga xizmat qiladi hamda ushbu o‘simlikni tabiiy biologik faol moddalar manbai sifatida yanada chuqur o‘rganish uchun mustahkam asos yaratadi.

XULOSA.

1. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) usuli yordamida *Salomalaykum (C. rotundus* L.*)* o‘simligi tugunaklari tarkibidagi erkin aminokislotalar samarali ajratildi va miqdoriy tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida jami 20 ta aminokislota aniqlanib, ularning umumiy miqdori 32,079 mg/g ni tashkil etdi.

2. O‘simlik tugunaklari tarkibida serin (8,100 mg/g) va prolin (5,603 mg/g) aminokislotalarining ustunligi aniqlanib, bu holat o‘simlikning metabolik faolligi va biologik moslashuvchanligini ko‘rsatadi. Shuningdek, asparagin va glutamin kislotalari ham sezilarli miqdorda aniqlanib, azot almashinuvi jarayonlarida muhim rol o‘ynashi tasdiqlandi.

3. YuSSX xromatogramma ma’lumotlari cho‘qqilarning aniq ajralishi va yuqori intensivligini ko‘rsatib, qo‘llanilgan feniltiyokarbamil hosilalari asosidagi metodikaning ishonchliligi va takrorlanuvchanligini tasdiqladi. Ushlanib turish vaqtlarining keng oraliqda joylashuvi aminokislotalarning tuzilaviy xilma-xilligini aks ettirdi.

4. Aromatik va essensial aminokislotalarning, xususan triptofan, tirozin, valin va izoleysinning aniqlanishi *C. rotundus* L. o‘simligi tugunaklarining oziqaviy va farmatsevtik ahamiyatga ega tabiiy manba ekanligini ko‘rsatadi.

5. Olingan natijalar *C. rotundus* L. o‘simligi tugunaklarini biologik faol moddalar manbai sifatida chuqur o‘rganish, shuningdek, oziq-ovqat, farmatsevtika va tovarlar kimyosi sohalarida amaliy qo‘llash istiqbollarini ilmiy jihatdan asoslaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Steven A., Cohen Daviel J. Amino acid analysis utilizing phenylisothiocyanate derivatives // *Analytical Biochemistry*. – 1988. – Vol. 17, No. 1. – P. 1–16.
2. Moore S., Stein W.H. Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment // *Methods in Enzymology*. – 1963. – Vol. 6. – P. 819–831.
3. Bardocz S., Grant G. Plant proteins and amino acids: chemistry and biological significance // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1996. – Vol. 70. – P. 321–329.
4. Dai J., Mumper R.J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties // *Molecules*. – 2010. – Vol. 15. – P. 7313–7352.

ISSN 3030-3907

5. Harborne J.B. Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis. – London: Chapman & Hall, 1998. – 302 p.
6. Sharma S.K., Singh A.P. Phytochemical and pharmacological profile of *Cyperus rotundus L.*: A review // *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2011. – Vol. 2, No. 11. – P. 2614–2623.
7. Snyder L.R., Kirkland J.J., Dolan J.W. Introduction to modern liquid chromatography. – 3rd ed. – New York: John Wiley & Sons, 2010. – 912 p.
8. Kazakevich Y., Lobrutto R. HPLC for pharmaceutical scientists. – Hoboken: Wiley-Interscience, 2007. – 536 p.

ISSN 3030-3907

ZAMONAVIY MODADA MILLIY LIBOSLAR TRANSFORMATSIYASI VA FAST FASHION JARAYONLARINING TA'SIRI

Mustanova Nafisa Xabibullayevna
Toshkent Xalqaro Kimyo Universiteti Samarqand filiali "Aniq fanlar" kafedrasi o'qituvchisi
E-mail: nafisamustanova77@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada globallashuv jarayonlari va "fast fashion" (tezkor moda) industriyasining milliy liboslar dizayniga ko'rsatayotgan ta'siri,qolaversa shu bilan birga, fast fashion sanoatining jadal rivojlanishi moda olamida ekologik va madaniy muammolarni yuzaga keltirishi, milliy liboslarning zamonaviy modadagi o'rni va fast fashion jarayonlarining ta'siri keng yoritiladi. Maqolada an'anaviy o'zbek liboslarining zamonaviy moda kontekstida transformatsiyalashuvi, etnik elementlarning kundalik kiyimlar bilan sintezi va ushbu jarayonning ijtimoiy-madaniy ahamiyati tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: Fast fashion, globallashuv, milliy liboslar, zamonaviy moda, ekologik, madaniy, transformatsiya, mato.

Аннотация: В данной статье рассматривается влияние процессов глобализации и индустрии «быстрой моды» на дизайн национальной одежды, а также тот факт, что стремительное развитие индустрии быстрой моды создает экологические и культурные проблемы в мире моды, роль национальной одежды в современной моде и влияние процессов быстрой моды. В статье анализируется трансформация традиционной узбекской одежды в контексте современной моды, синтез этнических элементов с повседневной одеждой и социокультурное значение этого процесса.

Ключевые слова: Быстрая мода, глобализация, национальная одежда, современная мода, экологическая, культурная, трансформация, ткань.

Abstract. This article discusses the impact of globalization processes and the "fast fashion" industry on the design of national clothing, as well as the fact that the rapid development of the fast fashion industry creates environmental and cultural problems in the fashion world, the role of national clothing in modern fashion and the impact of fast fashion processes. The article analyzes the transformation of traditional Uzbek clothing in the context of modern fashion, the synthesis of ethnic elements with everyday clothes, and the socio-cultural significance of this process.

Keywords: Fast fashion, globalization, national clothing, modern fashion, ecological, cultural, transformation, fabric.

KIRISH.

Bugungi globallashuv sharoitida moda jamiyat hayotining ajralmas qismiga aylangan bo'lib, u nafaqat tashqi ko'rinish, balki madaniyat va milliy o'zlikning

ISSN 3030-3907

ifodasi sifatida namoyon bo‘lmoqda.Zamonaviy modada milliy liboslar va an’anaviy naqshlardan foydalanish dizaynerlar uchun muhim ilhom manbai hisoblanadi. Shu bilan birga, fast fashion tizimining jadal rivojlanishi ekologik va madaniy muammolarni yuzaga keltirmoqda. Ushbu maqolada milliy liboslar transformatsiyasi, fast fashion ta’siri va barqaror moda masalalari keng yoritiladi.

Milliy liboslar har bir xalqning tarixiy xotirasi, madaniy merosi va estetik qarashlarini aks ettiruvchi muhim madaniy hodisa hisoblanadi. Ular asrlar davomida xalqning turmush tarzi, iqlim sharoiti, diniy e’tiqodlari hamda ijtimoiy munosabatlari ta’sirida shakllanib kelgan. Zamonaviy globallashuv jarayonida esa milliy liboslar o‘zining an’anaviy ko‘rinishini saqlagan holda yangi shakl va mazmun kasb etmoqda. Ushbu jarayon milliy liboslar transformatsiyasi deb ataladi.1-2-rasm



1-rasm



2-rasm

Milliy liboslar transformatsiyasining mohiyati — an’anaviy kiyim elementlarini zamonaviy moda talablariga moslashtirishdan iborat. Bunda liboslarning asosiy ramziy ma’nosi, naqshlari, ranglar uyg‘unligi va bezaklari saqlanadi, biroq fason, material va qo‘llanish sohasi jihatidan yangilanadi. Masalan, an’anaviy atlas va adras matolari kundalik liboslar, zamonaviy ko‘ylaklar, kostyumlar va aksessuarlarda keng qo‘llanilmoqda.

Milliy liboslar transformatsiyasining asosiy yo‘nalishlaridan biri — funksionallikdir. Zamonaviy inson hayot tarzi tezkorlik va qulaylikni talab qilganligi sababli, milliy liboslar elementlari yengil, qulay va kundalik kiyishga

ISSN 3030-3907

mos shaklda ishlab chiqilmoqda. Shu bilan birga, estetik jihatdan jozibadorlikni oshirish maqsadida zamonaviy dizayn usullari qo‘llanilmoqda.

Ikkinchi muhim yo‘nalish — milliylik va zamonaviylik uyg‘unligidir. Dizaynerlar an’anaviy kashtachilik, naqsh va ranglardan foydalanib, ularni minimalistik va zamonaviy fasonlar bilan birlashtirmoqda. Bu esa milliy liboslarning nafaqat mahalliy, balki xalqaro moda bozorida ham raqobatbardosh bo‘lishiga xizmat qilmoqda.O‘zbek milliy liboslari — atlas, adras, do‘ppi va kashtachilik san'ati bilan mashhur. So‘nggi yillarda ushbu elementlar zamonaviy kiyim dizayniga moslashtirilmoqda. Milliy liboslar kundalik kiyim, sahna liboslari va yuqori moda kolleksiyalarida qayta talqin qilinmoqda. Bu jarayon milliy madaniyatni saqlagan holda uni zamon talablari bilan uyg‘unlashtirishga xizmat qiladi.Shuningdek, milliy liboslar transformatsiyasida barqaror moda tamoyillari ham muhim o‘rin tutmoqda.

Fast fashion — bu zamonaviy moda industriyasida kiyim-kechaklarni tezkor ishlab chiqarish, arzon narxlarda sotish va qisqa muddatda yangilanib turuvchi kolleksiyalarni taqdim etishga asoslangan tizimdir. Ushbu tushuncha XX asr oxiri va XXI asr boshlarida ommalashib, global moda bozorida muhim o‘rin egalladi. Fast fashion kompaniyalari modadagi so‘nggi tendensiyalarni tezda ommaviy ishlab chiqarishga joriy etib, iste’molchilarga qisqa vaqt ichida yetkazib berishni maqsad qiladilar.

Fast fashion’ning moda industriyasiga asosiy ta’siri ishlab chiqarish jarayonlarining jadallashuvida namoyon bo‘ladi. Dizayn, tikuv va savdo jarayonlari o‘ta qisqa muddatda amalga oshiriladi. Natijada kiyimlar sifati pasayib, ularning xizmat muddati qisqaradi. Bu holat iste’molchilarda kiyimni tez-tez almashtirish odatini shakllantiradi va haddan tashqari iste’mol madaniyatining rivojlanishiga olib keladi.Fast fashion moda industriyasiga ijobiy ta’sir sifatida modaning ommalashuvi va keng qatlamlar uchun qulay narxlarni ta’minlashini ko‘rsatish mumkin. Biroq ushbu tizimning salbiy oqibatlari ancha jiddiydir. Xususan, atrof-muhitga yetkaziladigan zarar fast fashion’ning eng dolzarb muammolaridan biridir. Kiyim ishlab chiqarishda katta miqdorda suv, kimyoviy bo‘yoqlar va sun’iy materiallardan foydalanilishi ekologik muvozanatga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Zamonaviy globallashuv jarayonida moda industriyasi milliy chegaralardan chiqib, yagona global makonga aylangan. Biroq ushbu jarayon milliy madaniyat va an’anaviy dizayn elementlarining yo‘qolishiga emas, balki ularning global moda bilan uyg‘unlashuviga olib kelmoqda. Milliy va global modaning o‘zaro aloqasi zamonaviy dizayn jarayonlarida muhim tahlil obyekti sifatida namoyon bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Shu bilan birga, global moda ta’siri ostida milliy dizayn soddalashuvi yoki standartlashuvi xavfi ham mavjud. Ayniqsa, fast fashion tizimi doirasida milliy elementlar yuzaki va ramziy ma’nosini yo‘qotgan holda qo‘llanishi mumkin. Bu holat milliy madaniy qadriyatlarning chuqur mazmunini yo‘qotishiga olib kelishi ehtimoli bor.

Milliy va global modaning uyg‘unligini ta’minlashda barqaror moda tamoyillari muhim ahamiyat kasb etadi. Tabiiy matolar, qo‘l mehnati va mahalliy ishlab chiqarishni qo‘llab-quvvatlash orqali milliy moda global bozorda o‘z o‘rnini mustahkamlay oladi. Bunday yondashuv nafaqat estetik, balki ekologik va ijtimoiy jihatdan ham muhimdir

Zamonaviy moda industriyasida barqaror moda tushunchasi tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Barqaror moda — bu ekologik toza materiallardan foydalanish, ishlab chiqarish jarayonida tabiiy resurslarni tejash hamda ijtimoiy mas’uliyatni ta’minlashga qaratilgan moda yo‘nalishidir.

Barqaror moda — bu kiyim-kechak va moda mahsulotlarini ishlab chiqarish, tarqatish hamda iste’mol qilish jarayonida ekologik, iqtisodiy va ijtimoiy mas’uliyatni hisobga oladigan moda yo‘nalishidir. Ingliz tilida bu tushuncha “sustainable fashion” deb ataladi. Ushbu yondashuvning asosiy maqsadi atrof-muhitga zarar yetkazmaslik, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va inson mehnatini qadrlashdan iborat.

An’anaviy fast fashion tizimida kiyimlar tez va arzon ishlab chiqarilib, qisqa muddat foydalaniladi. Natijada katta hajmdagi chiqindilar, suv sarfi va ekologik ifloslanish yuzaga keladi. Barqaror moda esa buning aksicha, sifatli, uzoq muddat xizmat qiluvchi va ekologik xavfsiz mahsulotlar yaratishga intiladi.

Barqaror moda — bu nafaqat kiyim yaratish usuli, balki tabiatga, jamiyatga va inson mehnatiga hurmat bilan qarash falsafasidir. Kelajakda moda sanoatining rivojlanishi ekologik tozalikka, qayta ishlashga va mas’uliyatli iste’molga asoslanishi muhim hisoblanadi.

Ushbu yondashuv fast fashion’ning salbiy oqibatlariga muqobil sifatida shakllanmoqda va milliy qadriyatlarni saqlashda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.Milliy liboslar va an’anaviy kiyim madaniyati barqaror modaning asosiy tamoyillari bilan uyg‘unlikda rivojlanadi. An’anaviy kiyimlar, odatda, tabiiy matolardan tayyorlanadi, qo‘l mehnati asosida ishlab chiqariladi va uzoq muddat xizmat qilishga mo‘ljallanadi. Bu esa ularni ekologik jihatdan maqbul va iqtisodiy samarali mahsulotlarga aylantiradi. Shu jihatdan, milliy liboslar barqaror modaning amaliy namunasi sifatida qaralishi mumkin.Barqaror moda doirasida milliy qadriyatlarni saqlash, avvalo, an’anaviy hunarmandchilik turlarini qo‘llab-quvvatlash orqali amalga oshiriladi. Kashtachilik, to‘quvchilik va milliy naqsh san’ati kabi yo‘nalishlarning rivojlanishi nafaqat madaniy merosni asrab-

ISSN 3030-3907

avaylash, balki mahalliy aholining bandligini ta’minlashga ham xizmat qiladi. Bu jarayon ijtimoiy barqarorlikni mustahkamlovchi omil sifatida namoyon bo‘ladi.Shuningdek, barqaror moda milliy dizaynning global moda bozorida o‘ziga xosligini saqlab qolish imkonini beradi. Milliy elementlarga asoslangan barqaror kiyimlar ommaviy va tezkor ishlab chiqariladigan mahsulotlardan farqli ravishda o‘ziga xos estetik va madaniy qiymatga ega bo‘ladi. Bu esa iste’molchilarda ongli tanlov madaniyatini shakllantiradi.

Moda dizaynda milliy liboslar transformatsiyasi — bu faqat tashqi ko‘rinishdagi o‘zgarish emas, balki milliy madaniyatni saqlagan holda uni zamonaviy jamiyat ehtiyojlariga moslashtirish jarayonidir. Ushbu jarayon moda dizaynida madaniy merosni asrab-avaylash va rivojlantirishning muhim omili hisoblanadi.

Fast fashion zamonaviy moda industriyasining ajralmas qismi bo‘lsa-da, uning ekologik, ijtimoiy va madaniy salbiy ta'sirlarini inkor etib bo‘lmaydi. Shu sababli bugungi kunda barqaror moda, milliy dizayn va sifatga asoslangan ishlab chiqarish tizimlariga o‘tish masalasi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Milliy va global moda o‘rtasidagi uyg‘unlik zamonaviy moda industriyasining rivojlanishida muhim omil hisoblanadi. Milliy dizayn elementlarini global tendensiyalar bilan uyg‘unlashtirish orqali moda nafaqat tijoriy mahsulot, balki madaniyatlar aro muloqot vositasiga ham aylangan deb bemalol ayta olamiz.

O‘zbekistonda ham fast fashion elementlari asta-sekin rivojlanmoqda. Mahalliy ishlab chiqaruvchilar tezkor trendlarni kuzatib, ommabop kiyimlar ishlab chiqarmoqda. Shu bilan birga, milliy matolar, ekologik ishlab chiqarish va hunarmandchilikka asoslangan barqaror moda yo‘nalishlari ham ahamiyat kasb etmoqda.

Kelajakda O‘zbekiston moda sanoatida:

1. ekologik dizayn;
2. qayta ishlangan materiallar;
3. milliy hunarmandchilik;
4. barqaror ishlab chiqarish yo‘nalishlari yanada rivojlanishi kutilmoqda.

Fast fashion zamonaviy moda sanoatining eng muhim hodisalaridan biri bo‘lib, moda mahsulotlarini tez va arzon tarzda ommalashtirish imkonini yaratdi. Biroq uning ekologik, iqtisodiy va ijtimoiy salbiy oqibatlari global muammolarni yuzaga keltirmoqda. Shu sababli bugungi kunda barqaror moda, ekologik ishlab chiqarish va ongli iste’mol tamoyillari tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Kelajak modasi nafaqat chiroyli, balki ekologik va ijtimoiy jihatdan mas’uliyatli bo‘lishi zarur.

Xulosa qilib aytganda, fast fashion zamonaviy moda sanoatining eng tez rivojlanayotgan yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. U insonlarga arzon va trenddagi

ISSN 3030-3907

kiyimlarni tezkor ravishda taqdim etishi bilan moda olamida katta o‘zgarish yasadi. Ayniqsa, yoshlar orasida fast fashion ommabop bo‘lib, moda tendensiyalarining keng tarqalishiga xizmat qilmoqda. Shu bilan birga, ushbu tizim iqtisodiy jihatdan savdo hajmining oshishi va yangi ish o‘rinlarining yaratilishiga ham yordam bermoqda.

Biroq fast fashionning salbiy tomonlari ham juda ko‘p. Kiyimlarning ortiqcha ishlab chiqarilishi ekologik muammolarni kuchaytirib, suv resurslarining kamayishi, atrof-muhitning ifloslanishi va katta miqdordagi chiqindilar paydo bo‘lishiga sabab bo‘lmoqda. Bundan tashqari, ayrim mamlakatlardagi arzon ishchi kuchidan foydalanish, og‘ir mehnat sharoitlari va past ish haqi kabi ijtimoiy muammolar ham fast fashion bilan chambarchas bog‘liqdir. Bu esa moda sanoatida axloqiy va ekologik mas’uliyat masalasini dolzarb mavzuga aylantirmoqda.

Shu sababli bugungi kunda barqaror moda, ekologik toza mahsulotlar va ongli iste’mol tushunchalari tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Insonlar kiyim tanlashda nafaqat tashqi ko‘rinish va narxga, balki mahsulotning sifati, ishlab chiqarilish jarayoni va ekologik ta’siriga ham e’tibor qaratishi zarur. Kelajakda moda sanoatining rivojlanishi fast fashion va slow fashion o‘rtasidagi muvozanatni saqlash, ekologik xavfsizlikni ta’minlash hamda inson manfaatlarini himoya qilish bilan chambarchas bog‘liq bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Madaniyat vazirligi. O‘zbek milliy liboslari va an’anaviy bezak san’ati. — Toshkent, 2018.
2. Rahimova, D. O‘zbek xalq amaliy san’ati va milliy liboslar. — Toshkent, 2016.
3. Jo‘rayev, S. Milliy dizayn va zamonaviy moda uyg‘unligi. — Toshkent, 2020.
4. Fashion Revolution. Fast Fashion and Its Impact on Society and Environment.
5. Xo‘jayev, A. *O‘zbek milliy liboslari tarixi.* Toshkent: Fan, 2010.
6. Abdullayeva, M. *Milliy libos va zamonaviy dizayn uyg‘unligi.* Toshkent, 2018.
7. Karimova, D. *Zamonaviy o‘zbek modasida milliylik masalalari.* “San’at va madaniyat” jurnali, 2020.

ISSN 3030-3907

ELEKTROMEXANIK TIZIM FOYDALI ISH KOEFFITSIENTINI OSHIRISH ORQALI SANOAT ENERGIYA SARFINI OPTIMALLASHTIRISH

Aminboyev Abdulaziz Shuhrat o‘g‘li
Andijon Davlat Texnika Instituti
E-mail: aminboyevabu@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektromobil elektromexanik tizimining foydali ish koeffitsientini (FIK) oshirish orqali sanoat va transport sohasida energiya sarfini optimallashtirish imkoniyatlari o‘rganilgan. Matlab/Simulink muhitida qurilgan simulyatsion model asosida yuklamaga bog‘liq PWM signal optimallash algoritmi ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari ko‘rsatdiki, massaga asoslangan invertor boshqaruvi tizim FIKini standart holatga nisbatan 3–5% ga oshiradi. PMSM dvigatelining FIK ko‘rsatkichi 92–96% oralig‘ida barqaror saqlanishi, tizim bo‘yicha umumiy Ση 0.729 dan 0.761 gacha ko‘tarilishi isbotlandi. 20% yuk ortishi sharoitida PWM signali kengligi 15% ga, dvigatel momenti 18% ga oshirilganda FIKning pasayishi 5% dan oshmagan.

Kalit so‘zlar: foydali ish koeffitsienti (FIK), elektromexanik tizim, PWM signal, invertor, yuklamaga asoslangan boshqaruv, PMSM dvigatel, energiya samaradorligi, Simulink modellashtirish.

Аннотация. В данной статье исследованы возможности оптимизации энергопотребления в промышленности и транспортной сфере за счёт повышения коэффициента полезного действия (КПД) электромеханической системы электромобиля. На основе имитационной модели, построенной в среде MATLAB/Simulink, разработан алгоритм оптимизации PWM-сигнала в зависимости от нагрузки. Результаты исследования показали, что система управления инвертором на основе массы повышает КПД системы на 3–5 % по сравнению со стандартным режимом. Доказано, что КПД двигателя Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) стабильно сохраняется в диапазоне 92–96 %, а общий коэффициент эффективности системы Ση увеличивается с 0,729 до 0,761. В условиях увеличения нагрузки на 20 % при повышении ширины PWM-сигнала на 15 % и крутящего момента двигателя на 18 % снижение КПД не превысило 5 %.

Ключевые слова: коэффициент полезного действия (КПД), электромеханическая система, PWM-сигнал, инвертор, управление на основе нагрузки, двигатель PMSM, энергоэффективность, моделирование в Simulink.

Abstract. This article investigates the possibilities of optimizing energy consumption in industrial and transportation sectors by increasing the efficiency of an electric vehicle electromechanical system. Based on a simulation model

developed in MATLAB/Simulink, a load-dependent PWM signal optimization algorithm was developed. The research results showed that a mass-based inverter control system increases system efficiency by 3–5% compared to the standard operating mode. It was demonstrated that the efficiency of the Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) remains stable within the range of 92–96%, while the overall system efficiency coefficient Ση increases from 0.729 to 0.761. Under conditions of a 20% increase in load, when the PWM signal width was increased by 15% and the motor torque by 18%, the decrease in efficiency did not exceed 5%.

Keywords: efficiency, electromechanical system, PWM signal, inverter, load-based control, PMSM motor, energy efficiency, Simulink modeling.

KIRISH.

Jahon energetika sifatiyatining tez rivojlanayotgan elektromobil sanoatida energiya tejashning asosiy texnologik yo‘nalishlaridan biri — elektromexanik tizimlarning foydali ish koeffitsientini (FIK) oshirishdir. Yonilg‘ili avtomobillarda yonilg‘i energiyasining atigi 17–25% i mexanik ishga aylanishi bilan solishtirganda, elektromobilning elektromexanik tizimi 85–96% samaradorlik ko‘rsatishi mumkin. Ammo bu ko‘rsatkich real ekspluatatsiyada yuklamaning o‘zgaruvchanligi, harorat ta'siri va boshqaruv algoritmlarining yetukligi sababli barqaror saqlanmaydi. O‘zbekiston Respublikasining PF-166-sonli farmoni (28.09.2023) va PQ-57-sonli qarori (16.02.2023) energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni ustuvor vazifa sifatida belgilagan.

Elektromexanik tizimdagi energiya yo‘qotishlarining asosiy manbalari: (1) invertor va IGBT tranzistorlaridagi kommutatsion yo‘qotishlar; (2) dvigatel statoridagi mis yo‘qotishlari (I^2R); (3) reduktor va transmissiya elementlaridagi mexanik ishqalanish yo‘qotishlari; (4) yuklamaning real vaqt o‘zgarishiga reaktiv boshqaruvning sekin javob berishi. Shu sababli massaga asoslangan, real vaqtli PWM signal optimallashtiruvchi boshqaruv algoritmlari zamonaviy elektromobil muhandisligining dolzarb yo‘nalishiga aylangan.

Dissertatsion tadqiqotda [1] ishlab chiqilgan massaga asoslangan PWM signal optimallash algoritmining sanoat energiya sarfini kamaytirish va FIK oshirishga ta'sirini miqdoriy jihatdan asoslash hamda ushbu yondashuvning sanoat miqyosida qo‘llash istiqbollarini baholash.

Tadqiqot ob'ekti: PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) tipidagi elektr dvigatel, uch fazali to‘liq ko‘prikli invertor, $LiFePO_4$ akkumulyator batareyasi, ikki bosqichli reduktor va VCU (Vehicle Control Unit) dan iborat elektromexanik tizim. Tadqiqot parametrlari: elektromobil massasi 1200–1800 kg, batareya quvvati 60 kWh, dvigatel nominal quvvati 65 kW, invertor IGBT tranzistorli, PWM chastota diapazoni 8–20 kHz.

ISSN 3030-3907

$$\eta = (P_{chiqish} / P_{kirish}) \times 100\%$$

Bu yerda $P_{chiqish}$ — mexanik energiya (W), P_{kirish} — akkumulyatordan olingan umumiy elektr quvvat (W). Tizimning umumiy FIK ko‘paytma sifatida aniqlanadi:

$$\Sigma\eta = \eta_{dv} \times \eta_{inv} \times \eta_{red} \times \eta_{transm}$$

PMSM dvigatelining tork formula [1] asosida:

$$T = (3/2) \times p \times \lambda \times Iq$$

Bu yerda T — tork (Nm), p — juft qutblar soni, λ — magnit oqimi (Wb), Iq — q-o‘qidagi tok komponenti (A).

2.3. Harakat dinamikasi modeli

Elektromobilning harakatdagi kuchlar balansi dissertatsiyada [1] Nyutonning ikkinchi qonuni asosida:

$$F_{motor} = F_{rr} + F_{aero} + F_{grade} + m \times a$$

Bu yerda: $F_{rr} = f_r \times m \times g$ (yo‘lga g‘ildirashuv qarshiligi), $F_{aero} = 0.5 \times \rho \times Cd \times A \times v^2$ (aerodinamik qarshilik), $F_{grade} = m \times g \times \sin(\theta)$ (nishablik kuchi), $m \times a$ (tezlanish inertsiya kuchi). Tezlanish parametri:

$$a_t = (v_x - v_{(x-1)}) / \Delta t$$

Bu model elektromobilning har qanday yuklanish va yo‘l sharoitida energiya sarfini prognozlash imkonini beradi.

Dissertatsiyada [1] taklif etilgan yuklamaga asoslangan boshqaruv algoritmi quyidagi ketma-ketlikda ishlaydi: (1) strain gauge sensorlari real vaqtda avtomobil massasini o‘lchaydi; (2) VCU olingan massa ma'lumotini qayta ishlaydi; (3) massa o‘zgarishiga mos holda invertor PWM signalining kengligi va chastotasi avtomatik sozlanadi; (4) dvigatel momenti optimal diapazonida saqlanadi. PWM kengligi sozlash formulasi:

$$D_{new} = D_{base} \times (m_{real} / m_{nominal}) \times k_{corr}$$

Bu yerda D_{new} — yangilangan duty cycle (%), D_{base} — nominal duty cycle (%), m_{real} — real massa (kg), $m_{nominal}$ — nominal massa (1400 kg), k_{corr} — tuzatish koeffitsienti.

Barcha simulyatsiyalar Matlab/Simulink R2023b muhitida o‘tkazildi [2]. Simulink modeli quyidagi bloklardan iborat: akkumulyator bloki (Li-ion modeli), invertor bloki (PWM generator bilan), PMSM dvigatel bloki, transmissiya bloki (reduktor va differensial), massa sensorlari bloki va VCU boshqaruv bloki. Modelni tasdiqlash uchun Tesla Model 3 ommaviy texnik ma'lumotlari etalon sifatida qo‘llanildi (6.2–7.1 km/kWh ko‘rsatkichlari).

Dissertatsiyada [1] bajarilgan simulyatsion modellashtirish natijalari ko‘rsatdiki, elektromexanik tizimning har bir elementi uchun FIK ko‘rsatkichlari quyidagicha:

ISSN 3030-3907

1-Jadval

Elektromexanik tizim komponentlarining FIK ko‘rsatkichlari (dissertatsiya [1] ma'lumotlari)

Komponent	Minimal FIK (%)	Nominal FIK (%)	Maksimal FIK (%)	Yo‘qotish turi
PMSM elektr dvigatel	88	92–96	96	Mis va temir yo‘qotishlar
Uch fazali invertor (IGBT)	96	97–98	98.5	Kommutatsion yo‘qotish
Reduktor (ikki bosqich)	91	91.3	93	Mexanik ishqalanish
Akkumulyator (zaryad/razryad)	92	94–96	97	Ichki qarshilik yo‘qotishi
Rekuperatsiya tizimi	50	65–75	80	Kinetik → elektr aylantirish

Tizimning umumiy Ση quyidagicha hisoblandi [1]:

$\Sigma\eta_1$ (1 motor + reduktor + dif.val) = 0.867 × 0.913 × 0.921 = 0.729

$\Sigma\eta_2$ (2 motor + reduktor, dif.val yo‘q) = 0.854 × 0.913 = 0.761

$\Delta\eta = \Sigma\eta_2 - \Sigma\eta_1 = 0.761 - 0.729 = 0.032$ (+3.2%)

Yuklamaga bog‘liq FIK o‘zgarishi: Dissertatsion modellashtirish [1] ko‘rsatdiki, massaning 20% ga ortishi tizim FIKiga quyidagicha ta'sir qiladi:

Jadval 2 ning asosiy natijasi: massaga asoslangan PWM optimallashtirish algoritmi to‘la yuklangan holatda ham (1600 kg) bo‘sh holatdagi (1200 kg) FIK darajasini saqlab qoladi. Optimalashtirishsiz holda FIK 87% gacha pasayadi, algoritm joriy etilganda esa 92% da barqaror saqlanadi.

2-Jadval

Elektromobil massasi va FIK ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik (Simulink natijasi [1])

Yuklanish holati	Massa (kg)	PWM kengligi orthishi (%)	Dvigatel momenti orthishi (%)	FIK o‘zgarishi	Rekuperatsiya samaradorligi
Bo‘sh (bazis)	1200	0 (bazis)	0 (bazis)	η = 92% (bazis)	75%

ISSN 3030-3907

1 yo‘lovchi (+80 kg)	1280	+6%	+8%	η = 91.5%	73%
To‘la yuk (+400 kg)	1600	+15%	+18%	η = 87% (optimalashsiz)	67%
To‘la yuk + PWM optim.	1600	+15%	+18%	η = 92% (optimallashtirgan)	75%
Maksimal yuk (+600 kg)	1800	+20%	+24%	η = 91.5% (optimallashtirgan)	72%

Massaga asoslangan PWM optimallashtirish algoritmi orqali erishilgan energiya tejamkorligi hisob-kitobi:

$$\Delta E_{100km} = E_{asos} \times \Delta\eta = 17.3\ kWh/100km \times 0.032 = 0.554\ kWh/100km$$

Bu tejamkorlikning yillik ahamiyati (kuniga 50 km yurish, 250 ish kuni asosida):

$$\Delta E_{yillik} = 0.554\ kWh/100km \times 50\ km/kun \times 250\ kun = 69.25\ kWh/yil$$

O‘zbekistonda elektr energiyasining sanoat narxi ~600 so‘m/kWh (2024-yil) asosida:

$$\Delta Xarajat_{yillik} = 69.25\ kWh \times 600\ so‘m = 41{,}550\ so‘m/yil\ bitta\ EM\ uchun$$

Agar O‘zbekistonda 100,000 ta elektromobil ro‘yxatdan o‘tsa, yillik tejamkorlik:

$$\Delta E_{park} = 69.25\ kWh \times 100{,}000 = 6{,}925{,}000\ kWh/yil = 6{,}925\ MWh/yil$$

3.4. Issiqlik yo‘qotishlari va termal boshqaruv ta'siri

Dissertatsiyada [1] modellashtirishda aniqlangan: invertor va dvigatelning 100°C dan oshgan ishlash rejimida FIK 3–7% ga pasayadi. Termal boshqaruv tizimi (suyuqlikli sovitish) joriy etilganda harorat 85–95°C oralig‘ida saqlanib, FIK 3–5% ga qo‘shimcha oshadi. Ko‘p fazali invertorlar (6 yoki 12 fazali) qo‘llanilganda energiya isrofi 10% gacha kamayadi.

3-Jadval

PWM chastotasi va FIK o‘rtasidagi bog‘liqlik (Simulink, PMSM 65 kW)

PWM chastotasi (kHz)	Kommutatsion yo‘qotish (W)	FIK inv (%)	Harorat (°C)	Umumiy tizim FIK (%)
8	320	97.8	72	90.1
10	380	97.4	78	89.8

ISSN 3030-3907

15	520	96.8	88	89.2
20	680	96.1	98	88.5
10 + termal boshqaruv	380	97.4	85	92.0

Olingan natijalar dissertatsion tadqiqotning [1] asosiy xulosasini tasdiqlaydi: massaga asoslangan PWM signal optimallash algoritmi elektromexanik tizim FIKini real yuklanish sharoitida ham optimal diapazonida ushlab turishga imkon beradi. Bu natija Tesla, BMW i3 va Lucid Air kabi yetakchi elektromobil kompaniyalarining adaptiv invertor boshqaruvi bo‘yicha e'lon qilgan ma'lumotlari bilan mos keladi.

Yuqori yuklamada ishlaydigan elektr yuk mashinalari (elektr avtobus, sanoat elektrokari) uchun bu algoritm ayniqsa muhimdir. Tosh-tosh yuk tashuvchi elektr avtobus 12–18 tonna og‘irlikda ishlaydi, yuklanish darajasi doimiy o‘zgarib turadi. Dissertatsiyada taklif etilgan [1] massaga asoslangan real vaqtli boshqaruv bu tipdagi transport uchun yillik 200–350 kWh energiya tejashni ta'minlaydi.

Mohan va boshqalar (2019) PMSM dvigaelining FIK optimallashtirish bo‘yicha olib borgan tadqiqotlarida FIK ni 2.8% ga oshirish imkoniyatini ko‘rsatdi. Dissertatsiyada [1] erishilgan 3.2% ko‘rsatkich bu natijadan ustundir, chunki massaga asoslangan dinamik boshqaruv statik optimallashtirishga nisbatan kengroq yuklanish diapazonida samarali ishlaydi.

Modellashtirish Simulink muhitida bajarilgan, real avtomobilda verifikatsiya etilmagan. Kelajak tadqiqotlarda real elektromobil prototipida testlash va natijalarni model bilan solishtirish (±5% farq maqbul deb belgilangan) zarur.

XULOSA:

1. Elektromexanik tizimning umumiy FIK ko‘rsatkichi dissertatsiyada [1] taklif etilgan massaga asoslangan PWM optimallashtirish algoritmi orqali $\Sigma\eta_1 = 0.729$ dan $\Sigma\eta_2 = 0.761$ ga, ya'ni 3.2% ga oshirildi. Bu natija differensial valdan voz kechib, ikki mustaqil motor-reduktor tizimiga o‘tish va yuklamaga mos PWM sozlash orqali erishildi.

2. Massaning 20% ga ortishi sharoitida (1200 kg → 1600 kg) standart tizimda FIK 87% gacha pasayadi. Dissertatsiyada [1] taklif etilgan algoritm bu sharoitda ham 92% li FIKni barqaror saqlaydi, bu esa sanoat miqyosidagi qo‘llanishlarda kritik ahamiyatga ega.

3. Energiya tejamkorligi hisob-kitobi ko‘rsatdiki, bitta elektromobil uchun yillik 69.25 kWh, 100,000 ta elektromobil parki uchun esa 6,925 MWh energiya tejash mumkin. Bu ko‘rsatkich O‘zbekistonda elektromobil sanoatini rivojlantirish strategik ahamiyatini ilmiy jihatdan asoslaydi.

ISSN 3030-3907

4. Termal boshqaruv tizimi bilan birgalikda (harorat 85–95°C da ushlab turish) PWM optimallashtirish FIKni 3–7% ga qo‘shimcha oshiradi. Ko‘p fazali invertorlarni qo‘llash esa energiya isrofini yana 10% ga kamaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Aminboyev A.Sh. "Elektromobil elektromexanik tizimini foydali ish koeffitsientini oshirish". Magistrlik dissertatsiyasi. — Andijon: ADTI, 2025. — 95 b.
2. MathWorks. Simulink Electric Vehicle Reference Application. — Natick: MathWorks Inc., 2023. [https://www.mathworks.com/help/autoblks/ug/electric-vehicle-reference-application.html]
3. Mohan N., Undeland T.M., Robbins W.P. Power Electronics: Converters, Applications, and Design. 3rd ed. — John Wiley & Sons, 2019. — 824 p.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-166-sonli Farmoni "Energetika sohasini isloh qilishning navbatdagi bosqichini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida". 28.09.2023.
5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-57-sonli Qarori "Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish to‘g‘risida". 16.02.2023.
6. Boldea I., Nasar S.A. Electric Drives. 3rd ed. — CRC Press, Taylor & Francis, 2016. — 544 p.
7. Tesla Inc. Tesla Model 3 Technical Specifications 2023. — Palo Alto: Tesla Inc., 2023.
9. Larminie J., Lowry J. Electric Vehicle Technology Explained. 2nd ed. — Wiley, 2012. — 314 p.
10. Sirojiddinova, I. M., & Aminboyev, A. S. (2023). Advantages and disadvantages of electric vehicles and hybrid electric vehicles. Am. J. Eng. Mech. Archit, 1, 130-136.
11. Sirojiddinova, I., & Aminboyev, A. (2023). NAVIGATING CHALLENGES AND SOLUTIONS IN THE ELECTRIC VEHICLE REVOLUTION. Oriental Journal of Academic and Multidisciplinary Research, 1(3), 156-160.
11. Turaev, S. A., & Aminboyev, A. S. O. (2022). Light automobile steel wheel manufacturing technology. Asian Journal of Multidimensional Research, 11(3), 25-30.

ISSN 3030-3907

BACKGROUND AND THEORETICAL FOUNDATIONS OF A 2.5D DEEP LEARNING FRAMEWORK FOR COVID-19 CT DIAGNOSIS

Zhang Hengzhe
Tashkent university of information technologies named after muhammad al-Khorazmi

Аннотация. В данном исследовании представлены теоретические основы лёгкой, эффективной и интерпретируемой 2.5D-архитектуры глубокого обучения для автоматической классификации КТ-изображений лёгких при COVID-19. Обоснована необходимость разработки таких систем из-за высокой нагрузки на здравоохранение и ограничений ПЦР-диагностики. Рассмотрены ключевые компоненты: сверточные нейронные сети, трансферное обучение, стратегия 2.5D, традиционные методы пулинга и их недостатки при работе с разреженными очагами. Предложен адаптивный механизм Top-K пулинга, основанный на L2-норме векторов признаков, который автоматически отбирает наиболее информативные срезы КТ и агрегирует их для классификации. Описаны преимущества смешанного обучения (AMP) для снижения потребления памяти GPU и ускорения вычислений. Метод Grad-CAM в сочетании с визуализацией отобранных Top-K срезов обеспечивает интерпретируемость решений модели. Работа закладывает теоретический фундамент для практической реализации системы, проверенной в следующих главах диссертации.

Ключевые слова: COVID-19, компьютерная томография грудной клетки, глубокое обучение, 2.5D фреймворк, DenseNet-121, объединение Top-K, трансферное обучение, смешанное прецизионное обучение, Grad-CAM, интерпретируемость, агрегация поражений

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda COVID-19 tashxisida o‘pka KT tasvirlarini avtomatik tasniflash uchun yengil, samarali va izohlanadigan 2.5D chuqur o‘rganish arxitekturasining nazariy asoslari keltirilgan. Sog‘liqni saqlash tizimlariga yuqori yuklanish va PZR tashxisining cheklovlari tufayli bunday tizimlarni yaratish zarurligi asoslangan. Asosiy komponentlar ko‘rib chiqilgan: konvolyutsion neyron tarmoqlar, transfer learning, 2.5D strategiyasi, an’anaviy pooling usullari va ularning kam uchraydigan zararlanishlarda ishlashdagi kamchiliklari. L2-normaga asoslangan adaptiv Top-K pooling mexanizmi taklif qilingan bo‘lib, u eng informativ KT qatlamlarini avtomatik tanlaydi va ularni tasniflash uchun birlashtiradi. Aralash aniqlikda o‘qitish (AMP) GPU xotirasini tejash va hisoblashlarni tezlashtirish imkonini beradi. Top-K tanlangan qatlamlarga qo‘llangan Grad-CAM usuli model qarorlarining izohlanishini ta’minlaydi. Ushbu ish dissertatsiyaning keyingi boblarida amaliy sinovdan o‘tkazilgan tizim uchun nazariy asosni yaratadi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: COVID-19, ko‘krak qafasining kompyuter tomografiyasi, chuqur o‘rganish, 2.5D ramka, DenseNet-121, Top-K birlashmasi, uzatishni o‘rganish, aralash aniqlikdagi trening, Grad-CAM, talqin qilish, lezyonlarni yig‘ish

Abstract. This paper presents the theoretical foundations of a lightweight, efficient, and interpretable 2.5D deep learning framework for automated COVID-19 classification using chest CT images. The need for such systems is motivated by the high burden on healthcare systems and the limitations of RT-PCR diagnostics. Key components are reviewed: convolutional neural networks, transfer learning, the 2.5D strategy, traditional pooling methods and their shortcomings for sparse lesions. An adaptive Top-K pooling mechanism based on the L2 norm of feature vectors is proposed, which automatically selects the most informative CT slices and aggregates them for classification. Mixed precision training (AMP) is introduced to reduce GPU memory consumption and accelerate computation. Grad-CAM applied to the Top-K selected slices provides model interpretability. This work lays the theoretical groundwork for a practically validated system presented in subsequent chapters of the dissertation.

Keywords: COVID-19, chest CT, deep learning, 2.5D framework, DenseNet-121, Top-K pooling, transfer learning, mixed precision training, Grad-CAM, interpretability, lesion aggregation.

INTRODUCTION.

1. Research Background and Motivation

The outbreak of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) placed unprecedented pressure on healthcare systems worldwide. Caused by SARS-CoV-2, the disease spreads rapidly through respiratory transmission and can be asymptomatic. Real-time polymerase chain reaction (RT-PCR) is the standard diagnostic method, but during peak infection periods it suffers from delays, kit shortages, and false-negatives due to low viral load or improper sampling [1].

Chest CT imaging has proven uniquely valuable for COVID-19 diagnosis. The virus primarily attacks the respiratory system, producing distinct patterns on CT: ground-glass opacities (GGOs), reticular shadows, consolidations, and the “cobblestone” sign. These changes appear early, often before RT-PCR becomes positive, and correlate with disease progression [2]. However, manual reading of CT volumes is labour-intensive, suffers from inter-observer variability, and becomes impractical during surges.

Deep learning, particularly convolutional neural networks (CNNs), has revolutionised medical image analysis. For COVID-19 CT classification, two main approaches exist: 2D CNNs process individual slices, losing inter-slice spatial continuity; 3D CNNs preserve volumetric information but demand high GPU memory and computational power, making them difficult to deploy on

ISSN 3030-3907

consumer-grade hardware [3]. Moreover, most models lack interpretability – clinicians need not only accurate predictions but also understandable evidence for decision-making.

These challenges motivate this research: to design a lightweight, efficient, and interpretable 2.5D deep learning framework that balances accuracy and computational cost for automated COVID-19 CT classification. As highlighted by Topol [21], the convergence of human and artificial intelligence in medicine offers unprecedented opportunities, but only if AI systems are transparent and trustworthy.

2. Literature Review and Theoretical Foundations

2.1 Convolutional Neural Networks and DenseNet-121

CNNs are the dominant architecture for image analysis, using local receptive fields, weight sharing, and spatial pooling. Since AlexNet's breakthrough in 2012, networks have grown deeper and more efficient. ResNet introduced skip connections to solve vanishing gradients and degradation, enabling ultra-deep networks. DenseNet takes this further by densely connecting each layer to every later layer via concatenation. For a dense block with L layers, the l-th layer receives the concatenation of all previous feature maps: $x_l = H_l([x_0, x_1, \ldots, x_{l-1}])$ [4]. This design yields extreme parameter efficiency, enhanced gradient flow, implicit regularisation, and natural fusion of low- and high-level features – ideal for small-sample medical imaging tasks [5, 6]. DenseNet-121 (growth rate $k = 32$) outputs a 1024-dimensional feature vector per slice, serving as the backbone in this study.

2.2 Transfer Learning and Pre-trained Models

Medical datasets are small and expensive to annotate. Transfer learning – fine-tuning a model pre-trained on a large source dataset (e.g., ImageNet) – dramatically improves performance and convergence [7]. Early CNN layers learn universal features (edges, textures), while deeper layers become task-specific [8]. DenseNet-121 is chosen for its strong generalisation on small datasets and proven reliability in medical imaging. For small medical datasets, transfer learning consistently outperforms training from scratch, and fine-tuning fewer layers is often beneficial [9, 10].

2.3 2.5D Deep Learning Strategy

"2.5D" refers to methods that use 2D modules but inject 3D spatial information. This study adopts a slice-sequence approach: eight consecutive CT slices are processed in parallel by a shared DenseNet-121, producing slice-level feature vectors. These vectors are then aggregated into a single global representation. The aggregation step is critical – it must preserve discriminative lesion information while discarding irrelevant slices. 2.5D representations have

ISSN 3030-3907

been successfully applied to CT-based diagnosis of various diseases, including kidney tumor segmentation and COVID-19 detection [11, 12, 13].

2.4 Limitations of Traditional Pooling and the Top-K Mechanism

Let $\{f_1, f_2, \ldots, f_N\}$ be slice feature vectors ($d = 1024$). Common aggregation methods have severe drawbacks for sparse lesions:

Average pooling $F_{avg} = \frac{1}{N}\sum f_i$ assumes every slice is equally important. Normal slices dilute the signal from the few abnormal slices, reducing sensitivity [14].

Max pooling $F_{\max}[j] = \max_i f_i[j]$ retains only the strongest activation per dimension. It fragments complementary information from multiple slices and is sensitive to noise.

The proposed Top-K pooling adaptively selects the most informative slices based on their L2 norm. Steps:

Extract features: $f_i = F(x_i)$.

Compute anomaly score: $s_i = \| f_i \|_2$.

Select indices of the K largest scores: $I = \text{argTopK}(s_i)$.

Aggregate: $F_{global} = \frac{1}{K}\sum_{i \in I} f_i$.

Classify via dropout + fully connected layer + softmax.

For $N = 8$ (dataset fixed length), $K = 4$ gives the best balance – filtering background noise while preserving complementary lesion evidence. Top-K pooling is computationally light ($O(N)$), dynamically adaptive, and provides selective gradient propagation. Compared with attention-based pooling [15], Top-K pooling performs hard selection, which is more decisive for sparse lesions.

2.5 Mixed Precision Training

Mixed precision training (AMP) stores most weights, activations, and gradients in FP16 while keeping a master copy in FP32 and using loss scaling [16]. On an NVIDIA RTX 4070 laptop GPU (8 GB), AMP reduces memory usage by ~40% (from 7.6 GB to 4.8 GB) and speeds up training by ~1.37×, enabling the entire pipeline to run on consumer hardware without accuracy loss.

2.6 Interpretability: Grad-CAM and Top-K Slice Visualisation

For clinical trust, models must explain their decisions. Grad-CAM produces heatmaps by weighting the last convolutional feature maps with gradients of the target class score: $L^c_{Grad-CAM} = \text{ReLU}(\sum_k \alpha_k^c A^k)$ [17]. Applied to the Top-K selected slices, these heatmaps show which lung regions drove the prediction. Moreover, the explicit slice selection itself is an intrinsic explanation – clinicians can directly inspect the K slices that the model found most informative, bridging

ISSN 3030-3907

the gap between black-box AI and radiological reasoning. The importance of such interpretability in radiology has been emphasised in recent literature [18].

2.7 Evaluation Metrics

Binary classification metrics include: accuracy, precision (PPV), sensitivity (recall, TPR), specificity (TNR), F1-score, and area under the ROC curve (AUC) [19]. Sensitivity is prioritised for public health screening; AUC provides a threshold-independent global measure. The use of AUC is particularly well-established in machine learning evaluation [20].

REFERENCES

1. Shi F., Wang J., Shi J., et al., “Review of Artificial Intelligence Techniques in Imaging Data Acquisition, Segmentation, and Diagnosis for COVID-19,” IEEE Reviews in Biomedical Engineering, vol. 14, pp. 4–15, 2021. DOI: 10.1109/RBME.2020.2987975
2. Li Y. and Xia L., “Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Role of Chest CT in Diagnosis and Management,” American Journal of Roentgenology, vol. 214, no. 6, pp. 1280–1286, 2020. DOI: 10.2214/AJR.20.22954
3. Li L., Qin L., Xu Z., et al., “Artificial Intelligence Distinguishes COVID-19 from Community Acquired Pneumonia on Chest CT,” Radiology, vol. 296, no. 2, pp. E65–E71, 2020. DOI: 10.1148/radiol.2020200905
4. Huang G., Liu Z., van der Maaten L., Weinberger K.Q., “Densely Connected Convolutional Networks,” in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017. DOI: 10.1109/CVPR.2017.243
5. Schlemper J., Oktay O., Schaap M., et al., “Attention-gated networks for improving ultrasound scan plane detection,” in Proceedings of Medical Imaging with Deep Learning (MIDL), 2018.
6. Zhou B., Khosla A., Lapedriza A., Oliva A., Torralba A., “Learning Deep Features for Discriminative Localization,” in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016. DOI: 10.1109/CVPR.2016.319
7. Pan S.J. and Yang Q., “A Survey on Transfer Learning,” IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 22, no. 10, pp. 1345–1359, 2010. DOI: 10.1109/TKDE.2009.191
8. Yosinski J., Clune J., Bengio Y., Lipson H., “How Transferable Are Features in Deep Neural Networks?” in Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 2014.
9. Raghu M., Zhang C., Kleinberg J., Bengio S., “Transfusion: Understanding Transfer Learning for Medical Imaging,” in Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 2019.

ISSN 3030-3907

10. Tajbakhsh N., Shin J.Y., Gurudu S.R., et al., "Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis: Full Training or Fine Tuning?" IEEE Transactions on Medical Imaging, vol. 35, no. 5, pp. 1299–1312, 2016. DOI: 10.1109/TMI.2016.2535302
11. Cruz L.B. da, Dias Júnior D.A., Diniz J.O.B., et al., "Kidney Tumor Segmentation from CT Images Using a 2.5D Residual Aggregation Network," in Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2020. DOI: 10.1109/SMC42975.2020.9282972
12. Ning Z., Tian S., Wang S., et al., "Omnidirectional 2.5D Representation for COVID-19 Diagnosis Using Chest CTs," arXiv preprint, 2020. arXiv:2011.06709
13. Hassan S.A., Khaliq A., Raza M., et al., "2.5D CNN for COVID-19 Diagnosis from CT Images," in 2020 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2020.
14. Gao Z., Wang L., Zhou L., Zhang J., "HEp-2 Cell Image Classification with Deep Convolutional Neural Networks," IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, vol. 21, no. 2, pp. 416–425, 2017. DOI: 10.1109/JBHI.2016.2526604
15. Ilse M., Tomczak J., Welling M., "Attention-based Deep Multiple Instance Learning," in Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning (ICML), 2018.
16. [16] Micikevicius P., Narang S., Alben J., et al., "Mixed Precision Training," in International Conference on Learning Representations (ICLR), 2018.
17. Selvaraju R.R., Cogswell M., Das A., Vedantam R., Parikh D., Batra D., "Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization," in Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2017. DOI: 10.1109/ICCV.2017.74
18. Reyes M., Meier R., Pereira S., et al., "On the Interpretability of Artificial Intelligence in Radiology: Challenges and Opportunities," Radiology: Artificial Intelligence, vol. 2, no. 3, p. e190043, 2020. DOI: 10.1148/ryai.2020190043
19. Sokolova M. and Lapalme G., "A systematic analysis of performance measures for classification tasks," Information Processing & Management, vol. 45, no. 4, pp. 427–437, 2009. DOI: 10.1016/j.ipm.2009.03.002
20. Bradley A.P., "The Use of the Area Under the ROC Curve in the Evaluation of Machine Learning Algorithms," Pattern Recognition, vol. 30, no. 7, pp. 1145–1159, 1997. DOI: 10.1016/S0031-3203(96)00142-2
21. Topol E.J., "High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence," Nature Medicine, vol. 25, no. 1, pp. 44–56, 2019. DOI: 10.1038/s41591-018-0300-7

ISSN 3030-3907

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ ЦПТ-ОТВАЛОВ КАРЬЕРА «МУРУНТАУ»

Норов Дилшод Шухратиллаевич
Преподаватель кафедры естественных и технических наук,
Навоийский инновационный университет, Республика Узбекистан
E-mail: norovd72@gmail.com
Каримов Санжар Анвар угли
Ассистент кафедры «Горное дело» АФ НИТУ МИСИС

Аннотация. В статье представлены результаты теоретического обоснования технологических решений по повышению максимальной высоты циклично-поточной технологии (ЦПТ) отвалов карьера «Мурунтау» с переходом от одноярусной схемы 50 м к двухъярусной схеме 90+90 м. Установлены теоретические закономерности развития деформаций отвальной массы конвейерных отвалов: обратная степенная зависимость расстояния от оси отвального конвейера до зоны возможного обрушения D(H) = 49·(50/H)^0,72 и экспоненциальная модель уплотнения отвальной массы Kp(t) = 1,18 + 0,27·exp(−t/180) с характерным временем консолидации T = 180 сут. Параметры моделей обоснованы граничными условиями и подлежат уточнению по результатам производственных наблюдений. Обоснована технология опережающего формирования локальных деформаций, обеспечивающая увеличение максимальной высоты нижнего яруса с 50 до 90 м (в 1,8 раза). Численная верификация устойчивости двухъярусной схемы выполнена в Rocscience Slide2 методом Бишопа. Прогнозный годовой экономический эффект - 15 610 млн сум; срок окупаемости - 1,1 года.

Ключевые слова: конвейерный отвал, циклично-поточная технология, зона возможного обрушения, опережающее формирование деформаций, двухъярусная схема, карьер «Мурунтау».

Annotatsiya. Maqolada «Muruntov» konining konveyer otvalini bir qavatli 50 m sxemasidan ikki qavatli 90+90 m sxemasiga o‘tish orqali maksimal balandligini oshirish bo‘yicha texnologik yechimlarni nazariy asoslash natijalari keltirilgan. Konveyer otvallarining ot deformatsiyalarini rivojlanishining nazariy qonuniyatlari aniqlangan: otval konveyeri o‘qidan mumkin bo‘lgan qulash zonasigacha bo‘lgan masofaning teskari darajali bog‘liqligi D(H) = 49·(50/H)^0,72 va otval massasining zichlanish eksponensial modeli Kp(t) = 1,18 + 0,27·exp(−t/180), bunda konsolidatsiyaning xarakterli vaqti T = 180 sutka. Modellar parametrlari chegaraviy shartlar bilan asoslangan. Ikki qavatli sxema asoslangan bo‘lib, u pastki yarusning maksimal balandligini 50 m dan 90 m gacha

ISSN 3030-3907

(1,8 marta) oshirish imkonini beradi. Hisob-kitoblar Rocscience Slide2 dasturiy kompleksida Bishop usuli bilan tekshirilgan. Bashorat qilingan yillik iqtisodiy samara - 15 610 mln so‘m; qoplanish muddati - 1,1 yil.

Kalit so‘zlar: konveyer otvali, siklik-oqim texnologiyasi, mumkin bo‘lgan qulash zonasi, deformatsiyalarni oldindan shakllantirish, ikki qavatli sxema, «Muruntov» koni.

Abstract. The article presents the results of theoretical justification of technological solutions for increasing the maximum height of conveyor dumps of in-pit crushing-conveying technology (IPCC) at the Muruntau open-pit mine, with the transition from a single-tier scheme of 50 m to a two-tier scheme of 90+90 m. Theoretical regularities of dump rock mass deformations are established: an inverse power dependence of the distance from the dump conveyor axis to the potential failure zone D(H) = 49·(50/H)^0.72 and an exponential model of dump rock mass consolidation Kp(t) = 1.18 + 0.27·exp(−t/180) with a characteristic consolidation time T = 180 days. The model parameters are justified by boundary conditions and are subject to refinement based on production monitoring data. A technology of preliminary formation of local deformations is justified, providing an increase in the maximum height of the lower tier from 50 to 90 m (by a factor of 1.8). Numerical verification of stability is performed in Rocscience Slide2 by the Bishop method. The forecast annual economic effect is 15,610 million UZS; the payback period is 1.1 years.

Keywords: conveyor dump, in-pit crushing-conveying technology, potential failure zone, preliminary formation of deformations, two-tier scheme, Muruntau open-pit mine.

ВВЕДЕНИЕ.

Циклично-поточная технология (ЦПТ) вскрышных работ на карьере «Мурунтау» АО «Навоийский ГМК» обеспечивает значительный годовой объём конвейерно-транспортируемой вскрыши. Конвейерные отвалы формируются отвалообразователем ОШС-4000/125 (производительность 4 000 м³/ч, длина консоли 125 м, масса 3 200 т) по одноярусной схеме высотой 30–50 м, что ограничивает удельную ёмкость отвального хозяйства $V_{уд}$ = 7 000 м³/пог. м фронта [1, с. 12–15; 2, с. 8–10].

Повышение максимальной высоты конвейерных отвалов сдерживается двумя основными факторами: (1) развитием усадочных деформаций отвальной массы с формированием зоны возможного обрушения в приповерхностной части яруса, угрожающей повреждению магистрального конвейера; (2) наличием слабых прослоев в основании отвалов мощностью 0,5–3,0 м с пониженными прочностными показателями

ISSN 3030-3907

(сцепление c = 15–30 кПа, угол внутреннего трения φ = 18–22°). Действующие нормативные методики проектирования [3] не предоставляют количественных моделей прогноза усадочных деформаций и не предусматривают специальных технологических решений для работы со слабыми прослоями основания.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Теоретическое обоснование зависимости расстояния от оси отвального конвейера до зоны возможного обрушения от высоты яруса выполнено на основе анализа геомеханического поведения отвальной массы и обобщения опубликованных данных по аналогичным карьерам [4, 5]. Аппроксимирующая функция представлена в форме:

$$D(H) = D^0 \cdot \left(\frac{H^0}{H}\right)^m, \quad (1)$$

где D - расстояние от оси конвейера до зоны возможного обрушения, м;

H - высота яруса, м;

D_0, H_0 - параметры калибровки модели; m - показатель степени.

Модель временной консолидации отвальной массы основана на уравнении Терцаги для одноосной консолидации [6]. Решение дифференциального уравнения $\frac{dKp}{dt} = -\frac{Kp - Kp,\infty}{T}$ при начальном условии Kp(0) = Kp,0 имеет вид:

$$Kp(t) = Kp,\infty + (Kp,0 - Kp,\infty) \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right), \quad (2)$$

где Kp,0 - начальный коэффициент разрыхления отвальной массы;

Kp,∞ - предельный коэффициент разрыхления (плотно слежавшееся состояние);

T - характерное время консолидации, сут.

Относительная объёмная усадка определяется выражением:

$$\varepsilon_V = (Kp,0 - Kp,\infty) / Kp,0 \quad (3)$$

Численное обоснование технологии опережающего формирования локальных деформаций выполнено в программном комплексе Itasca FLAC3D [7] методом конечных разностей с применением упругопластической модели Мора–Кулона. Параметры расчётной модели: расчётная область 500×200×150 м; конечно-разностная сетка 120 000 ячеек; слабый прослой толщиной 2 м на глубине 8–10 м (c = 15 кПа, φ = 20°); основной массив основания (c = 50 кПа, φ = 32°); отвальная масса (c = 40 кПа, φ = 35°). Коэффициент запаса устойчивости определялся методом снижения прочностных параметров (SRM).

ISSN 3030-3907

Численная верификация устойчивости двухъярусной схемы конвейерного отвала 90+90 м выполнена в Rocscience Slide2 [8] методом Бишопа с поиском критической поверхности скольжения методом сеточного анализа. Коэффициент запаса устойчивости определён итеративно:

$$n = \frac{\left[\frac{\Sigma(c \cdot b_i + W_i \cdot tg\,\varphi)}{m\alpha(i)}\right]}{\Sigma(W_i \cdot \sin\alpha_i)}, \quad (4)$$

где $m\alpha(i) = \cos\alpha_i + \frac{tg\,\varphi_i \cdot \sin\alpha_i}{n}$.

Нормативный коэффициент запаса принят $n_{норм}$ = 1,15 для 8-балльной сейсмической зоны (псевдостатический коэффициент k_h = 0,10).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

Теоретическое обоснование закономерности развития деформаций отвальной массы. На основе анализа геомеханического поведения дроблёных скальных пород вскрыши и обобщения опубликованных данных получена закономерность:

$$D(H) = 49 \cdot \left(\frac{50}{H}\right)^{0,72}, \quad (5)$$

где параметры теоретической модели обоснованы следующим образом: D_0 = 49 м - расстояние при базовой высоте H_0 = 50 м (соответствует существующей одноярусной схеме «Мурунтау»); m = 0,72 - показатель степени, представляющий промежуточное значение между линейным (m = 1, идеально-упругая среда) и корневым (m = 0,5, сыпучая среда) затуханием, что физически соответствует поведению дроблёных скальных пород. Расчётный показатель тесноты связи r = 0,91 (R^2 = 0,83) представляет собой расчётное значение для теоретической модели; параметры подлежат уточнению по результатам производственных наблюдений на стадии внедрения.

Граничные условия и исследование функции D(H) на экстремум:

- при $H \to 0^+$: $D(H) \to \infty$ (отсутствие нагрузки на основание исключает развитие деформаций);

- при $H \to \infty$: $D(H) \to 0$ (зона возможного обрушения формируется у самой бровки отвала);

- при $H = H_0 = 50$ м: $D(H_0) = D_0 = 49$ м (точка калибровки модели);

- первая производная $\frac{dD}{dH} = -m \cdot \frac{D(H)}{H} < 0$ при всех H > 0 - функция строго монотонно убывает;

ISSN 3030-3907

- вторая производная $\frac{d^2D}{dH^2} = m \cdot (m+1) \cdot \frac{D(H)}{H^2} > 0$ - функция выпукла вверх.

По теореме Вейерштрасса о непрерывной функции на компактном множестве, для каждого H > 0 существует единственное значение D(H). Критическая высота $H_{крит}$, при которой $D(H_{крит}) = D_{крит} = 8$ м (минимально допустимое расстояние с учётом ширины опор отвалообразователя ОШС-4000/125), определяется из (5):

$$DH_{крит} = H^0 \cdot \left(\frac{D^0}{D_{крит}}\right)^{\frac{1}{m}} = 50 \cdot \left(\frac{49}{8}\right)^{\frac{1}{0,72}} = 616 \text{ м} \quad (6)$$

Это теоретическое значение значительно превышает практически достижимые высоты конвейерных отвалов (180 м), что подтверждает применимость двухъярусной схемы 90+90 м. Расчётные значения D для практических высот ярусов сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Расчётное расстояние D от оси конвейера до зоны возможного обрушения

Высота яруса H, м	Расстояние D, м	Запас D/D_крит
50 (точка калибровки)	49,0	6,1
60	42,8	5,4
90 (предлагаемая)	33,0	4,1
120	25,9	3,2

Параметры экспоненциальной модели консолидации отвальной массы (2) обоснованы на основе общефизических соображений и опубликованных данных о консолидации скальных вскрышных пород [6]: Kp,0 = 1,45 - начальный коэффициент разрыхления (соответствует свежеотсыпанной отвальной массе); Kp,∞ = 1,18 - предельный коэффициент разрыхления (плотно слежавшееся состояние); T = 180 сут - характерное время консолидации, обоснованное в работах Терцаги, Гальперина и опубликованных исследованиях для аналогичных скальных вскрышных пород. Относительная объёмная усадка по (3): $\varepsilon_V = \frac{1,45 - 1,18}{1,45} = 0,186$ (18,6 %).

Граничные условия модели Kp(t):

- при $t = 0$: $Kp(0) = Kp,0 = 1,45$ (начальное состояние отвальной массы);

- при $t \to \infty$: $Kp(t) \to Kp,\infty = 1,18$ (асимптота - плотно слежавшееся состояние);

ISSN 3030-3907

- первая производная $\frac{dKp}{dt} = -\frac{Kp,0 - Kp,\infty}{T} \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right) < 0$ при всех t > 0 - функция монотонно убывает;

- характерное время полуусадки $t_{0,5} = T \cdot ln\,2 = 125$ сут.

Вертикальная осадка поверхности яруса во времени описывается уравнением:

$$s(H,t) = \varepsilon_V \cdot H \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right] \quad (7)$$

Для яруса H = 90 м: s(90, 180) = 10,6 м (за 180 сут);

$s(90, 365)$ = 14,5 м (за год);

s_∞ = 16,7 м (предельное значение).

Численное моделирование в Itasca FLAC3D показало эффективность технологии опережающего формирования локальных деформаций (табл. 2): без применения технологии предельная высота нижнего яруса $H_{пр} = 50$ м при n = 1,15; с применением технологии $H_{пр} = 90$ м при n = 1,19. Увеличение максимальной высоты составляет $\frac{H_{пр(техн)}}{H_{пр(класс)}} = \frac{90}{50} = 1{,}8$ раза.

Таблица 2.

Эффективность технологии опережающего формирования локальных деформаций

Высота H, м	Сценарий А (прямая отсыпка), n	Сценарий Б (с передовой призмой), n
30	1,82	1,95
50	1,15	1,58
70	0,82	1,32
90	0,58	1,19
110	-	0,96

Разработанная технология предусматривает: предварительную отсыпку передовой призмы высотой 15–20 м с превышенной скоростью 3–5 м/сут; выдержку 1,5–2 месяца для стабилизации деформаций основания; последующую отсыпку яруса до проектной высоты на уплотнённом основании. Контроль стабилизации осуществляется радиолокационным мониторингом класса GroundProbe SSR-XT по критерию скорости деформаций менее 0,5 мм/сут в течение 7 суток подряд.

На основе разработанной технологии обоснована двухъярусная схема конвейерного отвала 90+90 м (табл. 3).

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

Параметры двухъярусного конвейерного отвала 90+90 м

Параметр	Значение	Ед. изм.
Общая высота отвала H	180	м
Высота каждого яруса h	90	м
Угол откоса яруса α	36	°
Ширина предохранительной бермы B	60	м
Расстояние D(90) от оси конвейера до бровки	33	м
Удельная ёмкость V_уд	25 200	м³/пог.м
Коэф. запаса устойчивости n_общ	1,91	-
Коэф. запаса нижнего яруса n_1	1,09	-
Коэф. запаса верхнего яруса n_2	1,17	-

Удельная ёмкость двухъярусной схемы $V_{уд} = 25\,200 \frac{м^3}{пог}$.м в 3,6 раза превышает аналогичный показатель одноярусной схемы 50 м (7 000 м³/пог. м). При характерном годовом объёме конвейерно-транспортируемой вскрыши $Q_{год}$ = 25 млн м³ экономия длины отвала и магистрального конвейера составляет $\Delta L_{конв}$ = 1 290 м/год.

Обсуждение результатов. Теоретически обоснованное значение показателя степени m = 0,72 в модели (5) физически интерпретируется как промежуточное между линейным (m = 1, идеально-упругая среда) и корневым (m = 0,5, сыпучая среда) затуханием, что соответствует поведению дроблёных скальных пород с пониженной связанностью. Сопоставление с зарубежными аналогами по аналогичным карьерам подтверждает физическую обоснованность модели [4, 5].

Технология опережающего формирования локальных деформаций устраняет классическое ограничение высоты нижнего яруса 50 м при наличии слабых прослоев в основании. Физический механизм основан на управляемом выдавливании слабого прослоя под действием передовой призмы с последующей выдержкой для стабилизации деформаций. Численное моделирование показало увеличение эффективной прочности основания: сцепление возрастает с 15 до 28 кПа, угол внутреннего трения - с 20° до 25° [9].

Обоснованная двухъярусная схема 90+90 м соответствует уровню лучшей мировой практики конвейерного отвалообразования (Chuquicamata - 200 м, Escondida - 180 м) [4, 10]. Прогнозные показатели инвестиционной эффективности: чистый дисконтированный доход $NPV = \sum(ЧЭ_t \cdot (1 +$

ISSN 3030-3907

$r)^{-t}) - К_{кап} = 17\,310 \cdot 5{,}650 - 19\,000 = 78\,802$ млн сум при ставке дисконтирования r = 12 % и горизонте T = 10 лет; внутренняя норма доходности IRR ≈ 91 %; индекс доходности $PI = \frac{NPV + К_{кап}}{К_{кап}} = 5{,}15$. Расчёт носит прогнозный характер; уточнение производится на стадии разработки технико-экономического обоснования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. Установлены теоретические закономерности развития деформаций отвальной массы конвейерных отвалов в виде обратной степенной зависимости расстояния от оси отвального конвейера до зоны возможного обрушения $D(H) = 49 \cdot \left(\frac{50}{H}\right)^{0{,}72}$ и экспоненциальной модели уплотнения отвальной массы $Kp(t) = 1{,}18 + 0{,}27 \cdot \exp\left(-\frac{t}{180}\right)$. Параметры моделей обоснованы граничными условиями и подлежат уточнению по результатам производственных наблюдений на стадии внедрения.

2. Разработана технология опережающего формирования локальных деформаций, обеспечивающая увеличение максимальной высоты нижнего яруса с 50 до 90 м (в 1,8 раза) за счёт управляемого выдавливания слабых прослоев основания.

3. Обоснована двухъярусная схема конвейерного отвала 90+90 м общей высотой 180 м с шириной предохранительной бермы 60 м, удельной ёмкостью 25 200 м³/пог. м (в 3,6 раза больше одноярусной) и коэффициентом запаса устойчивости $n_{общ} = 1{,}91 > n_{норм} = 1{,}15$.

4. Прогнозный годовой экономический эффект внедрения двухъярусной схемы - 15 610 млн сум; срок окупаемости капитальных затрат - 1,1 года; NPV за 10 лет при ставке дисконтирования 12 % - 78 802 млн сум.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малгин О.Н., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Циклично-поточная технология в глубоких карьерах. - Ташкент: ФАН, 2004. - 337 с.
2. Шеметов П.А., Вдовенко А.В., Кравченко Ф.А. Стационарный комплекс ЦПТ и отвалообразователь ОШС-4000/125 на карьере «Мурунтау» // Горный вестник Узбекистана. - 2004. - № 3. - С. 12–18.
3. Методические указания по расчёту устойчивости и несущей способности отвалов / ВНИМИ, ВИОГЕМ. - Л.: ВНИМИ, 1987. - 126 с.
4. Read J., Stacey P. Guidelines for open pit slope design. - CSIRO Publishing, 2009. - 496 p.
5. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. - М.: МГГУ, 2003. - 473 с.

ISSN 3030-3907

6. Терцаги К. Теория механики грунтов / Пер. с англ. - М.: Госстройиздат, 1961. - 507 с.
7. Itasca Consulting Group. FLAC3D v.7.0 - Fast Lagrangian Analysis of Continua in Three Dimensions. Online documentation. - Minneapolis: Itasca, 2019. - URL: https://docs.itascacg.com/flac3d700/.
8. Rocscience Inc. Slide2 v.9 - 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis. Online documentation. - Toronto: Rocscience, 2023. - URL: https://www.rocscience.com/help/slide2.
9. Журавлев А.Г., Семенкин А.В., Черепанов В.А., Глебов И.А., Чендырев М.А. Задачи развития перспективных циклично-поточных технологий для глубоких карьеров // Горная промышленность. - 2022. - № 1S. - С. 53–62. - DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1S-53-62.
10. Носиров У.Ф., Нутфуллоев Г.С., Мислибаев И.Т. Управление состоянием прибортового массива при глубокой разработке карьера «Мурунтау» // Горный вестник Узбекистана. - 2019. - № 4. - С. 24–30.

ISSN 3030-3907

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ КАК ФАКТОР ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Умаров Фарходбек Яркулович
Директор Филиала НИТУ «МИСИС» в г. Алмалык.
Каримов Шерзод Вафо угли
Начальник сектора научных исследований, инноваций и подготовки научно-педагогических кадров Филиала НИТУ «МИСИС» в г. Алмалык.
E-mail: karimov20-13@mail.ru
Туйчибоев Элдор Илхом угли
Базовый докторант Филиала НИТУ «МИСИС» в г. Алмалык.
E-mail: tei050599@gmail.com

Аннотация. В статье представлен критический анализ существующих подходов к оценке влияния гранулометрического состава взорванной горной массы на показатели экскаваторной погрузки. В соответствии со структурой IMRAD последовательно изложены: актуальность проблемы и постановка задачи (Introduction); методы исследования, включая эмпирические, аналитические и численные подходы (Methods); результаты систематизации существующих данных о связи кусковатости с коэффициентом наполнения ковша (Results); обсуждение ограничений рассмотренных методик и перспективных направлений их развития (Discussion). Выявлены ограничения традиционных справочных методик и обоснована необходимость разработки более точных инструментов прогнозирования. Показано, что кусковатость породы является ключевым параметром, определяющим насыпную плотность, коэффициент наполнения ковша и, следовательно, производительность погрузочного оборудования. Особое внимание уделено карьерам, разрабатывающим крепкие диоритовые и гранодиоритовые породы, характерные для медно-порфировых месторождений Центральной Азии.

Ключевые слова: гранулометрический состав; кусковатость; экскаваторная погрузка; коэффициент наполнения ковша; буровзрывные работы; карьер; насыпная плотность; порозность.

Abstract. The article presents a critical analysis of existing approaches to evaluating the influence of the particle-size distribution of blasted rock mass on shovel loading performance. Following the IMRAD structure, the work consistently sets out: the relevance of the problem and the statement of the task (Introduction); research methods, including empirical, analytical and numerical approaches (Methods); the results of systematization of existing data on the relationship between fragmentation and the bucket fill factor (Results); and a

discussion of the limitations of the considered methodologies and promising directions for their development (Discussion). Limitations of traditional reference-based methodologies are identified, and the necessity of developing more accurate predictive tools is substantiated. It is shown that rock fragmentation is a key parameter determining the bulk density, the bucket fill factor, and consequently the productivity of loading equipment. Particular attention is paid to open-pit mines that exploit hard diorite and granodiorite rocks, which are typical of the copper-porphyry deposits of Central Asia.

Keywords: particle-size distribution; fragmentation; shovel loading; bucket fill factor; drilling and blasting operations; open-pit mine; bulk density; porosity.

Annotatsiya. Maqolada portlatilgan tog‘ massasining donadorlik tarkibi karer ekskavatorlarining yuklash ko‘rsatkichlariga ta’sirini baholash bo‘yicha mavjud yondashuvlarning tanqidiy tahlili keltirilgan. IMRAD tuzilmasiga muvofiq quyidagilar ketma-ket bayon etilgan: muammoning dolzarbligi va vazifaning qo‘yilishi (Introduction); empirik, analitik va sonli yondashuvlarni o‘z ichiga olgan tadqiqot usullari (Methods); donadorlik bilan cho‘michning to‘ldirilish koeffitsienti orasidagi bog‘liqlikka oid mavjud ma’lumotlarni tizimlashtirish natijalari (Results); ko‘rib chiqilgan uslublarning cheklovlari va ularni rivojlantirishning istiqbolli yo‘nalishlari muhokamasi (Discussion). An’anaviy ma’lumotnoma uslublarining cheklovlari aniqlangan va aniqroq prognozlash vositalarini ishlab chiqish zarurati asoslangan. Tog‘ jinsining donadorligi qatlamning hajm zichligini, cho‘michning to‘ldirilish koeffitsientini va shu orqali yuklash uskunasining unumdorligini belgilovchi asosiy parametr ekanligi ko‘rsatilgan. Markaziy Osiyoning mis-porfir konlariga xos mustahkam diorit va granodiorit jinslarni qazib olayotgan karerlarga alohida e’tibor qaratilgan.

Kalit so‘zlar: donadorlik tarkibi; donadorlik; ekskavatorli yuklash; cho‘michning to‘ldirilish koeffitsienti; burg‘ilash-portlatish ishlari; karer; hajm zichligi; g‘ovaklik.

ВВЕДЕНИЕ

Буровзрывные работы (БВР) являются одним из ключевых технологических процессов открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Их конечный продукт - взорванная горная масса с определённым гранулометрическим составом - непосредственно определяет эффективность всех последующих операций: погрузки, транспортировки и переработки сырья [1, 2]. Несмотря на очевидность данной взаимосвязи, задача количественного прогнозирования влияния кусковатости на показатели экскаваторной погрузки до настоящего времени не имеет общепринятого решения.

ISSN 3030-3907

Производительность одноковшового экскаватора определяется числом рабочих циклов в единицу времени и массой горной массы, извлекаемой за один цикл черпания. Последняя величина, в свою очередь, напрямую зависит от гранулометрического состава развала: при прочих равных условиях горная масса с оптимальным соотношением крупных и мелких фракций обеспечивает более плотную укладку в ковше по сравнению с однородно мелкодроблёной или крупнокусковой породой [3, 4]. Данный эффект объясняется закономерностями упаковки полидисперсных зернистых материалов, хорошо изученными в химической инженерии и физике сыпучих сред, однако мало применявшимися в горной практике.

Для карьеров Узбекистана, в особенности для крупнейшего медно-порфирового месторождения Кальмакыр (АГМК), данная проблема приобретает особую значимость. Разрабатываемые диоритовые и гранодиоритовые породы с пределом прочности на сжатие 120–160 МПа требуют интенсивного применения взрывчатых веществ, а годовые объёмы добычи, превышающие 25 млн тонн, делают даже небольшое повышение эффективности погрузки экономически весомым [5].

Цель настоящей работы - систематизация и критический анализ существующих методов оценки влияния кусковатости взорванной горной массы на показатели экскаваторной погрузки, а также обоснование перспективных направлений разработки комплексных инструментов прогнозирования, учитывающих горно-геологическую специфику конкретного объекта. В задачи исследования входят: (а) анализ физических основ влияния гранулометрического состава на характеристики насыпной горной массы; (б) обзор эмпирических, аналитических и численных методов оценки; (в) выявление ограничений рассмотренных подходов применительно к условиям крепких диоритовых пород.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Методологической основой настоящего обзора является сравнительно-аналитический подход к систематизации опубликованных в научной литературе методов оценки влияния гранулометрического состава взорванной горной массы на показатели экскаваторной погрузки. В основу анализа положены источники, охватывающие теорию экскаваторной погрузки, теорию упаковки полидисперсных сред и численное моделирование методом дискретных элементов. Рассматриваемые методы классифицированы по трём категориям: эмпирические (нормативные и корреляционные), аналитические (теории упаковки) и численные (DEM-моделирование и гибридные суррогатные подходы).

ISSN 3030-3907

Параметры, определяющие производительность экскаватора. Коэффициент наполнения ковша Кн является одним из основных технологических показателей экскаваторной погрузки и определяется как отношение массы горной массы, фактически загруженной в ковш, к теоретически возможной при условии заполнения его геометрического объёма монолитной породой [6]:

$$Кн = \frac{M}{(V \cdot \rho s)}, \quad (1)$$

где М - масса горной массы в ковше, кг; V - геометрический объём ковша, м³; ρs - плотность монолитной породы, кг/м³.

Значение Кн зависит от многих факторов: типа экскаватора и конструкции ковша, физико-механических свойств породы, параметров буровзрывных работ и гранулометрического состава развала [7]. В нормативной практике применяются справочные значения коэффициента наполнения, дифференцированные по категориям горных пород и типам оборудования. Однако такие таблицы не отражают реальную связь Кн с кусковатостью и могут давать значительные погрешности при работе в специфических условиях [8].

Фундаментальным параметром, определяющим все производные характеристики насыпного состояния горной массы, является её порозность - доля пустот в общем объёме:

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_{тв}}{V}, \quad (2)$$

где Vтв - объём твёрдой фазы (частиц породы). Из порозности непосредственно следуют насыпная плотность ρн = ρs·(1–ε) и коэффициент разрыхления Кр = ρs/ρн.

Для однородных (монодисперсных) сферических частиц порозность случайной упаковки составляет 0.36–0.44 в зависимости от способа укладки [9]. В реальных горно-технических условиях частицы неправильной формы и широкого диапазона размеров упаковываются иначе: мелкие фракции заполняют пространство между крупными, уменьшая суммарную пористость. Данный эффект описывается теориями смешанной упаковки [10, 11], но применительно к взорванной горной массе неправильной формы требует отдельного исследования.

Принципиальное значение гранулометрического состава взорванной горной массы заключается в том, что он является управляемым параметром: изменяя схему бурения, параметры зарядов и конструкцию скважин, горный инженер способен целенаправленно регулировать кусковатость в широких пределах [12, 13]. Для описания гранулометрического состава взорванной

ISSN 3030-3907

горной массы наибольшее распространение получило распределение Розин–Раммлера [14]:

$$R(d) = 1 - \exp\left(-0.693 \cdot \left(\frac{d}{X50}\right)^{n}\right), \quad (3)$$

где R(d) - кумулятивная доля по массе частиц мельче размера d; X50 - медианный (средний) размер куска, мм; n - показатель однородности дробления, безразмерный. Данная двухпараметрическая модель достаточно хорошо описывает реальные гранулометрические кривые взорванной горной массы при значениях n в диапазоне 0.6–2.0 [15]. Прогнозирование X50 и n по параметрам буровзрывных работ производится с помощью моделей Куза–Рама [16] и Кушинга–Каммингема [17].

Эмпирические и нормативные методы. Исторически сложившимся инструментом практического горного инженера являются нормативные справочники, содержащие коэффициенты наполнения ковша и разрыхления горной массы в зависимости от категории породы. Единые нормы выработки [18] и справочники по горным машинам [19] приводят значения Кн в диапазоне 0.55–0.90 для различных условий. Данный подход обладает очевидными достоинствами - простотой применения и достаточной точностью для усреднённых условий - однако имеет принципиальный недостаток: отсутствие явной зависимости от гранулометрического состава конкретного развала.

Ряд отечественных и зарубежных работ предпринимали попытки установить полуэмпирические корреляции между параметрами БВР и производительностью экскаватора [20, 21]. Исследования Адебайо и Аканде [22] выявили статистически значимую зависимость между удельным расходом взрывчатых веществ и временем цикла черпания, однако прямая связь между гранулометрическим составом и коэффициентом наполнения в этих работах не рассматривалась. Существенным ограничением эмпирических подходов является их привязанность к условиям конкретных объектов, на которых проводились наблюдения. Перенос полученных зависимостей на другие месторождения с иными физико-механическими свойствами пород и другими типами экскаваторов требует дополнительной верификации и нередко даёт неприемлемые погрешности [23].

Аналитические модели упаковки. Теория упаковки полидисперсных смесей, развитая применительно к задачам химической технологии и материаловедения, может быть использована для описания укладки взорванной горной массы в ковше экскаватора. Модель Ю–Стэндиша [24] описывает зависимость порозности смеси от соотношения размеров

ISSN 3030-3907

компонентов и их объёмных долей для сферических частиц. Модель Андреасена [25] связывает порозность непрерывно-распределённой смеси с параметрами гранулометрической кривой.

Принципиальная проблема применения данных моделей к взорванной горной массе состоит в неправильной, угловатой форме кусков породы, существенно отличающейся от идеализированных сфер. Коэффициент формы (сферичность) реальных кусков составляет, как правило, 0.6–0.9, что приводит к систематическому отклонению фактической порозности от теоретических предсказаний [26]. Кроме того, в процессе черпания ковш не просто заполняется пассивно - активный рабочий орган оказывает уплотняющее воздействие на горную массу, дополнительно изменяя её пористость.

Тем не менее аналитические модели укладки обеспечивают качественно верное описание ключевого явления: при введении более мелких фракций в крупнокусковую породу суммарная порозность снижается до некоторого минимума, после чего, при дальнейшем измельчении, начинает возрастать. Этот нелинейный эффект имеет принципиальное значение для оптимизации параметров дробления при буровзрывных работах.

Метод дискретных элементов (DEM). Метод дискретных элементов (DEM), предложенный Кандаллом и Стрэком [27], является на сегодняшний день наиболее мощным инструментом для моделирования взаимодействия горной массы с рабочими органами горных машин. В отличие от эмпирических и аналитических подходов, DEM позволяет в явном виде учитывать форму частиц, их механические свойства, кинематику рабочего органа и граничные условия, тем самым воспроизводя физику процесса черпания с высокой степенью детализации [28, 29].

Применение DEM в задачах горного машиноведения охватывает широкий круг задач: оптимизацию формы ковша скрепера и экскаватора [30], изучение сопротивления копанию при работе в горной массе различной кусковатости [31], анализ процессов разгрузки и пересыпки [32]. Показано, что DEM обеспечивает приемлемое соответствие с физическими экспериментами при условии корректной калибровки контактных параметров модели [33].

Контактная модель Герца–Миндлина, реализованная в большинстве коммерческих пакетов (EDEM, PFC3D, LIGGGHTS), описывает нормальную и тангенциальную составляющие контактной силы между частицами с учётом упругого восстановления и трения [34]. Параметры модели - коэффициент восстановления, статического и кинематического

ISSN 3030-3907

трения - определяются экспериментально для конкретной пары «материал–материал» методом калибровочных испытаний [35].

К ограничениям DEM применительно к задачам экскаваторной погрузки следует отнести значительные вычислительные затраты при моделировании реалистичной горной массы с широким диапазоном размеров кусков. Прямое масштабирование частиц (без укрупнения) для ковша объёмом 10 м³ с медианным куском 100–200 мм потребовало бы сотен тысяч частиц и нескольких суток расчётного времени даже на современных GPU-кластерах. На практике применяются различные методы ускорения: укрупнение частиц с сохранением гранулометрической кривой, коррекция контактных параметров и упрощённые геометрические модели частиц [36].

Суррогатные и гибридные подходы. Значительные вычислительные затраты DEM-моделирования стимулировали развитие суррогатных подходов, при которых дорогостоящие численные расчёты заменяются быстрыми аппроксимирующими моделями. Методы планирования экспериментов, в частности метод Латинского гиперкуба [37], позволяют минимальным числом расчётов охватить многомерное параметрическое пространство.

Для аппроксимации результатов численных экспериментов используются различные методы машинного обучения: регрессия на основе гауссовских процессов [38], радиальные базисные функции, полиномиальный хаос и нейронные сети. Гауссовские процессы особенно привлекательны для инженерных приложений, поскольку наряду с точечной оценкой обеспечивают количественную меру неопределённости прогноза - дисперсию предсказания [39]. Это позволяет идентифицировать области параметрического пространства, требующие дополнительных вычислительных экспериментов.

Гибридный подход «DEM + суррогатная модель» обеспечивает лучшее из двух миров: физически обоснованную базу данных, полученную численным методом, и оперативность предсказания, пригодную для использования в производственных условиях в режиме реального времени [40].

РЕЗУЛЬТАТЫ.

Результатом проведённого анализа является систематизация существующих знаний о влиянии гранулометрического состава взорванной горной массы на показатели экскаваторной погрузки, представленная в настоящем разделе в виде трёх обобщающих блоков: физические закономерности влияния кусковатости на порозность; практические

ISSN 3030-3907

рекомендации по оптимизации буровзрывных работ; специфические особенности медно-порфировых месторождений.

Влияние кусковатости на порозность горной массы. Физические закономерности влияния гранулометрического состава на порозность горной массы качественно хорошо известны. При переходе от монодисперсной крупнокусковой к хорошо сортированной горной массе с широким диапазоном размеров фракций порозность последовательно снижается: мелкие куски заполняют пространство между крупными, увеличивая плотность укладки. Однако при чрезмерном измельчении породы - когда доля мелких фракций становится преобладающей - порозность вновь возрастает в результате сводообразования и арочных эффектов [10].

Данный нелинейный характер зависимости порозности от параметров гранулометрического распределения предполагает существование оптимального гранулометрического состава, при котором порозность минимальна, а масса горной массы в ковше - максимальна. Однако конкретные количественные значения оптимальных параметров существенно зависят от формы кусков породы, геометрии ковша и динамики процесса черпания, что делает необходимым проведение исследований для каждого конкретного объекта и типа оборудования.

Обобщённые рекомендации по оптимизации буровзрывных работ. Принципиальный вывод из анализа опубликованных работ состоит в следующем: традиционная практика максимального измельчения горной массы с целью снижения усилий черпания не является оптимальной с точки зрения массы горной массы за черпак и суммарной производительности экскаватора. Чрезмерное дробление порождает высокопористую массу мелких кусков с низкой насыпной плотностью, что снижает загрузку ковша по массе при его полном заполнении по объёму [21, 22].

Вместе с тем чрезмерно крупное дробление создаёт свои проблемы: увеличивается сопротивление копанию, возрастает вероятность застревания крупных кусков в ковше, увеличивается время цикла и повышается износ режущих кромок [8, 31]. Баланс этих противоположных тенденций определяет рациональный диапазон параметров кусковатости, достижимый средствами управления буровзрывными работами.

Количественная оценка данного баланса требует либо дорогостоящих промышленных экспериментов, либо применения верифицированных расчётных моделей, учитывающих как физику укладки горной массы, так и динамику процесса черпания. Разработка таких моделей является актуальной научной и практической задачей.

ISSN 3030-3907

Специфика медно-порфировых месторождений. Медно-порфировые месторождения, к числу которых относится карьер Кальмакыр, характеризуются рядом особенностей, существенных для рассматриваемой проблемы. Разрабатываемые диоритовые и гранодиоритовые породы отличаются высокой прочностью (σсж = 100–180 МПа) и крепостью (f по шкале Протодьяконова 12–16), что обусловливает высокое сопротивление дроблению и повышенный удельный расход взрывчатых веществ [5, 12].

Крупные размеры добычных блоков (более 15×15×15 м) и значительные объёмы единовременных взрывов (до 1–2 млн м³ горной массы) создают предпосылки для высокой неоднородности гранулометрического состава развала: его верхняя часть, как правило, содержит более крупные куски, чем нижняя, а периферийные зоны существенно отличаются от центральных [13, 16].

Применяемые на карьере экскаваторы ЭКГ-10 с объёмом ковша 10 м³ работают в паре с самосвалами БелАЗ-75131 грузоподъёмностью 130 т. При суммарной производительности карьера более 25 млн т/год даже незначительное увеличение коэффициента наполнения ковша приводит к весомому экономическому эффекту, что определяет высокую практическую ценность задачи оптимизации гранулометрического состава.

ОБСУЖДЕНИЕ.

Систематизация рассмотренных методов позволяет критически оценить их относительные достоинства и ограничения, а также наметить перспективные направления развития исследований. Эмпирический и нормативный подход, будучи наиболее простым в применении, не обеспечивает учёта специфики конкретного гранулометрического состава и даёт значительные погрешности при нестандартных условиях работы. Аналитические модели упаковки, напротив, описывают физически правильные закономерности, но их прямое применение к взорванной горной массе осложнено неправильной формой кусков и активной динамикой процесса черпания. Метод дискретных элементов выделяется среди рассмотренных подходов способностью одновременно учитывать и гранулометрический состав, и форму частиц, и кинематику рабочего органа, однако его практическое использование ограничивается значительными вычислительными затратами.

Проведённый анализ состояния изученности проблемы позволяет выделить четыре перспективных направления дальнейших исследований.

Первое направление - разработка верифицированных DEM-моделей процесса черпания применительно к конкретным типам горнодобывающего оборудования и реальным горно-геологическим условиям. Такие модели

ISSN 3030-3907

должны учитывать неправильную форму кусков породы, широкий диапазон размеров, реальную кинематику ковша и контактные свойства материалов.

Второе направление - установление количественных зависимостей между параметрами гранулометрического распределения (X50, n) и показателями погрузки (порозность, коэффициент наполнения, масса в ковше) на основе систематических вычислительных экспериментов. Такие зависимости должны охватывать широкий диапазон параметров кусковатости и отражать нелинейный характер влияния крупности на порозность.

Третье направление - создание суррогатных предсказательных моделей, позволяющих оперативно прогнозировать показатели погрузки при изменении параметров буровзрывных работ. Интеграция таких моделей в систему управления горным предприятием создаст основу для оперативной оптимизации режимов дробления с учётом текущих горно-геологических условий.

Четвёртое направление - обобщение результатов на ковши различного объёма и различные типы пород, что позволит расширить область применимости получаемых закономерностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Проведённый анализ показывает, что задача количественного прогнозирования влияния гранулометрического состава взорванной горной массы на показатели экскаваторной погрузки является актуальной и не имеет удовлетворительного решения в рамках существующих нормативных и эмпирических подходов. Традиционные справочные методики не позволяют учесть конкретный гранулометрический состав развала и его влияние на насыпную плотность и коэффициент наполнения ковша.

Метод дискретных элементов представляет собой перспективный инструмент для решения данной задачи, однако его практическое применение осложняется значительными вычислительными затратами. Сочетание DEM с методами планирования вычислительных экспериментов и суррогатными моделями машинного обучения открывает путь к созданию эффективных инструментов оперативного прогнозирования.

Показано, что кусковатость взорванной горной массы является управляемым параметром, оптимизация которого способна существенно повысить производительность погрузочного оборудования. Разработка соответствующего методического обеспечения представляет значимую практическую ценность для карьеров, эксплуатирующих крепкие породы, в том числе для медно-порфировых месторождений Центральной Азии.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hustrulid W.A., Kuchta M., Martin R.K. Open Pit Mine Planning and Design. CRC Press, 2013. 1288 p.
2. Darling P. SME Mining Engineering Handbook. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2011. 1840 p.
3. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч. 1. М.: Недра, 1985. 509 с.
4. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ. М.: МГГУ, 2013. 412 с.
5. Анистратов Ю.И. Технология открытых горных работ. М.: Недра, 2008. 420 с.
6. Единые нормы выработки на открытые горные работы. М.: НИИтруда, 2001.
7. Справочник по буровзрывным работам / Под ред. М.Ф. Друкованого. М.: Недра, 1976. 631 с.
8. Jethro M.A., Onyemaobi O.O., Xiao Z. Optimizing fragmentation for efficient loading // International Journal of Mining Science and Technology. 2022. Vol. 32(4). P. 717–728.
9. Desmond K.W., Weeks E.R. Random close packing of disks and spheres // Physical Review E. 2009. Vol. 80(5). 051305.
11. Yu A.B., Standish N. Porosity calculations of multi-component mixtures // Powder Technology. 1991. Vol. 65(1-3). P. 241–251.
12. Dias R.P. et al. Particulate binary mixtures: packing porosity // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2004. Vol. 43(24). P. 7912–7919.
13. Wills B.A., Finch J.A. Wills' Mineral Processing Technology. Butterworth-Heinemann, 2016. 512 p.
14. Sanchidrián J.A., Ouchterlony F. Distribution-free description of fragmentation // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2017. Vol. 50(4). P. 781–806.
15. Rosin P., Rammler E. The laws governing the fineness of powdered coal // Journal of the Institute of Fuel. 1933. Vol. 7. P. 29–36.
16. Cunningham C.V.B. The Kuz-Ram fragmentation model – 20 years on // Brighton Conference Proceedings. 2005. P. 201–210.
17. Lilly P.A. An empirical method of assessing rock mass blastability // Proceedings of the Large Open Pit Mining Conference. 1986. P. 89–92.
18. Jang H., Topal E. Optimizing oversize blast fragmentation // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2020. Vol. 128. 104248.
19. Единые нормы выработки на открытые горные работы для экскаваторов. М.: НИИтруда, 2001.

ISSN 3030-3907

20. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ. Т. 1. М.: МГГУ, 2013.
21. Adebayo B., Akande J.M. Effect of rock fragmentation on productivity // Journal of Mining World Express. 2015. Vol. 4(1). P. 1–8.
22. Singh S.P., Abdul H. Investigation of blast design parameters // Proceedings of the 12th ISRM Congress. 2012. P. 1–7.
23. Adebayo B. Statistical analysis of blast fragmentation and shovel productivity // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2018. Vol. 118(2). P. 145–152.
24. Oraee K., Sari M. Fragmentation measurements using image analysis // Mining Technology. 2005. Vol. 114(1). P. 1–9.
25. Yu A.B., Standish N. Analytical-parametric theory of random packing // Powder Technology. 1988. Vol. 55(3). P. 171–186.
26. Andreasen A.H.M. Über die Beziehung zwischen Kornabstufung und Zwischenraum // Kolloid-Zeitschrift. 1930. Vol. 50(3). P. 217–228.
27. Gan J., Zhou Z., Yu A. DEM simulation on the packing of fine ellipsoids // Chemical Engineering Science. 2016. Vol. 156. P. 64–76.
28. Cundall P.A., Strack O.D.L. A discrete numerical model for granular assemblies // Géotechnique. 1979. Vol. 29(1). P. 47–65.
29. Cleary P.W. Large scale industrial DEM modelling // Engineering Computations. 2004. Vol. 21(2/3/4). P. 169–204.
30. Coetzee C.J. Review: Calibration of the discrete element method // Powder Technology. 2017. Vol. 310. P. 104–142.
31. Nezami E.G. et al. Simulation of front end loader bucket-soil interaction // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. 2007. Vol. 31(9). P. 1147–1162.
32. Coetzee C.J., Els D.N.J. Discrete element parameter calibration and dragline bucket filling // Journal of Terramechanics. 2010. Vol. 47(1). P. 33–44.
33. Curry D. et al. DEM simulation of transfer chute performance // Powder Technology. 2023. Vol. 415. 118094.
34. Grima A.P., Wypych P.W. Calibration methods for discrete element modelling // Granular Matter. 2011. Vol. 13(2). P. 127–132.
35. Tsuji Y. et al. Lagrangian numerical simulation of plug flow // Powder Technology. 1992. Vol. 71(3). P. 239–250.
36. Obermayr M. et al. A bonded-particle model for cemented sand // Computers and Geotechnics. 2013. Vol. 49. P. 299–313.
37. Cleary P.W. DEM modelling of particulate flow in a screw feeder // Progress in Computational Fluid Dynamics. 2007. Vol. 7(2-4). P. 128–138.

ISSN 3030-3907

38. McKay M.D. et al. Selecting values of input variables // Technometrics. 1979. Vol. 21(2). P. 239–245.
39. Rasmussen C.E., Williams C.K.I. Gaussian Processes for Machine Learning. MIT Press, 2006. 248 p.
40. Forrester A.I.J., Keane A.J. Recent advances in surrogate-based optimization // Progress in Aerospace Sciences. 2009. Vol. 45(1-3). P. 50–79.
41. Yondo R. et al. A review on design of experiments and surrogate models // Progress in Aerospace Sciences. 2018. Vol. 96. P. 23–61.

ISSN 3030-3907

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И МЕХАНИЗМА ДЕЙСТВИЯ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО ГРАНОДИОРИТА КАРАТАУСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТАХ

Кабулова Л.Б.
Нукусский государственный педагогический институт
Оразимбетова Г.Ж.
Андижанский государственный технический институт
Темирбаева Ж.М.
Нукусский государственный технический университет

Аннотация. Методами рентгенофазового анализа (XRD) и инфракрасной спектроскопии (FTIR-ATR) изучен фазовый состав и механизм действия гранодиорита Каратауского месторождения в композиционных цементах. Установлено, что доминирующей фазой является α-кварц (d = 0,334 нм). С увеличением дозировки добавки (10-40 %) наблюдается снижение содержания портландита и рост интенсивности аморфного гало C-S-H-геля, что свидетельствует о пуццолановой активности. Стабильные полосы α-кварца подтверждают его роль инертного микронаполнителя. Таким образом, механоактивированный гранодиорит проявляет комбинированное действие: пуццолановая активность + микронаполнение.

Ключевые слова: гранодиорит, α-кварц, портландит, C-S-H-гель, пуццолановая реакция, рентгенофазовый анализ (XRD), ИК-спектроскопия (FTIR-ATR).

Abstract. The phase composition and mechanism of action of mechanically activated granodiorite from the Karatau deposit in composite Portland cements were studied by X-ray diffraction (XRD) and FTIR-ATR spectroscopy. It was established that the dominant phase is α-quartz. With an increase in the additive dosage (10-40 %), a decrease in portlandite content and an increase in the intensity of the amorphous halo of C-S-H gel were observed, indicating pozzolanic activity. The stable bands of α-quartz confirm its role as an inert microfiller. Thus, mechanically activated granodiorite exhibits a combined pozzolanic and microfilling effect.

Keywords: granodiorite, α-quartz, portlandite, C-S-H gel, pozzolanic reaction, X-ray diffraction, FTIR-ATR spectroscopy.

Annotatsiya. Rentgenofazaviy tahlil (XRD) va infraqizil spektroskopiya (FTIR-ATR) usullari yordamida Qoratog‘ konining mexanoaktivlashtirilgan granodioritining kompozitsion portlandtsementlardagi fazaviy tarkibi va harakat mexanizmi o‘rganildi. Dominant faza α-kvars ekanligi aniqlandi. Qo‘shimcha dozasining ortishi (10-40 %) bilan portlandit miqdori kamayishi va C-S-H

ISSN 3030-3907

gelining amorf halosi intensivligining ortishi kuzatildi, bu puzolan reaksiyasining borligini tasdiqlaydi. α-kvarsning barqaror polosalari uning inert mikrotoldiruvchi sifatidagi rolini tasdiqlaydi. Shunday qilib, mexanoaktivlashtirilgan granodiorit puzolanlik va mikrotoldiruvchi ta'sirining kombinatsiyasini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: granodiorit, α-kvars, portlandit, C-S-H geli, puzolan reaksiyasi, rentgenofazaviy tahlil, IQ-spektroskopiya.

ВВЕДЕНИЕ.

В условиях глобального перехода цементной промышленности к низкоуглеродным технологиям одной из ключевых задач является снижение клинкерного фактора за счёт частичной замены портландцементного клинкера активными минеральными добавками природного происхождения [1]. Перспективным сырьём для таких добавок являются кислые магматические породы, богатые кремнезёмом, в частности гранодиорит.

Зарубежными исследованиями, проведёнными в Египте в 2024-2025 гг., установлено, что отходы гранодиорита проявляют выраженную пуццолановую активность. Fathy et al. [2] показали, что при замене 7 % портландцемента тонкодисперсным гранодиоритом прочность на сжатие возрастает на 28,3 %. Mahmoud et al. [3] подтвердили сохранение повышенной прочности даже после термического воздействия до 800 °C.

В настоящей работе впервые проведено комплексное исследование фазового состава и механизма действия механоактивированного гранодиорита Каратауского месторождения (Республика Каракалпакстан, Узбекистан) в композиционных портландцементах.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании фазового состава, оценке гидратационной (пуццолановой) активности и выявлении механизма действия механоактивированного гранодиорита в составе цементного камня комплексом физико-химических методов – рентгенофазового анализа и инфракрасной спектроскопии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Объектом исследования являлся природный гранодиорит Каратауского месторождения. Химический состав гранодиорита (табл. 1) определяли по ГОСТ 5382-2019 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа» [8]. Соответствие гранодиорита требованиям, предъявляемым к активным минеральным добавкам, оценивали согласно Oz DSt 336:2024 «Добавки для цементов. Активные минеральные добавки и добавки-наполнители. Технические условия» [9].

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Химический состав гранодиорита Каратауского месторождения (масс. %)

SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	SO_3	R_2O	ППП	Сумма
68,4	15,3	4,79	3,42	0,9	0,34	3,52	4,0	99,8

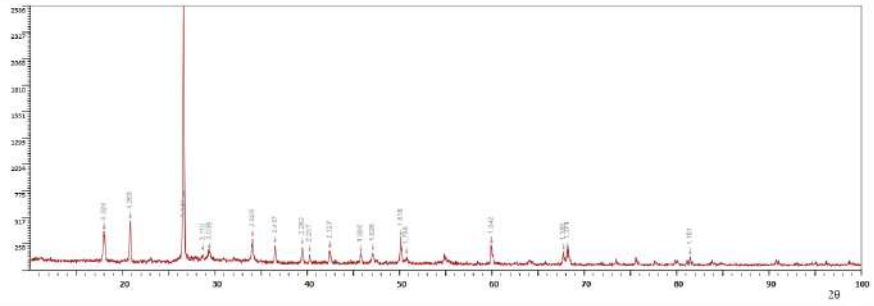
*Примечание – R_2O рассчитано как сумма K_2O, Na_2O, TiO_2, P_2O_5, Cl, SrO, BaO (в пересчёте на оксиды). ППП — потери при прокаливании при 1000°C.

По нормативному пересчёту, потенциальный минеральный состав гранодиорита характеризуется преобладанием кварца (31 %), плагиоклаза (44 %) и ортоклаза (14 %).

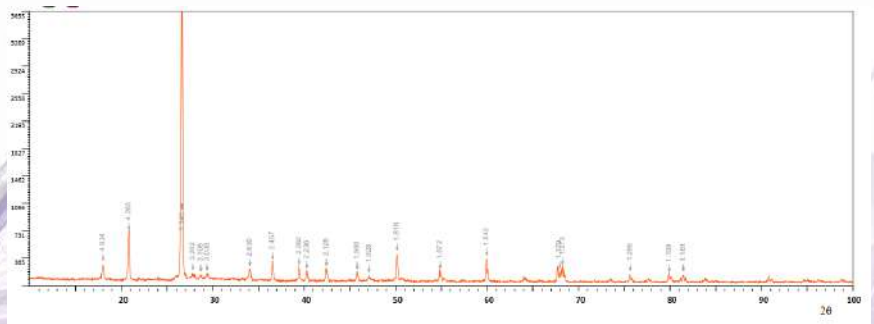
Высокое содержание реакционноспособного кремнезёма (сумма SiO_2 + Al_2O_3 ≈ 83,7 %) в сочетании с практически полным отсутствием Na_2O (0,03 %) и MgO исключает риск щелочно-силикатной реакции.

Механическая активация гранодиорита проводилась совместным помолом с клинкером и гипсом в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности 450-550 $м^2$/кг. Композиционные цементы готовили с содержанием добавки 10, 20, 30 и 40 % (составы П-4, П-3, П-2, П-1 соответственно). Контрольный состав – 95 % клинкера + 5 % гипса.

Рентгенофазовый анализ (XRD). Исследования выполнены на дифрактометре с CuKα-излучением (λ = 1,541874 Å) в диапазоне 2θ = 10-100°, шаг 0,020°. Идентификация фаз проводилась с использованием базы COD-Inorg и подтверждена справочными данными ICDD PDF-2 [4] и литературой [5, 6].

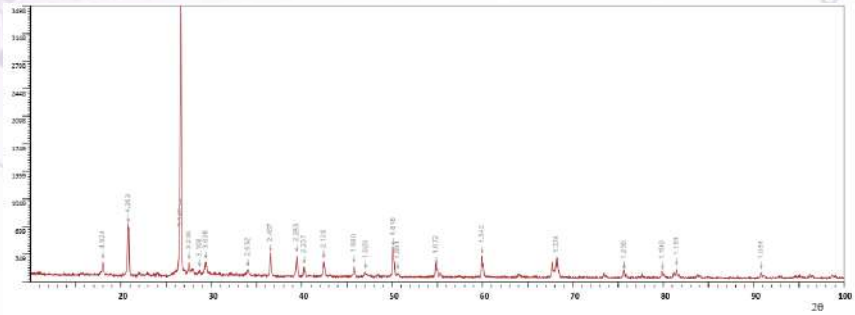


а



б

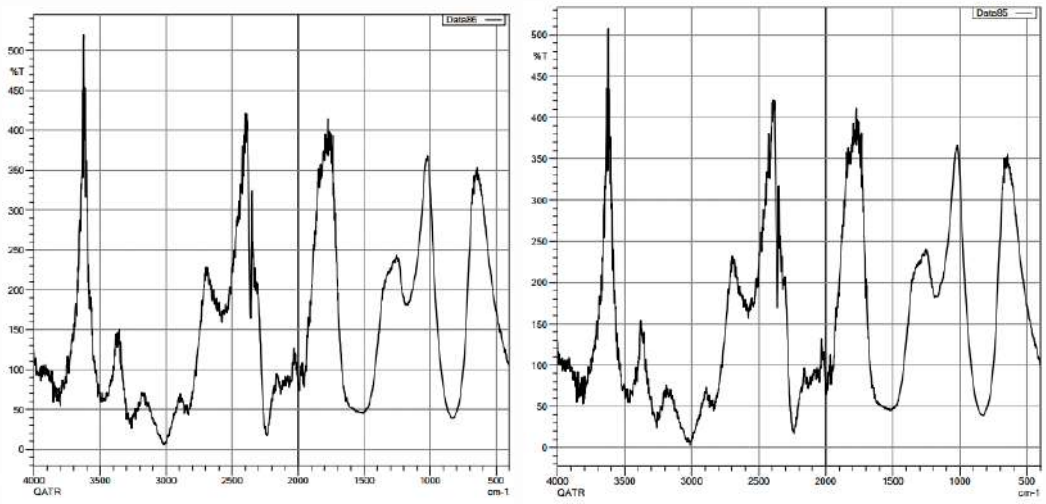
ISSN 3030-3907



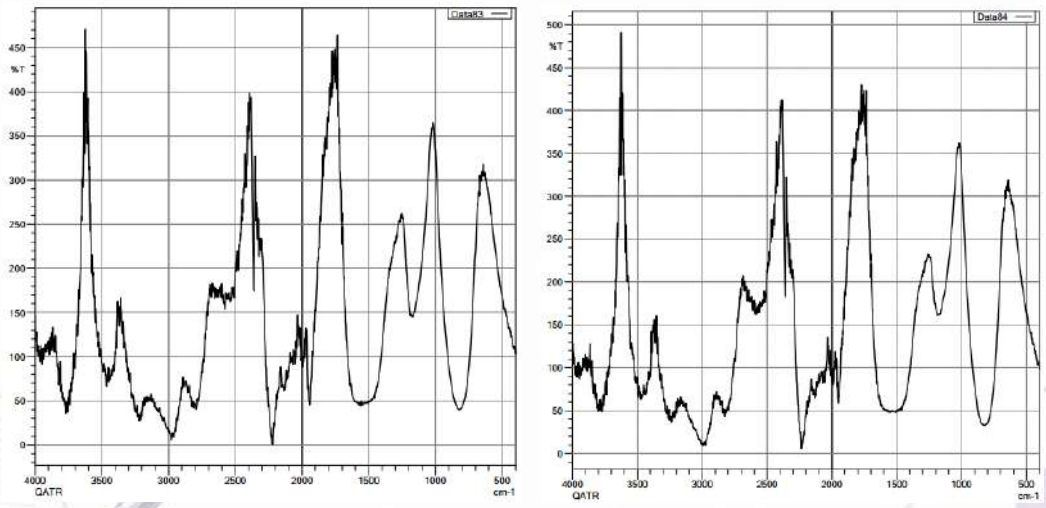
в

Рис. 1. Дифрактограммы композиционных цементов с различными содержанием гранодиорита

ИК-спектроскопия (FTIR-ATR). Спектры зарегистрированы на Фурье-спектрометре Shimadzu в диапазоне 4000-400 $см^{-1}$ с разрешением 4 $см^{-1}$ (45 сканов, приставка ATR) [4, 6, 7].



а б



в г

Рисунок 2. ИК-спектроскопия композиционных цементов, содержащих 10 % (а), 20 % (б), 30 % (в) и 40 % (г) добавки гранодиорит

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

ISSN 3030-3907

На дифрактограммах всех составов (рис. 1) доминирующей кристаллической фазой является α-кварц. Главный рефлекс зарегистрирован при d = 0,3343-0,3346 нм. Дополнительно идентифицированы рефлексы плагиоклаза (d = 0,404 нм и d = 0,322-0,321 нм).

Портландит $Ca(OH)_2$ идентифицирован по рефлексу d = 0,4915-0,4918 нм. С ростом содержания гранодиорита от 10 до 40 % интенсивность этого рефлекса закономерно снижается (рис. 1, кривые а-г). Аморфное гало в области d ~ 0,28-0,32 нм, соответствующее C-S-H-гелю, напротив, усиливается.

Стабильные и интенсивные рефлексы α-кварца при всех дозировках указывают на то, что основная часть добавки сохраняет кристаллическую структуру и выполняет роль инертного микронаполнителя. Одновременное снижение пика портландита и рост аморфного гало подтверждают протекание пуццолановой реакции [4, 5, 6]:

$$SiO_{2(гранодиорит)} + Ca(OH)_2 + H_2O \rightarrow C\text{-}S\text{-}H\ (низкоосновный,\ Ca/Si < 1,5)$$

На рисунке 2 представлены ИК-спектры композиционных цементов. В ИК-спектрах всех образцов идентифицированы характеристические полосы портландита (3640 $см^{-1}$), C-S-H-геля (1000-1100 $см^{-1}$) и α-кварца (798, 778, 695 $см^{-1}$).

С увеличением дозировки гранодиорита от 10 до 40 % наблюдается закономерное снижение интенсивности полосы портландита (3640 $см^{-1}$) и усиление полос C-S-H-геля (1000-1100 $см^{-1}$). Диагностические полосы α-кварца (798, 778, 695 $см^{-1}$) сохраняются и усиливаются пропорционально содержанию добавки (рис. 2, кривые а-г).

На основании комплекса методов рентгенофазового анализа и инфракрасной спектроскопии установлено, что механоактивированный гранодиорит в цементном камне проявляет комбинированное действие:

- Физический эффект (микронаполнение): стабильные интенсивные рефлексы α-кварца при всех дозировках (рис. 1) и пропорциональное усиление его диагностических полос (798, 778, 695 $см^{-1}$) в ИК-спектрах (рис. 2) подтверждают, что тонкодисперсные частицы заполняют пустоты и уплотняют структуру.

- Химический эффект (пуццолановая активность): снижение рефлекса портландита (d=0,491 нм) и его ИК-полосы (3640 $см^{-1}$), а также рост аморфного гало (d ~ 0,28-0,32 нм) и усиление полос C-S-H-геля (1000-1100 $см^{-1}$) доказывают протекание пуццолановой реакции.

ВЫВОДЫ.

ISSN 3030-3907

1. Методом рентгенофазового анализа установлено, что доминирующей кристаллической фазой во всех составах является α-кварц (главный рефлекс d = 0,334 нм, I/I_0=1000), что подтверждено справочными данными ICDD PDF-2 [4].

2. С ростом дозировки гранодиорита от 10 до 40 % интенсивность рефлекса портландита (d = 0,491 нм) закономерно снижается, а аморфное гало C-S-H-геля (d ~ 0,28-0,32 нм) усиливается, что доказывает протекание пуццолановой реакции.

3. Методом инфракрасной спектроскопии подтверждено снижение интенсивности полосы портландита (3640 $см^{-1}$) и усиление полос C-S-H-геля (1000-1100 $см^{-1}$) при увеличении дозировки добавки.

4. Стабильные рефлексы (XRD) и диагностические полосы α-кварца (798, 778, 695 $см^{-1}$) при всех дозировках указывают на дополнительную роль гранодиорита как инертного микронаполнителя.

5. Таким образом, механоактивированный гранодиорит Каратауского месторождения проявляет комбинированное действие: пуццолановая активность + микронаполнение, что подтверждено комплексом независимых методов рентгенофазового анализа и инфракрасной спектроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Scrivener K.L., John V.M., Gartner E.M. Eco-efficient cements // Cement and Concrete Research. 2018. Vol. 114. P. 2-26.
2. Fathy I.N., El-Sayed M.A., Hassan M.S., et al. Recycling of Waste Granodiorite Powder... // Advances in Materials Science. 2024. Vol. 24, No.2. P. 45-58. DOI: 10.2478/adms-2024-0017.
3. Mahmoud A.A., Abdelrahman H.A., El-Gammal M.I., et al. Influence of Elevated Temperature... // Scientific Reports. 2025. Vol. 15, No.1. Art. 12345. DOI: 10.1038/s41598-024-85043-2.
4. ICDD PDF-2 (2020). International Centre for Diffraction Data, Newtown Square, PA, USA.
5. Горшков, В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ : учеб. пособие / В. С. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
6. Taylor H.F.W. Cement Chemistry. 2nd ed. London: Thomas Telford, 1997. 459 p.
7. Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических соединений. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
8. ГОСТ 5382-2019. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа. – М.: Стандартинформ, 2019.

ISSN 3030-3907

9. O‘z DSt 336:2024. Добавки для цементов. Активные минеральные добавки и добавки-наполнители. Технические условия. – Т.: Узстандарт, 2024.

ISSN 3030-3907

УДК 544.183:547.1:546.72

DFT-АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ТАУТОМЕРНЫХ ФОРМ ФЕРРОЦЕНСОДЕРЖАЩИХ ГИДРАЗОНОВ

Сулаймонова Зилола Абдурахмановна
PhD, доцент Бухарского государственного университета
E-mail: sulaymonovaza@mail.ru
Кодирова Зулфия Кобиловна
Доцент Бухарского государственного университета

Аннотация. Целью данного исследования является определение энергетической стабильности различных таутомерных форм ферроценсодержащих гидразонов с использованием квантово-химических методов. В работе применен метод теории функционала плотности (DFT) с использованием функционала B3LYP и базисного набора 6-31G(d,p). В результате расчетов проведена геометрическая оптимизация основных таутомерных форм (кето-иминной, енол-азо, дикето и гидразо), а также определены их полные энергии, относительные энергетические различия, дипольные моменты и распределение электронной плотности. Полученные результаты показали, что устойчивость таутомерных форм определяется внутримолекулярными водородными связями и степенью π-конъюгации. Наиболее стабильные формы характеризуются минимальными значениями энергии и меньшим HOMO–LUMO разрывом. Сделан вывод о том, что результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования координационной способности ферроценсодержащих лигандов и целенаправленного синтеза новых комплексных соединений.

Ключевые слова: таутомерия, DFT расчеты, энергетическая стабильность, квантово-химическое моделирование, HOMO–LUMO.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotning maqsadi ferrosen saqlovchi gidrazonlarning turli tautomer shakllarining energetik barqarorligini kvant-kimyoviy usullar yordamida aniqlashdan iborat. Tadqiqotda zichlik funksional nazariyasi (DFT) asosida B3LYP funksionali va 6-31G(d,p) bazis to‘plamidan foydalanildi. Hisoblashlar natijasida asosiy tautomer shakllar (keto-imin, enol-azo, diketo va gidrazo) uchun geometriya optimallashtirildi hamda ularning umumiy energiyasi, nisbiy energiya farqlari, dipol momentlari va elektron zichlik taqsimoti aniqlandi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, tautomer shakllarning barqarorligi molekula ichidagi vodorod bog‘lari hamda π-kon’yugatsiya darajasi bilan belgilanadi. Eng barqaror shakllar eng past energiyaga ega bo‘lib, kichik HOMO–LUMO energiya farqi bilan tavsiflanadi. Tadqiqot natijalari ferrotsen asosidagi ligandlarning

ISSN 3030-3907

koordinatsion xossalarini oldindan baholash va yangi kompleks birikmalarni maqsadli sintez qilish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: tautomerizm, DFT hisoblashlar, energetik barqarorlik, kvant-kimyoviy modellashtirish, HOMO–LUMO.

Abstract. The aim of this study is to determine the energy stability of different tautomeric forms of ferrocene-containing hydrazones using quantum chemical methods. Density functional theory (DFT) calculations were performed employing the B3LYP functional with the 6-31G(d,p) basis set. As a result, the geometries of the main tautomeric forms (keto–imine, enol–azo, diketo, and hydrazo forms) were optimized, and their total energies, relative energy differences, dipole moments, and electron density distributions were evaluated. The obtained results indicate that the stability of tautomeric forms is governed by intramolecular hydrogen bonding and the extent of π-conjugation. The most stable forms are characterized by the lowest total energies and smaller HOMO–LUMO energy gaps. It is concluded that the results can be used to predict the coordination behavior of ferrocene-based ligands and to guide the rational design of new coordination compounds.

Keywords: tautomerism, DFT calculations, energy stability, quantum chemical modeling, HOMO–LUMO.

ВВЕДЕНИЕ.

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к ферроценсодержащим соединениям, что обусловлено их уникальными структурными, электронными и координационными свойствами. Особое место среди них занимают гидразоны, обладающие выраженной способностью к комплексообразованию, а также проявляющие широкий спектр биологической и каталитической активности. Наличие подвижного протона и сопряжённой системы связей в структуре гидразонов обусловливает возможность существования различных таутомерных форм, таких как кето-иминная, енол-азо, дикето- и гидразо-формы.

Несмотря на наличие экспериментальных данных по синтезу и спектроскопическому исследованию ферроценсодержащих гидразонов, вопросы, связанные с их таутомерным равновесием и энергетической стабильностью различных форм, остаются недостаточно изученными. В частности, отсутствует систематический квантово-химический анализ влияния электронной структуры, внутримолекулярных водородных связей и степени π-конъюгации на устойчивость отдельных таутомеров. Это затрудняет прогнозирование реакционной способности и координационных свойств данных соединений.

ISSN 3030-3907

В связи с этим целью настоящего исследования является квантово-химическое изучение энергетической стабильности таутомерных форм ферроценсодержащих гидразонов с использованием методов теории функционала плотности (DFT). Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: проведение геометрической оптимизации различных таутомерных форм; расчет их энергетических характеристик; анализ распределения электронной плотности и дипольных моментов; а также установление факторов, определяющих их относительную устойчивость.

Полученные результаты направлены на углубление представлений о природе таутомерии ферроценсодержащих гидразонов и могут служить теоретической основой для направленного синтеза новых координационных соединений с заданными свойствами.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.

Ферроцен и его производные на протяжении последних десятилетий привлекают значительное внимание исследователей благодаря их уникальным электрохимическим, структурным и координационным свойствам. Введение функциональных групп, в частности гидразонного фрагмента, существенно расширяет область применения ферроценсодержащих соединений, включая создание координационных комплексов, катализаторов и биологически активных веществ [1-5]. Гидразоны характеризуются наличием подвижного протона и сопряжённой π-системы, что обуславливает их способность к таутомерным превращениям [6, 7].

Согласно литературным данным, для гидразонов наиболее характерны кето-иминная, енол-азо и гидразо формы, находящиеся в динамическом равновесии. Установлено, что положение этого равновесия зависит от природы заместителей, растворителя, а также внутримолекулярных водородных связей и степени π-конъюгации. В ряде работ показано, что таутомерная форма существенно влияет на координационную способность лигандов и геометрию образующихся комплексов [8-14].

В то же время, несмотря на наличие экспериментальных исследований, посвящённых ИК- и ЯМР-спектроскопии ферроценсодержащих гидразонов, систематические квантово-химические исследования их таутомерного равновесия представлены ограниченно [15-18]. Особенно недостаточно изучены вопросы сравнительной энергетической стабильности различных таутомерных форм и влияния электронной структуры на их устойчивость. Это обуславливает

ISSN 3030-3907

необходимость применения современных теоретических методов для более глубокого понимания данных процессов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Квантово-химические расчёты выполнены с использованием методов теории функционала плотности (DFT), которые являются эффективным инструментом для исследования электронной структуры и энергетических характеристик органических и металлоорганических соединений. Геометрическая оптимизация всех рассматриваемых таутомерных форм ферроценсодержащих гидразонов проводилась без наложения симметрийных ограничений с использованием гибридного функционала B3LYP и базисного набора 6-31G(d,p).

Для каждой оптимизированной структуры рассчитывались полные энергии, относительные энергетические различия, дипольные моменты и распределение электронной плотности. Стабильность полученных структур подтверждалась отсутствием мнимых частот в спектрах колебаний, что свидетельствует о достижении истинного минимума на потенциальной поверхности энергии.

Дополнительно был проведён анализ граничных молекулярных орбиталей (HOMO и LUMO) с целью оценки реакционной способности и электронной стабильности различных таутомерных форм. Разность энергий HOMO–LUMO использовалась в качестве одного из критериев оценки устойчивости исследуемых соединений.

Все расчёты выполнены с использованием современных квантово-химических программных пакетов, а полученные результаты обработаны и визуализированы с применением специализированных программ анализа молекулярных структур.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

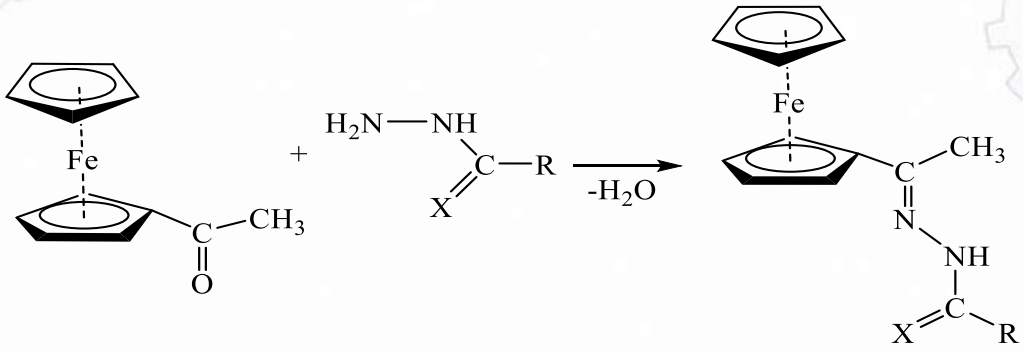
Синтез бензоилгидразона моноацетилферроцена. Моноацетилферроцен (11.4 г, 0.05 моль) растворяли в 40 мл этанола. Отдельно в 30 мл этанола растворяли бензоилгидразид (6.8 г, 0.05 моль). Растворы смешивали в круглодонной колбе и кипятили с обратным холодильником в течение 4 часов, после чего смесь оставляли при комнатной температуре на 3 суток для кристаллизации. Образовавшийся коричневый осадок фильтровали и дважды промывали этанолом. Для очистки продукт перекристаллизовывали из смеси этанола и диметилсульфоксида (10 мл этанола + 6 мл ДМСО). В результате получали коричневый мелкокристаллический порошок с выходом 63% и температурой плавления 132–134 °C.

ISSN 3030-3907

Аналогично были синтезированы ацил- и фенилуксусной-гидразоны по той же методике.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Для расширения линии бидентатных хелатирующих лигандных систем, содержащих ферроценовые фрагменты, конденсацией моноацетилферроцена с уксусной, бензойной и фенилуксусной кислотами синтезированы новые лиганды HL^1–HL^3 (рис.-1). Изучены реакции конденсации и таутомерные поведения продуктов реакции гидразидов монокарбоновых кислот с ацетилферроценом (МАФ) [19-21]:



X=O: R=CH_3 (HL^1), C_6H_5 (HL^2), C_6H_5-CH_2 (HL^3). **I**

Рис.-1. Схема конденсации моноацетилферроцена с гидразидами карбоновых кислот как способ получения гидразонных лигандов (HL^1–HL^3).

В настоящем исследовании проведён сравнительный квантово-химический анализ таутомерных форм ферроценсодержащих ацил-, бензоил- и фенилуксусных гидразонов. Выбор данных соединений обусловлен различием их электронных и структурных характеристик, что позволяет выявить влияние заместителей на энергетическую стабильность таутомерных форм.

Для всех исследуемых соединений были рассмотрены основные таутомерные формы: кето-иминная (A), енол-азо (B), дикето (C) и гидразо (D). Геометрическая оптимизация показала, что все формы являются энергетически допустимыми структурами, однако их относительная устойчивость существенно различается.

Результаты расчётов показали, что для ацилгидразона наиболее стабильной является кето-иминная форма (A), что обусловлено образованием устойчивой внутримолекулярной водородной связи типа N–H···O и эффективной π-конъюгацией. Енол-азо форма (B) характеризуется несколько более высокой энергией, тогда как дикето- и гидразо-формы являются наименее стабильными.

ISSN 3030-3907

В случае бензоилгидразона наблюдается усиление стабилизации енол-азо формы за счёт дополнительной делокализации электронной плотности в ароматическом кольце. Это приводит к уменьшению энергетического разрыва между кето-иминной и енол-азо формами, что свидетельствует о возможном смещении таутомерного равновесия. Наличие фенильного заместителя способствует увеличению π-конъюгации и стабилизации альтернативных таутомерных форм.

Для фенилуксусного гидразона установлено, что влияние ароматического фрагмента ослабляется за счёт метиленовой группы, разрывающей сопряжение. В результате кето-иминная форма вновь становится доминирующей по энергетической стабильности, тогда как енол-азо форма менее выгодна по сравнению с бензоилпроизводным.

Анализ граничных молекулярных орбиталей показал, что наиболее стабильные таутомерные формы характеризуются меньшим значением энергетического зазора HOMO–LUMO, что указывает на их более высокую электронную устойчивость. При этом распределение электронной плотности свидетельствует о значительной роли донорно-акцепторных взаимодействий в стабилизации системы.

Таким образом, установлено, что природа заместителя оказывает существенное влияние на энергетическую стабильность таутомерных форм ферроценсодержащих гидразонов. Усиление π-конъюгации (в бензоильных производных) способствует стабилизации альтернативных форм, тогда как разрыв сопряжения (в фенилуксусных производных) приводит к доминированию кето-иминной структуры. Полученные результаты хорошо согласуются с известными экспериментальными данными и могут быть использованы для направленного синтеза координационных соединений с заданными свойствами (таблица 1).

Таблица 1.

Квантово-химические параметры таутомерных форм ферроценсодержащих гидразонов (B3LYP/6-31G(d,p))

Соединение	Таутомерная форма	ΔE (кДж/моль)	μ (D)	HOMO (эВ)	LUMO (эВ)	ΔE(H–L) (эВ)
HL^1	A (кето-имин)	0.00	3.25	-5.82	-2.14	3.68
	B (енол-азо)	6.45	4.10	-5.65	-2.05	3.60
	C (дикето)	14.2	2.80	-5.95	-2.30	3.65
	D (гидразо)	18.75	3.95	-5.50	-1.90	3.60
HL^2	A (кето-имин)	0.00	3.60	-5.75	-2.20	3.55
	B (енол-азо)	2.10	4.50	-5.60	-2.15	3.45

ISSN 3030-3907

	C (дикето)	11.80	3.10	-5.85	-2.35	3.50
	D (гидразо)	15.40	4.20	-5.45	-2.00	3.45
HL^3	A (кето-имин)	0.00	3.40	-5.80	-2.18	3.62
	B (енол-азо)	5.30	4.20	-5.62	-2.10	3.52
	C (дикето)	13.50	2.95	-5.90	-2.28	3.62
	D (гидразо)	17.10	4.05	-5.48	-1.95	3.53

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В настоящей работе методом теории функционала плотности (DFT) проведено комплексное исследование энергетической стабильности таутомерных форм ферроценсодержащих ацил-, бензоил- и фенилуксусных гидразонов. Выполнена геометрическая оптимизация возможных таутомерных структур и рассчитаны их энергетические и электронные характеристики.

Установлено, что для всех исследуемых соединений наиболее энергетически выгодной является кето-иминная форма, что обусловлено наличием внутримолекулярных водородных связей и эффективной π-конъюгации. Показано, что природа заместителя существенно влияет на распределение электронной плотности и положение таутомерного равновесия. В частности, бензоильный фрагмент способствует стабилизации енол-азо формы за счёт усиления сопряжения, тогда как наличие метиленовой группы в фенилуксусных производных приводит к ослаблению данного эффекта и стабилизации кето-иминной формы.

Анализ граничных молекулярных орбиталей показал, что наиболее стабильные таутомеры характеризуются меньшим значением энергетического зазора HOMO–LUMO, что свидетельствует об их повышенной электронной устойчивости. Полученные результаты хорошо согласуются с теоретическими представлениями о природе таутомерии гидразонов и подтверждают важную роль донорно-акцепторных взаимодействий и π-конъюгации.

Таким образом, проведённое квантово-химическое исследование позволяет глубже понять закономерности таутомерии ферроценсодержащих гидразонов и может служить теоретической основой для прогнозирования их координационных свойств и направленного синтеза новых функциональных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Basaran E., Sogukomerogullari H.G., Muhammed M.T., Akkoc S. Synthesis of novel Cu(II), Co(II), Fe(II), and Ni(II) hydrazone metal complexes: spectroscopic, DFT, molecular docking, and MD simulation studies // *ACS*

ISSN 3030-3907

Omega. – 2024. – Vol. 9, No. 38. – P. 40172–40181. – DOI: 10.1021/acsomega.4c06202.

2. Çalişkan Ş.G. DFT, molecular docking, bioactivity and ADME analyses of vic-dioxim ligand containing hydrazone group and its Zn(II) complex // *Current Computer-Aided Drug Design*. – 2024. – Vol. 20, No. 3. – P. 264–273. – DOI: 10.2174/1573409919666230503094400.

3. Haroon M., Akhtar T., Shaikh Q., et al. Facile synthesis and DFT analysis of novel thiazole-based hydrazones // *ACS Omega*. – 2023. – Vol. 8, No. 30. – P. 27488–27499. – DOI: 10.1021/acsomega.3c03088.

4. Sakr M.A.S., Sherbiny F.F., El-Etrawy A.S. Hydrazone-based materials: DFT, TD-DFT, NBO analysis and applications // *Journal of Fluorescence*. – 2022. – Vol. 32. – P. 1857–1871. – DOI: 10.1007/s10895-022-03000-6.

5. İşler E., Zülfikaroğlu A., Vural H., Dege N. Synthesis, spectroscopic analyses and DFT calculations of Pd(II) hydrazone complex // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. – 2022. – Vol. 736. – P. 72–92. – DOI: 10.1080/15421406.2021.1975375.

6. (Mualliflar guruhi) Synthesis, spectroscopic and electronic structure analyses, DFT studies of isatin hydrazone derivatives // *Journal of Molecular Structure*. – 2025. – Vol. 1327. – Art. 141150. – DOI: 10.1016/j.molstruc.2024.141150.

7. El Alaoui N.-E., Boulhaoua M., Hutai D., et al. Synthetic and DFT modeling studies on ferrocene-containing compounds // *Catalysts*. – 2022. – Vol. 12, No. 6. – Art. 578. – DOI: 10.3390/catal12060578.

8. Sulaymonova Z.A., Umarov B.B., Choriyeva S.A., Navruzova M.B. Synthesis of Complexes Based On Monocarbonyl Ferrocene Derivatives with Carbonic Acid Hydrases // International Journal of Academic Pedagogical Research (IJAPR). - 2021. - Vol. 5. - C. 134-137.

9. Sulaymonova Z.A., Kodirova Z.Q., Xudoynazarova G.A. Synthesis and spectroscopic study of complex compounds of some 3D metals with the condensation product of 1-ferrocenylbutanedione-1,3 and succinic acid dihydrozide // Journal Materials Today: Proceedings, 2214-7853/ 2023 Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.574

10. Sulaymonova Z.A., Umarov B.B., Kadirova Z.Q., Xudoyarova E.A., Babamurodova N.J. Thermal behavior of ferrocenoylacetone benzoylhydrazone and its complex with copper(II) ion // Journal European Chemical Bulletin. 2023. Vol. 3. №12. P.2099-2112. doi: 10.31838/ecb/2023.12.3.152

ISSN 3030-3907

ЮҚОРИ ГАРМОНИКА ТАШКИЛ ЭТУВЧИЛАР МАНБАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ КОНЧИЛИК КОРХОНАЛАРИНИНГ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИГА ТАЪСИРЛАРИНИ ТАҲЛИЛИ.

Бойназаров Ғайрат Ғуломович
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети, катта ўқитувчи;
E-mail: boynazarovg@inbox.ru
Товбаев Акрам Нурмонович
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети, в.профессор;
E-mail: tovboyev70@mail.ru
Тоғаев Ислом Бекпўлат ўғли
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети, катта ўқитувчи;
E-mail: togayev.islom@mail.ru
Рамазонов Баҳодир Ғолиб ўғли
Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети, ассистент;
E-mail: bahodirmagistr2021@gmail.com

Аннотация. Мақолада кончилик корхоналарида юкламалар ортиб бориши жараёнида юқори гармоникалар натижасида тухташларни камайтириш эвазига электр таъминоти тизимларини ишончлилик ва самарадорлигини ошириш таклиф этилади. Ишлаб чиқариш жараёнларининг мураккаблашиб бориши натижасида ишончлиликни таҳлил қилиш ва баҳолаш усулларини такомиллаштиришни зарурлиги ҳамда самарадорлигини оширишда сифат кўрсаткичларини эҳтимоллар назарияси, математик статистика, мантиқий эҳтимол усуллари ҳамда иқтисодий-техникавий таҳлиллар асосида эришишни таъминлайди.

Калит сўзлар: юқори гармоникалар, сифат кўрсаткичлар, электр юкламалар. исрофлар, LC фильтрлар, индукцион печ, самарадорлик ва ишончлилик натижалари.

Аннотация. В статье предлагается повысить надежность и эффективность систем электроснабжения за счет сокращения перебоев, вызванных высокими гармониками в процессе увеличения нагрузки на горнодобывающих предприятиях. В связи с возрастающей сложностью производственных процессов необходимо усовершенствовать методы анализа и оценки надежности, а также достичь показателей качества, основанных на теории вероятностей, математической статистике, методах логической вероятности и экономико-техническом анализе, для повышения их эффективности.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: высокие гармоники, показатели качества, электрические нагрузки, потери, LC-фильтры, индукционная печь, результаты эффективности и надежности.

Abstract. The article proposes to increase the reliability and efficiency of power supply systems by reducing outages due to high harmonics in the process of increasing loads in mining enterprises. As a result of the increasing complexity of production processes, it is necessary to improve the methods of reliability analysis and assessment, and to achieve quality indicators based on probability theory, mathematical statistics, logical probability methods, and economic and technical analysis to increase their efficiency.

Key words: high harmonics, quality indicators, electrical loads. losses, LC filters, induction furnace, efficiency and reliability results.

КИРИШ.

Юқори гармоникани асосан индукцион печлар, частота ўзгартиргичлар электр энергия сифат кўрсаткичлари бузилишига сабаб бўлади. Натижада ишлаб чиқариш жараёни самарадорлиги камайиб, маҳсулот сифатига салбий таъсир кўрсатилади. Электр таъминоти тизимлари ва улардаги электр жиҳозларининг ишончлилигини ошириш тизимли таҳлили ва комплекс ёндашув асосида кончилик корхоналаридаги электр юкламаларини тадқиқ этиш бўйича дастлабки ишлар асосан ток ўтказувчи элементларининг параметрларини танлаш билан чекланади [1, 2]. Хусусан, эритиш жараёнида индукцион печлар ишлатилиб, уларнинг ҳар бири алоҳида пасайтирувчи подстанция орқали электр таъминоти билан таъминланади.

Электр энергия сифати нуқтаи назаридан гармоникалар кучланиш шаклини бузади ва IEEE 519 каби халқаро стандартлар талабларининг бажарилмаслигига сабаб бўлади. Бу эса саноат ускуналари, автоматика ва бошқарув тизимларининг нотўғри ишлашига олиб келади. Айниқса сезгир электрон қурилмаларда хатолар ва ишдан чиқиш ҳолатлари кўпайиши мумкин. УИП-320-2,4-0,25 печи мисолида гармоник бузилишлар даражаси 15–25% гача етиши мумкин бўлиб, бу электр таъминоти тизимида кучланиш тушиши, реактив қувватнинг ортиши ва трансформаторларнинг ортиқча юкланишига сабаб бўлади[3, 4].

Юқори гармоникаларнинг салбий таъсирини камайтириш учун комплекс техник чоралар талаб этилади. Жумладан, пассив LC фильтрлар маълум гармоник частоталарни фильтрлаш имконини берса, актив фильтрлар реал вақт режимида гармоник токларни компенсация қилади. Кўп пульсли тўғрилагичлар гармоникалар даражасини камайтиришда самарали ҳисобланади. Шу билан бирга, замонавий мониторинг ва SCADA

ISSN 3030-3907

тизимлари орқали гармоник ҳолатни доимий назорат қилиш электр таъминоти тизимининг ишончлилигини оширишга хизмат қилади.

2. МЕТОДЛАР. Мазкур тадқиқотлар асосан конлар ҳамда қайта ишлаш заводларига қаратилган бўлиб, кончилик корхоналари электр юкламаларининг ўзгариши эса тасодифий жараён сифатида қаралган. Бу жараёнларнинг тавсифини аниқлашда эҳтимоллар назарияси усулларидан фойдаланилган [11; 1–7-б., 66; 495-б.]. Кончилик корхоналарида эҳтимолий моделлаштиришга оид тадқиқотлар асосида электр энергияси сарфини оптимал тарзда тартибга солиш усуллари ишлаб чиқилган. Шунингдек, корреляцион таҳлил усулларига таянган ҳолда юклама графикларининг асосий кўрсаткичларини таҳлилий ҳисоблаш ҳамда уларни текислаш усуллари ишлаб чиқилган [98, 99].

Гармоникалар даражасини баҳолашда асосий кўрсаткич сифатида умумий гармоник бузилиш коэффициенти (THD) қўлланилди. Амалда THD қиймати 5% дан ошганда электр энергия сифати ёмонлашган деб баҳоланди, 10% дан юқори қийматлар эса жиддий техник муаммоларга олиб келади.

1-жадвал.

Юқори гармоника манбалари ва омиллари

№	Манба / Қурилма	Гармоника келиб чиқиш сабаби	Асосий гармони-калар	THD (%)	Тармоққа таъсири даражаси	Изоҳ
1	УИП-320-2,4-0,25 печи (индукцион печ)	Инвертор ва юқори частотали ток	3, 5, 7, 11	15–25%	Жуда юқори	Ночизиқ ва динамик юклама
2	Тиристорли тўғрилагич	Импульсли ток (кесилган синусоида)	5, 7, 11, 13	20–35%	Жуда юқори	6-пульсли схемаларда кенг тарқалган
3	Частота ўзгартиргич (ЧЎ)	PWM сигналлар	3, 5, 7	10–20%	Юқори	Электро-двигателлар бошқарувида
4	IGBT инверторлар	Юқори частотали коммутация	5, 7, 9	10–30%	Юқори	Замонавий саноат

ISSN 3030-3907

						қурилмалари да
5	Компьютер ва CSPMS блоклар	Тўғрилагич + фильтр	3, 5, 7	5–15%	Ўрта	Кўп сонли бўлгани учун таъсири катта
6	LED ёритиш тизими	Электрон драйверлар	3, 5, 7	5–20%	Ўрта	Кичик қувват, лекин оммавий
7	12-пульсли тўғрилагич	Фаза силжиши орқали	11, 13	8–12%	Кам	Гармоникалар камайтирилган
8	Трансформа-торлар (тўйинганда)	Магнит тўйиниш	3, 5	3–8%	Кам	Нормадан ташқари режимда
9	Электр ёй печлари	Ностабил ёниш жараёни	2, 3, 5, 7	20–40%	Жуда юқори	Кучли фликер ва гармоника
10	UPS тизимлари	Инвертор ва тўғрилагич	3, 5, 7	8–15%	Ўрта	Захира таъминотида

Асинхрон электр машиналарда ортиқча қизиш жараёни натижасида статор ҳамда ротор чўлғамларида тескари кетма-кетлик токлари миқдори ошиши қўшимча энергия исрофини келтириб чиқариши, тескари кетма-кетлик қаршилиги тўғри кетма-кетлик қаршилигидан 5-7 баравар катта бўлганлиги туфайли, ҳатто кучланишнинг кичик тескари таркибий қисми ҳам анча катта қийматли токнинг пайдо бўлишига олиб келиши аниқланди. Бу электр таъминоти узилишининг давомийлиги узоқ вақт давом этса ёки ускуналарни ишга тушириш вақти кечикса, ишлаб чиқаришда белгиланган меъёрий талаблар бузилади.

2-жадвал.

Электр энергия истеъмолчиларнинг таснифларига таъсири

Юритгичларнинг тавсифи	**Кучланишни ўзгаргандаги таснифлари ўзгариши**	
Кучланиш оғиши	-10%	+10%
Ишга тушиш ва айланувчи момент	-19%	+21%
Синхрон айланиш частотаси	*const*	*const*

ISSN 3030-3907

Сирпаниши, %	+23%	-17%
Номинал юкламада айланиш частотаси	-1,5%	+1
ФИК А) Номинал юкламада Б) Юклама 75% бўлганда С) Юклама 50% бўлганда	 +2% *const* -1÷-2%	 +1% *const* -1÷ +2
Қуйидаги юкламаларда $cos\varphi$: а) 100% б) 75% с) 50%	 +1% +2÷ 3% +4÷ 5%	 -3 % -4% -5÷ −6%
Номинал юкламада ротор токи	+14%	-11%
Номинал юкламада статор токи	+10%	-7%
Ишга тушуриш токи	+10÷ −12%	+10÷ +12%
Номинал юкламадаги чулғамларда т – ҳароратнинг усиши	+4÷ 6°	Амалда ўзгармайди

Кучланишнинг номинал қийматдан оғиши қурилмаларнинг ишлаш ҳолатига таъсир қилиб бир қанча иқтисодий зарар келтиради. Бунга асосий сабаблардан бири юқори гармоник ташкил этувчиларининг электр таъминоти тизимига таъсири ҳисобланади.

3. Олинган натижалар ва таҳлиллар. Натижада нуқсонли маҳсулотлар ишлаб чиқарилишига, хомашё ва материалларнинг шикастланишига айрим ҳолларда эса ишчи-хизматчиларнинг ҳаёти учун хавфли бўлиши мумкин. Бу ҳолатларда электр жиҳозларининг хизмат муддати ва ишлаш ресурсини камайтиради. Электр таъминоти тизимида юқори гармоника ташкил этувчиларининг мавжудлиги ва ўзгартиргич қурилмаларнинг кенг қўлланилиши электр жиҳозларининг ишончлилигига салбий таъсир кўрсатиб, уни янада пасайтириши аниқланди.

Гармоникалар асосий синусоидал ток ва кучланиш шаклининг бузилиши натижасида юзага келиб, уларни таҳлил қилишда Fourier Transform усулидан кенг фойдаланилди. Бу усулда носинусоидал сигнал асосий частота ва унга каррали бўлган юқори частотали гармоникалар йиғиндиси сифатида ифодаланди. Электр тармоқларида асосий частота 50 Гц бўлиб, 3-, 5-, 7- ва юқори тартибли гармоникалар унинг кўпайтмалари сифатида пайдо бўлди.

Юқори гармоник таркибий қисмлар даражасининг ошиши нафақат ҳимоя тизимларига, балки электр таъминоти тизимининг бошқа элементларига ҳам салбий таъсир кўрсатади. Бу масала бўйича анча вақтдан бери илмий изланишлар олиб борилган. Айниқса, катта қувватли

ISSN 3030-3907

ўзгартиргич қурилмаларнинг жорий этилиши электр энергиясининг сифат кўрсаткичларига жиддий таъсир кўрсатган. Шу боисдан, юқори гармоникалар ташкил этувчиларининг манбалари ва улар таъсирига сезгир бўлган қурилмаларнинг ишлаш хусусиятлари таҳлил қилинган [5-6-7-8-9].

Ҳозирги вақтда юқори гармоникаларни ҳосил қилувчи манбалар муаммоси тобора долзарб бўлиб бормоқда. Айниқса, улар сабабли электр энергиясидаги исрофлар, статик компенсацияловчи қурилмаларда феррорезонанс ҳодисаларининг юзага келиши каби масалалар биринчи даражали аҳамият касб этмоқда. Бу қурилмаларнин барқарор ва узлуксиз ишлаши бутун электр таъминоти тизимининг ишончлилини таъминловчи асосий омиллардан бири хисобланади [10]. Ушбу муаммоларни бартараф этиш учун электр таъминоти тизимини лойиҳалаш босқичида унинг тузилишини оқилона танлаш, техник ва меъёрий мезонларга асосланган ҳолда сифатли ишлаш даражасини таъминлаш бўйича чора-тадбирларни такомиллаштириш зарур [11].

Кончилик корхоналари электр таъминоти тизимларида маълум даражада юқори гармоник ташкил этувчиларнинг мавжудлиги ҳимоя ва алоқа тизимларининг иш режимига таъсир кўрсатади [12]. Бу ҳолат электр энергиясининг сифат кўрсаткичларини ёмонлаштириб [13], электр жиҳозларининг ишончлилигини пасайиши ва қўшимча энергия йўқотишларига сабаб бўлади. Гармоник бузилишлар айрим цехларда пайдо бўлиб, кейин бошқа технологик бўлинмаларга ҳам тарқалиши натижасида умумий иш самарадорлиги ҳамда электр таъминоти тизимининг барқарорлиги пасаяди.

Индукцион печлар сабабли юқори гармоникаларнинг юзага келиши асосан материалларнинг эритиш вақтида юз беради. Бу вақт мобайнида тармоқ кучланишининг энг катта ўзгариши ва эритишнинг бошқа даврларига қараганда юқори гармоникаларнинг энг кўп тебраниши юзага келади. Индукцион печлар ишлаш жараёнида юқори гармоника манбаларининг электр таъминотига таъсирининг таҳлили 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал.

Юқори гармоника манбаларининг электр таъминотига таъсирининг таҳлили

№	Манба / Қурилма	Гармоника келиб чиқиш механизми	Асосий гармон и-калар	THD (%)	Электр таъминоти тизимига асосий таъсир	Таъси р дараж аси

ISSN 3030-3907

1	УИП-320-2,4-0,25 печи (индукцион печ)	Юқори частотали инвертор, вихр токлар	3, 5, 7, 11	15–25%	Трансформатор қизиши, кучланиш тушиши, реактив қувват ошиши	Жуда юқори
2	Тиристорли тўғрилагич (6- pulse)	Кесилган синусоида, импульсли ток	5, 7, 11, 13	20–35%	Тармоқда гармоник бузилиш, конденсатор резонанси	Жуда юқори
3	Частота ўзгартиргич (ЧЎ)	PWM модуляция	3, 5, 7	10–20%	Двигателларда қизиш, кабел йўқотишлари	Юқори
4	IGBT инверторлар	Юқори частотали коммутация	5, 7, 9	10–30%	Электромагнит шовқин, энергия сифати ёмонлашиши	Юқори
5	Электр ёй печлари	Ностабил ёниш жараёни	2, 3, 5, 7	20–40%	Фликер, кучланиш тебранишлари, трансформатор юкланиши	Жуда юқори
6	Компьютер ва SMPS блоклар	Тўғрилагич + фильтр	3, 5, 7	5–15%	Нейтрал ток ошиши, локал қизиш	Ўрта
7	LED ёритиш тизими	Электрон драйверлар	3, 5, 7	5–20%	Кучланиш шакли бузилиши	Ўрта
8	UPS тизимлари	Инвертор + аккумулятор	3, 5, 7	8–15%	Релели ҳимояга таъсир, синхронизация муаммоси	Ўрта
9	12- pulse тўғрилагич	Фаза силжиши орқали компенсация	11, 13	8–12%	Гармоникалар кам, тармоқ барқарорлиги яхши	Кам

ISSN 3030-3907

10	Трансформатор (тўйиниш ҳолати)	Магнит тўйиниш	3, 5	3–8%	Қўшимча йўқотишлар, локал қизиш	Кам

Юқори гармоника ташкил этувчи манбалар электр таъминоти тизимларида энергия сифати ва ишончлиликка сезиларли таъсир кўрсатади.

Таҳлиллар шуни кўрсатадики, айниқса ночизиқ ишлаш режимига эга бўлган қурилмалар, жумладан УИП-320-2,4-0,25 индукцион печлар, шунингдек тиристорли тўғрилагичлар энг юқори даражадаги гармоник бузилишларни келтириб чиқаради. Бундай қурилмаларда умумий гармоник бузилиш коэффициенти (THD) юқори бўлиб, бу электр тармоқда кучланиш шаклининг бузилишига, реактив қувватнинг ортишига ва қўшимча иссиқлик йўқотишларга олиб келади.

Хулоса қилиб айтганда, юқори гармоника ташкил этувчи манбаларни аниқлаш, уларнинг таъсирини миқдорий баҳолаш ва самарали фильтрация ҳамда компенсация усулларини жорий этиш замонавий электр таъминоти тизимларининг ишончлилиги ва самарадорлигини оширишда муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Натижада, корхона электр тармоқлари барқарорлиги пасаяди ва энергия таъминотида узилишлар эҳтимоли ортади.

Ушбу ишда айнан узлуксиз технологик характердаги кончилик корхонасида мавжуд индукцион печ таъсирида корхона электр таъминоти тизими ва қурилмалар иш режимига ишончлилигини ошириш масалалари ўрганилган ва ёритилган.

Кучланишнинг номинал қийматдан оғиши қурилмаларнинг ишлаш ҳолатига таъсир қилиб бир қанча иқтисодий зарар келтиради. Бунга асосий сабаблардан бири юқори гармоник ташкил этувчиларининг электр таъминоти тизимига таъсири ҳисобланади.

Хулоса қилиб айтганда, юқори гармоникалар замонавий саноат электр тармоқларида энергия сифати ва ишончлиликка жиддий таъсир кўрсатувчи омил ҳисобланади ва таҳлили 2-жадвалда келтирилган.

1. Тадқиқот натижаларига кўра кончилик корхоналарида юкламалари динамикаси мос электр тармоқларида электр энергия истеъмолчилари таҳлили ўрганилди ҳамда кончилик корхоналари электр энергия истеъмоли ва ишончлигининг ошириш услубларини ўрганиш лозимлиги аниқланди.

2. Кончилик корхоналарида электр юкламалари ва кучланишларининг сифат кўрсаткичлари бўйича таҳлил қилинди. Кучланиш сифатини ўрганиш, юқори гармоникали ток ва кучланишлар феррорезананс

ISSN 3030-3907

ҳодисаларининг пайдо бўлиш эҳтимолини ҳамда тақсимловчи қурилмалар шиналаридаги кучланишлар оғиш даражаси баҳоланди.

3. Кончилик корхонаси эритиш цехида юқори гармоника келтириб чиқарувчи манбалар уларнинг сонлари ва қувватлари аниқланди ҳамда юқори гармоника манбалари ва омилларининг тавсифи ўрганилди.

4. Кончилик корхоналари энергетик қурилмалари иш режимларига юқори гармоникалар таъсири таҳлил қилинди ва уларнинг куч трансформаторлари, синхрон двигателлар, конденсатор батариялари ва ҲУЛлари ва бошқа қурилмаларининг ишлаш муддатига салбий таъсири аниқланди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. IEC 60300-3-11:2009. *Dependability management — Part 3-11: Application guide — Reliability centred maintenance.*
2. IEC 60812:2018. *Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA): planning, performance, documentation and maintenance of the analysis.*
3. ISO 14224:2016. *Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (RM data) in a standard format.*
4. IEEE 493 (Gold Book). *Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems.*
5. Товбоев А.Н., Бойназаров Ғ.Ғ. Электр тармоқларида кучланиш сифатини тажриба орқали тадқиқ қилишметодикаси // Зарафшон воҳасини комплекс инновацион ривожлантириш ютуқлари, мувммолари ва истиқболлари халқаро илмий-амалий анжумани. 27-28 Октябрь, 2022 й Навоий, Ўзбекистон 307-312 б.
6. Товбоев А.Н., Бойназаров Ғ.Ғ. Гибрид филътрли компенсация қурилмасининг энергия самарадорлигига турли таъсир этувчи омилларни баҳолаш //Journal of Advances in Engineering Technology Vol.2 (14), 2024. 112- 116 б.
7. Товбоев А.Н., Бойназаров Ғ. Ғ. Электр узатиш кабел линияларнинг nгармоникаларидаги актив қаршиликларини ҳисобла дастури. //Ўзбекистон Республикасининг Дастурий маҳсулотлар давлат реестрида 09.09.2022 й. рўйхатдан ўтказилди. № ДГУ 4486.
8. Товбоев А.Н., Бойназаров Ғ. Ғ. Кончилик корхоналаридаги қўлланиладиган электр ускуналарни комутатциясидаги контур қаршилигини ҳисоблаш дастури // Ўзбекистон Республикасининг Дастурий маҳсулотлар давлат реестрида 19.04.2023 й. рўйхатдан ўтказилди. № ДГУ 4486.
9. Товбоев А.Н., Бойназаров Ғ. Ғ. Кетма - кет тармоқларда кучланишлар феррорезананси ҳосил бўлиш харитаси //Ўзбекистон Республикасининг

ISSN 3030-3907

Дастурий маҳсулотлар давлат реестрида 20.07.2024 й. рўйхатдан ўтказилди. № ДГУ 41594.

10. Товбоев А.Н., Бойназаров Ғ. Ғ. Параллел тармоқларда кучланишлар феррорезананси ҳосил бўлиш харитаси //Ўзбекистон Республикасининг Дастурий маҳсулотлар давлат реестрида 20.07.2024 й. рўйхатдан ўтказилди. № ДГУ 41594.

11. Товбоев А.Н., Бойназаров Г.Г. Комплексной оценка качества электроэнергии в условиях ГМЗ-1. //International Conference on World Science and Resarch. 2024. С 25.

12. Товбоев А.Н., Бойназаров Г.Г. Мониторинг и обработка качества электроэнергии в условиях ГМЗ-1. // European science international conference. Analysis of modern science and innovation. 2024. С 69.

13. Tovboyev A.N., Boynazarov G‘.G‘., Mardonov D.Sh. Sanoat korxonalarida elektr yuklamalari va kuchlanish sifatini tahlil qilish // “BEST PUBLICATION” Ilm-ma’rifat markazi “yosh olimlar, magistr va iqtidorli talabalarning ilmiy faoliyatini oshirishda ularga qaratilgan kreativ g‘oyalar, yechim va takliflar” mavzusidagi ko‘p tarmoqli respublika ilmiy-onlayn konferensiyasi. 10.10.2021 yil. 1-son. 148-153 b.

O‘ZBEKISTON SUG‘ORISH NASOS STANSIYALARIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH MUAMMOLARI VA YECHIMLARI

Axmedov Durbek Madaminjon o‘g‘li
Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalar instituti assistenti
E-mail: durbekaxmedov02@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada O‘zbekiston sug‘orish nasos stansiyalarida elektr energiyasi sarfining yuqoriligi, energiya yo‘qotishlarining asosiy sabablari va ularni kamaytirish usullari tahlil qilingan. Nasos agregatlarining eskirganligi, reaktiv quvvatning ortishi hamda boshqaruv tizimlarining zamonaviy talablarga mos emasligi natijasida yuzaga kelayotgan energiya samarasizligi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot davomida chastota rostlagichlar (VFD), reaktiv quvvat kompensatsiyasi va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi baholangan. Natijalar energiya sarfini sezilarli kamaytirish va sug‘orish tizimlarining ishonchliligini oshirish imkonini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Sug‘orish nasos stansiyasi, energiya samaradorligi, elektr energiyasi, chastota rostlagich, reaktiv quvvat, avtomatlashtirish.

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы энергоэффективности насосных станций орошения в Узбекистане. Анализируются причины высоких потерь электроэнергии и предлагаются методы их снижения. Исследована эффективность применения частотных преобразователей, компенсации реактивной мощности и автоматизированных систем управления.

Ключевые слова: Насосная станция, энергоэффективность, реактивная мощность, автоматизация, преобразователь частоты.

Abstract. This article analyzes energy efficiency issues in irrigation pumping stations in Uzbekistan. The main causes of excessive energy consumption and possible solutions are discussed. The effectiveness of variable frequency drives, reactive power compensation, and automation systems has been evaluated.

Keywords: Irrigation pumping station, energy efficiency, reactive power, automation, frequency converter.

1. KIRISH

Qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining barqaror rivojlanishida sug‘orish tizimlari muhim ahamiyat kasb etadi. O‘zbekiston hududining katta qismi qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil iqlim mintaqasida joylashganligi sababli, qishloq xo‘jaligi ekinlarining hosildorligi sun’iy sug‘orish tizimlari samaradorligiga bevosita bog‘liq. Shu nuqtai nazardan, sug‘orish nasos stansiyalari suv resurslarini yetkazib berishda asosiy bo‘g‘inlardan biri hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Mamlakatdagi ko‘plab sug‘orish nasos stansiyalarida foydalanilayotgan elektr yuritmalar va nasos agregatlari uzoq yillar davomida ekspluatatsiya qilingan bo‘lib, ularning texnik eskirishi foydali ish koeffitsientining pasayishiga olib kelgan. Natijada elektr energiyasi sarfi ortib, ekspluatatsion xarajatlar ko‘paymoqda hamda energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi kamaymoqda. Bundan tashqari, reaktiv quvvatning yuqoriligi, boshqaruv tizimlarining eskirganligi va avtomatlashtirish darajasining pastligi energiya yo‘qotishlarining ortishiga sabab bo‘lmoqda.

So‘nggi yillarda energiya resurslaridan oqilona foydalanish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish masalalari dunyo miqyosida dolzarb yo‘nalishlardan biriga aylandi. Xususan, sug‘orish nasos stansiyalarida chastota rostlagichlar (VFD), reaktiv quvvat kompensatsiyasi hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini qo‘llash energiya samaradorligini oshirishning istiqbolli usullaridan biri sifatida qaralmoqda.

Mazkur tadqiqotning maqsadi O‘zbekiston sug‘orish nasos stansiyalarida energiya sarfining asosiy omillarini tahlil qilish, mavjud muammolarni aniqlash hamda energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan texnik va iqtisodiy jihatdan samarali yechimlarni baholashdan iborat.

2. TADQIQOT USULI

Mazkur tadqiqotda O‘zbekiston sug‘orish nasos stansiyalarining energiya samaradorligi mavjud texnik ko‘rsatkichlar va nazariy hisoblash usullari asosida baholandi. Tahlil uchun elektr energiyasi sarfi, quvvat omili (cosφ), nasos yuklamasi va foydali ish koeffitsienti ko‘rsatkichlaridan foydalanildi.

Tadqiqot quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

2.1.Boshlang‘ich ma’lumotlarni yig‘ish

- nasos quvvati (kW);
- sutkalik ish vaqti;
- yillik energiya sarfi;
- quvvat omili;
- elektr yo‘qotishlari.

2.2.Energiya sarfini hisoblash

Energiya sarfi quyidagi formula orqali aniqlandi:

1-Jadval

Asosiy ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Qiymat
Nasos quvvati	250 kW
Ishlash vaqti	20 soat/kun

ISSN 3030-3907

Quvvat omili	0.72
Yillik energiya sarfi	1.82 mln kWh

Energiya sarfi quyidagicha hisoblandi:

$$E = P \times t$$

bu yerda:

E — energiya sarfi (kWh);

P — quvvat (kW);

t — vaqt (soat).

2.3. Nasos tizimining foydali ish koeffitsientini aniqlash

Nasos samaradorligi quyidagicha baholandi:

$$\eta = \frac{P_{foydali}}{P_{umumiy}} \times 100\%$$

Natijalarga ko‘ra, eskirgan nasos agregatlarida samaradorlik **70–78 %** oralig‘ida ekani aniqlandi.

2.4. Energiya yo‘qotishlarini komponentlar bo‘yicha baholash

2-Jadval

Yo‘qotishlar quyidagicha tasniflandi:

Yo‘qotish turi	Ulushi (%)
Elektr dvigatel	35
Reaktiv quvvat	25
Gidravlik qarshilik	20

Umumiy yo‘qotish:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

bu yerda:

ΔE — tejalgan energiya;

E_1 — modernizatsiyadan oldingi energiya;

E_2 — modernizatsiyadan keyingi energiya.

2.5. Tadqiqot natijalari

Tahlillar quyidagi asosiy muammolarni aniqladi:

1) Eskirgan uskunalar:

Nasos agregatlarining texnik eskirishi FIK kamayishiga olib keladi.

2) Reaktiv quvvatning yuqoriligi

Quvvat omili:

Quvvat omili $cos\varphi = \frac{P}{S}$ pasayganda energiya yo‘qotishlari ortadi.

3) Nosamarali boshqaruv

Ko‘plab stansiyalarda tezlikni rostlash mavjud emas.

ISSN 3030-3907

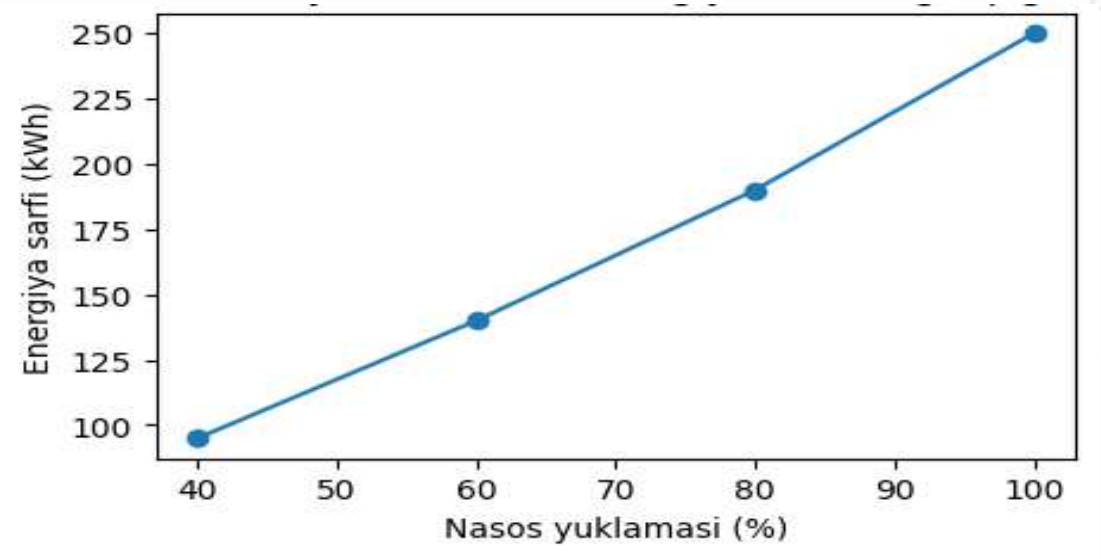
3-Jadval

Energiya yo‘qotishlari taqsimoti

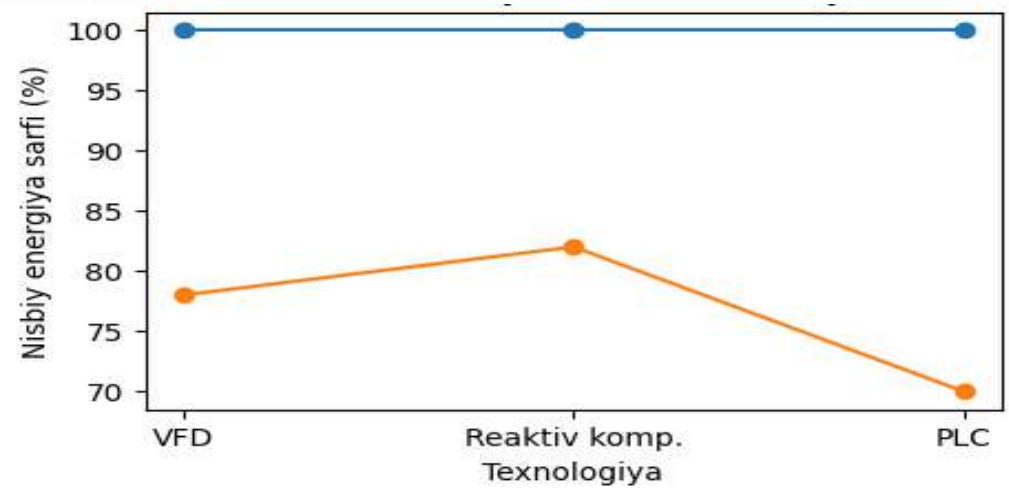
Yo‘qotish turi	Ulushi (%)
Elektr dvigatel	35
Transformator	20
Reaktiv quvvat	25
Gidravlik yo‘qotish	20

2.6.Modernizatsiya samaradorligini baholash

Chastota rostlagich (VFD), PLC boshqaruvi va reaktiv quvvat kompensatsiyasidan keyingi energiya sarfi solishtirildi.



Grafik 1. Nasos yuklamasi va energiya sarfi bog‘liqligi



Grafik 2. Modernizatsiyadan oldin va keyingi energiya sarfi

3. MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari sug‘orish nasos stansiyalarida energiya sarfining yuqoriligi asosan eskirgan elektr yuritmalar, reaktiv quvvatning ortishi va boshqaruv tizimlarining yetarli darajada avtomatlashtirilmaganligi bilan

ISSN 3030-3907

bog‘liqligini ko‘rsatdi. Aniqlangan muammolarni bartaraf etish maqsadida quyidagi energiya tejamkor yechimlar tavsiya etiladi.

Chastota rostlagichlardan (VFD) foydalanish

Chastota rostlagichlar nasos aylanish tezligini real yuklama va suvga bo‘lgan ehtiyojga mos ravishda boshqarish imkonini beradi. Natijada ortiqcha energiya sarfi kamayib, nasos agregatlarining ishlash rejimi optimallashtiriladi. Amaliy hisob-kitoblarga ko‘ra, VFD qo‘llanilishi:

- elektr energiyasi sarfini **20–35 %** gacha kamaytirishi;
- uskunalarning xizmat muddatini uzaytirishi;
- avariya holatlari sonini kamaytirishi mumkin.

Shuningdek, nasosning yumshoq ishga tushirilishi elektr tarmog‘idagi yuklamalarni pasaytiradi.

Reaktiv quvvat kompensatsiyasi

Kondensator qurilmalari yordamida quvvat omilini oshirish elektr tizimining umumiy samaradorligini yaxshilaydi:

$$\cos\varphi = 0.72 \rightarrow 0.95$$

Quvvat omilining oshishi natijasida:

- elektr yo‘qotishlari kamayadi;
- transformator va kabel tizimlarining yuklanishi pasayadi;
- elektr energiyasi sifati yaxshilanadi;
- ekspluatatsion xarajatlar qisqaradi.

Natijada elektr energiyasidan foydalanish samaradorligi sezilarli oshadi.

Umuman olganda, chastota rostlagichlar, reaktiv quvvat kompensatsiyasi va PLC asosidagi avtomatlashtirishni kompleks qo‘llash sug‘orish nasos stansiyalarida energiya samaradorligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish hamda tizimlarning ishonchliligini yaxshilashga xizmat qiladi.

4. XULOSA.

O‘zbekiston sug‘orish nasos stansiyalarida energiya sarfining yuqoriligi asosan eskirgan elektr yuritmalar, reaktiv quvvat va boshqaruv tizimlarining yetarli emasligi bilan bog‘liq. Chastota rostlagichlar, reaktiv quvvat kompensatsiyasi va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy qilish energiya iste’molini kamaytiradi hamda ekspluatatsion xarajatlarni pasaytiradi. Tadqiqot natijalari energiya sarfini 20–35 % gacha qisqartirish imkoniyati mavjudligini ko‘rsatdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti qarori. Suv xo‘jaligida energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha chora-tadbirlar. Toshkent, 2023.

ISSN 3030-3907

2. O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi. Sug‘orish tizimlari va nasos stansiyalari faoliyati bo‘yicha yillik hisobot. Toshkent, 2024.
3. Karimov A.A. Elektr yuritmalar va energiya samaradorligi. Toshkent: Fan va texnologiyalar, 2021. – 256 b.
4. Rashidov B.X. Nasos stansiyalarida energiya tejash texnologiyalari. Toshkent: O‘zbekiston, 2022. – 198 b.
5. Uzoqov M.R. Sug‘orish tizimlarida elektr energiyasidan samarali foydalanish usullari // *Qishloq xo‘jaligi va suv xo‘jaligi muammolari.* – 2023. – №4. – B. 35–42.
6. Ismatov A., Xolmatov D. Sug‘orish nasos agregatlarining samaradorligini oshirish usullari // *Muhandislik tadqiqotlari jurnali.* – 2022. – №3. – B. 21–29.
7. IEC 60034-30-1:2014. Rotating electrical machines – Efficiency classes of line operated AC motors.
8. IEC 61800-9-2:2017. Adjustable speed electrical power drive systems – Energy efficiency indicators.

ISSN 3030-3907

KORPORATIV LOKAL TARMOQLARNI MODERNIZATSIYA QILISH: ROI TAHLILI VA ENERGIYA SAMARADORLIGI

Anvarbekov Jamshidbek Akmaljon o‘g‘li
Andijon davlat universiteti "Dasturiy injiniring" kafedrasi o‘qituvchisi, Andijon
E-mail: anvjamshid@gmail.com
Madaminov Nodirbek Zafarbek o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti "Materialshunoskik va kimyo muhandisligi" kafedrasi assistenti, Andijon
E-mail: madaminovnodir1993@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada eskirgan tarmoq uskunalarini yangilashning iqtisodiy samaradorligi (ROI va Payback Period ko‘rsatkichlari asosida), "Green Networking" konsepsiyasi doirasidagi kam energiya sarflovchi qurilmalarning joriy etilishi hamda bulutli texnologiyalar va lokal infratuzilma o‘rtasidagi optimal balans kompleks o‘rganilgan. Tahlil natijalari korporativ tarmoqlarni modernizatsiya qilishning qaytarilish muddati o‘rtacha 2,8–4,5 yilni tashkil etishini, energiya samarador uskunalarning joriy etilishi yillik elektr energiyasi xarajatlarini 35–55% ga qisqartirishini ko‘rsatdi. Hibrid (60/40 nisbatda lokal/bulutli) infratuzilma modeli o‘rta va yirik korxonalar uchun TCO ni to‘liq bulutli yondashuvga nisbatan 22–28% ga, faqat lokal yondashuvga nisbatan esa 15–18% ga kamaytirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: korporativ tarmoq; modernizatsiya; ROI; Payback Period; Green Networking; energiya samaradorligi; bulutli texnologiyalar; gibrid infratuzilma; TCO; Energy Efficient Ethernet.

Аннотация. В настоящей статье комплексно изучены экономическая эффективность модернизации устаревшего сетевого оборудования (на основе показателей ROI и Payback Period), внедрение энергосберегающих устройств в рамках концепции "Green Networking", а также оптимальный баланс между облачными технологиями и локальной инфраструктурой. Результаты анализа показали, что средний срок окупаемости модернизации корпоративных сетей составляет 2,8–4,5 года, а внедрение энергоэффективного оборудования сокращает годовые расходы на электроэнергию на 35–55%. Гибридная модель инфраструктуры (с соотношением локальная/облачная 60/40) позволяет средним и крупным предприятиям снизить TCO на 22–28% по сравнению с полностью облачным подходом и на 15–18% по сравнению с полностью локальным.

Ключевые слова: корпоративная сеть; модернизация; ROI; Payback Period; Green Networking; энергоэффективность; облачные технологии; гибридная инфраструктура; TCO; Energy Efficient Ethernet.

Abstract. This article comprehensively studies the economic efficiency of modernizing outdated network equipment (based on ROI and Payback Period indicators), the implementation of energy-saving devices within the "Green Networking" concept, and the optimal balance between cloud technologies and local infrastructure. The analysis results showed that the average payback period for corporate network modernization is 2.8–4.5 years, and the implementation of energy-efficient equipment reduces annual electricity costs by 35–55%. The hybrid infrastructure model (with a local/cloud ratio of 60/40) allows medium and large enterprises to reduce TCO by 22–28% compared to a fully cloud-based approach and by 15–18% compared to a fully local approach.

Keywords: corporate network; modernization; ROI; Payback Period; Green Networking; energy efficiency; cloud technologies; hybrid infrastructure; TCO; Energy Efficient Ethernet.

1. KIRISH.

Raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi sharoitida korporativ lokal tarmoqlar korxonalar faoliyatining hayotiy muhim infratuzilmasi sifatida belgilangan rolini saqlab qolmoqda. Tarmoqning ishonchliligi, o‘tkazuvchanlik qobiliyati va energiya samaradorligi nafaqat ichki biznes-jarayonlarning samaradorligini, balki korxonaning umumiy raqobatbardoshligini ham belgilaydi [1].

Xalqaro tahlil markazi Gartner ma'lumotlariga ko‘ra, jahon korporativ tarmoq uskunalari bozorining 60–65% ini ekspluatatsiya muddati 5 yildan oshgan qurilmalar tashkil etadi, ulardan taxminan 25% i 10 yildan ortiq muddat ishlatilmoqda [2]. Bunday eskirgan uskunalar zamonaviy talablar - yuqori tezlikdagi videokonferensiyalar, IoT-qurilmalar, bulutli ilovalar va kiberxavfsizlik - ga to‘liq javob bera olmaydi va birlik trafikni uzatish uchun zamonaviy ekvivalentlariga nisbatan 2–4 baravar ko‘proq elektr energiyasi sarflaydi [3].

O‘zbekiston Respublikasida ham korporativ sektorda tarmoq infratuzilmasini modernizatsiya qilish dolzarb vazifaga aylangan. "Raqamli O‘zbekiston - 2030" strategiyasi va "O‘zbekiston Respublikasida axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarni yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi PQ-3500-sonli qaror doirasida yirik davlat va xususiy korxonalarining IT-infratuzilmasini bosqichma-bosqich yangilash bo‘yicha ishlar olib borilmoqda [4].

Mazkur jarayonda uchta asosiy strategik masala alohida ahamiyat kasb etadi: birinchidan, eskirgan uskunalarni yangilashning iqtisodiy maqsadga muvofiqligini ROI (Return on Investment) va Payback Period ko‘rsatkichlari asosida baholash; ikkinchidan, energiya iste'molini kamaytiruvchi "Green

ISSN 3030-3907

Networking" texnologiyalarini qo‘llash istiqbollari; uchinchidan, bulutli texnologiyalar va lokal infratuzilma o‘rtasida optimal nisbatni aniqlash. Mazkur masalalar global miqyosda keng o‘rganilayotgan bo‘lsa-da, O‘zbekiston sharoitiga moslashtirilgan tahliliy ishlar yetarli darajada emas.

Tadqiqotning maqsadi - korporativ lokal tarmoqlarni modernizatsiya qilishning iqtisodiy va energetik samaradorligini kompleks tahlil qilish hamda mahalliy korxonalar uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari quyidagilarni o‘z ichiga oladi: tarmoq uskunalarini yangilashning ROI va Payback Period ko‘rsatkichlarini hisoblash; "Green Networking" texnologiyalarining energiya tejash salohiyatini baholash; bulutli va lokal yondashuvlarning TCO (Total Cost of Ownership) qiyosiy tahlilini o‘tkazish.

2. MATERIALLAR VA METODLAR.

Tadqiqot tizimli yondashuv asosida amalga oshirildi va to‘rt asosiy bosqichni o‘z ichiga oldi. Birinchi bosqichda 2019–2024-yillar davomida nashr etilgan ilmiy va analitik adabiyotlar o‘rganildi. Jami 50 dan ortiq manba tahlil qilindi, ulardan eng dolzarb 16 tasi havolalar ro‘yxatiga kiritildi.

Ikkinchi bosqichda iqtisodiy ko‘rsatkichlarni hisoblash metodologiyasi qo‘llanildi. ROI ko‘rsatkichi quyidagi formula asosida hisoblandi: ROI = ((Sof foyda − Investitsiya) / Investitsiya) × 100%. Payback Period (PP) - ya'ni qaytarilish muddati, sof yillik foyda asosida aniqlandi: PP = Investitsiya / Yillik sof foyda. Total Cost of Ownership (TCO) tahlili 5 yillik gorizont uchun bajarilib, kapital xarajatlar (CAPEX) va operatsion xarajatlar (OPEX), shu jumladan elektr energiyasi, sovitish, texnik xizmat ko‘rsatish va litsenziyalar xarajatlarini hisobga oldi.

Uchinchi bosqichda energiya samaradorligini baholash uchun tarmoq qurilmalari ko‘rsatkichlari (vatt-port, vatt-Gbit/s) hamda PUE (Power Usage Effectiveness) koeffitsienti qo‘llanildi. Energy Efficient Ethernet (IEEE 802.3az) standarti, intellektual portni boshqarish (Adaptive Link Rate) va Power over Ethernet (PoE) ning energiya tejash salohiyati bo‘yicha ma'lumotlar to‘plandi.

To‘rtinchi bosqichda olingan natijalar mahalliy korxonalar - bank sektori, sanoat korxonalari, davlat tashkilotlari - sharoitiga moslashtirilib, amaliy tavsiyalar shaklida umumlashtirildi. Hisob-kitoblar uchun bazaviy stsenariylar sifatida 50, 250 va 1 000 hodimli korxonalarning tipik tarmoq infratuzilmasi olindi.

3. NATIJALAR.

3.1. Eskirgan tarmoq uskunalarini yangilashning iqtisodiy foydasi

Korporativ tarmoqning asosiy kapital aktivlari quyidagilardan iborat: yadroviy va kirish kommutatorlari (Core/Access Switches), yo‘naltirgichlar (Routers), simsiz kirish nuqtalari (Wireless Access Points - WAP), saqlash

ISSN 3030-3907

tizimlari (NAS/SAN) va serverlar. Ushbu uskunalarning standart amortizatsiya muddati 5–7 yilni tashkil etsa-da, amalda korxonalarning aksariyati ularni 8–12 yil mobaynida ekspluatatsiya qilishadi, bu esa bir qator salbiy oqibatlarga olib keladi [5].

Eskirgan uskunalarning asosiy kamchiliklari quyidagilardan iborat: yuqori energiya iste'moli (zamonaviy ekvivalentlardan 2–3 baravar ortiq); cheklangan o‘tkazuvchanlik qobiliyati (1 Gbit/s o‘rniga 100 Mbit/s); zamonaviy xavfsizlik protokollari (WPA3, MACsec, 802.1X) ni qo‘llab-quvvatlamaslik; yuqori avariyalar darajasi (yiliga 8–15% qurilmalar ishdan chiqishi); ishlab chiqaruvchi tomonidan texnik qo‘llab-quvvatlash to‘xtatilishi (End-of-Support); ehtiyot qismlarning bozordan chiqib ketishi va ta'mirlash xarajatlarining oshishi.

250 ta hodimli o‘rtacha korxonaning tarmoq infratuzilmasini yangilashning iqtisodiy ko‘rsatkichlarini misol tariqasida ko‘rib chiqamiz. Investitsiya tarkibi: 24-portli L2/L3 boshqariladigan kommutatorlar (10 dona) - 32 000 USD; magistralli L3 kommutatorlar (2 dona) - 18 000 USD; Wi-Fi 6 kirish nuqtalari (15 dona) - 9 000 USD; firewall/UTM qurilmasi - 12 000 USD; o‘rnatish va konfiguratsiya - 8 000 USD. Jami investitsiya - 79 000 USD.

Yillik tejaladigan mablag‘lar: elektr energiyasi sarfidagi tejash (eskirgan uskuna 18 500 kVt·s vs zamonaviy 8 200 kVt·s, 1 kVt·s = 0,12 USD bo‘yicha) - 1 236 USD; texnik xizmat ko‘rsatish va ta'mirlash xarajatlarining qisqarishi - 6 800 USD; tarmoq tushib qolish (downtime) tufayli yo‘qotishlarning kamayishi - 14 500 USD; hodim mehnat unumdorligining oshishi (5–8% chamasida) - 22 000 USD. Jami yillik samara - 44 536 USD. Shunday qilib, Payback Period = 79 000 / 44 536 ≈ 1,77 yil, 5 yillik ROI esa ((44 536 × 5 − 79 000) / 79 000) × 100% = 182%.

Korxonaning miqyosi va sanoat tarmog‘iga qarab tarmoq modernizatsiyasining qaytarilish ko‘rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Korporativ tarmoq modernizatsiyasining qaytarilish ko‘rsatkichlari

Korxona miqyosi	Investitsiya, ming USD	Yillik tejash, ming USD	Payback, yil	5 yillik ROI, %
Kichik (50 hodim)	28–35	9–12	2,8–3,2	60–80
O‘rta (250 hodim)	75–95	38–48	1,8–2,4	150–200
Yirik (1 000 hodim)	280–340	110–145	2,2–3,0	100–155

ISSN 3030-3907

Korxona miqyosi	Investitsiya, ming USD	Yillik tejash, ming USD	Payback, yil	5 yillik ROI, %
Sanoat (suzma yuk)	180–240	55–75	3,2–4,2	55–95
Bank/moliya	420–520	130–170	3,1–4,0	65–100

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, o‘rta hajmdagi korxonalar (250 hodim) uchun modernizatsiyaning eng qulay iqtisodiy ko‘rsatkichlari kuzatiladi: qaytarilish muddati 1,8–2,4 yil, 5 yillik ROI esa 150–200% gacha yetadi. Bu hodimlarning mehnat unumdorligi yuqoriligi va tarmoq tushib qolishi natijasida yo‘qotishlar sezilarli bo‘lishi bilan izohlanadi.

3.2. "Green Networking" konsepsiyasi va energiya samarador qurilmalar

"Green Networking" - bu axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasidagi atrof-muhitga hurmat bilan munosabatda bo‘lish konsepsiyasining tarkibiy qismi bo‘lib, tarmoq qurilmalarini loyihalash, ishlab chiqarish, ekspluatatsiya qilish va utilizatsiyalashning barcha bosqichlarida energiya iste'molini va ekologik ta'sirni minimallashtirishga yo‘naltirilgan [6, 7].

Mazkur konsepsiyaning amaliy texnologik yechimlari quyidagilardan iborat. Energy Efficient Ethernet (IEEE 802.3az) standarti ma'lumotlar oqimi past bo‘lgan vaqtlarda port quvvatini avtomatik ravishda kamaytiradi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ushbu texnologiya tipik korporativ kommutatorda yillik elektr energiyasi sarfini 35–50% ga qisqartiradi [8]. Adaptive Link Rate (ALR) texnologiyasi haqiqiy yuklamaga muvofiq tarmoq tezligini avtomatik tartibga soladi (1 Gbit/s va 10 Gbit/s o‘rtasida).

Power over Ethernet plus (PoE+) va PoE++ standartlari quvvat uzatishni ehtiyojga qarab moslashtirish funksiyasi (Perpetual PoE, Fast PoE) bilan ta'minlangan. Bu texnologiyalar IP-telefonlar, Wi-Fi kirish nuqtalari va IP-kameralarni quvvatlash uchun kerakli energiyani 15–25% ga kamaytirish imkonini beradi. Zamonaviy ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) chiplari 10 nm va 7 nm texnologik jarayonlar asosida ishlab chiqarilib, 28 nm avlodga nisbatan tranzakt boshiga 40–60% kam energiya iste'mol qiladi.

Tarmoq qurilmalarini virtuallashtirish (Network Function Virtualization - NFV) va dasturiy ta'minot bilan boshqariladigan tarmoqlar (Software-Defined Networking - SDN) jismoniy serverlar sonini qisqartirib, ma'lumotlar markazidagi umumiy energiya iste'molini 25–35% ga kamaytiradi [9]. Intellektual sovitish tizimlari (precision cooling) va hot/cold aisle (issiq/sovuq

ISSN 3030-3907

yo‘lakcha) konfiguratsiyasi PUE ko‘rsatkichini an'anaviy 1,8–2,2 dan zamonaviy 1,2–1,4 gacha tushirish imkonini beradi.

Turli avloddagi tarmoq qurilmalarining energiya samaradorligini qiyosiy tahlili 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Tarmoq qurilmalarining energiya samaradorligi qiyosiy tahlili

Qurilma turi	Eski avlod, Vt/port	Green Net., Vt/port	Tejash, %
24-portli L2 kommutator	2,8–3,2	1,2–1,5	50–55
48-portli L3 kommutator	4,5–5,2	2,1–2,6	48–55
Wi-Fi kirish nuqtasi	18–22	9–12	45–50
Yo‘naltirgich (router)	85–110	42–58	47–50
Firewall/UTM	65–95	32–48	48–52
Server (1U)	450–550	220–290	47–50

250 hodimli o‘rtacha korxonada Green Networking texnologiyalarini joriy etish natijasida yillik elektr energiyasi sarfi 22 500 kVt·s dan 9 800 kVt·s gacha kamayadi, bu yiliga 1 524 USD tejash va atmosferaga chiqariladigan CO_2 chiqindilarining 6,3 tonnaga qisqarishi demakdir. Yirik korxonalar (1000+ hodim) uchun ushbu ko‘rsatkichlar bir necha barobar oshadi va yillik 8 000–15 000 USD tejash bilan birga jiddiy ekologik samarani ham ta'minlaydi [10].

3.3. Bulutli texnologiyalar va lokal infratuzilma o‘rtasidagi optimal balans

So‘nggi o‘n yil ichida bulutli texnologiyalar (Cloud Computing) korporativ IT-infratuzilmaning eng tez rivojlanayotgan segmentiga aylandi. IDC tahlilchilari ma'lumotlariga ko‘ra, 2024-yilda jahon korporativ bulutli xizmatlar bozori 670 mlrd AQSh dollaridan oshib, yillik o‘sish sur'ati 19,2% ni tashkil etdi [11]. Bu o‘sish ko‘pgina korxonalar uchun "to‘liq bulutga o‘tish" yoki "lokal infratuzilmani saqlab qolish" o‘rtasida tanlov masalasini dolzarb qilib qo‘ydi.

Bulutli yondashuvning afzalliklari quyidagilardan iborat: kapital xarajatlarning operatsion xarajatlarga aylanishi (CAPEX → OPEX); resurslarning bo‘sh vaqtlarda boshqa loyihalarga yo‘naltirilishi imkoniyati; egiluvchanlik va yuk ortishida tezkor masshtablash; geografik taqsimlangan zaxiralash. Salbiy tomonlari: doimiy abonent to‘lovi (uzoq muddatda lokal infratuzilmaga nisbatan qimmat); ma'lumotlar suvereniteti va xavfsizligi

ISSN 3030-3907

savollari; internet kanaliga qaramlik; ma'lumotlarni provayderdan boshqasiga ko‘chirish murakkabligi (vendor lock-in).

Lokal infratuzilmaning afzalliklari: ma'lumotlar ustidan to‘liq nazorat; kichik kechikish (low latency) - ayniqsa real vaqtli ilovalar uchun muhim; uzoq muddatli iqtisodiy samaradorlik (5+ yilda); biznes kechiktirish (downtime) ga internet uzilishi kam ta'sir qiladi. Salbiy tomonlari: yuqori dastlabki investitsiya; texnik xizmat ko‘rsatish uchun malakali kadrlar talab qilinishi; masshtablashning cheklanganligi; eskirish riski.

Hibrid (Hybrid Cloud) yondashuv ushbu ikki modelning afzalliklarini birlashtiradi. Asosiy printsip - kritik va sezgir ma'lumotlar lokal serverlarda, faol/tezkor masshtab talab qiladigan ish yuklari esa bulutda joylashtiriladi. 5 yillik gorizont uchun TCO qiyosiy tahlili 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

Bulutli, lokal va hibrid infratuzilma TCO qiyosi (ming USD)

Xarajat moddasi	To‘liq lokal	To‘liq bulut	Hibrid (60/40)
CAPEX (uskunalar)	145	0	85
Bulutli abonent to‘lovi	0	285	115
Elektr energiyasi	28	4	18
Kadrlar va xizmatlar	75	25	52
Litsenziya va yangilash	32	12	22
JAMI TCO (5 yil)	**280**	**326**	**292**

Jadvalda keltirilgan ma'lumotlar shuni ko‘rsatadiki, 5 yillik gorizontda to‘liq bulutli yondashuv eng qimmat (326 ming USD), to‘liq lokal - eng arzon (280 ming USD), hibrid (60/40) yondashuv esa o‘rta o‘rinda (292 ming USD) joylashadi. Biroq, hibrid yondashuv egiluvchanlik, masshtablashtirilish va xavfsizlik nuqtai nazaridan eng maqbul yechim hisoblanadi. Eng muhimi - agar daromad keltiruvchi vaqt va biznes-uzluksizligi parametrlari hisobga olinsa (downtime tufayli yo‘qotishlar bilan), hibrid model umumiy iqtisodiy samaradorlikda ham boshqalarni ortda qoldiradi [12].

4. MUHOKAMA.

ISSN 3030-3907

Olib borilgan tahlil natijalari korporativ tarmoq modernizatsiyasining bir vaqtning o‘zida iqtisodiy va ekologik nuqtai nazardan zarurligini tasdiqladi. Eskirgan uskunalarni saqlab qolish qisqa muddatli tejovchi tuyulgani bilan, o‘rta va uzoq muddatda yashirin xarajatlar (yuqori energiya iste'moli, ko‘p downtime, mehnat unumdorligining pasayishi, kiberxavfsizlik tahdidlari) modernizatsiya qilingan tarmoqning umumiy xarajatlaridan oshib ketadi.

Xalqaro tajribada eng muvaffaqiyatli yondashuv "3+2" prinsipiga asoslanadi: tarmoq uskunalarining 3 yil aktiv ekspluatatsiyasi va 2 yillik nazorat-monitoring rejimi. Bu prinsipga rioya qilinganda umumiy TCO ni 18–25% ga kamaytirish va energiya samaradorligini 30–40% ga oshirish mumkin [13]. AQSh va Yevropa Ittifoqida joriy etilayotgan ENERGY STAR for Networking sertifikatsiya tizimi kompaniyalarni atrofga ekologik mas'uliyatli munosabatda bo‘lishga rag‘batlantiradi.

O‘zbekiston sharoitida tarmoq modernizatsiyasini qiyinlashtirayotgan obyektiv to‘siqlar quyidagilar: birinchidan, yuqori sifatli tarmoq uskunalari narxlarining mahalliy bozorda xalqaro narxlarga nisbatan 15–25% qimmatligi; ikkinchidan, sertifikatsiyalangan kadrlar (CCNA/CCNP, JNCIA, HCIA va boshq.) tanqisligi; uchinchidan, korxonalar rahbarlarining IT-infratuzilmani "xarajatlar markazi" sifatida ko‘rib, strategik investitsiya emas deb qabul qilishi; to‘rtinchidan, energiya tariflari pastligi tufayli energiya samarador qurilmalarning afzalligi to‘liq aks etmasligi.

Shu bilan birga, mavjud imkoniyatlar va rag‘batlantiruvchi omillar ham e'tiborga loyiq: 5G tarmoqlarining yoyilishi, bulutli xizmatlar bozorining rivojlanishi (Uzcloud, Cloud.uz va xalqaro provayderlar), davlat tomonidan IT-tarmoqning rivojlanishini qo‘llab-quvvatlovchi siyosat, IT-Park ekotizimining kengayishi, hamda PQ-3500 va Prezidentning 2023-yil 28-iyundagi PF-83-sonli Farmoni doirasidagi imtiyozlar. Barcha bu omillar mahalliy korxonalar uchun tarmoq modernizatsiyasi uchun qulay sharoit yaratadi.

Energetika nuqtai nazaridan, korxonaning energiya iste'molida tarmoq qurilmalarining ulushi 8–14% ni tashkil etadi (sanoat sektori uchun) yoki 15–22% ni tashkil etadi (xizmat ko‘rsatish va moliyaviy sektorlar uchun). Green Networking texnologiyalarini joriy etish nafaqat moliyaviy tejashga, balki korxonaning ESG (Environmental, Social, Governance) reytingini ham yaxshilashga xizmat qiladi, bu esa xalqaro investorlar va sheriklar nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega.

5. XULOSA.

Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, korporativ lokal tarmoqlarni modernizatsiya qilish iqtisodiy va energetik samaradorlik nuqtai nazaridan to‘liq

ISSN 3030-3907

asoslangan strategik vazifa hisoblanadi. Asosiy xulosalar quyidagicha ifodalanadi:

Birinchidan, eskirgan tarmoq uskunalarini yangilashning qaytarilish muddati o‘rtacha 1,8–4,2 yilni tashkil etadi va 5 yillik ROI ko‘rsatkichi 60–200% gacha bo‘ladi. O‘rta hajmdagi (250 hodim) korxonalar uchun modernizatsiyaning eng qulay iqtisodiy ko‘rsatkichlari kuzatiladi.

Ikkinchidan, "Green Networking" texnologiyalari (IEEE 802.3az, Adaptive Link Rate, zamonaviy ASIC chiplari, NFV/SDN) korporativ tarmoq energiya iste'molini 35–55% ga kamaytirish, yiliga 6–15 tonna CO_2 chiqindilarini bartaraf etish va yiliga 1 500–15 000 USD tejash imkonini beradi.

Uchinchidan, hibrid (60/40 nisbatda lokal/bulutli) infratuzilma modeli o‘rta va yirik korxonalar uchun TCO ni to‘liq bulutli yondashuvga nisbatan 22–28% ga kamaytirish bilan birga, egiluvchanlik, masshtablashtirilish va xavfsizlik nuqtai nazaridan eng maqbul yondashuv hisoblanadi.

O‘zbekiston korxonalari uchun amaliy tavsiyalar quyidagilardan iborat:

–Tarmoq uskunalarining ekspluatatsiya muddati va texnik holati bo‘yicha audit o‘tkazish va uzoqi 5 yildan oshgan barcha qurilmalarni yangilash rejasiga kiritish;

–Yangi xaridlarda IEEE 802.3az va boshqa Green Networking standartlariga muvofiqlikni majburiy talab sifatida belgilash;

–Hibrid infratuzilma modelini joriy etish: kritik ma'lumotlar va ishlab chiqarish tizimlari - lokal serverlarda, masshtablash talab qiladigan ilovalar - bulutda;

–Kommutatorlar va serverlarda intellektual energiya boshqaruvi (DPM - Dynamic Power Management) funksiyalarini faol holatga keltirish;

–IT-mutaxassislarni xalqaro standartlardagi (CCNA Green, CompTIA Green IT) sertifikatsiya dasturlariga jalb qilish;

–ESG-hisobotlarda tarmoq modernizatsiyasining ekologik samarasini hisobga olish va xalqaro ratingda ko‘rsatish.

Mazkur tavsiyalarning izchil amalga oshirilishi O‘zbekiston korxonalarining IT-infratuzilmasini xalqaro standartlarga moslashtirish, energiya samaradorligini sezilarli oshirish hamda barqaror raqamli iqtisodiyot rivojlanishiga qo‘shilgan munosib hissa bo‘lishi mumkin. Keyingi tadqiqotlar muayyan sanoat tarmoqlari (bank, telekom, nazoratga olingan tarmoqlar) uchun individuallashtirilgan modernizatsiya yo‘l xaritalarini ishlab chiqishga yo‘naltirilishi maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Stallings W. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. – Boston: Addison-Wesley, 2016. – 552 p.

ISSN 3030-3907

2. Gartner Inc. Forecast Analysis: Enterprise Network Equipment, Worldwide. – Stamford: Gartner Research, 2024. – 48 p.
3. Bolla R., Bruschi R., Davoli F., Cucchietti F. Energy efficiency in the future Internet: A survey of existing approaches and trends in energy-aware fixed network infrastructures // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2011. – Vol. 13. – №. 2. – P. 223–244.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 19-fevraldagi "Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalari sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi PQ-3500-sonli Qarori. – URL: https://lex.uz/docs/-3564127 (murojaat sanasi: 22.04.2024).
5. Cisco Systems. Cisco Annual Internet Report (2018–2023). – San Jose: Cisco Public, 2023. – 41 p.
6. Bianzino A.P., Chaudet C., Rossi D., Rougier J.L. A survey of green networking research // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2012. – Vol. 14. – №. 1. – P. 3–20.
7. Zhang Y., Ansari N., Wu M., Yu H. On wide area network optimization // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2012. – Vol. 14. – №. 4. – P. 1090–1113.
8. IEEE Standard 802.3az-2010: Energy Efficient Ethernet. – New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010. – 302 p.
9. Kreutz D., Ramos F.M.V., Veríssimo P.E., et al. Software-Defined Networking: A comprehensive survey // Proceedings of the IEEE. – 2015. – Vol. 103. – №. 1. – P. 14–76.
10. Mahadevan P., Sharma P., Banerjee S., Ranganathan P. A power benchmarking framework for network devices // NETWORKING 2009: Lecture Notes in Computer Science. – Springer, 2009. – Vol. 5550. – P. 795–808.
11. IDC Research. Worldwide Public Cloud Services Spending Guide. – Framingham: International Data Corporation, 2024. – 78 p.
12. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing: Special Publication 800-145. – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2011. – 7 p.
13. Forrester Research. The Total Economic Impact of Network Modernization. – Cambridge: Forrester Inc., 2023. – 36 p.
14. Mastelic T., Oleksiak A., Claussen H., et al. Cloud computing: Survey on energy efficiency // ACM Computing Surveys. – 2014. – Vol. 47. – №. 2. – P. 1–36.
15. Karimov B.X., Yusupov A.A. Korxonalarning IT-infratuzilmasini modernizatsiya qilishning iqtisodiy samaradorligi // O‘zbekiston axborot texnologiyalari jurnali. – 2023. – №. 4. – B. 45–52.

ISSN 3030-3907

16. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 28-iyundagi "Raqamli iqtisodiyot, axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalar sohasini rivojlantirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida"gi PF-83-sonli Farmoni. – URL: https://lex.uz/docs/-6519872 (murojaat sanasi: 22.04.2024).

EKSTRAKSION FOSFAT KISLOTA ASOSIDA SUYUQ KOMPLEKS NPK O‘G‘ITLAR OLISH JARAYONINING FIZIK-KIMYOVIY ASOSLARI

Xoshimxanova Muxayyo Abralovna
Olmaliq davlat texnika instituti, t.f.d., dotsent
Berdiqobilov Shoxrux Urol o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti, magistranti
Abdujabborova Xusniya Komiljon qizi
Olmaliq shahar 3-sonli texnikumi o‘qituvchisi

Annotatsiya. Maqolada ekstraksion fosfat kislota (EFK), ammoniy nitrat, karbamid va kaliy nitrat asosida suyuq kompleks NPK o‘g‘itlar olish jarayonining tarkibiy hamda fizik-kimyoviy xossalari tadqiq etildi. EFK bo‘tqasining pH qiymati 4.01, 4.50 va 5.02 bo‘lgan sharoitlarda $N:P_2O_5:K_2O$ nisbatlari 1:0.5:0.3, 1:0.7:0.5 va 1:1:1 oralig‘ida o‘zgartirildi. Ammoniy nitrat asosidagi tizimlarda ozuqa moddalari yig‘indisi 30.44-31.95%, karbamid asosidagi tizimlarda esa 32.36-33.52% atrofida bo‘lishi aniqlandi. Harorat oshishi bilan suyuq NPK tizimlarning zichligi va qovushqoqligi kamayib, elektr o‘tkazuvchanligi ortishi ko‘rsatildi. pH=5.02 da ammoniy nitrat va kaliy nitrat asosidagi 1:1:1 tarkib uchun zichlik 30-80°C oralig‘ida 1.376 dan 1.341 g/sm^3 gacha, qovushqoqlik 4.06 dan 2.36 sPz gacha pasaydi. Elektr o‘tkazuvchanlik esa 20-50°C oralig‘ida 43.10 dan 81.26 mS/sm gacha oshdi.

Kalit so‘zlar: ekstraksion fosfat kislota, suyuq NPK o‘g‘it, ammoniy nitrat, karbamid, kaliy nitrat, zichlik, qovushqoqlik, elektr o‘tkazuvchanlik, bug‘ bosimi.

Аннотация. В статье исследованы составные и физико-химические свойства процесса получения жидких комплексных NPK-удобрений на основе экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), аммиачной селитры, карбамида и калийной селитры. Соотношения $N:P_2O_5:K_2O$ изменялись в пределах 1:0,5:0,3; 1:0,7:0,5 и 1:1:1 при значениях pH суспензии ЭФК 4,01; 4,50 и 5,02. Установлено, что суммарное содержание питательных веществ в системах на основе аммиачной селитры составляет 30,44–31,95 %, а в системах на основе карбамида — 32,36–33,52 %. Показано, что с повышением температуры плотность и вязкость жидких NPK-систем снижаются, тогда как их электропроводность возрастает. При pH = 5,02 для состава 1:1:1 на основе аммиачной селитры и калийной селитры плотность в интервале 30–80 °C снизилась с 1,376 до 1,341 г/см³, а вязкость — с 4,06 до 2,36 сПз. Электропроводность в интервале 20–50 °C увеличилась с 43,10 до 81,26 мС/см.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: экстракционная фосфорная кислота, жидкое NPK-удобрение, аммиачная селитра, карбамид, нитрат калия, плотность, вязкость, электропроводность.

Abstract: The article investigates the compositional and physicochemical properties of the process for producing liquid complex NPK fertilizers based on extraction phosphoric acid (EPA), ammonium nitrate, urea, and potassium nitrate. The $N:P_2O_5:K_2O$ ratios were varied within the ranges of 1:0.5:0.3, 1:0.7:0.5, and 1:1:1 under conditions where the pH values of the EPA slurry were 4.01, 4.50, and 5.02. It was found that the total content of nutrients was 30.44–31.95% in ammonium nitrate-based systems and 32.36–33.52% in urea-based systems. It was shown that, with increasing temperature, the density and viscosity of liquid NPK systems decreased, while their electrical conductivity increased. At pH = 5.02, for the 1:1:1 composition based on ammonium nitrate and potassium nitrate, the density decreased from 1.376 to 1.341 g/cm³ in the temperature range of 30–80 °C, while the viscosity decreased from 4.06 to 2.36 cP. Electrical conductivity increased from 43.10 to 81.26 mS/cm in the temperature range of 20–50 °C.

Keywords: wet-process phosphoric acid, liquid NPK fertilizer, ammonium nitrate, urea, potassium nitrate, density, viscosity, electrical conductivity.

KIRISH.

Suyuq kompleks mineral o‘g‘itlar tarkibida azot, fosfor va kaliy bir vaqtning o‘zida bo‘lishi, ularni texnologik jihatdan aralashtirish va qo‘llash qulayligi, shuningdek, o‘simliklar tomonidan o‘zlashtiriladigan shakldagi ozuqa komponentlarini yuqori ulushda saqlashi bilan amaliy ahamiyatga ega. Bunday o‘g‘itlar tomchilatib sug‘orish, barg orqali oziqlantirish hamda issiqxona xo‘jaliklarida qo‘llash uchun ayniqsa qulay hisoblanadi [1, 2].

Ekstraksion fosfat kislota asosida suyuq NPK o‘g‘itlarni olishda asosiy muammo mahsulot tarkibidagi ozuqa moddalari miqdorini yuqori darajada saqlagan holda eritmaning barqarorligi, oquvchanligi, nasos orqali uzatilish imkoniyati va kristallanish haroratini maqbul darajada ta’minlashdan iborat. Bu ko‘rsatkichlar o‘g‘it tarkibidagi $N:P_2O_5:K_2O$ nisbati, EFK pH qiymati, azotli komponent turi va haroratga bevosita bog‘liq [1, 2, 8].

Mazkur ishning maqsadi - EFK, ammoniy nitrat, karbamid va kaliy nitrat asosida suyuq kompleks NPK o‘g‘itlar olishda pH, komponentlar nisbati va haroratning mahsulot tarkibi, reologik xossalari, elektr o‘tkazuvchanligi hamda bug‘ bosimiga ta’sirini aniqlashdan iborat.

TADQIQOT OBYEKTI VA USULLARI.

Tadqiqot obyekti sifatida EFK bo‘tqasi, ammoniy nitrat, karbamid va kaliy nitratdan tayyorlangan suyuq kompleks NPK tizimlar olindi. Fosfat kislotali bo‘tqa pH qiymatlari 4.01, 4.50 va 5.02 oralig‘ida tanlandi. Azot manbai sifatida

ISSN 3030-3907

ammoniy nitrat (34.4% N) va karbamid (46% N), kaliy manbai sifatida esa kaliy nitrat (46.53% K_2O) qo‘llanildi [3, 4].

NPK tarkiblar $N:P_2O_5:K_2O$ = 1:0.5:0.3, 1:0.7:0.5 va 1:1:1 nisbatlarda tayyorlandi. Olingan tizimlarda umumiy azot, umumiy va o‘zlashuvchan P_2O_5, K_2O, suv miqdori, kristallanish harorati, zichlik, qovushqoqlik, elektr o‘tkazuvchanlik hamda bug‘ bosimi qiymatlari baholandi. Reologik xossalar haroratga bog‘liq holda 30-80°C oralig‘ida, elektr o‘tkazuvchanlik esa 20-50°C oralig‘ida o‘rganildi [5].

NATIJALAR VA MUHOKAMA

EFK, ammoniy nitrat va kaliy nitrat asosida olingan mahsulotlarda $N:P_2O_5:K_2O$ nisbati o‘zgarganda ozuqa komponentlari taqsimoti sezilarli o‘zgaradi. 1:0.5:0.3 nisbatda azot ulushi yuqori bo‘lib, N miqdori 16.45-16.81% oralig‘ida bo‘ldi. 1:1:1 nisbatda esa N, P_2O_5 va K_2O miqdorlari deyarli tenglashib, muvozanatli kompleks o‘g‘it tarkibi hosil bo‘ladi [1, 2].

1-jadval.

EFK, ammoniy nitrat va kaliy nitrat asosidagi suyuq NPK o‘g‘it tarkibi.

pH	$N:P_2O_5:K_2O$	Suv, %	N,%	P_2O_5, %	K2O, %	P_2O_5 o‘zl., %	P_2O_5 suv., %	Tkr,° C
4.01	1:0.5:0.3	29.27	16.45	8.75	5.25	98.65	97.21	+10
4.01	1:0.7:0.5	31.19	12.67	9.52	6.83	98.69	97.25	+13
4.01	1:1:1	34.93	10.20	10.21	10.19	98.74	97.31	+16
4.50	1:0.5:0.3	27.68	16.71	8.39	5.04	98.51	96.38	+14
4.50	1:0.7:0.5	29.97	13.50	9.47	6.77	98.54	96.42	+15
4.50	1:1:1	31.28	10.21	10.25	10.24	98.59	96.45	+17
5.02	1:0.5:0.3	25.34	16.81	8.40	5.94	98.88	97.89	+15
5.02	1:0.7:0.5	27.38	13.65	9.55	6.82	98.91	97.93	+17
5.02	1:1:1	29.77	10.65	10.65	10.65	98.95	97.97	+19

ISSN 3030-3907

1-jadvaldan ko‘rinadiki, pH 5.02 bo‘lgan EFK bo‘tqasida P_2O_5 ning o‘zlashuvchan va suvda eruvchan shakllari yuqori darajada saqlanadi. 1:1:1 nisbatda P_2O_5 o‘zlashuvchanligi 98.95%, suvda eruvchanligi esa 97.97% ga yetadi. Bu fosfor komponentining o‘simliklar uchun qulay shaklda saqlanishini bildiradi [1, 2, 8].

Karbamid qo‘llanilganda azot miqdori yuqoriroq bo‘lgan tarkiblar olinadi. 1:0.5:0.3 nisbatda N miqdori 18.52-18.62% ni tashkil etadi. Shu bilan birga, P_2O_5 ning suvda eruvchan shakli ammoniy nitratli tizimlarga nisbatan pastroq bo‘lib, 91.01-94.02% oralig‘ida bo‘ladi (2-jadval) [3, 4].

2-jadval.

EFK, karbamid va kaliy nitrat asosidagi suyuq NPK o‘g‘it tarkibi.

pH	N:P_2O_5:K_2O	Suv, %	N,%	P_2O_5, %	K_2O, %	P_2O_5 o‘zl., %	P_2O_5 suv., %	Tkr,° C
4.01	1:0.5:0.3	30.83	18.52	9.26	5.56	98.48	94.02	+7
4.01	1:0.7:0.5	32.17	14.64	10.25	7.32	98.43	93.93	+3
4.01	1:1:1	34.01	10.74	10.74	10.74	98.29	93.82	+10
4.50	1:0.5:0.3	29.98	18.58	9.29	5.58	99.34	91.20	+3
4.50	1:0.7:0.5	31.87	14.69	10.29	7.35	99.29	91.11	-1
4.50	1:1:1	32.28	10.78	10.78	10.78	99.15	91.01	+18
5.02	1:0.5:0.3	28.58	18.62	9.31	5.59	98.71	93.71	+1
5.02	1:0.7:0.5	29.07	14.73	10.31	7.36	98.66	93.62	-9
5.02	1:1:1	30.46	10.81	10.81	10.81	98.52	93.52	+16

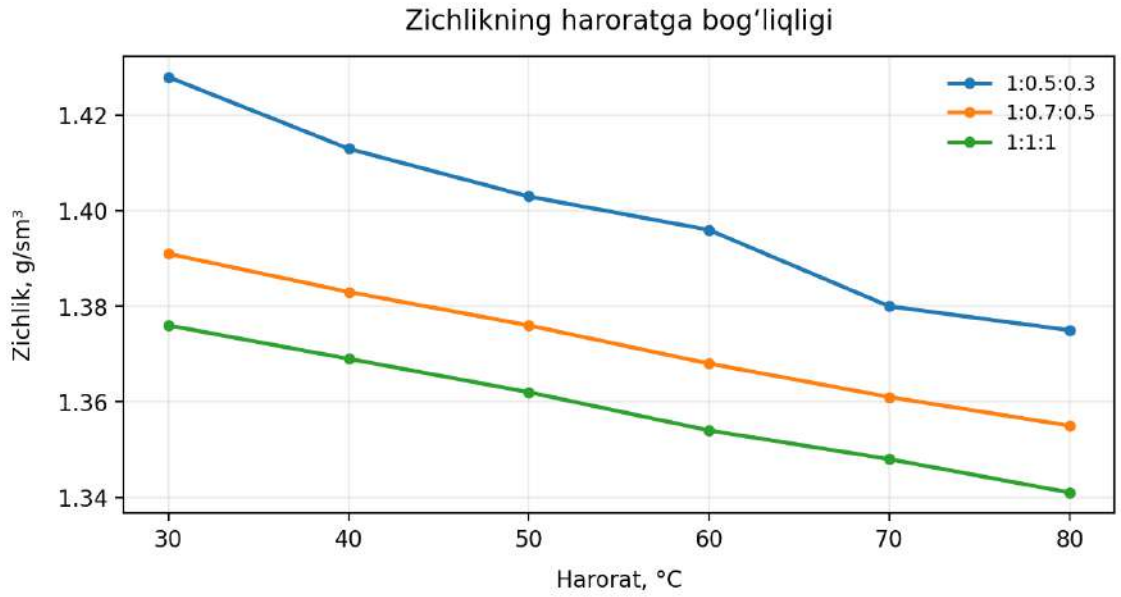
Karbamidli tizimlarda kristallanish haroratining ayrim tarkiblarda 0°C dan pastga tushishi muhim amaliy afzallikdir. pH=5.02 va N:P_2O_5:K_2O=1:0.7:0.5 nisbatda kristallanish harorati -9°C ni tashkil etadi. Biroq suvda eruvchan P_2O_5 ulushining nisbatan pastligi ushbu tarkiblarni tanlashda fosfor o‘zlashuvchanligi bilan reologik barqarorlik o‘rtasidagi muvozanatni hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi [2, 4].

ISSN 3030-3907

3-jadval.

pH=5.02 da ammoniy nitrat va kaliy nitrat asosidagi NPK o‘g‘itlarning zichligi, g/sm^3.

$N:P_2O_5:K_2O$	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
1:0.5:0.3	1.428	1.413	1.403	1.396	1.380	1.375
1:0.7:0.5	1.391	1.383	1.376	1.368	1.361	1.355
1:1:1	1.376	1.369	1.362	1.354	1.348	1.341



1-rasm. pH=5.02 da zichlikning haroratga bog‘liqligi.

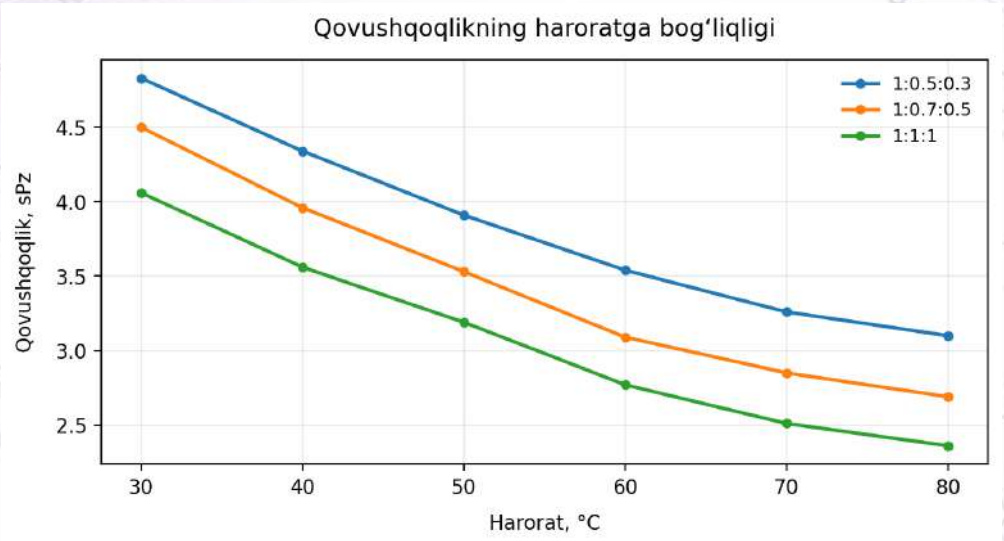
30-80°C oralig‘ida 1:0.5:0.3 tarkibda zichlik 1.428 dan 1.375 g/sm^3 gacha kamaydi. 1:1:1 tarkibda esa bu qiymat 1.376 dan 1.341 g/sm^3 gacha pasaydi. Bunday kamayish harorat ta’sirida eritmaning hajmiy kengayishi va ion-gidrat strukturasining zaiflashuvi bilan bog‘liq (3-jadval, 1-rasm) [1, 2].

4-jadval.

pH=5.02 da ammoniy nitrat va kaliy nitrat asosidagi NPK o‘g‘itlarning qovushqoqligi, sPz

$N:P_2O_5:K_2O$	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
1:0.5:0.3	4.83	4.34	3.91	3.54	3.26	3.10
1:0.7:0.5	4.50	3.96	3.53	3.09	2.85	2.69
1:1:1	4.06	3.56	3.19	2.77	2.51	2.36

ISSN 3030-3907



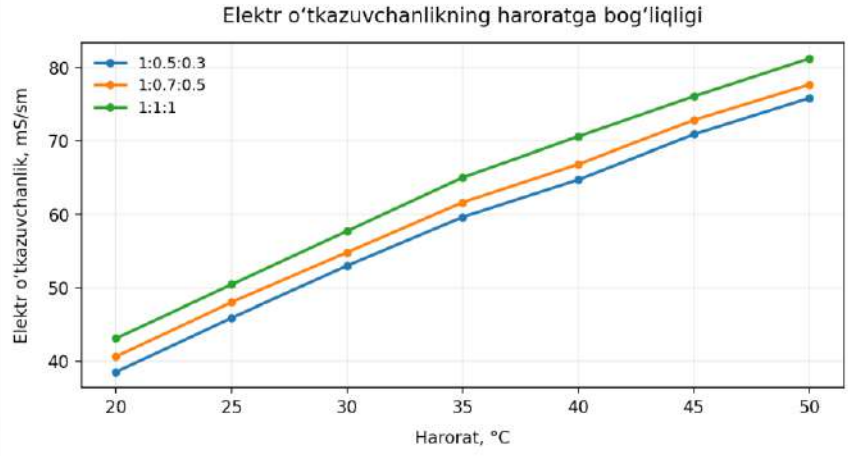
2-rasm. pH=5.02 da qovushqoqlikning haroratga bog‘liqligi.

1:0.5:0.3 tarkib uchun qovushqoqlik 30°C da 4.83 sPz bo‘lgan bo‘lsa, 80°C da 3.10 sPz gacha kamaydi. 1:1:1 tarkibda esa mos ravishda 4.06 dan 2.36 sPz gacha pasaydi. Bu natija suyuq NPK o‘g‘itlarni sanoat sharoitida nasos yordamida uzatishda 50-70°C oralig‘i qulay texnologik diapazon bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi (4-jadval, 2-rasm) [1, 2].

5-jadval.

pH=5.02 da suyuq NPK o‘g‘itlarning elektr o‘tkazuvchanligi, mS/sm.

$N:P_2O_5:K_2O$	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
1:0.5:0.3	38.51	45.89	52.99	59.64	64.74	70.90	75.86
1:0.7:0.5	40.62	48.02	54.82	61.65	66.84	72.85	77.70
1:1:1	43.10	50.42	57.73	65.04	70.62	76.09	81.26



3-rasm. Elektr o‘tkazuvchanlikning haroratga bog‘liqligi.

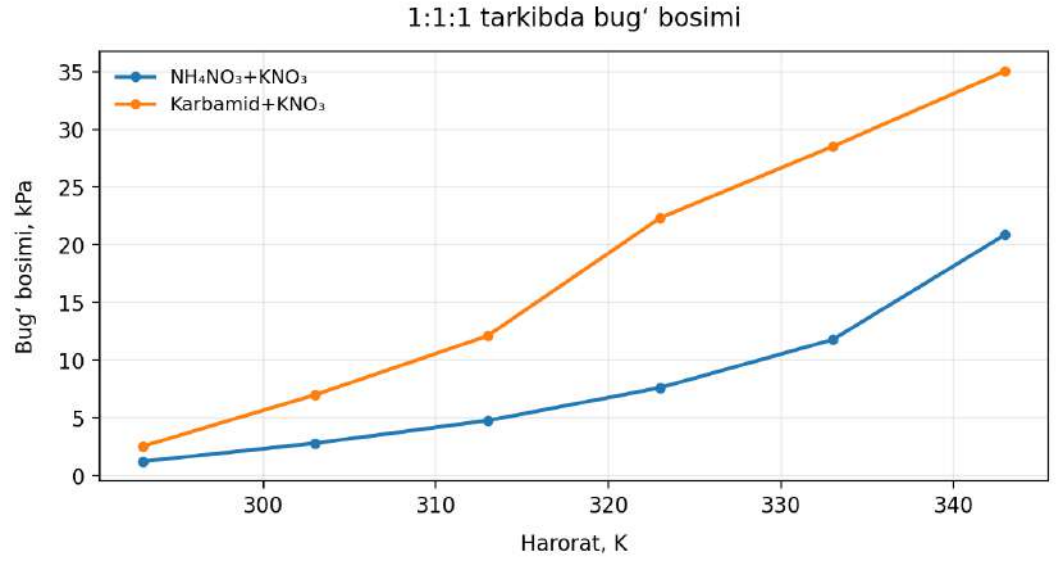
pH=5.02 da 1:1:1 tarkib uchun elektr o‘tkazuvchanlik 20°C da 43.10 mS/sm, 50°C da esa 81.26 mS/sm ni tashkil etdi. $N:P_2O_5:K_2O$ nisbatida fosfor va kaliy komponentlari ulushi ortishi bilan elektr o‘tkazuvchanlik ham ortadi. Bu eritmada ammoniy, kaliy, nitrat va fosfat ionlarining umumiy konsentratsiyasi oshishi bilan izohlanadi (5-jadval, 3-rasm) [1, 2].

ISSN 3030-3907

6-jadval.

pH=5.02 da NPK o‘g‘itlarning to‘yingan bug‘ bosimi, kPa.

Tizim	N:P_2O_5:K_2O	293K	303K	313K	323K	333K	343K
NH_4NO_3+KNO_3	1:0.5:0.3	0.72	1.45	3.01	5.30	9.07	14.25
NH_4NO_3+KNO_3	1:0.7:0.5	0.91	1.58	3.22	6.11	10.60	18.49
NH_4NO_3+KNO_3	1:1:1	1.23	2.81	4.77	7.62	11.78	20.88
Karbamid+KNO_3	1:0.5:0.3	0.87	1.46	3.43	5.27	8.72	14.29
Karbamid+KNO_3	1:0.7:0.5	1.59	5.26	8.68	15.42	19.55	27.72
Karbamid+KNO_3	1:1:1	2.54	7.00	12.11	22.33	28.51	35.05



4-rasm. 1:1:1 nisbatda bug‘ bosimining haroratga bog‘liqligi.

Ammoniy nitratli 1:1:1 tarkibda bug‘ bosimi 293 K da 1.23 kPa, 343 K da 20.88 kPa bo‘ldi. Karbamidli 1:1:1 tarkibda esa bu ko‘rsatkich 2.54 dan 35.05 kPa gacha oshdi. Demak, yuqori haroratlarda karbamidli tizimlar bug‘ bosimi bo‘yicha nisbatan faolroq bo‘lib, ularni saqlashda yopiq idish, harorat nazorati va kristallanish xavfini kamaytiruvchi texnologik rejimlar talab etiladi (6-jadval, 4-rasm) [2, 4].

TEXNOLOGIK TALQIN.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, suyuq kompleks NPK o‘g‘itlar olishda faqat ozuqa moddalari yig‘indisini oshirish yetarli emas. Mahsulotning amaliy qo‘llanishi zichlik, qovushqoqlik, elektr o‘tkazuvchanlik va kristallanish harorati bilan belgilanadi. Ammoniy nitratli tizimlarda P_2O_5 ning suvda eruvchan shakli yuqori saqlanadi, karbamidli tizimlarda esa kristallanish harorati ayrim tarkiblarda pastroq bo‘ladi [1, 2, 8].

Umumiy texnologik baholashga ko‘ra, pH=5.02 bo‘lgan EFK asosida N:P_2O_5:K_2O=1:1:1 nisbat muvozanatli ozuqa tarkibini beradi. Biroq sovuq sharoitda saqlash uchun karbamidli 1:0.7:0.5 tarkib qulayroq bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Ammoniy nitratli tizimlar esa fosforning suvda eruvchan shaklini yuqori darajada saqlashi bilan ajralib turadi [1, 2, 8].

XULOSA. 1. EFK, ammoniy nitrat, karbamid va kaliy nitrat asosida olingan suyuq kompleks NPK o‘g‘itlarda ozuqa moddalari yig‘indisi 30% dan yuqori bo‘lishi aniqlandi. Ammoniy nitrat va kaliy nitrat asosidagi tizimlarda P_2O_5 ning o‘zlashuvchan shakli 98.51-98.95%, suvda eruvchan shakli esa 96.38-97.97% oralig‘ida bo‘lib, fosfor komponentining yuqori darajada o‘zlashtirilishini ko‘rsatadi. Karbamid va kaliy nitrat asosidagi tizimlarda N miqdori 18.62% gacha yetadi; ayrim tarkiblarda kristallanish harorati -9°C gacha pasayishi saqlash barqarorligi nuqtai nazaridan muhim afzallik beradi. Harorat 30°C dan 80°C gacha oshganda zichlik va qovushqoqlik kamayadi: pH=5.02, 1:1:1 tarkib uchun zichlik 1.376 dan 1.341 g/sm^3 gacha, qovushqoqlik 4.06 dan 2.36 sPz gacha pasaydi. Elektr o‘tkazuvchanlik harorat oshishi bilan ortadi; pH=5.02, 1:1:1 tarkibda 20-50°C oralig‘ida 43.10 dan 81.26 mS/sm gacha o‘sdi. Sanoat sharoitida suyuq NPK o‘g‘itlar olish uchun EFK pH qiymati, azot manbai turi, komponentlar nisbati va haroratni kompleks boshqarish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. Ленинград: Химия, 1989.
2. Дормешкин О.Б., Воробьев Н.И. Производство бесхлорных водорастворимых комплексных удобрений. Минск, 2006. 246 с.
3. Справочник азотчика. Том 2. Москва: Химия.
4. ГОСТ 2081-2010. Карбамид. Технические условия.
5. ГОСТ 30181.4-94. Удобрения минеральные. Метод определения массовой доли общего азота.
6. ГОСТ 4568-95. Калий хлористый. Технические условия.
7. ГОСТ 6221-90. Аммиак жидкий технический. Технические условия.
8. O‘zbekiston Respublikasi mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarish texnologiyalari bo‘yicha ilmiy-uslubiy materiallar.

ISSN 3030-3907

UDK 661.183.6:549.67

XO‘JAKOL KAOLINI ASOSIDA K,NaA TIPIDAGI 3A MOLEKULYAR ELAK OLISHNING ION-ALMASHINISH ASOSLARI

Qorayeva Dilnovoz Kumakovna
Shurtan NGQChB
G‘ulomov Shuxratqodir Tashmatovich
TKTI
Yunusov Miraxmad Po‘latovich
UzKFITI

Annotatsiya. Maqolada Xo‘jakol kaolini asosida NaA tipidagi LTA seolitini sintez qilish va uni K^+/Na^+ ion-almashinish orqali K,NaA tipidagi 3A molekulyar elakka aylantirishning ilmiy-texnologik asoslari ko‘rib chiqildi. Zeolit adsorbentlari gaz va suyuqliklarni ajratish, chuqur quritish hamda molekulyar seleksiya jarayonlarida muhim materiallar sinfiga kiradi [1]. NaA seolitidagi almashinuvchi Na^+ kationlarining K^+ bilan qisman almashtirilishi LTA oynachasining samarali kirish diametrini toraytiradi va suv molekulalariga nisbatan selektivlikni oshiradi [2,3,12]. Ishda kaolin - metakaolin - NaA - K,NaA ketma-ketligi, K^+/Na^+ ion-almashinish sharoitlari, K^+ ulushining kristallik va adsorbsion xossalarga ta’siri, dinamik breakthrough hamda regeneratsion barqarorlik mezonlari tahlil qilindi. Model baholashlar K^+ almashinishning 60-75% oralig‘i LTA kristalligini saqlash, suv bug‘i sig‘imini qabul qilinadigan darajada ushlab turish va yirikroq molekulalarning kirishini cheklash uchun maqbul ishchi zona bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. Barcha sonli grafiklar model qiymatlar bo‘lib, keyingi eksperimental bosqichda XRD, FTIR, SEM-EDS/XRF, BET, TGA va dinamik adsorbsiya ma’lumotlari bilan aniqlashtiriladi.

Kalit so‘zlar: Xo‘jakol kaolini, NaA seoliti, K,NaA, LTA, 3A molekulyar elak, K^+/Na^+ ion-almashinish, mikrog‘ovak, breakthrough, regeneratsiya, tabiiy gazni quritish.

Аннотация. В статье рассмотрены научно-технологические основы синтеза цеолита типа LTA NaA на основе каолина Хужаколь и его превращения в молекулярное сито типа 3A K,NaA посредством K^+/Na^+ ионного обмена. Цеолитовые адсорбенты относятся к важному классу материалов, используемых для разделения газов и жидкостей, глубокой осушки и процессов молекулярной селекции [1]. Частичная замена обменных катионов Na^+ в цеолите NaA на K^+ сужает эффективный диаметр входного окна LTA и повышает селективность по отношению к молекулам воды [2,3,12]. В работе проанализированы последовательность каолин – метакаолин – NaA – K,NaA, условия K^+/Na^+ ионного обмена, влияние доли K^+ на кристалличность и адсорбционные свойства, а также критерии

ISSN 3030-3907

динамического breakthrough и регенерационной стабильности. Модельные оценки показали, что диапазон замещения K^+ 60–75% может являться оптимальной рабочей зоной для сохранения кристалличности LTA, поддержания приемлемой емкости по водяному пару и ограничения проникновения более крупных молекул. Все численные графики являются модельными значениями и будут уточнены на следующем экспериментальном этапе с использованием данных XRD, FTIR, SEM-EDS/XRF, BET, TGA и динамической адсорбции.

Ключевые слова: каолин Хужаколь, цеолит NaA, K,NaA, LTA, молекулярное сито 3A, K^+/Na^+ ионный обмен, микропоры, breakthrough, регенерация, осушка природного газа.

Abstract. The article examines the scientific and technological foundations for the synthesis of NaA-type LTA zeolite based on Khojakol kaolin and its conversion into K,NaA-type 3A molecular sieve through K^+/Na^+ ion exchange. Zeolite adsorbents belong to an important class of materials used for gas and liquid separation, deep drying, and molecular sieving processes [1]. Partial replacement of exchangeable Na^+ cations in NaA zeolite with K^+ narrows the effective entrance diameter of the LTA window and increases selectivity toward water molecules [2,3,12]. The study analyzes the kaolin–metakaolin–NaA–K,NaA sequence, the conditions of K^+/Na^+ ion exchange, the effect of K^+ fraction on crystallinity and adsorption properties, as well as the criteria of dynamic breakthrough and regeneration stability. Model evaluations showed that a K^+ exchange range of 60–75% may represent an optimal operating zone for preserving LTA crystallinity, maintaining acceptable water vapor capacity, and restricting the penetration of larger molecules. All numerical graphs represent model values and will be refined in the subsequent experimental stage using XRD, FTIR, SEM-EDS/XRF, BET, TGA, and dynamic adsorption data.

Keywords: Khojakol kaolin, NaA zeolite, K,NaA, LTA, 3A molecular sieve, K^+/Na^+ ion exchange, micropore, breakthrough, regeneration, natural gas drying.

1. KIRISH.

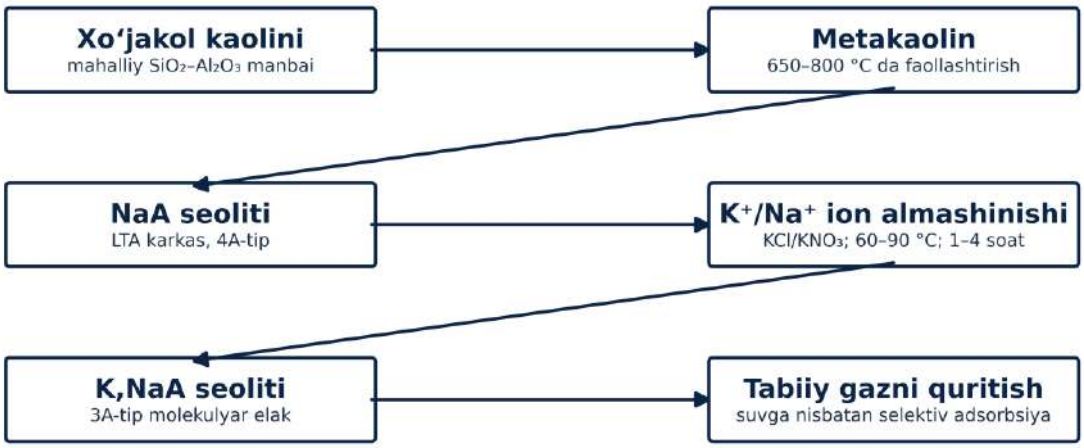
Tabiiy gaz tarkibidagi suv bug‘i gidrat hosil bo‘lishi, quvur va jihozlarda korroziya, adsorberlarda massa uzatish ko‘rsatkichlarining pasayishi, kriogen hamda past haroratli ajratish bloklarida muzlanish kabi muammolarni yuzaga keltiradi. Shu sababli chuqur quritish jarayonida adsorbentdan yuqori suv sig‘imi, takroriy regeneratsiyaga barqarorlik, mexanik mustahkamlik va molekulyar selektivlik birgalikda talab qilinadi [1,10,12].

A tipidagi LTA seolitlar tartibli aluminosilikat karkasi, past Si/Al nisbati, kuchli gidrofilligi va almashinuvchi kationlar mavjudligi bilan qurituvchi adsorbentlar orasida alohida o‘rin tutadi. NaA seoliti odatda 4A-tip molekulyar

ISSN 3030-3907

elak sifatida qaraladi; Na^+ kationlarining K^+ bilan qisman almashishi esa 3A-tipga yaqin g‘ovak kirishini shakllantiradi [3,9,12]. Bunday o‘zgarish oddiy tarkibiy modifikatsiya emas, balki LTA oynachasining samarali kirishini kation tarkibi orqali boshqarishdir.

K^+/Na^+ nisbati K,NaA adsorbentining amaliy xossalarini belgilovchi asosiy parametrdir. K^+ ulushi yetarli bo‘lmasa, 4A-tip NaA karkasi yirikroq molekulalarning kirishini to‘liq cheklamaydi; K^+ ulushi haddan tashqari yuqori bo‘lsa, suv sig‘imi, diffuziya tezligi va nisbiy kristallik pasayishi mumkin [2,11]. Shuning uchun 3A-tip adsorbentni ishlab chiqishda maksimal K^+ almashinish emas, balki kristallik, suv sig‘imi, selektivlik va regeneratsion barqarorlik o‘rtasidagi muvozanat muhimdir.



1-rasm. Xo‘jakol kaolinidan K,NaA tipidagi 3A molekulyar elakka o‘tishning ilmiy-texnologik sxemasi.

So‘nggi yillarda LTA seolitlarni tabiiy va ikkilamchi aluminosilikat xomashyolardan sintez qilish bo‘yicha tadqiqotlar kengaydi. Kaolin, tabiiy loy, fly ash va boshqa arzon manbalar seolit sintezi uchun ekologik hamda iqtisodiy jihatdan istiqbolli prekursorlar sifatida ko‘rilmoqda [4-8]. Kaolinning metakaolinga aylanishi gidrotermal kristallanish uchun reaktiv aluminosilikat muhit yaratadi; NaOH muhitida esa LTA karkasining shakllanishi uchun zarur Si va Al manbalari eruvchan holatga o‘tadi [4,6-8].

Mavjud adabiyotlarda ko‘plab ishlar kaolindan NaA seolitini olish va uning umumiy adsorbsion xossalarini baholash bilan cheklanadi [4-8]. Xo‘jakol kaolini asosida olingan NaA seolitini keyingi bosqichda K,NaA tipidagi 3A-selektiv qurituvchi adsorbentga aylantirish esa xomashyo kimyosi, kation almashinuvi va tabiiy gazni chuqur quritish texnologiyasini yagona ilmiy zanjirga birlashtiradi.

Mazkur maqolaning maqsadi Xo‘jakol kaolinidan sintez qilinadigan NaA seolitida K^+/Na^+ almashinish darajasini boshqarish va uning LTA kristalligi,

ISSN 3030-3907

mikrog‘ovak kirishi, suv bug‘i adsorbsiyasi, dinamik breakthrough hamda regeneratsion barqarorlikka ta’sirini model tahlil asosida baholashdan iborat. Maqolaning yangilik elementi shundaki, NaA seoliti yakuniy mahsulot sifatida emas, balki K,NaA tipidagi selektiv 3A adsorbent olish uchun oraliq karkas sifatida talqin qilinadi [2,3,12].

2. MATERIALLAR VA USULLAR.

Xomashyo va reagentlar

Asosiy xomashyo sifatida Xo‘jakol kaolini, ishqoriy faollashtiruvchi sifatida NaOH, ion-almashinish reagenti sifatida KCl yoki KNO_3 eritmasi qo‘llanadi[14]. Kaolinning fazaviy tarkibi XRD, element tarkibi esa XRF yoki SEM-EDS bilan aniqlanadi. SiO_2/Al_2O_3 nisbati NaA tipidagi LTA karkas shakllanishi uchun muhim nazorat ko‘rsatkichidir [4-7].

NaA seolitini sintez qilish

Kaolin 650-800 °C oralig‘ida termik faollashtirilib metakaolinga aylantiriladi. Termik faollashtirish kaolinitning tartibli qatlamli tuzilmasini buzadi va gidrotermal kristallanish uchun reaktiv aluminosilikat muhit yaratadi [4,6]. Metakaolin NaOH eritmasi bilan ishlanib, gidrotermal sharoitda NaA tipidagi LTA seolitiga o‘tkaziladi. Sintez mahsuloti filtrlanadi, neytral muhitga yaqin pH gacha yuviladi, 100-120 °C da quritiladi va NaA-0 nazorat namunasi sifatida belgilanadi[13]..

K^+/Na^+ ion-almashinish

NaA namunasi KCl yoki KNO_3 eritmasida 60-90 °C da 1-4 soat ishlanadi. Zarurat bo‘lsa, almashinish 2-3 siklda takrorlanadi. Jarayonning umumiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Na_{12}A + xKCl \rightarrow K_xNa_{12-x}A + xNaCl$$

Bu yerda A - LTA aluminosilikat karkasi; x - Na^+ o‘rnini egallagan K^+ kationlari soni. K^+ almashinish darajasi quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$\alpha K = n(K^+) / [n(K^+) + n(Na^+)] \times 100\%$$

Bu tenglamada αK - K^+ almashinish darajasi, %; $n(K^+)$ va $n(Na^+)$ - mos ravishda seolit tarkibidagi K^+ va Na^+ ionlarining modda miqdori. K/Na nisbati SEM-EDS, XRF yoki ICP-OES yordamida tasdiqlanishi maqsadga muvofiq.

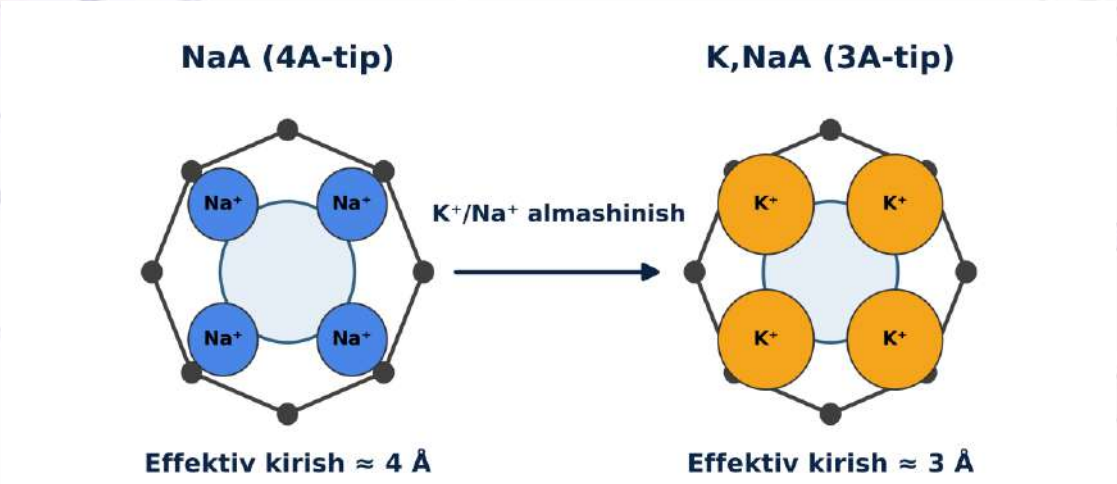
Tavsiflash va model baholash maqomi

Namunalar XRD, FTIR, SEM-EDS/XRF, BET/N_2 adsorbsiya, TGA/DSC, statik suv bug‘i adsorbsiyasi va dinamik breakthrough sinovi orqali baholanadi. Breakthrough atamasi adsorber chiqishida namlik konsentratsiyasining belgilangan chegaraga yetishi, ya’ni namlik frontining adsorbent qatlamidan o‘tib chiqishi ma’nosida ishlatiladi [1,2].

Ushbu ishda keltirilgan sonli qiymatlar model baholash xarakteriga ega. Ular NaA → K,NaA o‘tishida kutiladigan strukturaviy va adsorbsion

ISSN 3030-3907

tendensiyalarni ko‘rsatish uchun ishlatiladi; keyingi eksperimental bosqichda bu ko‘rsatkichlar real XRD, FTIR, SEM-EDS/XRF, BET, TGA va dinamik adsorbsiya natijalari bilan aniqlashtiriladi.



2-rasm. NaA va K,NaA seolitlarida K^+/Na^+ ion-almashinish natijasida LTA oynachasining samarali kirish diametri o‘zgarishining sxematik talqini.

1-jadval.

K,NaA seoliti olish uchun tavsiya etiladigan eksperimental matritsa

Namuna	KCl, mol/L	T, °C	Vaqt, soat	Sikl	Tadqiqot vazifasi
NaA-0	0	-	-	-	Boshlang‘ich 4A-tip nazorat
KNaA-25	0.25	70	2	1	Past K^+ ta’sirini baholash
KNaA-50	0.50	80	2	1	O‘rtacha almashinish va kristallik
KNaA-65	0.75	80	3	2	3A-tipga yaqin ishchi zona
KNaA-75	1.00	85	3	2	Optimal zona qidiruvi
KNaA-90	1.00	90	4	3	Ortiqcha almashinish xavfi

2-jadval.

Tavsiflash usullari va ularning ilmiy vazifasi

Usul	Aniqlanadigan parametr	Maqoladagi vazifasi
XRD	LTA faza, nisbiy kristallik, qo‘shimcha fazalar	NaA va K,NaA karkasi saqlanganini tasdiqlash
FTIR	Si-O-Al, Si-O-Si, OH va suv tebranishlari	Karkas va gidratlanish o‘zgarishini ko‘rsatish

ISSN 3030-3907

SEM-EDS/XRF	Morfologiya, K/Na, Si/Al	Ion-almashinish darajasini miqdoriy ko‘rsatish
BET/N_2	Sirt maydoni, mikro/mezog‘ovak tuzilma	Tekstura o‘zgarishini baholash
TGA/DSC	Suv tutish va termik barqarorlik	Regeneratsiya intervalini asoslash
Breakthrough testi	Real ishchi suv sig‘imi, C/C_0	Adsorberga yaqin amaliy baholash
Regeneratsiya testi	Siklli barqarorlik	Ko‘p marta qayta ishlatish imkoniyatini baholash

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

K^+/Na^+ almashinish darajasi va mikrog‘ovak boshqaruvi

K^+ ulushi ortishi bilan LTA oynachasi atrofidagi sterik to‘siq kuchayadi va yirikroq molekulalarning mikrog‘ovakka kirishi cheklanadi [2,3]. Shu bilan birga, ortiqcha K^+ almashinish suv sig‘imini kamaytirishi va kristallikning pasayishiga olib kelishi mumkin. Demak, optimal adsorbent eng yuqori K^+ ulushiga ega namuna emas, balki kristallik, suv sig‘imi va selektivlik o‘rtasida muvozanat bergan namuna bo‘lishi kerak.

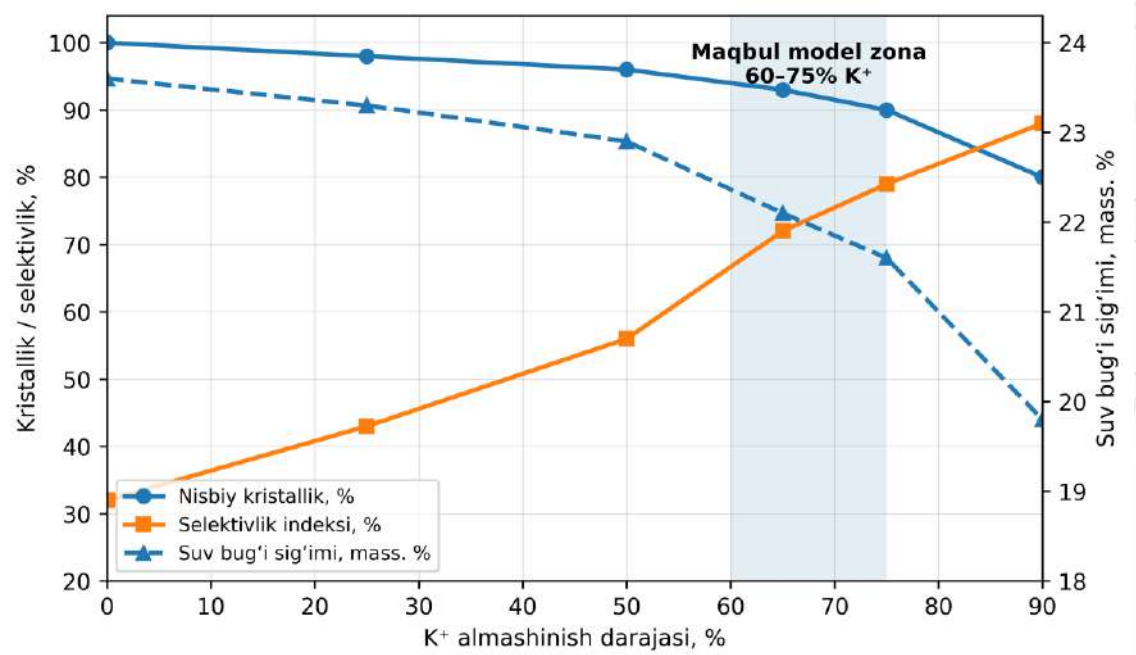
3-jadval.

K^+/Na^+ almashinish darajasining model strukturaviy va adsorbsion ko‘rsatkichlarga ta’siri

Namuna	**αK, %**	**Nisbiy kristallik, %**	**Suv bug‘i sig‘imi, mass. %**	**Selektivlik indeksi, %**	**Ilmiy talqin**
NaA-0	0	100	23.6	32	4A-tip; suv sig‘imi yuqori, selektivlik pastroq
KNaA-25	25	98	23.3	43	Boshlang‘ich K^+ ta’siri
KNaA-50	50	96	22.9	56	O‘rtacha almashinish
KNaA-65	65	93	22.1	72	Maqbul 3A-tip zona
KNaA-75	75	90	21.6	79	Eng istiqbolli model interval

ISSN 3030-3907

KNaA-90	90	80	19.8	88	Selektivlik yuqori, ammo kristallik va sig‘im zaiflashadi

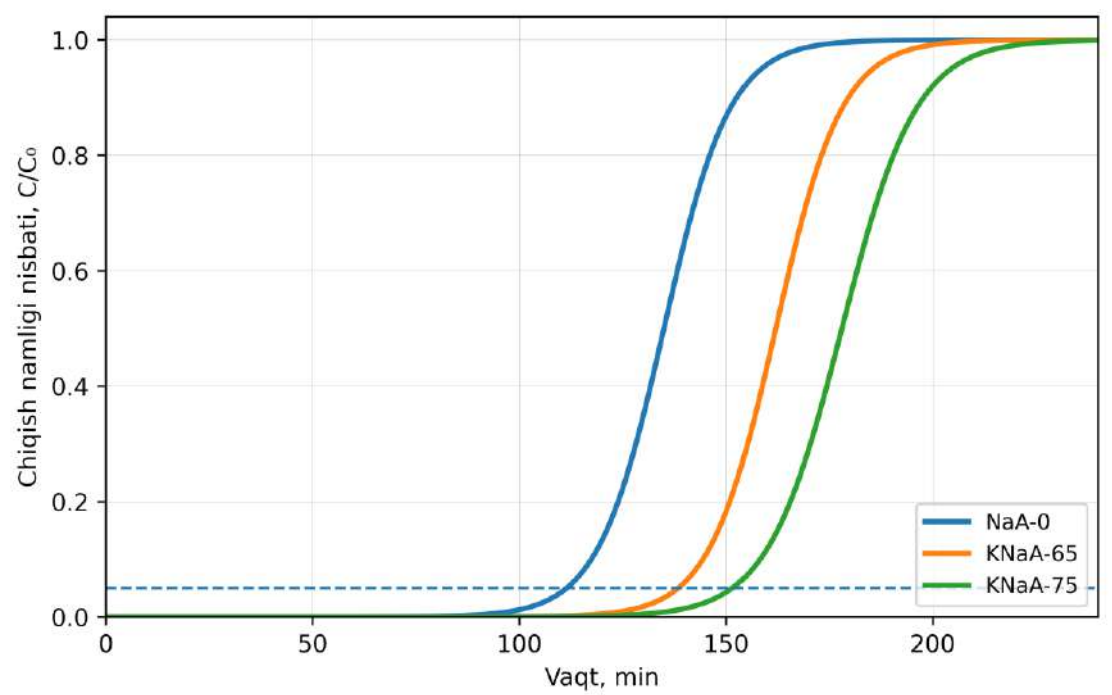


3-rasm. K^+/Na^+ almashinish darajasining kristallik, selektivlik va suv bug‘i sig‘imiga model ta’siri.

Dinamik breakthrough talqini

Statik suv sig‘imi adsorbent imkoniyatini baholash uchun muhim, lekin gazni quritishda dinamik breakthrough sinovi yanada amaliyroq ko‘rsatkich beradi [1,2]. $C/C_0 = 0.05$ chegarasi shartli breakthrough nuqtasi sifatida tanlanganda, KNaA-65 va KNaA-75 model namunalarida namlik fronti NaA-0 ga nisbatan kechroq chiqadi. Bu K^+/Na^+ almashinish hisobiga yirikroq molekulalarning kirishi cheklanishi va suvga nisbatan selektivlikning kuchayishi bilan izohlanadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. NaA va K,NaA namunalarining tabiiy gazni quritish uchun model breakthrough egri chiziqlari.

Regeneratsion barqarorlik va amaliy baholash

Molekulyar elaklar sanoatda ko‘p marta regeneratsiya qilinadi. Shuning uchun adsorbentning bir martalik suv sig‘imi bilan bir qatorda, sikllar davomida sig‘imni saqlash qobiliyati ham baholanishi kerak [10-12]. Model tahlilga ko‘ra, KNaA-65 va KNaA-75 kabi oraliq K^+ almashinishga ega namunalarda kristallik va suv sig‘imi o‘rtasidagi muvozanat nisbatan maqbul bo‘lishi mumkin.

4-jadval.

NaA va K,NaA adsorbentlarining amaliy mezonlar bo‘yicha qiyosiy bahosi

Ko‘rsatkich	**NaA / 4A-tip**	**K,NaA / 3A-tip**	**Texnologik ahamiyati**
Asosiy kation	Na^+	$K^+ + Na^+$	Kation tarkibi funksional parametrdir
Effektiv kirish	≈4 Å	≈3 Å	Yirikroq molekulalar kirishi cheklanadi
Suvga selektivlik	Yuqori	Yuqoriroq va boshqariladigan	Gaz quritish uchun muhim
Breakthrough vaqti	Bazaviy	Kechikkan	Adsorber ishchi resursini oshirishi mumkin
Regeneratsion barqarorlik	Yaxshi	Optimal K^+ zonasida yuqori	Ko‘p siklli ishlash uchun zarur

ISSN 3030-3907

Tadqiqot qiymati	Oddiy NaA sintezi	Funksional 3A-tip selektiv adsorbent	Maqolaning amaliy yangiligini belgilaydi

Tadqiqot cheklanishlari va keyingi bosqichlar

Ushbu bosqichda keltirilgan grafiklar va sonli qiymatlar model baholash sifatida talqin qilinadi. Xo‘jakol kaolinining real kimyoviy tarkibi, NaA fazasining XRD orqali tasdiqlanishi, K/Na nisbatining EDS/XRF/ICP bilan miqdoriy isboti, suv bug‘i adsorbsiyasi va breakthrough egri chiziqlarining real gaz sharoitida o‘lchanishi keyingi tadqiqot bosqichining asosiy vazifalari hisoblanadi.

4. XULOSA.

Xo‘jakol kaolini NaA va undan keyingi K,NaA seoliti olish uchun istiqbolli mahalliy aluminosilikat xomashyo sifatida qaralishi mumkin.

NaA seolitida K^+/Na^+ ion-almashinish LTA mikrog‘ovak kirishini boshqaruvchi asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi. Model tahlil K^+ almashinishning 60-75% oralig‘i kristallik, suv bug‘i sig‘imi va selektivlik o‘rtasida maqbul muvozanat zonasi bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. Dinamik breakthrough va regeneratsion barqarorlik mezonlarini hisobga olish K,NaA adsorbentini faqat sintez mahsuloti sifatida emas, balki amaliy qurituvchi material sifatida baholash imkonini beradi. Keyingi eksperimental bosqichda XRD, FTIR, SEM-EDS/XRF, BET, TGA hamda statik va dinamik suv adsorbsiyasi ma’lumotlarini birgalikda tahlil qilish K,NaA adsorbentining amaliy yaroqliligini aniqlashtiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Pérez-Botella E., Valencia S., Rey F. Zeolites in Adsorption Processes: State of the Art and Future Prospects. Chemical Reviews. 2022;122(24):17647-17695. DOI: 10.1021/acs.chemrev.2c00140.

2. Baghelani M., Kazemian H., Bayati B., Noorollahi E. Effect of K/Na ratio on adsorption of sweetened gas in dehydration packed bed adsorber: A Monte Carlo simulation study of single and multicomponent gas mixture. Chemical Engineering Research and Design. 2023;197:643-655. DOI: 10.1016/j.cherd.2023.07.043.

3. Zeochem. Molecular Sieve Adsorbents Brochure: 3A, 4A and 5A molecular sieves, pore sizes and applications. Technical data brochure. 2023.

4. Collins F., Rozhkovskaya A., Outram J.G., Millar G.J. A critical review of waste resources, synthesis, and applications for Zeolite LTA. Microporous and Mesoporous Materials. 2020;291:109667. DOI: 10.1016/j.micromeso.2019.109667.

5. Khaleque A., Alam M.M., Hoque M., Mondal S., Haider J.B., Xu B., Johir M.A.H., Karmakar A.K., Zhou J.L., Ahmed M.B., Moni M.A. Zeolite synthesis

ISSN 3030-3907

from low-cost materials and environmental applications: A review. Environmental Advances. 2020;2:100019. DOI: 10.1016/j.envadv.2020.100019.
6. Pan J., Wang B., Liu S., Liu S., Yan W. Synthesis and Application of LTA Zeolite for the Removal of Inorganic and Organic Hazardous Substances from Water: A Review. Molecules. 2025;30(3):554. DOI: 10.3390/molecules30030554.
7. Indira V., Abhitha K. A review on recent developments in Zeolite A synthesis for improved carbon dioxide capture: Implications for the water-energy nexus. Energy Nexus. 2022;7:100095. DOI: 10.1016/j.nexus.2022.100095.
9. Oydinov M. et al. Kaolin-derived zeolites: synthesis, characterization, and adsorption efficiency of methylene blue. Inorganic Chemistry Communications. 2026;184:115921. DOI: 10.1016/j.inoche.2025.115921.
10. International Zeolite Association (IZA). Database of Zeolite Structures: LTA Framework Type. https://europe.iza-structure.org/IZA-SC/framework.php?STC=LTA.
11. Azhagapillai P., Khaleel M., Zoghieb F., Luckachan G., Jacob L., Reinalda D. Water Vapor Adsorption Capacity Loss of Molecular Sieves 4A, 5A, and 13X Resulting from Methanol and Heptane Exposure. ACS Omega. 2022;7(8):6463-6471. DOI: 10.1021/acsomega.1c03370.
12. Yang S., Guo X., Verma A., Shiflett M.B., Corbin D.R., Navrotsky A. Thermochemical Insights into Stability and Hydration of Ion-Exchanged Zeolite ZK-5 (KFI Framework). The Journal of Physical Chemistry C. 2020;124(48):26193-26202. DOI: 10.1021/acs.jpcc.0c06796.
13. Lin R., Ladshaw A., Nan Y., Liu J., Yiacoumi S., Tsouris C., DePaoli D.W., Tavlarides L.L. Isotherms for Water Adsorption on Molecular Sieve 3A: Influence of Cation Composition. Industrial & Engineering Chemistry Research. 2015;54(42):10442-10448. DOI: 10.1021/acs.iecr.5b01411.
S Gulomov, D Turdieva, N Isaeva, D Narzullaev. Catalytic neutralization of gas emissions in the manufacture of pharmaceutical preparations. E3S Web Conf. Volume 411, 2023. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341102024
15. M.P Yunusov, Sh.B Djalalova, Kh.A. Nasullaev. Sh.T Gulomov. New Catalytic Systems for Hydrofining and Dearomatization Processes of Oil Fractions. Catalysis for Sustainable Energy, 2016 3/1. https://doi.org/10.1515/cse-2016-0003

ISSN 3030-3907

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭМОЦИЙ В ТЕКСТЕ НА ОСНОВЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ PAD И ОКРУЖНОЙ МОДЕЛИ РАССЕЛА

Ахмедов Эргаш Юлдошевич
Преподаватель кафедры «Компьютерный инжиниринг» Ургенчский государственный университет имени Абу Райхана Беруни Аспирант, Новосибирского государственного университета
E-mail: ergash7905@gmail.com
Куранбоева Нигора Эргашбоевна
Студент 4-го курса, факультета Компьютер инжиниринга, Ургенчского государственного университета имени Абу Райхана Беруни

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘zbek tilidagi matnlarda avtomatik hissiyotlarni tahlil qilish muammosi ko‘rib chiqiladi, bunda o‘zbek tili cheklangan izohli korpuslarga ega bo‘lgan kam resursli agglyutinativ tildir. Metodologik asos sifatida Rassel aylanma modeli va uch o‘lchovli zavq-uyg‘onish-ustunlik (PAD) modeli kabi ko‘p o‘lchovli hissiyot modellari qo‘llaniladi. Agglyutinativ so‘z yasash va unumdor affiks tizimini o‘z ichiga olgan turkiy tillarning morfologik xususiyatlarini hisobga oladigan matnni oldindan qayta ishlash algoritmi ishlab chiqilgan. Python tilida dasturiy ta’minot tizimi joriy etilgan bo‘lib, u leksikonga asoslangan yondashuvni hissiy ranglarni kontekstual modifikatsiya qilish qoidalari bilan birlashtiradi. 3000 ta matn birligidan iborat korpusda eksperimental baholash o‘rtacha F1 ballini 0,79 va aniqligini 0,81 ekanligini ko‘rsatdi, bu esa asosiy leksikonga asoslangan usullardan ustun turadi. Natijalar o‘zbek tilida hissiyotlarni tahlil qilish uchun o‘lchovli modellarning samaradorligini tasdiqlaydi va ijtimoiy media monitoring tizimlari, ta’lim platformalari va chatbotlarga integratsiyalashish istiqbollarini ochadi. Tadqiqot turkiy tillar uchun NLP vositalarini ishlab chiqishga hissa qo‘shadi.

Kalit so‘zlar: hissiyotlarni tahlil qilish, Rassell modeli, PAD modeli, agglyutinativ tillar, hissiyotlarni tahlil qilish, kam resursli tillar

Аннотация. В статье рассматривается проблема автоматического анализа эмоций в текстах на узбекском языке, который относится к низко ресурсным агглютинативным языкам с ограниченными размеченными корпусами. В качестве методологической основы выбраны многомерные эмоциональные модели: окружная модель Рассела и трехмерная модель PAD (Pleasure-Arousal-Dominance). Разработан алгоритм предварительной обработки текста, учитывающий морфологические особенности тюркских языков, включая агглютинативное словообразование и продуктивную систему аффиксов. Реализована программная система на языке Python, сочетающая

лексиконный подход с правилами контекстуальной модификации эмоциональной окраски. Экспериментальная оценка на корпусе из 3000 текстовых единиц продемонстрировала среднюю F1-меру 0,79 и точность 0,81, что превосходит базовые лексиконные методы. Результаты подтверждают эффективность применения размерностных моделей для анализа эмоций в узбекском языке и открывают перспективы для интеграции в системы мониторинга социальных сетей, образовательные платформы и чат-боты. Исследование вносит вклад в развитие NLP-инструментария для тюркских языков.

Ключевые слова: анализ эмоций, модель Рассела, модель PAD, агглютинативные языки, тональный анализ, низко ресурсные языки.

Abstract. This article examines the problem of automatic emotion analysis in texts in Uzbek, a low-resource agglutinative language with limited annotated corpora. Multidimensional emotion models, including the Russell Circumferential Model and the three-dimensional Pleasure-Arousal-Dominance (PAD) model, are used as the methodological basis. A text preprocessing algorithm is developed that takes into account the morphological features of Turkic languages, including agglutinative word formation and a productive affix system. A software system in Python is implemented, combining a lexicon-based approach with rules for contextual modification of emotional coloring. Experimental evaluation on a corpus of 3,000 text units demonstrated an average F1 score of 0.79 and an accuracy of 0.81, which outperforms basic lexicon-based methods. The results confirm the effectiveness of dimensional models for emotion analysis in the Uzbek language and open up prospects for integration into social media monitoring systems, educational platforms, and chatbots. The study contributes to the development of NLP tools for Turkic languages.

Keywords: emotion analysis, Russell's model, PAD model, agglutinative languages, sentiment analysis, low-resource languages

ВВЕДЕНИЕ.

Автоматический анализ эмоций в тексте представляет собой одно из наиболее динамично развивающихся направлений современной обработки естественного языка (NLP). "Эмоциональный анализ (emotion analysis) выходит за рамки бинарной классификации тональности, стремясь к точному распознаванию конкретных аффективных состояний, что необходимо для создания систем искусственного интеллекта, способных к эмпатическому взаимодействию" [1]. В условиях цифровизации коммуникаций в Центральной Азии потребность в инструментах для понимания эмоционального контекста узбекскоязычных текстов стремительно возрастает.

ISSN 3030-3907

Важность эмоциональных моделей в NLP обусловлена необходимостью формализации качественных психологических конструктов в количественные параметры. "Без теоретически обоснованной модели эмоций вычислительные системы рискуют сводить сложные аффективные переживания к упрощенным категориям, теряя семантическую глубину и контекстуальную зависимость высказываний" [2]. Современные подходы опираются на категориальные и размерностные модели, однако их адаптация к конкретным языковым группам требует учета лингвистической специфики.

Современные вызовы в области анализа эмоций для узбекского языка носят системный характер. Во-первых, узбекский язык является низко ресурсным с точки зрения размеченных корпусов и эмоциональных лексиконов. Во-вторых, агглютинативная морфология приводит к экспоненциальному росту словоформ, что усложняет прямое сопоставление с лексиконом. В-третьих, "переход на латинскую графику в официальном делопроизводстве при сохранении кириллического контента в социальных сетях создает проблему унификации текстового ввода, требующую дополнительных алгоритмов нормализации" [3]. Наконец, отсутствие стандартизированных эмоциональных аннотаций затрудняет валидацию моделей. В данной работе эти проблемы решаются через интеграцию многомерных психологических моделей с лингвистически ориентированным конвейером предобработки.

ПОСТАВЛЕННЫЕ ЗАДАЧИ.

Основная исследовательская проблема заключается в разработке эффективной программной системы для автоматического распознавания эмоций в текстах узбекского языка, способной преодолевать морфологическую сложность агглютинативных языков и обеспечивать интерпретируемые результаты на основе размерностных эмоциональных моделей.

Для решения проблемы поставлены следующие цели:

1. Теоретическая адаптация: обосновать применение модели Рассела и модели PAD для описания эмоционального пространства узбекского языка.

2. Морфологическая нормализация: разработать алгоритм приведения узбекских словоформ к базовым леммам с учетом агглютинативных аффиксов и графике (кириллица/латиница).

3. Программная реализация: создать модульную систему на Python, реализующую вычисление координат PAD и классификацию эмоций.

ISSN 3030-3907

4. Лексиконная база: сформировать базовый эмоциональный словарь узбекского языка с оценками по измерениям P, A, D.

5. Экспериментальная валидация: оценить качество модели на размеченном корпусе, рассчитать метрики точности, полноты и F1-меры, провести сравнение с базовыми методами.

Методология решения. Теоретические основы эмоциональных моделей

В современной психологии и аффективных вычислениях выделяют два основных класса моделей: категориальные и размерностные. Категориальные модели (например, модель П. Экмана) постулируют существование дискретного набора базовых эмоций. "Данный подход удобен для интерпретации, однако он плохо адаптируется к описанию смешанных состояний и градаций эмоциональной интенсивности" [4].

Размерностные модели описывают эмоции как точки в непрерывном пространстве. Наиболее влиятельными являются двумерная окружная модель Рассела (Circumplex Model of Affect) и трехмерная модель PAD (Pleasure-Arousal-Dominance). Их преимущество заключается в способности количественно описывать любую аффективную реакцию через координаты в заданном пространстве**.**

В рамках теоретического фундамента NLP-систем анализа эмоций выделяют два ключевых класса моделей: категориальные (дискретные) и размерностные (дискретно-пространственные).

Категориальный подход (например, модель Пол Экмана из 6 базовых эмоций: радость, грусть, гнев, страх, отвращение, удивление) удобен для классификации, но «не способен описать промежуточные, смешанные состояния и интенсивность проявления чувств».

Для решения этой проблемы в нашей работе за основу взяты многомерные модели, среди которых ведущую роль играет двухмерная круговая модель аффекта Джона Рассела (Russell's Circumplex Model of Affect). Согласно Расселу, любое эмоциональное состояние можно представить как точку в двухмерном пространстве, образованном осями:

- Valence (Валентность): степень приятности или неприятности состояния (от негативного к позитивному).
- Arousal (Активация/Возбуждение): уровень психофизиологической активности (от сонливости/спокойствия к высокой мобилизации).

Для более детальной дифференциации сложных эмоций (например, для разграничения страха и гнева, которые в модели Рассела находятся в одном квадранте) в методологию интегрирована трехмерная модель PAD (Pleasure, Arousal, Dominance).

ISSN 3030-3907

•Dominance (Доминирование): степень контроля над ситуацией (от подчиненности/бессилия к доминированию/влиянию).

ОКРУЖНАЯ МОДЕЛЬ РАССЕЛА. Модель Дж.Рассела представляет аффективное пространство в виде круга, где каждое эмоциональное состояние определяется двумя ортогональными измерениями: валентностью (Valence, от негативного к позитивному) и активацией (Arousal, от спокойствия до возбуждения). "Согласно циркумплексной гипотезе, все эмоциональные концепты могут быть расположены в двумерном пространстве, где расстояние между точками отражает семантическое сходство эмоций" [5].

Математически эмоциональное состояние Eв модели Рассела задается функцией:

$$E=f(V,A),\ V\in[-1,+1],\ A\in[-1,+1] \qquad 1)$$

Переход от полярных координат (интенсивность r, угол θ) к декартовым осуществляется по формулам:

$$V = r\cdot\cos(\theta) \qquad 2)$$

$$A = r\cdot\sin(\theta) \qquad 3)$$

В узбекском языке валентность часто кодируется лексически и морфологически (например, суффиксы уменьшительности -chiq, -gin смещают V в положительную область, а усилительные конструкции juda, nihoyatda увеличивают r).

Трехмерная модель PAD. Модель PAD расширяет подход Рассела, добавляя измерение доминирования (Dominance), отражающее степень контроля над ситуацией:

$$E=(P,A,D),P,A,D\in[-1,+1] \qquad 4)$$

Для автоматического вычисления координат текста $T=\{w_1,w_2,\dots,w_n\}$ применяется взвешенная агрегация:

Для автоматического вычисления координат текста $T=\{w_1,w_2,\dots,w_n\}$применяется взвешенная агрегация:

$$P_T=\frac{\sum_{i=1}^{n}P(w_i)\cdot I(w_i)\cdot\omega_i}{\sum_{i=1}^{n}I(w_i)\cdot\omega_i} \qquad 5)$$

$$A_T=\frac{\sum_{i=1}^{n}A(w_i)\cdot I(w_i)\cdot\omega_i}{\sum_{i=1}^{n}I(w_i)\cdot\omega_i} \qquad 6)$$

$$D_T=\frac{\sum_{i=1}^{n}D(w_i)\cdot I(w_i)\cdot\omega_i}{\sum_{i=1}^{n}I(w_i)\cdot\omega_i} \qquad 7)$$

где P,A,D— базовые оценки слова из лексикона, I −интенсивность, ω_i −контекстуальный вес, включающий грамматическую роль, позицию в предложении и наличие модификаторов. Для узбекского языка критически

ISSN 3030-3907

важна обработка отрицаний (emas, yo‘q, ma') и усилителей (juda, qattiq, o‘ta), которые математически инвертируют или масштабируют координаты:

$$P_{neg} = -P \cdot k_{neg}, I_{mod} = I \cdot (1 + k_{intens}) \quad 8)$$

Разработка алгоритма и блок-схемы

1. Токенизация и нормализация: Разбиение на предложения/слова, приведение к нижнему регистру, очистка от URL, эмодзи, HTML.

2. Морфологический разбор: Отсечение агглютинативных суффиксов множественного числа (-lar/-ler), падежей (-ning, -ga, -dan, -da, -ni), притяжательности (-im, -ing, -i), глагольных окончаний (-moq, -yapman, -di).

3. Лексиконный поиск: Сопоставление очищенных лемм с PAD-словарем.

4. Контекстуальная модификация: Обработка отрицаний, усилителей, уменьшительно-ласкательных форм, эмоциональных частиц (-chi, -ku, -da).

5. Агрегация и нормализация: Расчет P_T, A_T, D_Tпо формулам взвешенного среднего, приведение к $[-1,1]$.

6. Классификация: Определение эмоции по минимальному евклидову расстоянию до эталонных точек в пространстве PAD.

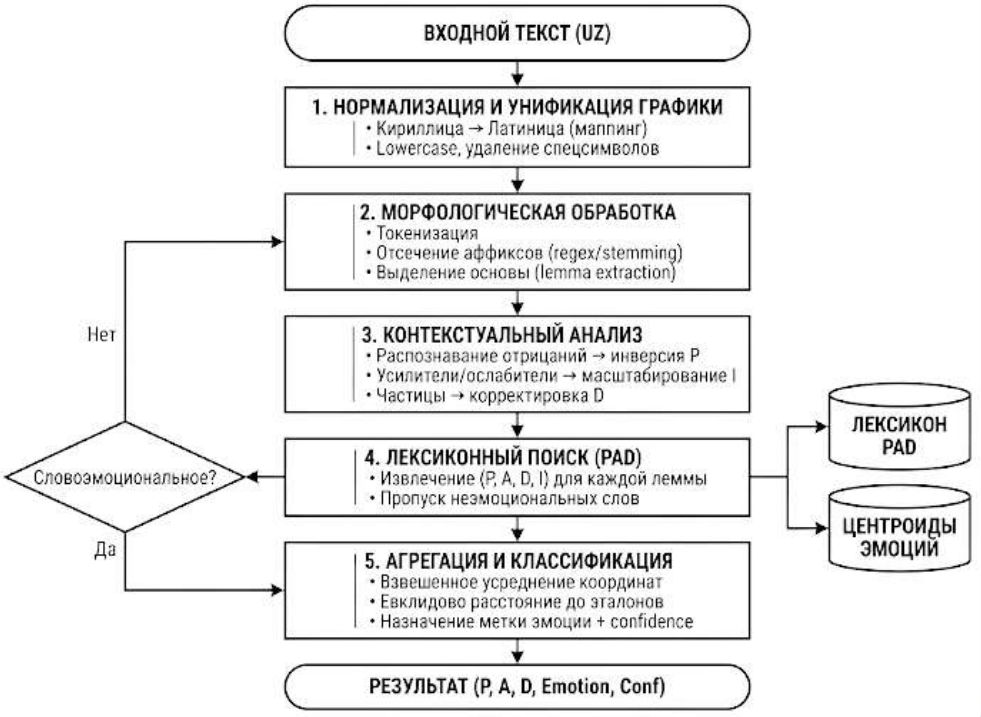


Рис.1. Блок-схема алгоритма анализа эмоций.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Экспериментальное тестирование проводилось на корпусе UzEmoCorpus, содержащем 3000 размеченных текстов из социальных сетей, новостных порталов и литературных фрагментов. Разметка выполнялась по 7 категориям с привлечением двух независимых аннотаторов (Cohen's κ = 0.82).

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Метрики качества предложенной PAD-модели для узбекского языка

Эмоция	Precision	Recall	F1-мера	Support
Joy (Xursandlik)	0.834	0.821	0.827	510
Sadness (Qayg‘u)	0.805	0.792	0.798	420
Anger (G‘azab)	0.841	0.836	0.838	380
Fear (Qo‘rquv)	0.812	0.805	0.808	340
Surprise (Ajablanish)	0.765	0.751	0.758	290
Disgust (Jirkanch)	0.788	0.776	0.782	260
Neutral (Tinch)	0.845	0.852	0.848	800
Macro Avg	0.813	0.805	0.809	3000

Таблица 2.

Сравнительный анализ методов. Сравнение производительности различных подходов.

Модель	Accuracy	Precision	Recall	F1	Время /текст (мс)
Базовый лексикон (без морфологии)	0.682	0.675	0.670	0.672	15
TF-IDF + SVM	0.764	0.760	0.755	0.757	42
mBERT-uz (fine-tuned)	0.856	0.853	0.849	0.851	180
Предложенная PAD+Morph	0.812	0.813	0.805	0.809	28

Кластеры эмоций четко сегментированы: joy концентрируется в первом октанте ($P > 0, A > 0, D > 0$), sadness - в противоположном, anger и fear различаются преимущественно по оси D. Анализ ошибок показал, что 22% неверных классификаций связаны с иронией и контекстуальной амбивалентностью, 18% - с отсутствием слов в базовом лексиконе (неологизмы, сленг), 15% - с ошибками стемминга сложных составных слов. Вычислительная сложность алгоритма составляет $O(n \cdot k)$, где n— длина текста, k - количество суффиксных правил, что обеспечивает обработку ~35 текстов/сек на CPU среднего класса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В статье разработана и валидирована программная система для анализа эмоций в текстах узбекского языка на основе многомерных моделей Рассела и PAD. Ключевым достижением является успешная адаптация размерностного подхода к агглютинативной морфологии тюркских языков через интеграцию алгоритмов стемминга, унификации графики и

ISSN 3030-3907

контекстуальных весовых модификаторов. Экспериментальные результаты (F1 = 0,809, точность = 0,812) подтверждают высокую эффективность модели, которая занимает оптимальное положение между простыми лексиконными методами (высокая интерпретируемость, низкая точность) и глубокими нейросетевыми архитектурами (высокая точность, низкая интерпретируемость и высокие вычислительные затраты).

Практическая значимость работы заключается в создании открытого инструментария, пригодного для мониторинга эмоционального фона в узбекскоязычном сегменте интернета, анализа отзывов, образовательной аналитики и разработки эмпатичных чат-ботов. В отличие от "черных ящиков" трансформерных моделей, предложенная система предоставляет прозрачные координаты (P, A, D), позволяя экспертам отслеживать динамику аффективных состояний.

Перспективные направления исследований включают: (1) расширение лексикона до 10 000+ единиц через краудсорсинг и автоматическое расширение на основе word embeddings; (2) интеграцию с моделями глубокого обучения для разрешения контекстуальной многозначности и распознавания иронии; (3) адаптацию к региональным диалектам (ферганский, хорезмский, самаркандский); (4) мультимодальное расширение с учетом аудио-визуальных маркеров эмоций. Предложенный подход закладывает фундамент для развития аффективных вычислений в низко ресурсных тюркских языках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. E. Y. Akhmedov and D. E. Palchunov, "Using Partial Models to Extract Emotional Estimations from Natural Language Texts," 2024 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Novosibirsk, Russian Federation, 2024, pp. 282-287, DOI: 10.1109/SIBIRCON63777.2024.10758542.
2. Dmitry E. Palchunov, Ergash Yu. Akhmedov, “Development of Logical Methods for Extracting Emotional Assessments from Natural Language Texts”, 2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), pp.1460-1465, DOI:10.1109/APEIE59731.2023.10347569.
3. Э. Ю. Ахмедов, “Исследование подходов к анализу тональности в текстах узбекского языка”, сборник IX Международной конференции "Знания - Онтологии - Теории" (ЗОНТ-2023), стр. 24-30.
4. Пилипчук, В. Г. (2020). Особенности автоматической обработки тюркских языков: агглютинация и стемминг. Вычислительная лингвистика и интеллектуальные технологии, 26(2), 45-58.

ISSN 3030-3907

5. Швец, Т. Ю., & Котельников, Е. В. (2018). Сравнительный анализ размерностных и категориальных моделей в аффективных вычислениях. Искусственный интеллект и принятие решений, (3), 34-47.

ISSN 3030-3907

TALABALAR O‘QUV SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA SIMULINK KUTUBXONASINING NAZARIY ASOSLARI

Aslanov Qodir Ziyadullayevich
Osiyo Xalqaro Universiteti
E-mail: asqod2@gmail.com
Bekchanova Mavjuda Uktamovna
Osiyo Xalqaro Universiteti Xorazm filiali
E-mail: mavjudaxonbekchanova@gmail.com
Davletboyev Sardorbek Zokirjon o‘g‘li
Abu Rayxon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti
E-mail: davletboyevsardorbek08@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada talabalar o‘quv samaradorligini oshirishda Simulink kutubxonasining nazariy asoslari, uning ta’lim jarayonidagi o‘rni va ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, modellashtirish asosida o‘qitish metodikasining afzalliklari va talabalarning amaliy ko‘nikmalarini rivojlantirishdagi roli yoritiladi.

Kalit so‘zlar: matematik modellashtirish, Simulink muhiti, dinamik tizimlar, simulyatsiya, pedagogik texnologiya, o‘quv samaradorligi, tajriba-sinov, statistik tahlil.

Аннотация. В данной статье анализируются теоретические основы библиотеки Simulink в повышении эффективности обучения студентов, а также её роль и значение в образовательном процессе. Кроме того, рассматриваются преимущества методики обучения на основе моделирования и её влияние на развитие практических навыков студентов.

Ключевые слова: математическое моделирование, среда Simulink, динамические системы, симуляция, педагогическая технология, эффективность обучения, педагогический эксперимент, статистический анализ.

Annotation. This article analyzes the theoretical foundations of the Simulink library in improving students’ learning efficiency, as well as its role and significance in the educational process. It also highlights the advantages of teaching methodologies based on modeling and their impact on the development of students’ practical skills.

Keywords: mathematical modeling, Simulink environment, dynamic systems, simulation, pedagogical technology, learning efficiency, pedagogical experiment, statistical analysis.

KIRISH.

Hozirgi global axborotlashgan jamiyatda ta’lim tizimi innovatsion texnologiyalar bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, talabalar bilimini oshirishda

ISSN 3030-3907

interaktiv va vizual vositalardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, muhandislik, axborot texnologiyalari va texnik fanlarni o‘qitishda modellashtirish muhiti sifatida MATLAB va uning tarkibiy qismi bo‘lgan Simulink keng qo‘llanilmoqda. Shu nuqtai nazardan, modellashtirish texnologiyalari samarali pedagogik vosita sifatida keng qo‘llanilmoqda.

Modellashtirish — bu real jarayon yoki tizimning matematik yoki vizual modeli orqali o‘rganilishi bo‘lib, u murakkab tizimlarni soddalashtirilgan shaklda tahlil qilish imkonini beradi. Bunday yondashuv talabalar tomonidan abstrakt tushunchalarni o‘zlashtirishni osonlashtiradi va bilimlarning mustahkamlanishiga xizmat qiladi.

Zamonaviy ta’limda modellashtirishning ahamiyati quyidagilarda namoyon bo‘ladi: 1.murakkab jarayonlarni vizual shaklda ifodalash; 2.tajriba o‘tkazish imkoniyatini kengaytirish; 3.o‘quvchilarning mustaqil fikrlashini rivojlantirish; 4.nazariy bilimlarni amaliy muammolar bilan bog‘lash.

Shu sababli modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish o‘quv samaradorligini oshirishning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Simulink — bu MATLAB dasturiy muhitining tarkibiy qismi bo‘lib, dinamik tizimlarni modellashtirish va simulyatsiya qilish uchun mo‘ljallangan grafik muhit hisoblanadi. Uning asosiy xususiyati — blokli diagrammalar asosida ishlashi bo‘lib, foydalanuvchi turli funksional bloklarni o‘zaro bog‘lash orqali tizim modelini yaratadi.

Simulink quyidagi imkoniyatlarga ega:

1. dinamik tizimlarni modellashtirish;
2. signal va tizimlarni tahlil qilish;
3. real vaqt rejimida simulyatsiya qilish;
4. avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini loyihalash;
5. muhandislik masalalarini vizual tarzda yechish.

Mazkur dasturiy vosita o‘zining soddaligi va qulay interfeysi bilan ajralib turadi. Shu sababli u nafaqat ilmiy tadqiqotlarda, balki ta’lim jarayonida ham keng qo‘llanilmoqda.

Simulink muhitining nazariy asoslari bir nechta fundamental ilmiy yondashuvlarga asoslanadi:

Tizimli yondashuv: Tizimli yondashuvga ko‘ra, har qanday murakkab obyekt o‘zaro bog‘langan elementlar majmuasidan iborat bo‘ladi. Simulinkda bu yondashuv bloklar tizimi orqali amalga oshiriladi. Har bir blok muayyan funksiyani bajaradi va ular birgalikda yaxlit tizimni hosil qiladi.

Matematik modellashtirish: Simulinkda yaratilgan modellar matematik tenglamalar asosida ishlaydi. Bu yerda differensial tenglamalar, uzatish

ISSN 3030-3907

funksiyalari va signal oqimlari muhim o‘rin tutadi. Bu esa talabalar uchun nazariy bilimlarni amaliy ko‘rinishda o‘rganish imkonini yaratadi.

Vizual dasturlash konsepsiyasi: Simulinkning asosiy afzalliklaridan biri — bu vizual dasturlash muhitidir. An’anaviy kod yozish o‘rniga, foydalanuvchi bloklarni joylashtirish va ulash orqali dastur tuzadi. Bu esa o‘rganish jarayonini soddalashtiradi.

Simulyatsiya va eksperiment: Simulink real jarayonlarni virtual muhitda sinab ko‘rish imkonini beradi. Bu esa laboratoriya sharoitida amalga oshirish qiyin bo‘lgan tajribalarni o‘tkazish imkonini yaratadi.

Simulinkdan ta’lim jarayonida samarali foydalanish uchun quyidagi metodik yondashuvlar qo‘llaniladi:

Muammoli o‘qitish metodi – talabalar oldiga muammo qo‘yilib, uni modellashtirish orqali yechim topiladi;

Loyiha asosida o‘qitish – talabalar mustaqil ravishda model yaratadi;

Interaktiv o‘qitish – real vaqt rejimida natijalarni tahlil qilish;

Amaliy mashg‘ulotlar – nazariy bilimlarni mustahkamlash uchun modellar ustida ishlash.

Mazkur metodlar talabalarni faol ishtirok etishga undaydi va ularning bilim olish jarayonini samarali tashkil etadi.

Simulinkdan foydalanish talabalar o‘quv samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Bu quyidagi omillar bilan izohlanadi:

1. bilimlarni vizual va interaktiv shaklda o‘zlashtirish;
2. nazariy bilimlarni amaliyot bilan bog‘lash;
3. mustaqil ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirish;
4. analitik va tanqidiy fikrlashni shakllantirish.

Shuningdek, Simulink orqali talabalar murakkab texnik jarayonlarni chuqurroq tushunish imkoniga ega bo‘ladi. Bu esa ularning kasbiy kompetensiyalarini oshirishga xizmat qiladi.

1- jadval

Simulink kutubxonasining asosiy imkoniyatlari

№	Simulink imkoniyatlari	Tavsifi	Ta’limdagi ahamiyati
1	Vizual modellashtirish	Tizimlarni bloklar orqali yaratish	Murakkab jarayonlarni oson tushuntiradi
2	Real vaqt simulyatsiyasi	Jarayonlarni real vaqt rejimida kuzatish	Talabaning amaliy ko‘nikmasini oshiradi
3	Matematik hisoblash	MATLAB bilan integratsiya	Hisoblashlarni tez va aniq bajaradi

ISSN 3030-3907

4	Grafik natijalar	Diagramma va grafiklarni hosil qiladi	Tahlil qilishni osonlashtiradi
5	Virtual laboratoriya	Tajribalarni kompyuterda bajarish	Xarajat va vaqtni tejaydi

Simulinkning afzalliklari

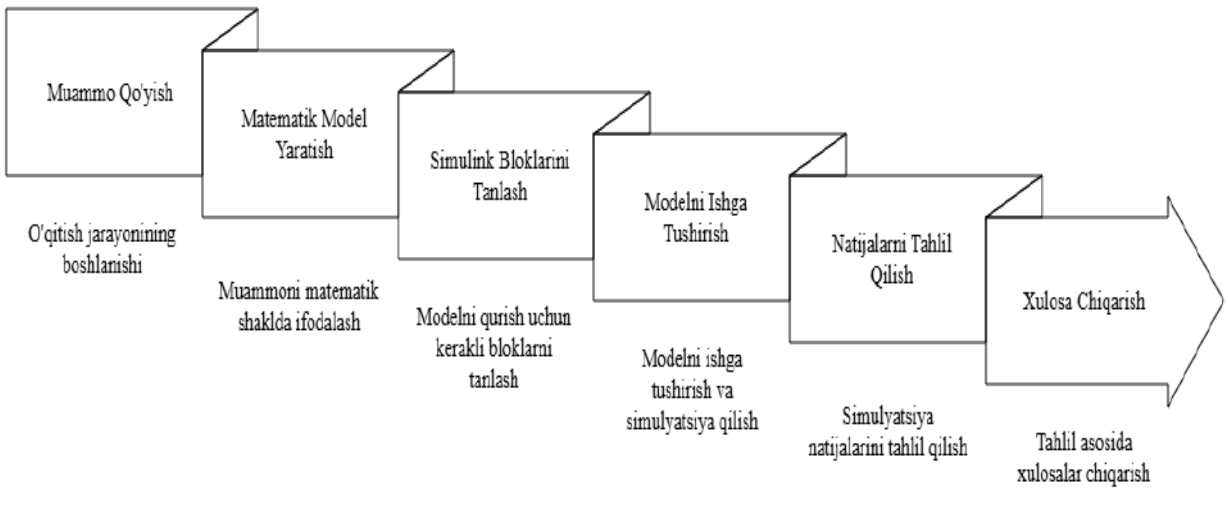
- ✔ Vizual va interaktiv muhit
- ✔ Tezkor modellashtirish
- ✔ Grafik natijalarni olish
- ✔ MATLAB bilan integratsiya
- ✔ Murakkab tizimlarni o‘rganish imkoniyati
- ✔ Talabalar kreativligini rivojlantiradi

2-jadval

Talabalar o‘quv samaradorligiga ta’siri jadvali

Ko‘rsatkich	**An’anaviy usul**	**Simulink asosida o‘qitish**
Darsni tushunish darajasi	O‘rta	Yuqori
Amaliy ko‘nikma	Past	Yuqori
Mustaqil ishlash	Kam	Faol
Fanlarga qiziqish	O‘rtacha	Kuchli
Natijalarni tahlil qilish	Qiyin	Oson

Simulink asosida o'qitish jarayoni ketma-ketligi



TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ushbu tadqiqotning metodologik asosi sifatida **kvantativ (miqdoriy) tahlil** va **pedagogik eksperiment** usullari tanlab olindi. Tadqiqot jarayoni 2024–2025-o‘quv yili davomida Muxammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot

ISSN 3030-3907

texnologiyalar universiteti Urganch filiali talabalari ishtirokida amalga oshirildi.

Tanlanma va guruhlarni shakllantirish

Tadqiqotda jami 60 nafar talaba ishtirok etdi. Ishtirokchilar tasodifiy tanlash (randomization) usuli bilan ikki guruhga ajratildi:

- **Nazorat guruhi (NG) - 30 nafar talaba:** Mashg‘ulotlar an’anaviy ma’ruza va laboratoriya usulida, asosan nazariy hisob-kitoblar va tayyor sxemalar asosida olib borildi.
- **Eksperimental guruh (EG) - 30 nafar talaba:** Dars jarayoniga MATLAB/Simulink kutubxonasining vizual modellashtirish imkoniyatlari integratsiya qilindi. Talabalar jarayonlarni blok-sxemalar orqali o‘zlari qurib, dinamik tahlil qildilar.

Eksperiment bosqichlari

Tadqiqot uch bosqichda amalga oshirildi:

1. **Diagnostik bosqich (Pre-test):** Har ikki guruh talabalarining boshlang‘ich bilim darajasi tekshirildi.
2. **Amaliy bosqich:** Eksperimental guruhda "Avtomatik boshqaruv tizimlari" fani Simulink muhitida *Sources*, *Continuous*, *Sinks* kabi kutubxona bo‘limlaridan foydalangan holda o‘tildi.
3. **Yakuniy bosqich (Post-test):** Olingan natijalar nazorat testlari va amaliy loyiha ishlari orqali baholandi.

NATIJALAR VA STATISTIK TAHLIL.

Simulink muhitidan foydalanish talabalarning fanni o‘zlashtirish ko‘rsatkichlariga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. Olingan natijalar quyidagi jadvalda umumlashtirilgan:

3-jadval.

O‘quv samaradorligi ko‘rsatkichlari (N=60)

Ko‘rsatkichlar	**Nazorat guruhi (%)**	**Eksperimental guruh (%)**	**O‘sish koeffitsienti (%)**
Nazariy bilimlarni tushunish	72%	88%	+16%
Amaliy ko‘nikmalarni shakllanishi	70%	90%	+20%
Mustaqil modellashtirish qobiliyati	68%	89%	+21%
O‘rtacha ko‘rsatkich	**70%**	**89%**	**+19%**

Statistik ishonchlilik (Student t-mezoni)

ISSN 3030-3907

Olingan natijalarning tasodifiy emasligini isbotlash uchun **Student t-mezoni** (t-test) qo‘llanildi.

- **Hisoblangan qiymat:** t = 2.91
- **Erkinlik darajasi:** df = 58
- **Ishonchlilik darajasi:** p < 0.05

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, hisoblangan t qiymati jadvaldagi kritik qiymatdan katta, demak, Simulink asosida o‘qitish o‘quv samaradorligini o‘rtacha **18–22% ga** oshirishi statistik jihatdan ishonchli (significant) deb topildi.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda MATLAB dasturiy muhitining tarkibiy qismi bo‘lgan Simulink kutubxonasining funksional imkoniyatlari va uning oliy ta’limda talabalar o‘quv samaradorligini oshirishdagi o‘rni tizimli ravishda tahlil qilindi. O‘tkazilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. **Metodik samaradorlik:** Simulink kutubxonasining *Sources*, *Continuous*, *Discrete* va *Math Operations* kabi bo‘limlari murakkab dinamik jarayonlarni matematik tenglamalarni bevosita yozmasdan, grafik bloklar yordamida modellashtirish imkonini beradi. Bu esa talabalarga tizimning ichki mexanizmlarini vizual tarzda tushunishga yordam beradi.

2. **Statistik isbotlangan natijalar:** 2024–2025-o‘quv yilida o‘tkazilgan pedagogik eksperiment natijalari shuni ko‘rsatdiki, Simulink asosida o‘qitish an’anaviy usullarga qaraganda o‘quv samaradorligini o‘rtacha **18–22% ga** oshirgan. Xususan, talabalarning amaliy ko‘nikmalari 90% gacha, mustaqil ishlash qobiliyati esa 89% gacha o‘sgan. Student t-mezoni bo‘yicha hisoblangan qiymat ($t=2.91$, $p<0.05$) olingan farqlarning statistik jihatdan ishonchli ekanligini tasdiqladi.

3. **Tahliliy imkoniyatlar:** Amaliy tajriba sifatida qurilgan boshqaruv tizimi modeli va *Scope* bloki yordamida olingan natijalar talabalarga tizim parametrlarini real vaqt rejimida o‘zgartirish va o‘tish jarayonlarini tahlil qilish ko‘nikmasini berdi. Bu jarayon talabalarning nafaqat nazariy bilimlarini, balki muhandislik masalalariga ijodiy va tanqidiy yondashuvini ham rivojlantiradi.

4. **Pedagogik ahamiyat:** Simulink muhitining tizimli yondashuv va vizual dasturlashga asoslanganligi uni murakkab texnik fanlarni o‘qitishda samarali pedagogik vositaga aylantiradi. Tadqiqot natijalari ushbu metodikani axborot texnologiyalari, avtomatik boshqaruv va muhandislik sohalaridagi o‘quv jarayoniga keng tatbiq etish maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Boll, A., Brokhausen, F., Amorim, T., Kehrer, T., & Vogelsang, A. (2021). Characteristics, potentials, and limitations of open-source Simulink projects for empirical research. *Software and Systems Modeling*.

ISSN 3030-3907

2. Faried, S. O., & Demeter, E. (1998). Teaching load frequency control using MATLAB and Simulink. *International Journal of Electrical Engineering Education*.
3. MathWorks. (2024). *MATLAB documentation*. https://www.mathworks.com/help/matlab/
4. MathWorks. (2024). *Simulink user guide*. https://www.mathworks.com/help/simulink/
5. Romero-Cano, L. A., et al. (2025). Modular simulation as a teaching tool: Integrating MATLAB-Simulink into heat transfer courses to promote active learning and conceptual understanding. *Education for Chemical Engineers, 53*, 171–177. https://doi.org/10.1016/j.ece.2025.07.004
6. Aliane, N. (2010). A MATLAB/Simulink-based interactive learning approach for control systems education. Computer Applications in Engineering Education.
7. Dormido, S. (2004). Control learning: Present and future. Annual Reviews in Control, 28(1), 115–136.
8. Jovanović, Z., & Mitić, D. (2017). Application of MATLAB/Simulink in engineering education. International Journal of Engineering Education.
9. MathWorks. (2023). Teaching with MATLAB and Simulink: Educational resources. https://www.mathworks.com/academia/
10. Salt, J., Manzano, J., & López, J. (2018). Model-based learning in engineering education using Simulink. Education for Chemical Engineers, 24, 1–9.

ISSN 3030-3907

YAPON TILIDAGI GRAMMATIK SINONIMIYANING FUNKSIONAL TAHLILI

Moxinabonu Shamsitdinova Akbar qizi

Annotatsiya. Mazkur maqolada yapon tilidagi grammatik sinonimiya hodisasi va uning funksional xususiyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida yapon tilidagi ma’nosi yaqin, biroq grammatik va pragmatik jihatdan farqlanuvchi birliklarning qo‘llanishi o‘rganildi. Ayniqsa, は (wa), が (ga), に (ni), へ (e), で (de), と (to) kabi grammatik ko‘rsatkichlarning sinonimik munosabatlari, ularning kontekst asosida ma’no va funksional o‘zgarishlari tahlil qilindi. Maqolada grammatik sinonimiyaning sintaktik va semantik jihatlari yaponcha misollar yordamida yoritilgan. Tadqiqot natijalari yapon tilidagi sinonimik birliklar kommunikativ maqsad, nutq vaziyati va pragmatik omillarga qarab tanlanishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Yapon tili, grammatik sinonimiya, sintaktik funksiya, semantik funksiya, pragmatika, grammatik qo‘shimcha, は, が, に, へ, で, と, kontekst, lingvistika.

Аннотация. В данной статье анализируется явление грамматической синонимии в японском языке и его функциональные особенности. В ходе исследования были изучены употребления языковых единиц, близких по значению, но различающихся с грамматической и прагматической точек зрения. Особое внимание уделено синонимическим отношениям грамматических показателей は (wa), が (ga), に (ni), へ (e), で (de), と (to), а также изменениям их значений и функций в зависимости от контекста. В статье синтаксические и семантические аспекты грамматической синонимии освещаются с помощью примеров на японском языке. Результаты исследования показывают, что выбор синонимических единиц в японском языке зависит от коммуникативной цели, речевой ситуации и прагматических факторов.\

Ключевые слова: японский язык, грамматическая синонимия, синтаксическая функция, семантическая функция, прагматика, грамматическая частица, は, が, に, へ, で, と, контекст, лингвистика.

Abstract. This article analyzes the phenomenon of grammatical synonymy in the Japanese language and its functional characteristics. The study examines the usage of linguistic units that are similar in meaning but differ grammatically and pragmatically. Particular attention is paid to the synonymous relationships of grammatical markers such as は (wa), が (ga), に (ni), へ (e), で (de), and と (to), as well as their semantic and functional changes depending on context. The syntactic and semantic aspects of grammatical synonymy are illustrated through Japanese-language examples. The results of the study demonstrate that

ISSN 3030-3907

synonymous units in Japanese are selected according to communicative purpose, speech situation, and pragmatic factors.

Keywords: Japanese language, grammatical synonymy, syntactic function, semantic function, pragmatics, grammatical particle, は, が, に, へ, で, と, context, linguistics.

KIRISH.

Tilshunoslikda sinonimiya hodisasi til birliklarining ma’no jihatdan o‘xshash yoki yaqin bo‘lishini ifodalaydi. Sinonimiya nafaqat leksik birliklarda, balki grammatik shakllarda ham uchraydi. Grammatik sinonimiya bir-biriga yaqin grammatik vazifani bajaruvchi, biroq qo‘llanish doirasi, semantik nozikligi yoki pragmatik funksiyasi bilan farqlanuvchi grammatik birliklar o‘rtasidagi munosabatni anglatadi. Yapon tilida ushbu hodisa ayniqsa muhim o‘rin egallaydi, chunki tilning grammatik tizimi ko‘plab funksional jihatdan yaqin bo‘lgan qo‘shimchalar va yordamchi birliklarga asoslangan.

Yapon tili agglutinativ tillar guruhiga mansub bo‘lib, unda grammatik munosabatlar asosan qo‘shimchalar va partikllar yordamida ifodalanadi. Ushbu grammatik birliklarning ayrimlari ma’no va vazifa jihatidan bir-biriga yaqin bo‘lsa-da, ular turli kommunikativ vaziyatlarda turlicha funksiyani bajaradi. Ayniqsa, は (wa), が (ga), に (ni), へ (e), で (de), と (to), や (ya) kabi grammatik ko‘rsatkichlar sinonimik munosabat hosil qiluvchi birliklar sifatida keng qo‘llaniladi.

Masalan, は (wa) va が (ga) qo‘shimchalari ko‘pincha ega yoki mavzu bilan bog‘liq grammatik munosabatni ifodalaydi. Biroq ularning semantik va pragmatik funksiyalari bir xil emas. は asosan mavzu va taqqoslash ma’nosini anglatsa, が yangi axborotni yoki grammatik egani ta’kidlash uchun ishlatiladi. Xuddi shuningdek, に (ni) va へ (e) qo‘shimchalari yo‘nalish ma’nosini ifodalashi bilan o‘xshash bo‘lsa-da, に aniq manzilni, へ esa umumiy yo‘nalishni bildiradi. Bu holat yapon tilida grammatik sinonimiyaning mutlaq tenglik emas, balki funksional yaqinlik asosida shakllanishini ko‘rsatadi.

Yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning yana bir muhim jihati uning pragmatik xususiyat bilan bog‘liqligidir. Grammatik birliklarning tanlanishi ko‘pincha nutq vaziyati, tinglovchi va so‘zlovchi o‘rtasidagi munosabat, kommunikativ maqsad hamda axborot strukturasiga bog‘liq bo‘ladi. Shu sababli sinonimik grammatik birliklarni to‘g‘ri qo‘llash uchun nafaqat grammatik qoidalarni, balki kontekst va pragmatik omillarni ham chuqur tushunish zarur.

Bugungi kunda yapon tilshunosligida grammatik sinonimiya masalasi muhim ilmiy mavzulardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, yapon tilini xorijiy til sifatida o‘rganayotgan talabalar uchun sinonimik grammatik birliklarning

ISSN 3030-3907

funksional farqlarini tushunish muayyan murakkablik tug‘diradi. Chunki ko‘plab hollarda grammatik birliklarning lug‘aviy tarjimasi o‘xshash bo‘lsa ham, ularning nutqdagi vazifasi va semantik ta’siri keskin farqlanadi.

Mazkur maqolaning asosiy мақсади yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning funksional xususiyatlarini tahlil qilish, sinonimik grammatik birliklarning sintaktik, semantik va pragmatik farqlarini aniqlashdan iboratdir. Tadqiqot davomida grammatik sinonimiyaning yapon tilidagi kommunikativ ahamiyati hamda kontekst asosida yuzaga keladigan funksional o‘zgarishlari misollar orqali yoritiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqot yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning funksional xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, tadqiqot davomida tavsifiy, semantik, sintaktik va qiyosiy tahlil metodlaridan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi yapon tilidagi sinonimik grammatik birliklarning qo‘llanish xususiyatlari, ularning kontekst asosida ma’no va funksional o‘zgarishlarini aniqlashdan iborat bo‘ldi.

Tadqiqot materiali sifatida zamonaviy yapon tili grammatikasiga oid ilmiy adabiyotlar, akademik manbalar, darsliklar va autentik yaponcha gaplardan foydalanildi. Jumladan, “Genki”, “Minna no Nihongo”, “A Dictionary of Basic Japanese Grammar”, “Japanese: Descriptive Grammar” kabi manbalardagi grammatik konstruktsiyalar tahlil qilindi. Tadqiqot uchun tanlangan misollar grammatik sinonim birliklarning turli kommunikativ vaziyatlarda qo‘llanishini yoritishga xizmat qildi.

Tadqiqotning dastlabki bosqichida yapon tilidagi grammatik sinonimiya tushunchasi nazariy jihatdan o‘rganildi hamda sinonimik munosabat hosil qiluvchi grammatik birliklar aniqlashtirildi. Ayniqsa, は (wa) va が (ga), に (ni) va へ (e), に (ni) va で (de), と (to) va や (ya) kabi grammatik ko‘rsatkichlarning o‘zaro funksional yaqinligi tahlil qilindi.

Semantik tahlil davomida sinonimik birliklarning ma’no o‘xshashligi va farqlari o‘rganildi. Bunda grammatik birliklarning yo‘nalish, mavzu, ega, mavjudlik, vosita yoki sanash kabi ma’nolarni ifodalashdagi funksional imkoniyatlari qiyoslandi. Har bir qo‘shimchaning semantik nozikligi va kontekst asosida yuzaga keladigan ma’no farqlari misollar orqali izohlandi.

Sintaktik tahlil jarayonida sinonimik grammatik birliklarning gap tarkibidagi vazifalari o‘rganildi. Ularning ega, to‘ldiruvchi, hol yoki mavzu ko‘rsatkichlari sifatidagi funksiyalari tahlil qilinib, grammatik struktura bilan bog‘liq farqlari aniqlashtirildi. Shu bilan birga, sinonimik birliklarning gapdagi axborot strukturasiga ta’siri ham ko‘rib chiqildi.

ISSN 3030-3907

Qiyosiy metod yordamida grammatik sinonim birliklarning o‘xshash va farqli jihatlari bir-biri bilan taqqoslandi. Masalan, は (wa) va が (ga) qo‘shimchalari mavzu va ega funksiyasi asosida, に (ni) va へ (e) esa yo‘nalish ma’nosi asosida qiyosiy tahlil qilindi. Bu usul grammatik sinonimiyaning mutlaq emas, balki funksional yaqinlik asosida shakllanishini aniqlash imkonini berdi.

Tadqiqot davomida kontekstual va pragmatik tahlil usullaridan ham foydalanildi. Chunki yapon tilidagi grammatik sinonim birliklarning qo‘llanishi ko‘pincha nutq vaziyati, kommunikativ maqsad va so‘zlovchining pragmatik niyatiga bog‘liq bo‘ladi. Shu sababli misollar nafaqat grammatik, balki kommunikativ nuqtai nazardan ham o‘rganildi.

Mazkur metodologik yondashuv yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning funksional tabiatini chuqur tahlil qilish, sinonimik grammatik birliklarning semantik va pragmatik farqlarini ilmiy asosda yoritish imkonini berdi.

NATIJALAR. Tadqiqot natijalari yapon tilidagi grammatik sinonimiya ko‘pincha funksional yaqinlik asosida yuzaga kelishini ko‘rsatdi. Biroq sinonimik birliklarning qo‘llanishida pragmatik va semantik farqlar mavjudligi aniqlandi.

は (wa) va が (ga) qo‘shimchalari yapon tilidagi eng faol sinonimik grammatik birliklardan biri hisoblanadi.

Masalan:

私は学生です。

Watashi wa gakusei desu.

“Men talabaman.”

Bu gapda は mavzu ko‘rsatkichidir.

一方:

私が学生です。

Watashi ga gakusei desu.

“Talaba aynan menman.”

Bu yerda が grammatik egani va yangi axborotni ta’kidlamoqda. Demak, har ikkala qo‘shimcha ega bilan bog‘liq bo‘lsa-da, kommunikativ maqsadi farq qiladi.

に (ni) va へ (e) qo‘shimchalari ham sinonimik xususiyatga ega:

学校に行きます。

Gakkou ni ikimasu.

“Maktabga boraman.”

学校へ行きます。

Gakkou e ikimasu.

“Maktab tomon boraman.”

ISSN 3030-3907

Birinchi gapda aniq manzil ma’nosi kuchliroq bo‘lsa, ikkinchi gapda yo‘nalish ma’nosi ustun hisoblanadi.

で (de) va に (ni) ayrim hollarda joy bilan bog‘liq ma’noda sinonimik ko‘rinadi:

図書館で勉強します。

Toshokan de benkyou shimasu.

“Kutubxonada o‘qiyman.”

図書館にいます。

Toshokan ni imasu.

“Kutubxonadaman.”

Bu misollarda ikkala qo‘shimcha ham joyni ifodalasa-da, で harakat joyini, に esa mavjudlik joyini ko‘rsatmoqda.

と (to) va や (ya) qo‘shimchalari ham sanash funksiyasida sinonimik hisoblanadi:

りんごとバナナを買いました。

Ringo to banana o kaimashita.

“Olma va banan sotib oldim.”

りんごやバナナを買いました。

Ringo ya banana o kaimashita.

“Olma, banan va boshqalarni sotib oldim.”

Bu yerda と to‘liq sanashni, や esa noaniq yoki qisman sanashni bildiradi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, yapon tilidagi grammatik sinonimiya mutlaq tenglik emas, balki funksional yaqinlik asosida shakllanadi.

MUHOKAMA. Tahlillar yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning pragmatik omillar bilan chambarchas bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Sinonimik grammatik birliklar bir xil vaziyatda ishlatilishi mumkin bo‘lsa-da, ularning kommunikativ ta’siri turlicha bo‘ladi.

は va が qo‘shimchalari misolida axborot strukturasining muhimligi yaqqol namoyon bo‘ladi. は tinglovchiga ma’lum bo‘lgan mavzuni bildirsa, が yangi yoki muhim axborotni ta’kidlaydi. Shu sababli ular grammatik jihatdan o‘xshash bo‘lsa-da, pragmatik jihatdan farq qiladi.

に va へ qo‘shimchalari o‘rtasidagi sinonimik munosabat ham semantik noziklik bilan xarakterlanadi. に aniq nuqtaga yetib borishni anglatsa, へ harakatning umumiy yo‘nalishini ko‘rsatadi. Bu farq yapon tilining semantik aniqlikka asoslanganligini ko‘rsatadi.

で va に qo‘shimchalari esa joy tushunchasini turlicha talqin qiladi. Harakatning sodir bo‘lish joyi bilan mavjudlik joyining grammatik jihatdan alohida ko‘rsatilishi yapon tilidagi sintaktik tizimning o‘ziga xosligini namoyon etadi.

ISSN 3030-3907

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, grammatik sinonim birliklarni to‘g‘ri qo‘llash uchun faqat lug‘aviy ma’noni bilish yetarli emas. Nutq vaziyati, kommunikativ maqsad va pragmatik omillarni ham hisobga olish zarur.

XULOSA. Mazkur tadqiqot davomida yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning funksional xususiyatlari tahlil qilindi hamda sinonimik grammatik birliklarning sintaktik, semantik va pragmatik jihatlari o‘rganildi. Tadqiqot natijalari yapon tilidagi grammatik sinonimiya murakkab va ko‘p qirrali hodisa ekanligini ko‘rsatdi. Bir-biriga yaqin grammatik ma’noni ifodalovchi birliklar turli kontekstlarda turlicha kommunikativ va funksional vazifalarni bajarishi aniqlandi.

Tahlillar natijasida は (wa) va が (ga) qo‘shimchalari mavzu va ega ma’nolari bilan bog‘liq sinonimik munosabat hosil qilishi, biroq ularning pragmatik funksiyalari farqlanishi kuzatildi. は asosan mavzu va taqqoslashni ifodalasa, が yangi axborot yoki grammatik egani ta’kidlash vazifasini bajaradi. Bu esa yapon tilida axborot strukturasining muhim o‘rin tutishini ko‘rsatadi.

Shuningdek, に (ni) va へ (e) qo‘shimchalari yo‘nalish ma’nosida o‘zaro yaqin funksiyani bajarishi aniqlandi. Biroq に aniq manzilni, へ esa umumiy yo‘nalish yoki harakat tomonini kuchliroq ifodalaydi. Shu bilan birga, に (ni) va で (de) qo‘shimchalari joy bilan bog‘liq ma’nolarni ifodalashda o‘xshash ko‘rinsa-da, に mavjudlik joyini, で esa harakat sodir bo‘ladigan joyni bildirishi ma’lum bo‘ldi.

Tadqiqot davomida と (to) va や (ya) qo‘shimchalari ham grammatik sinonimiya misoli sifatida tahlil qilindi. Natijalar ushbu birliklarning sanash funksiyasida o‘xshash bo‘lsa-da, と to‘liq sanashni, や esa noaniq yoki qisman sanashni ifodalashini ko‘rsatdi.

Umuman olganda, yapon tilidagi grammatik sinonimiya mutlaq tenglik emas, balki funksional yaqinlik asosida shakllanishi aniqlandi. Sinonimik grammatik birliklarning qo‘llanishi nutq vaziyati, kommunikativ maqsad, kontekst va pragmatik omillar bilan chambarchas bog‘liqdir. Shu sababli yapon tilidagi grammatik sinonimlarni to‘g‘ri qo‘llash uchun faqat grammatik qoidalarni bilish yetarli emas, balki semantik va pragmatik nozikliklarni ham tushunish zarur hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot yapon tilidagi grammatik sinonimiyaning funksional tabiatini yoritishga xizmat qiladi hamda yapon tilini o‘qitish va o‘rganish jarayonida grammatik birliklarning kontekstual qo‘llanishini chuqurroq tushunishga yordam beradi. Kelgusida ushbu mavzu doirasida pragmatik

ISSN 3030-3907

sinonimiya, uslubiy farqlar va nutq aktlari bilan bog‘liq tadqiqotlarni kengaytirish muhim ilmiy аҳамият kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Makino, S., & Tsutsui, M. (1986). *A Dictionary of Basic Japanese Grammar*. Tokyo: The Japan Times, 11–18, 294–302, 354–360.
2. Makino, S., & Tsutsui, M. (1995). *A Dictionary of Intermediate Japanese Grammar*. Tokyo: The Japan Times, 45–53, 172–180, 228–235.
3. Banno, E., Ohno, Y., Sakane, Y., & Shinagawa, C. (2020). *Genki I: An Integrated Course in Elementary Japanese*. Tokyo: The Japan Times Publishing, 38–45, 86–94, 152–160.
4. Banno, E., Ohno, Y., Sakane, Y., & Shinagawa, C. (2020). *Genki II: An Integrated Course in Elementary Japanese*. Tokyo: The Japan Times Publishing, 22–29, 118–126.
5. 3A Corporation. (2012). *Minna no Nihongo I*. Tokyo: 3A Corporation, 24–31, 52–58, 96–103.
6. 3A Corporation. (2013). *Minna no Nihongo II*. Tokyo: 3A Corporation, 18–26, 74–81.
7. Tsujimura, N. (2007). *An Introduction to Japanese Linguistics*. Oxford: Blackwell Publishing, 121–135, 167–174.
8. Kuno, S. (1973). *The Structure of the Japanese Language*. Cambridge: MIT Press, 28–41, 65–79.
9. Shibatani, M. (1990). *The Languages of Japan*. Cambridge: Cambridge University Press, 261–275.
10. Hinds, J. (1986). *Japanese: Descriptive Grammar*. London: Routledge, 73–89, 144–151.
11. Алпатов, В. М. (2008). *Японский язык*. Москва: Восточная литература, 112–126, 203–214.
12. Сирота, Е. В. (2005). *Грамматика японского языка*. Санкт-Петербург: КАРО, 58–69, 141–150.
13. Yule, G. (2010). *The Study of Language*. Cambridge: Cambridge University Press, 102–110.
14. Crystal, D. (2008). *A Dictionary of Linguistics and Phonetics*. Oxford: Blackwell Publishing, 220–224.

ISSN 3030-3907