ISNN 3030-3907

2025/12
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

ISSUE/12 VOLUME 2

ISSN 3030 -3907

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

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.

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.
Qayumov Abdurasul Shonazarovich
Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Renessans ta'lim 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, dotsent.
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.
Asadova Ra'no Dilmuratovna
Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti

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 davlat texnika universiteti, 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 davlat texnika universiteti, 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

MUNDARIJA

1	Gaz aralashmasidan oltingugurtni o‘z ichiga olgan komponentlarni tozalash usullari va uni amalga oshirishda qo‘llaniladigan apparatlar *Dustqobilov Eldor Nurmamatovich*	9
2	Gibrid avtomobillarni ekspluatatsiya qilishning afzalliklari va muammolari *Abdiqodirov Shavkat Abdixamidovoch* *Abduqahorov No‘monbek Oybek o‘g‘li*	15
3	Marganes ftalosiyanin pigmentining geometriyasi va spin xususiyatlarini hisoblash natijalari *D.X. Shukurov* *A.X.Shukurov* *Sh.Y.Eshmurodov*	23
4	Assessment of the energy efficiency of expander-generator units for the utilization of natural gas overpressure energy in the gas transmission system facilities of uzbekistan *Mukolyants Arsen Artyomovich* *Ergasheva Dilbar Kuchkarovna* *Nizomov Jonibek Maxmud o‘g‘li*	31
5	Emerging trends and future directions in the synthesis and utilization of environmentally benign corrosion inhibitors *S.T.Hayitov.* *A.A.Haydarov.*	40
6	Yog‘och uchun polimer antipiren kompozitsiyalarini ishlab chiqish va ularning yong‘inga bardoshliligini baholash. *Xoliqulov Shoxrux Pirnafas o‘g‘li* *Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich*	46
7	Paxta tarkibidagi og‘ir aralashmalarning ajralish jarayonini tadqiq etish *Karimov Maxmud Raxmatovich*	59
8	Biosignallarda shovqinlarni filtrlashning zamonaviy algoritmlari va ularning tibbiy tashxisda qo‘llanishi *Abduqodirov Nuriddin*	68
9	A wonderful proof of theorems on certain inequalities and their application in practice *Ibragimova Dilshoda Anvar qizi* *Sirojiddinova Sabrina Sobirovna*	76
10	6-benzilaminopurinning turli xil alkillovchi agentlar bilan alkillanish selektiv alkillanish reaksiyalarini o‘rganish texnologiyalari *Baymuratova Gulbaxar Orinbayevna* *Saitkulov Foziljon Ergashevich*	84
11	Uxk agregatini takomillashtirilgan yirik iflosliklardan tozalash seksiyasida urilayotgan material (paxta) ning urilgandan keyingi qayta tiklanish nazariyasi *U.Sh.Muxammadiyev*	97
12	Masofaviy ta’lim uchun ar (augmented reality) ilova yaratish va uning pedagogik afzalliklarini aniqlash *Murodova Zarina Rashidovna* *Jabborova Hulkar Zuxriddin qizi*	104
13	Mo‘yna uchun yog‘lovchi kompozitsiyalar ishlab chiqishni takomillashtirish *Rustamov Bobur Ismatovich* *Axmedova Dilnoza Davlat qizi* *Shamsiyeva Mahbuba Badriyevna* *Xomidjonov Abrorjon Olimjon o‘g‘li*	109
14	“Far pan-s-mcp”ning dmso, dmf va dioksanda erish xususiyatlari. *Xasanov Sirojiddin Salaydin o`g`li* *Sherqo`ziyev Doniyor Shermamatovich*	117
15	Sinxron generator o‘z-o‘zidan chayqalish jarayonining energetika tizimiga ta’sirini tadqiq qilish *Samadov Ilyos Azamat o‘g‘li* *Kurbonov Najmiddin Abduxamidovich*	126

ISSN 3030-3907

16	Фреймворк управления sla для современных телекоммуникационных сетей: реализация и анализ производительности в контексте узбекистана *Гузаль Саиткамолова*	132
17	Artificial intelligence for predictive maintenance and optimal control in pumping stations: an integrated approach *Xaydarov Xumoyun*	145
18	Информационные системы управления бизнес процессами предприятии на основе case-технологий *Якубов Максадхон Султаниязович* *Юлдашов Рахмон Хусанович* *Азимова Умида Асроловна*	159
19	Bozor munosabatlari sharoitida yagona xaridor modelida magistral elektr tarmoqlari ish holatlarini matematik ifodalash *B.A.Bobonazarov* *T.U.Toshev* *R.A.Abdullayeva* *U.B.Akbarov*	173
20	Синтез и исследование электронной структуры монохлор ванадил ацетата с помощью квантово-химических расчетов *Музафаров Фарух Ихтиёрович*	180
21	Перспективы применения непроходной машины для разбивки пушно-меховых полуфабрикатов *Бахадиров Гайрат Атаханович* *Набиев Айдер Мустафаевич* *Розахинов Алим Саутович*	187
22	Получение жидких удобрений и удобрительного преципитата из низкосортных фосфоритов *О.С.Бобокулова* *Н.Ш.Зулярова* *Р.Р.Тожиев* *М.А.Самадий* *И.И.Усманов*	198
23	Масгк-основанные системы доставки лекарств: от супрамолекулярных комплексов к платформенным kpi *Хаитбаев А.Х.* *Акбаров А.Х.* *Мансуров Д.* *Юнусхужа Й.Т.*	205
24	Ishqorli muhitlarda elektroliz jarayonlari asosida elektr energiyasini olish imkoniyatlari va ularning samaradorlik ko‘rsatkichlari *Asqar Ilashovich Qarshibayev* *Qayimov Farrux Rasulovich* *Murodov Xasan Shuxratovich* *Jumayev Zavqiyor Ismatilloyevich*	234
25	Основные правила и принципы составления тестов. Виды тестов. *Халимова Мафтуна Обидовна*	241
26	Odam organizmidagi muhim o‘rin tutuvchi bufer sistemalar *Sodiqjonova Fotima Sodiqjon qizi* *Sodiqjonova Zuhra Sodiqjon qizi* *Karjavov Abdixakim Raxmonovich*	246
27	Антиоксидантные органические соединения: синтез, методы анализа и перспективы применения *Кенжаева Наргиза Раззоковна*	251
28	Ikkilamchi enrgiya resurslaridan elektr energiyasini hosil qilsih usullarining tahlili *Asqar Ilashovich Qarshibayev* *Qayimov Farrux Rasulovich* *Murodov Xasan Shuxratovich* *Jumayev Zavqiyor Ismatilloyevich*	258

ISSN 3030-3907

29	Mahalliy xomashyolardan oziq-ovqat qo‘shimchalari tayyorlash texnologiyasi *Barakayev Nusratilla Rajabovich* *Amanova Oyjamol Zikir qizi*	265
30	*Carthamus tinctorius l.* Urug‘larida mineral elementlar miqdori hamda moy tarkibini aniqlash. *Karabayeva Ra’no Botirovna*	270
31	Kichik biznesning iqtisodiy taraqqiyotdagi o‘rni: ularning mahalliy va milliy iqtisodiyotga qo‘shgan hissasi *Ibragimov G‘anijon G‘ayratovich* *Atawbaev Atabek Maksutbaevich*	277
32	Buxoro viloyati sharoitida kuzgi bug‘doyni yetishtirishda suv tejamlilik sug‘orish texnologiyalari va yer melioratsiyasiga ta’siri *A.Q. Jo‘rayev* *Jaloliddin Soliyev*	285
33	Approaches to teaching english to emergency management cadets through autumn–winter emergency prevention content *J.Sh. Karimova*	291
34	Bazalt tola va uning xossalari. *Xoliyorova O‘g‘iloy Jumanazar qizi*	297
35	Mechanical properties of polyethylene/nano calcium carbonate nanocomposites *Normuradov Nurbek. Fayzulla o‘g‘li.*	303
36	Qalmoqqir ochiq konining qazib olish tizimi va burg‘ulash-portlatish ishlari yordamida qazib olishga tayyorlash *Norqulov Nodir Botir o‘g‘li*	310
37	Ko‘krak qafasi rentgen tasvirlari asosida virusli pnevmoniyani aniqlovchi intellektual tashxislash tizimini ishlab chiqish *Dildora Muhamedieva Kabilovna* *Naim Nodira Abdujalolovna* *Mansurova Mahina Yashnarovna*	316
38	O‘zbek va rus (yoki ingliz) tilidagi frazeologizmlarning qiyosiy tahlili. *Jumayeva Sadbarg Mirolimovna*	324
39	Baland qavatli binolarda yong‘in xavfsizligini ta’minlash usullarini takomillashtirish *Baxodirov A.A.* *Abdujalilov O.M.*	329
40	Oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullarining analitik kimyodagi o‘rni. *Boborajabov Ma’sudbek Abdug‘affor o‘g‘li* *Shaymanova Mukarram Ilyos qizi* *Do‘smurodova Durdona Oltinbek qizi* *Do‘stmurodov Maqsud*	335
41	Cho‘l zonalarini ko‘kalamzorlashtirishda daraxt va buta ko‘chatlarini kavlab oladigan mashina ishlab chiqish bo‘yicha bajarilgan ilmiy-tadqiqot va patent materiallarining tahlili *R.Xudaykuliyev* *N.Parmanov*	343
42	Transport vositalari ekspluatatsiyasi jarayonida yong‘in kelib chiqishining oldini olish muammolarini tadqiq etish *Baxodirov A.A.* *Azizov Z.A.*	348
43	Immunitetni oshirishda bioaktiv birikmalarga boy dorivor o‘simliklarning kimyoviy faoliyati. *Iskandarova Sevinch* *Maxmayufupova Sevinch* *Ubaydullayev Jo‘rabek Nurindinovich*	357
44	“Asqov-1” va “asataqov” oziq-ovqat qo‘shimchalarining antiradikal faolligi, fenol birikmalari tarkibi va o‘tkir toksikologik xususiyatlarini o‘rganish *Madaminova Manzura Mamirbekovna*	363
45	Dorivor o‘simliklardan foydalanish va yetishtirish taraqqiyoti	371

ISSN 3030-3907

	Hasanova G.R *Kuliyeva Maxbuba Uzokovna* *Azimova S.N* *O'tkirov Muxammadjon O'tkirovich*	
46	Elektr qurilmalarining mavjud o'zgaruvchan tok elektr yuritmalar tahlili *Mirzoyev Dilshod Po'lotovich* *Aminov Bobir Nodir o'g'li*	376
47	Методы повышения энергоэффективности технологического процесса измельчения руды *Жумаев Завқиёр Исматиллоевич* *Қаршибаев Асқар Илашович*	384
48	Geometriya kursining "tekislikda dekard koordinatalari" bo'limini o'rgatuvchi dastur yaratish *Murodova Zarina Rashidovna* *Kamolova Lo'bat Fatullayevna*	393
49	Синтез и изучение свойств ванадильных (vo^{2+}) бромсодержащих карбоксилатных комплексов с помощью ик-, эпр- и уф-спектроскопии *Музафаров Фарух Ихтиёрович*	398
50	Совершенствование механизмов инновационно-инвестиционного развития предприятий сферы услуг в условиях структурных реформ экономики узбекистана *Насиров Дилшод Фархадович* *Каримова Мастурабону Собировна* *Нематуллаева Ситора Қуводиқовна*	406
51	Анализ химического состава вод кургантепа, большого ферганского канала и ханабада *Зиравард Акилесовна Ахназарова* *Махамаджон Ахмадалиевич Ахмадалиев*	414
52	Закрепление подвижных песков путем химической мелиорации на основе местных бентонитовых минералов и водорастворимых полимеров. *Исмайлов Бахтияр Муратбаевич*	421
53	A comparative analysis of swat and hec-hms models for reservoir volume determination in the context of climate change *Samiev Lukmon* *Abdulkhaev Zokhidjon* *Juraeva Mokhinur*	430
54	Code-switching in language teaching methodology: pedagogical functions and classroom implications Khodjaeva Guzal Djahonobodovna	442
55	Information support for forming the assortment of industrial workwear *Rohila Nuriddinova Pazlitdin qizi*	450

ISSN 3030-3907

ISSN 3030-3907

GAZ ARALASHMASIDAN OLTINGUGURTNI O‘Z ICHIGA OLGAN KOMPONENTLARNI TOZALASH USULLARI VA UNI AMALGA OSHIRISHDA QO‘LLANILADIGAN APPARATLAR

Dustqobilov Eldor Nurmamatovich
Qarsh davlat texnika universiteti
1 0009-0003-3703-0860

Annotatsiya. Tabiiy gazning tarkibida oltingugurt birikmalari va nordon gazlar qayta ishlash jarayonlarida tovar xomashyoning tarkibida qolib ketish holatlari keying bosqichda ikkilamchi mahsulotlarni olishda ularning sifatiga tasir qilmasdan, ushbu jarayonlarda qatnashuvchi qurilmalarning ekspluatatsiya qilishning ishonchliligiga va ularning muddatlariga salbiy tasir ko‘tsatish holatlari tadqiqot qilingan. Bundan tashqari tabiiy gazlarni nordon komponentlardan tozalashda absorbtsiya va adsorbtsiya usullarining qo‘llanilishidagi aspektlari tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar. oltingugurt, katalizator, nouglevodorod gazlar, tozalash usullari, kimiy usul, fizik yutish, ishqorli tozalash, merkaptanlar.

Annotatsiya. В исследовании рассмотрены случаи, когда сернистые соединения и кислые газы, содержащиеся в природном газе, остаются в составе сырья в процессе переработки, не влияя на качество вторичных продуктов, получаемых на последующей стадии, но отрицательно влияя на надежность работы устройств, участвующих в этих процессах, и срок их службы. Кроме того, проанализированы аспекты применения абсорбционных и адсорбционных методов при очистке природных газов от кислых компонентов.

Ключевые слова. сера, катализатор, углеводородные газы, методы очистки, химический метод, физическая абсорбция, щелочная очистка, меркаптаны.

Annotation. The study examined cases where sulfur compounds and acid gases contained in natural gas remain in the feedstock during processing, without affecting the quality of secondary products obtained at the subsequent stage, but negatively affecting the reliability of the devices involved in these processes and their service life. In addition, aspects of the application of absorption and adsorption methods in the purification of natural gases from acidic components were analyzed.

Keywords. sulfur, catalyst, hydrocarbon gases, purification methods, chemical method, physical absorption, alkaline purification, mercaptans.

Kirish.

Ko‘pgina tabiiy gaz konlarida gazning tarkibida oltingugurt birikmalari va karbonat angidrit gazi bo‘lib, ular nordon gazlar deb ataladi. Oltingugurt birikmasi gazni qayta ishlash jarayonida katalizatorlarning sifatini buzadi, yonganda CO_2 va

ISSN 3030-3907

CO_3 oksidlari paydo bo‘ladi, atmosfera havosiga chiqarilganda insoniyat va atrof muhit uchun katta zarar keltiradi. Vodorod sulfid H_2S va karbonat angidrit CO_2 gaz va suyuqlik mavjud bo‘lgan muhitda po‘lat quvurlarda, quvur uzatmaning jihozlarida, komperessor mashinalarida korroziyani hosil qiladi. Ular mavjud bo‘lganda gidratlanish tezlashadi va keltirib chiqaradi. Oltingugurt komponentlari mavjud bo‘lganda iste’molga beriladigan gazning tarkibiga yuqori talablar qo‘yiladi.

Tahillar va natijalar: Hozirgi vaqtda vodorod sulfidning H_2S tabiiy gazda ruxsat etilgan miqdori 5,7 mg/m^3, umumiy oltingugurt 50 mg/m^3 dan yuqori emas, karbonat angidirit CO_2 gazining miqdori esa 2 % dan ko‘p emas. Tabiiy gazning oltingugurtli komponentlari birinchi navbatda H_2S oltingugurt ishlab chiqarish uchun asosiy xomashyo hisoblanadi.

Gazni oltingugurtdan tozalik darajasi 99,9 %ni tashkil qiladi. Hozir qo‘llaniladigan “Sho‘rtan neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasi” va “Muborak gazni qayta ishlash zavodlaridagi” yangi texnologiyalar asosida oltingugurtni ishlab chiqarish va atmosfera bosimini tozaligini ta’minlashdan iborat.

Katta hajmdagi gazlarni tozalashning an’anaviy usullariga quyidagi jarayonlar kiradi:

nordon komponentlarni qazib olish, tozalangan gazni ishlab chiqarish;

oltingugurtdagi nordon gazlarni qayta ishlash;

chiqib ketuvchi gazlarni tozalash yoki yoqish;

yongan gazlarni tozalash.

Oltingugurt birikmalarni yuqorida mulohaza qilganimizdek, turli texnologik jarayonlar uchun xomashyo sifatida ham, yoqilg‘i sifatida qo‘llanilganda tabiiy gazning sifatini sezilarli darajada pasaytiradi. Shuning uchun tabiiy va bog‘langan gazni chuqur qayta ishlashning texnologik sxemalari, qoida tariqasida, oltingugurt birikmalaridan tozalash bosqichini o‘z ichiga oladi. Maxsus ishlab chiqarish sharoitlariga qarab, gazlarni oltingugurt birikmalaridan tozalash turli usullar bilan amalga oshiriladi [1].

Tabiiy va nouglevodorod gazlarning tarkibidagi vodorod sulfid va boshqa kislotali komponentlarning kontsentratsiyasini kamaytirish usullarini [1; 2 ; 5; 6; 7; 8; 9] ga muvofiq quyidagilarga bo‘lish mumkin:

- absorbtsiya usullari;
- adsorbsion usullar;
- bevosita oksidlanish usuli.

Amaldagi usullarga qarab, vodorod sulfid dastlabki aralashmadan konsentrlangan gaz, elementar oltingugurt, oltingugurt oksidi, sulfidlar, sulfatlar yoki boshqa birikmalar shaklida ajratiladi.

ISSN 3030-3907

Absorbsiya usullari. Tozalash usullar gaz aralashmasidan bir yoki bir nechta komponentlarni suyuq yordamida yutish vositasi tomonidan tanlab yutish jarayoniga asoslanadi va quyidagi guruhlarga bo‘linadi:

- kimiy usul yordamida gazni nordon komponentlardan tozalash, bunda absorbent yutilgan komponentlar bilan kimyoviy reaksiyaga kiradi, bu holda vodorod sulfid bilan. Ushbu guruhning eng keng tarqalgan absorbentlari amin va gidroksidli eritmalar hisoblanadi;

- gaz aralashmasini fizik yutishi orqali tozalash, bunda gazning tarkibidagi har xil zararli aralashmalarni olishi yutuvchan vositalarda gazlarning turli xil eruvchanligi tufayli sodir bo‘ladi. Fizik absorberlarning asosiy kamchiligi ularning uglevodorodlar uchun past selektivligidir, shuning uchun xom gazni og‘ir uglevodorodlardan oldindan tozalash masalasi paydo bo ‘ladi. Bu guruhning absorbentlari sifatida N-metilpirolidon, glikollar, propilen karbonat, tributilfosfat, metanol va boshqalar ishlatiladi [7].

Absorbsiya sharoitlarini tanlagan holda merkaptanlarni chiqishi 95%-ga yetkazish, uglerod dioksidini-35-38% ga yetkazish mumkin. CO-ni to‘liq chiqarib olish uchun katta miqdordagi ishqorli eritma sarflanadi. Merkaptanlarni optimal absorbsiyalash sharoiti gazni maksimal tezlikda o‘tkazish, kolonna appparatlarida tezlik 0,3 – 0,4 m/s (suyuqlik tomchilarini chiqib ketishiga yo‘l qo‘yilmaydi) sathi qiymatda ushlab turiladi. Bosim odatda 0,98 Mpa. Qoidaga muvofiq ishqorli eritmaning miqdori merkaptanlarni miqdoriga nisbatan 7-8 karrali olinadi. Ishqorli eritmaning dastlabki konsentratsiyasi – 20% ga yaqin (massasi bo‘yicha), lekin uglerod ikki oksidini tarkibi 0,1% dan yuqori (hajmiy) bo‘lganda eritma konsentratsiyasi kam olinadi (ishqorni yo‘qotilishidan qochiladi).

Ishqorli eritmaning ishlangan konsentratsiyasi 1,5% (massasi bo‘yicha) ga teng olinadi. Ishqorning umumiy sarfi natijada 1000 m^3 ga 1-3 kg.dan oshib ketmaydi, bunda gazda merkaptanlarni tarkibi 12 dan 0,5 $mg.m^3$.gacha qisqartiriladi.

Gazlarni ishqorli tozalash jarayoni tejamkor hisoblanadi. Gazda vodorod-sulfid va uglerod dioksidi (>0,3%) yuqori konsentratsiyada ishqorli tozalashdan oldin monoetanolamin eritmasi bilan tozalanadi. Quruq gaz va propan-propilenli fraksiyalar SGFU va AGFU qurilmalarida, gidrotozalash va EP-300 pirogaz qurilmalarida gazlarni regeneratsiya qurilmalarida gazlarni regeneratsiyalashda oldindan vodorod-sulfiddan va qisman uglerod dioksididan monoetanolaminli eritma tozalanadi, keyin ishqorlar merkaptanlarni va uglerod dioksididan to‘liq tozalashga mahkum etiladi.

Bunda natriy gidrooksidning sarfi 1000 m^3 gaz uchun 0,16 kg.dan oshib ketmaydi. Gazlarni merkaptanlardan ishqorli tozalashni texnologik sxemasi monoetanolaminli tozalash sxemasidan kam farq qiladi, faqat ishqorli eritmani

ISSN 3030-3907

regeneratsiyalash ochiq suyuqlikli bug‘ yoki issiq suyuqlik bug‘i bilan shamollatish, yoki ketma-ket u yoki bu usullarda olib boriladi. Agarda gazni uglerod dioksididan tozalashda adsorbent ustidagi gazning muvozanat bosimi nolga teng bo‘lsa, absorbentni tizimdan qisman chiqarib va uning o‘rniga yangisini dozirovka qilib ko‘p karrali sirkulyatsiyasi amalga oshiriladi.

Ushbu tozalash usuli qayta ishlanadigan gazda kislotali komponentlarning miqdori yuqori konsentratsiyaga ega bo‘lganda qo‘llaniladi, chunki absorbentlarning absorbtsiya qilish qobiliyati qayta ishlangan gazdagi kislotali komponentlarning bosimiga deyarli to‘g‘ridan-to‘g‘ri proportsionaldir, bu aylanishdagi zaxarli komponentlarni yutish miqdorini kamaytirishga va shunga mos ravishda regeneratsiya paytida issiqlik sarfini kamaytirishga imkon beradi [7].

Turli nisbatlarda fizik va kimyoviy komponentlarni yutish vositalarini bir vaqtning o‘zida ishlatish mumkin.

Adsorbsiya usuli qattiq g‘ovakli muhitda zaxarli komponentlarni yutish (adsorbent) ning gaz aralashmasidan bir yoki bir nechta komponentlarni tanlab olish qobiliyatiga egadir. Bu usul uglevodorod gazlarida vodorod sulfid konsentratsiyasini kamaytirishning eng yaxshi usuli hisoblanadi. Eng ko‘p ishlatiladigan qattiq absorberlarga: faollashtirilgan uglerod, zeolitlar, temir oksidi, sink oksidi yani [4, 6, 7] ga ko‘ra gazni vodorod sulfiddan tozalash uchun adsorbsion usullarning asosiy kamchiligi shundaki, dastlabki aralashmada oltingugurt o‘z ichiga olgan komponentning konsentratsiyasi 0,5% dan oshmasligi kerak. Ushbu talab ularni qo‘llash chegarasini sezilarli darajada qisqartiradi.

Boshqa “nordon” komponentli tarkib – tovar gazidagi karbonat angidrid tarkibiga qo‘yiladigan talablar ancha engiroq va ishlab chiqarilgan gazdagi uning miqdori vodorod sulfid miqdoridan sezilarli darajada oshib ketishi mumkin, shuning uchun uni aralashmadan olib chidishi har doim ham tavsiya etilmaydi. Keyinchalik oqilona tozalash jarayoni uchun vodorod sulfidni yutuvchanligi nisbatan yuqori selektivlikka ega bo‘lishi talab etiladi.

Vodorod sulfiddan gazni oksidlovchi tozalash usuli quyidagi qaytarilmas reaksiyaga asoslanadi:

$$2H_2S + O_2 \text{ -»} 2H_2O + 2S$$

Ushbu usulning asosiy muammosi shundaki, reaktsiya normal sharoitda amalda davom etmaydi, shuning uchun to‘g‘ri kislorod tashuvchini tanlash kerak bo‘ladi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan tashuvchilar ishqoriy metallarning mishyak tuzlarining issiq eritmasi (Giammarka-Vstrokok jarayoni) va natriy tuzlarining suyuqlikdagi eritmasi (Stretford jarayoni); birinchi usulning muhim kamchiligi absorberning yuqori toksikligidir [1].

Dastlabki aralashmada vodorod sulfidning nisbatan past konsentratsiyasida oksidlovchi va adsorbsion gazni tozalash usullarini qo‘llash maqsadga muvofiq, va

ISSN 3030-3907

gazning tarkibida oltingugurt aralashmalari sezilarli darajada bo‘lsa, absorbtsiya usuli afzalroqdir [1, 3, 4, 4].

XULOSA: Qo‘llaniladigan absorbtsiya usullariga muvofiq, dastlabki aralashmali konsentrratsiyadan vodorod sulfid, gaz, elementar oltingugurt, oltingugurt oksidi, sulfidlar, sulfatlar yoki boshqa birikmalar shaklida ajratib olish jarayonlarining ketma-ketligi va oksidlovchi tozalash usulining qaytarilmas reaksiyalari asoslangan. Dastlabki aralashmada vodorod sulfidning nisbatan past konsentratsiyasida oksidlovchi va adsorbsion gazni tozalash usullarini qo‘llash maqsadga muvofiqligi hamda gazning tarkibida oltingugurt aralashmalari sezilarli darajada bo‘lsa, absorbtsiya usulining afzalligi tasdiqlangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Yuldashev T.R. Tabiiy gazni nordon komponentlardan tozalash texnologiyasi va jarayonlarni modellashtirish. Monografiya. “INTELLEKT” nashriyoti. 2025. -164 bet.
2. Yuldashev T.R., “Tabiiy gazlarni alkanolaminlar bilan tozalash texnologiyasida ko‘piklarni hosil bo‘lishi va ularni bartaraf qilishning zamonaviy yo‘llari”. Qarshi – “Intellekt”nashriyoti – 2023. 142 bet.
3. Хафизов Ф.Ш., Афанасенко В.Г., Хафизов Н.Ф. Обоснование необходимости использования новых сорбентов в процессах абсорбционной очистки технических газов от сероводорода и углекислого газа. // Международная молодежная научная конференция «Севергеоэкотех - 2007»: в 3 ч; ч. 2. - Ухта: УГТУ, 2007. - с.204-206
4. Способы очистки газа от сероводорода и выбор приорететиого направления развития процесса // Международная научно-практическая конференция «НЕФТЕГАЗОПЕРЕРЛБОТКА И НЕФТЕХИМИЯ - 2007». г. Уфа: ГУП ИНХП РБ, 2007. - с. 81 -82
5. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Н.П. Интенсификация процесса очистки серосодержащих кислых растворов производства // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2017. № 11 (44). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/5300 (дата обращения: 28.12.2023). 1-7 стр.
6. Бусыгина Н.В. Технология переработки природного газа и газового конденсата // Н.В. Бусыгина, И.Г. Бусыгин. Оренбург: Газпромнефть. 2002.- 514 стр.
7. Баннов П. Г. Процессы переработки нефти: // В 3 т. - М.: Изд-во ЦИНТИхимнефтемаш, 2000—2003. - Ч. I, 2000. - 224 с.; Ч. II, 2002. - 551 с.; Ч. III, 2003. - 504 стр.

ISSN 3030-3907

8. Тараканов Г.В. Глубокая переработка газовых конденсатов //Тараканов Г.И., Нурахмедова А.Ф., Попадин Н.В; Под.ред. Тараканова Г.В. – Астрахань: «Факель», ООО «Астрахангазпром, 2010. - 276 стр.
9. Бусыгин И.Г., Бусыгина Н.В. Оптимизация селективной МДЭА- очистки смеси газов. // Газовая промышленность. - 1997. - № 6. - 47-48 стр.

ISSN 3030-3907

GIBRID AVTOMOBILLARNI EKSPLOATATSIYA QILISHNING AFZALLIKLARI VA MUAMMOLARI

Abdiqodirov Shavkat Abdixamidovoch
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti Dotsent, (PhD),
E-mail. shavkatabdiqodirov@mail.ru
Abduqahorov No‘monbek Oybek o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnalogiyalar universiteti stajyor-o‘qituvchisi
E-mail. abduqahorovnomonbek@gmail.com

Annotatsiya Ushbu maqolada gibrid avtomobillarni ekspluatatsiya qilishning afzalliklari va mavjud muammolari atroflicha tahlil qilingan. Gibrid tizimlarning energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizligi, ekspluatatsion xarajatlarning kamayishi kabi ustun jihatlari ilmiy asosda yoritilgan. Shuningdek, yuqori boshlang‘ich qiymat, batareyalarning xizmat muddati, texnik xizmat ko‘rsatishning murakkabligi, infratuzilma yetishmovchiligi kabi kamchiliklar batafsil o‘rganilgan. Maqolada gibrid transport vositalarining kelajak taraqqiyoti, ularni joriy etish strategiyalari va texnik takomillashtirish yo‘nalishlari bo‘yicha xulosalar ham berilgan.

Kalit so‘zlar. gibrid avtomobil, ekspluatatsiya, energiya samaradorligi, yoqilg‘i tejamkorligi, akkumulyator, ekologiya, texnik xizmat, transport texnologiyalari.

Annotation This article provides a comprehensive analysis of the advantages and challenges associated with the operation of hybrid vehicles. It examines key benefits such as energy efficiency, environmental friendliness, reduced fuel consumption, and lower operational costs. Additionally, the study discusses existing issues including the high initial cost, battery lifespan, complexity of technical maintenance, and insufficient charging infrastructure. The article also presents insights into future development trends, implementation strategies, and technological improvement directions for hybrid transportation systems.

Key words hybrid vehicle, operation, energy efficiency, fuel economy, battery, ecology, technical maintenance, transport technologies.

Аннотация. В данной статье подробно проанализированы преимущества и существующие проблемы эксплуатации гибридных автомобилей. На научной основе раскрыты такие преимущества гибридных систем, как энергоэффективность, экологическая безопасность и снижение эксплуатационных расходов. Кроме того, подробно изучены такие недостатки, как высокая начальная стоимость, срок службы аккумуляторных батарей, сложность технического обслуживания и нехватка инфраструктуры. В статье также приведены выводы о перспективах развития гибридного

ISSN 3030-3907

транспорта, стратегиях его внедрения и направлениях технического совершенствования.

Ключевые слова: гибридный автомобиль, эксплуатация, нергоэффективность, экономия топлива, аккумулятор, экология, техническое обслуживание, транспортные технологии.

Kirish

So‘nggi o‘n yilliklarda avtomobil sanoatida sodir bo‘lgan texnologik o‘zgarishlar transport vositalarining ekologik ko‘rsatkichlari va energiya samaradorligini tubdan qayta ko‘rib chiqishga olib keldi. Aholi sonining ortishi, avtomobillar parkining kengayishi, shahar markazlarida tirbandliklarning kuchayishi va global iqlim o‘zgarishiga olib kelayotgan zararli chiqindilar miqdorining ko‘payishi hukumatlar hamda avtomobil ishlab chiqaruvchilarini yangi energiya manbalariga asoslangan transport tizimlariga o‘tishga majbur qilmoqda. Xalqaro energetika agentligi (IEA) hisobotlariga ko‘ra, 2030-yilga borib dunyo bo‘yicha ekologik toza transport ulushi 35–40 foizgacha yetishi kutilmoqda, bunda ayniqsa gibrid avtomobillarning o‘rni katta bo‘lishi ta’kidlanadi[1].

Gibrid avtomobillar — ichki yonuv dvigateli va elektromotordan birgalikda foydalanadigan murakkab, ammo samarali transport vositalari bo‘lib, ular energiyadan oqilona foydalanish, chiqindilarni minimallashtirish va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga qaratilgan. Bunday avtomobillarda dvigatelning optimal rejimda ishlashi, tormozlanishda energiyani qayta tiklash (regeneratsiya), past tezlikda elektromotorning ustunligi kabi omillar yoqilg‘i sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Shuning uchun gibrid avtomobillar ayniqsa yirik shaharlar, yuqori tirbandlikka ega hududlar va ekologik talablar keskin oshgan davlatlar uchun eng maqbul yechim hisoblanadi. Gibrid texnologiyalarning rivojlanishi 1990-yillarda boshlangan bo‘lsa-da, bugungi kunda Toyota, Honda, Hyundai, Kia, Ford, Lexus kabi kompaniyalar tomonidan ishlab chiqilayotgan yangi avlod hybrid tizimlari yuqori ishonchlilik, tejamkorlik va ekologik xavfsizlikni ta’minlamoqda. Masalan, Toyota Hybrid Synergy Drive, Honda i-MMD, Hyundai HEV platformalari real hayot sharoitida 30–50% gacha yoqilg‘i tejash imkonini bermoqda. Ushbu natijalar gibrid tizimlarning yildan-yilga takomillashib borayotganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, gibrid avtomobillarni ekspluatatsiya qilish jarayoni qator texnik va iqtisodiy muammolarni ham yuzaga keltiradi[2]. Eng asosiy muammolar qatoriga yuqori voltli batareyalarning xizmat muddati, ularning narxi, texnik xizmat ko‘rsatish uchun maxsus bilim va uskunalarning talab qilinishi, ekstremal haroratlarda quvvatning pasayishi va servis infratuzilmasining yetarli bo‘lmasligi kiradi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Gibrid avtomobilning tuzulishi

Bu omillar gibrid avtomobillarni keng joriy qilish jarayonida muhim cheklovlar sifatida tan olinadi. Shu sababli, gibrid avtomobillar texnologiyasi nafaqat ekologik yoki mexanik jihatdan, balki iqtisodiy va konstruktiv nuqtai nazardan ham chuqur ilmiy tahlilni talab qiladi. Aynan shuning uchun ushbu ilmiy maqola gibrid avtomobillarni ekspluatatsiya qilishda kuzatiladigan afzalliklar va amaliy muammolarni tizimli ravishda o‘rganishga, ularning texnik-iqtisodiy samaradorligini baholashga va kelgusida ushbu yo‘nalishda takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishga qaratilgan[3].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Gibrid avtomobillarning ishlash prinsipi va umumiy tuzilishi. Gibrid avtomobil ikki xil energiya manbasidan — ichki yonuv dvigateli (IYoD) va elektromotordan foydalanadi. Ushbu tizim “Hybrid Electric Vehicle (HEV)” deb yuritilib, konstruktsiyasiga ko‘ra parallel gibrid, ketma-ket gibrid va aralash gibrid turlariga bo‘linadi. Parallel gibrid tizimida dvigatel va elektromotor bitta transmissiya orqali avtomobilga harakat beradi. Toyota Prius, Hyundai Ioniq bunga misoldir. Ketma-ket gibridda elektromotor asosiy yuritma bo‘lib, ichki yonuv dvigateli faqat generatorni aylantirib elektr ishlab chiqaradi. BMW i3 REx kabi modellarda qo‘llaniladi. Aralash gibridlar yuqoridagi ikki tizimning afzalliklarini o‘zida birlashtiradi; dvigatel va elektromotor mustaqil yoki birgalikda ishlashi mumkin. Bu texnik farqlar gibrid avtomobillarni ekspluatatsion samaradorligi, yoqilg‘i tejamkorligi va texnik xizmat ko‘rsatish murakkabligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi[4].

1. Gibrid avtomobilning energiya samaradorligi formulasi

Gibrid avtomobilning umumiy energiya sarfi:

ISSN 3030-3907

$$E_{umumiy}=E_{IYOD}+E_{ELEKTR} \quad (1)$$

Shahar sharoitida energiya sarfi:

$$E_{shahar}=\alpha E_{elektr}+(1-\alpha)E_{IYOD} \quad (2)$$

Bu yerda:

α— elektromotor ulushi (0.3–0.7 oralig‘ida)

E_{elektr} — elektromotor energiya sarfi

E_{IYOD} — ichki yonuv dvigateli sarfi

2. Regenerativ tormozlash samaradorligi

Odatda:

$$\eta_{regen}=\frac{E_{qayta\ tiklangan}}{E_{tormozda\ yo\prime qotilgan}}*100\% \quad (3)$$

3. CO_2 chiqindilarining kamayish formulasi

$$\Delta CO_2=\frac{CO_2^{an\prime anaviy}-CO_2^{gibrid}}{CO_2^{an\prime anaviy}}*100\% \quad (4)$$

Bu ko‘rsatkich odatda 20–35% ni tashkil etadi.

TADQIQOT NATIJALARI

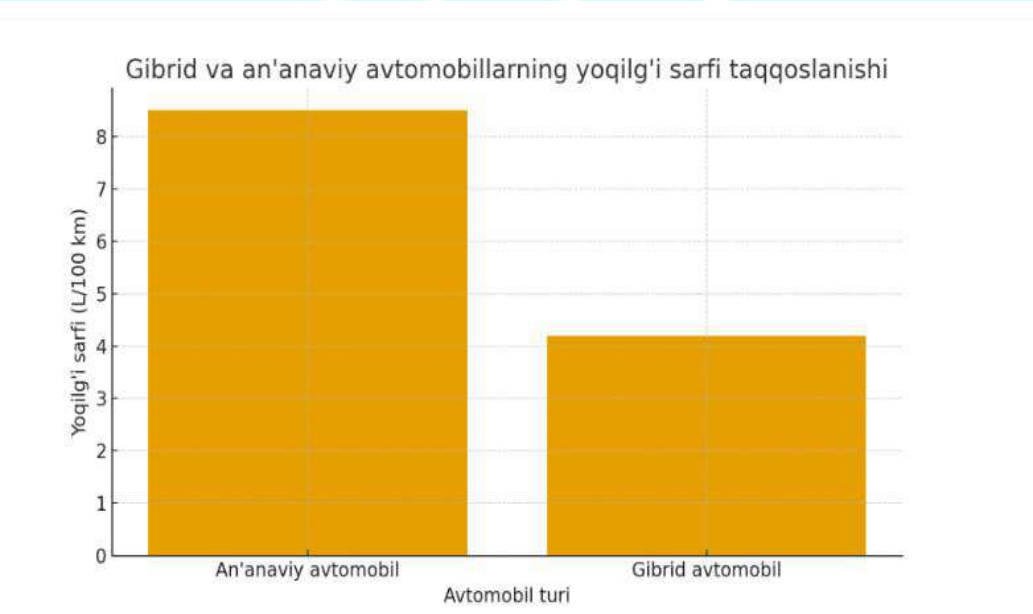
Gibrid avtomobillarning afzalliklari. Energiyani tejash va yoqilg‘i sarfining keskin kamayishi. Gibrid avtomobillarning asosiy afzalligi — yoqilg‘i sarfining 25–50% gacha kamayishi. Bu ko‘rsatkichga quyidagi omillar ta’sir qiladi: Shahar sharoitida elektromotorning ustunligi. Past tezlikda elektromotor asosiy yuritma bo‘ladi, bu benzin sarfini kamaytiradi. Start-Stop tizimi. Svetofor yoki tirbandlikda dvigatel avtomatik o‘chadi

1-jadaval

Ko‘rsatkichlar	An’anaviy avtomobil	Gibrid avtomobil
Yoqilg‘i sarfi (L/100 km)	7–9	3.5–5
CO_2 chiqindisi (g/km)	150–180	90–120
Shahar rejimida sarf	yuqori	juda past
Texnik xizmat ko‘rsatish	oddiy	murakkab
Batareya muddati	mavjud emas	7–10 yil
Batareya narxi	—	juda qimmat
Regenerativ tormozlash	yo‘q	bor
Tezlanish (0–60 km/h)	o‘rtacha	tez
Shovqin	yuqori	juda past

Gibrid avtomobillar ichki yonuv dvigatelidan foydalanishni qisqartirgani uchun, zararli gazlar chiqarishni sezilarli kamaytiradi: CO_2 chiqindisi 20–30% gacha pasayadi. NOx va CH uglevodorod chiqindilari 25–40% kam. Regenerativ tormozlash energiya isrofi o‘rniga batareyani zaryadlaydi[5].

ISSN 3030-3907



2-rasm. An’anaviy avtomobil bilan gibrid avtomobilning yonilg‘i sarfi taqoslanishi

Aholi zich yashaydigan shaharlar uchun chiqindilarning kamayishi ekologik vaziyatni sezilarli yaxshilaydi. Gibrid avtomobillarning asosiy innovatsion ustunligi — regenerativ tormozlash: Tormoz bosilganda avtomobilning kinetik energiyasi elektromotor orqali elektr energiyasiga aylantiriladi. Bu energiya yuqori voltli batareyada yig‘iladi. Tormoz kolodkalarining ishlash muddati 30–50% uzayadi. Shuningdek, regenerativ energiya tizimi shahar tirbandliklarida ayniqsa samarali bo‘ladi. Dvigatel yuklamasi doimiy ravishda elektromotor bilan bo‘linadi. Natijada: Dvigatelning o‘rtacha aylanish soni past bo‘ladi. Dvigatel tarkibiy qismlari (porshen, klapan, podshipnik) sekin yeyiladi.

Moy almashtirish oralig‘i uzayadi. Bu avtomobilning umumiy xizmat muddatini oshiradi.

Shovqinning pastligi va qulay boshqaruv. Elektromotor deyarli shovqinsiz ishlaydi, dvigatel ham optimal rejimda shovqini kam bo‘ladi. Natijada: Kabinada akustik qulaylik oshadi. Tezlanish jarayonida vibratsiya sezilmaydi. Shahar ichida past tezlikda ekologik va akustik zarar minimal bo‘ladi.

Gibrid avtomobillarni ekspluatatsiya qilishdagi muammolar. Gibrid avtomobillarda qo‘llaniladigan Li-ion yoki NiMH batareyalar juda qimmat: Batareyaning xizmat muddati 7–10 yil

- Yangisini almashtirish narxi: avtomobil narxining 20–35%
- Sovuqda quvvatning pasayishi, issiqda esa qizib ketish xavfi mavjud
- Batareyaning qimmatligi gibrid avtomobilning umumiy ekspluatatsion xarajatlarini oshiradi.

Gibrid tizimda quyidagi murakkab elektron bloklar mavjud:

- Batareya boshqaruv tizimi (BMS)
- Invertorlar va konvertorlar

ISSN 3030-3907

- Energiya taqsimoti moduli
- Elektr yuritma boshqaruvi (HCU)
- Sensorlar tarmog‘i

Ularning har biri nosozlik sodir bo‘lsa, maxsus diagnostika uskunalari talab etiladi. Oddiy ustaxonalar bunday tizimlarni ta’mirlashga qiynaladi.

Texnik xizmat ko‘rsatishdagi xavfsizlik talablari. Gibrid avtomobillar yuqori voltli (200–700 V) elektr tizimlarga ega. Shuning uchun: Texnik xizmat paytida maxsus himoya kiyimlari talab qilinadi. Izolyatsiya nosozligi jiddiy elektr zarbasiga olib kelishi mumkin. Batareya modullarini demontaj qilish faqat malakali mutaxassis tomonidan amalga oshiriladi. Bu servis markazlarining cheklanganligini keltirib chiqaradi. Sovuq havoda: batareyaning ichki qarshiligi ortadi, quvvat 20–40% kamayadi.Issiq iqlimda: batareya tez qiziydi, ishlash muddati qisqaradi. Sovutish ventilyatorlari ko‘proq ishlaydi va avtomobilning umumiy energiya sarfini oshiradi. O‘zbekiston kabi issiq iqlimli hududlarda bu muammo ko‘proq uchraydi.

Gibrid avtomobillar shahar ichida juda past shovqin bilan harakatlanadi. Bu: Piyodalar, velosipedchilar, ko‘zi ojizlar uchun xavf tug‘diradi. Shuning uchun ko‘plab davlatlarda past tezlikda majburiy sun’iy tovush chiqarish tizimi o‘rnatilishi belgilangan.

Avariya holatlaridagi xavfsizlik muammolari. Yuqori voltli tizimlar yong‘in va to‘qnashuvda qo‘shimcha xavf tug‘diradi: Batareya modullarida termal runaway (tez qizib ketish) xavfi mavjud. Qutqaruv xodimlari maxsus vositalar bilan ishlashi kerak. Elektr kabelining uzilishi qisqa tutashuvga olib kelishi mumkin. Shuning uchun gibrid avtomobillar uchun maxsus yong‘inga qarshi protokollar ishlab chiqilgan.

Gibrid avtomobilning texnik-iqtisodiy samaradorligi. Har yili yoqilg‘i iqtisodi: 25–30% Texnik xizmat xarajatlari: 10–15% past Batareya almashinuvi: eng katta iqtisodiy xavf uzoq masofaga chiqishda samaradorlik pasayadi, chunki elektromotorning roli kamayadi. Shahar sharoitida samaradorlik maksimal, trassa sharoitida esa gibridning ustunliklari sezilarli darajada kamayadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR Xulosa qilib aytganda, gibrid avtomobillarni ekspluatatsiya qilish zamonaviy transport tizimining barqaror rivojlanishida muhim omil hisoblanadi. Ularning ikki xil energiya manbasi – ichki yonuv dvigateli va elektr dvigatelidan birgalikda foydalanishi yoqilg‘i sarfini sezilarli darajada kamaytiradi, atmosferaga chiqariladigan zararli modda miqdorini pasaytiradi hamda ekologik barqarorlikni ta’minlashga xizmat qiladi. Shuningdek, gibrid tizimlarning yuqori samaradorligi, regenerativ tormozlash texnologiyasi, dvigatelning optimal rejimlarda ishlashi va ekspluatatsion xarajatlarning qisqarishi foydalanuvchilar uchun sezilarli iqtisodiy naf keltiradi.

ISSN 3030-3907

Biroq gibrid avtomobillarni amaliyotga keng joriy etish jarayonida qator muammolar ham mavjud. Ularga yuqori boshlang‘ich narx, batareya modullarining qimmatligi, texnik xizmat ko‘rsatishning murakkabligi, malakali mutaxassislar yetishmasligi, zaryadlash infratuzilmasining yetarlicha rivojlanmaganligi va sovuq iqlim sharoitlarida energiya samaradorligining pasayishi kiradi. Bundan tashqari, ishlatilgan batareyalarni utilizatsiya qilish bo‘yicha global ekologik talablarning kuchayib borayotgani ham mazkur sohada dolzarb masalalardan biridir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. R. Yo‘ldoshev, O. Qodirov. Avtomobillar tuzilishi va texnik ekspluatatsiyasi. – Toshkent: Oliy ta’lim nashriyoti, 2020.
2. M. Jalilov. Ichki yonuv dvigatellari: qurilishi, ishlash prinsipi va texnik xizmat ko‘rsatish. – Toshkent: Fan, 2018.
3. G. G‘afurov, S. To‘xtayev. Avtomobil dvigatellari sovutish tizimlari va ularning ishlash xususiyatlari. – Toshkent: Texnika, 2019.
4. Heywood, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. – McGraw-Hill, 2018.
5. Kirpal Singh. Automobile Engineering (Vol. 1). – Standard Publishers, Delhi, 2015.
6. Faxriddin B., No‘monbek A. ABS SISTEMASI BILAN JIHOZLANGAN M1 TOIFALI AVTOMOBILLARNING TORMOZ SAMARADORLIGINI MATEMATIK NAZARIY TAHLILI //International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING. – 2024. – T. 4. – №. 1. – C. 333-337.
7. 7.Qurbonazarov S. et al. ANALYSIS OF THE FUNDAMENTALS OF MATHEMATICAL MODELING OF WHEEL MOVEMENT ON THE ROAD SURFACE OF CARS EQUIPPED WITH ABS //Multidisciplinary Journal of Science and Technology. – 2024. – T. 4. – №. 8. – C. 45-50.
8. 8.Xuzriddinovich B. F. et al. ABS BILAN JIHOZLANGAN AVTOMOBILNI TORMOZ PAYTIDA O ‘ZO ‘ZIDAN VA MAJBURIY TEBRANISHLARINI TORMOZ SAMARADORLIGIGA TA’SIRINI TAHLIL QILISH //ОБРАЗОВАНИЕ НАУКА И ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ В МИРЕ. – 2024. – T. 47. – №. 4. – C. 81-87.
9. Xusinovich T. J., Ro‘zibayevich M. N. M1 TOIFALI AVTOMOBILLARNI TURLI MUHITLARDA TORMOZLANISHINI TAHLIL QILISH VA PARAMETRLARINI O ‘RGANISH.
10. Karshiev F. U., Abduqahorov N. ABS BILAN JIHOZLANGAN M1 TOIFALI AVTOMOBILLAR TORMOZ TIZIMLARINING USTIVORLIGI //Academic research in educational sciences. – 2024. – T. 5. – №. 5. – C. 787-791. 11.Каршиев Фахридин Умарович, Н.Абдуқаҳоров ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИ//https://www.iupr.ru/6-121-2024

ISSN 3030-3907

https://www.iupr.ru/_files/ugd/b06fdc_15c4798c874a4ddab326a52bd3af34ea.pdf?index=true

11. Xusinovich T. J., Ro‘zibayevich M. N. M1 TOIFALI AVTOMOBILLARNI TURLI MUHITLARDA TORMOZLANISHINI TAHLIL QILISH VA PARAMETRLARINI O ‘RGANISH.

12. Farxadjonovna, Bekimbetova Elmira, and Abduqahorov No‘monbek. "STARTING ENGINES AT LOW TEMPERATURES." Multidisciplinary Journal of Science and Technology 5.2 (2025): 83-87.

ISSN 3030-3907

MARGANES FTALOSIYANIN PIGMENTINING GEOMETRIYASI VA SPIN XUSUSIYATLARINI HISOBLASH NATIJALARI

D.X. Shukurov
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti
A.X.Shukurov
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti
Sh.Y.Eshmurodov
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti
E-mail: dkhursanovich@mail.ru

Annatatsiya. Ushbu tadqiqotda yarimo‘tkazgich xususiyatga ega bo‘lgan tarkibida marganes saqlagan ftalosiyanin pigmentining sintezi amalga oshirildi. Hamda ushbu marganes ftalosianin kompleksidagi ligand molekulasining kvant-kimyoviy xususiyatlari Gauss dasturi (UB3LYP/6-311++G(d,2p) yordamida tahlil qilindi. Hisob-kitoblar UB3LYP funksionali va zichlik funksional nazariyasi (ZNF) asosidagi 6-311++ G (d,2p) asos to‘plami yordamida amalga oshirildi. Shuningdek, elektron zichligi taqsimoti, ligand molekulasining HOMO–LUMO energiya oralig‘i, dipol momenti, elektrostatik potensial sirtlari va reaktivlik indekslari aniqlandi va ularning kompleksning umumiy barqarorligiga ta’siri tahlil qilindi. Tanlangan metodika marganes ftalosiyaninning geometriya, frontier orbitallar, zaryad taqsimoti va yarimo‘tkazuvchanlik xususiyatlarini chuqur o‘rganishga imkon berdi.

Kalit so‘zlar: marganes, ftalosianin, tandem, kvant-kimyoviy tahlil, Gaussian dastur, HOMO–LUMO, yarimo‘tkazgich birikma.

Аннотация. В данной работе проведен синтез марганецсодержащего фталоцианинового пигмента с полупроводниковыми свойствами. Квантово-химические свойства молекулы лиганда в данном комплексе фталоцианина марганца были также проанализированы с помощью программы Gaussian (UB3LYP/6-311++G(d,2p). Расчеты проводились с использованием функционала UB3LYP и базисного набора 6-311++G(d,2p) на основе теории функционала плотности (ZNF). Также были определены распределение электронной плотности, ширина энергетической щели HOMO–LUMO, дипольный момент, электростатические потенциальные поверхности и индексы реакционной способности молекулы лиганда, а также проанализировано их влияние на общую стабильность комплекса. Выбранная методология позволила углубленно изучить геометрию, граничные орбитали, распределение заряда и полупроводниковые свойства фталоцианина марганца.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: марганец, фталоцианин, тандем, квантово-химический анализ, программа Gaussian, HOMO–LUMO, полупроводниковое соединение.

Abstract. This study synthesized a manganese-containing phthalocyanine pigment with semiconductor properties. The quantum chemical properties of the ligand molecule in this manganese phthalocyanine complex were also analyzed using the Gaussian program (UB3LYP/6-311++G(d,2p). The calculations were performed using the UB3LYP functional and the 6-311++ G(d,2p) basis set based on density functional theory (ZNF). Also, the electron density distribution, HOMO–LUMO energy gap, dipole moment, electrostatic potential surfaces, and reactivity indices of the ligand molecule were determined and their effect on the overall stability of the complex was analyzed. The chosen methodology allowed for an in-depth study of the geometry, frontier orbitals, charge distribution, and semiconducting properties of manganese phthalocyanine.

Keywords: manganese, phthalocyanine, tandem, quantum chemical analysis, Gaussian program, HOMO–LUMO, semiconductor compound.

Kirish.

Ko‘plab kichik yarimo‘tkazgich materiallar va polimer organik yarimo‘tkazgich materiallarda kuzatiladigan holatlarga o‘xshash tarzda, ftalosiyanin birikmalaridan tashkil topgan materiallarning aksariyati elektrotexnika qurilmalari uchun p-turdagi yarimo‘tkazgichlar sifatida ishlatiladi [1]. Ftalosianin asosidagi yarimo‘tkazgich materiallarda n-turdagi ftalosiyanin materiallari juda kam uchraydi. p-turdagi tetrapirrol asosidagi yarimo‘tkazgichlar orasida monomer ftalosiyanin birikmalari eng yaxshi xossalarga ega bo‘lib, ularga nisbatan ikki yoki uch yadrolik ftalosiyanin komplekslari, shuningdek ayrim porfirin hosilalari bo‘yicha tadqiqotlar kam olib borilgan [2]. 1-rasmda p-turdagi tandem asosida ishlaydigan quyosh elementlarining faol qatlami sifatida qo‘llaniladigan marganes ftalosiyanin molekulasi tuzilishi, 2-jadvalda esa ushbu ftalosiyanin asosidagi yarimo‘tkazgich pigment materiallarning geometriya, frontier orbitallar, zaryad taqsimoti va yarimo‘tkazuvchanlik xususiyatlari tasvirlangan. Ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, ftalosianin pigmentlari tandem asosidagi quyosh elementlari uchun p-turdagi yarimo‘tkazgich sifatida samarali ishlashi mumkin. Adabiyotlarda ftalosiyanin hosilalaridan tashkil topgan yarimo‘tkazgich materiallarning aksariyati odatda vakuumda gaz fazada kimyoviy cho‘ktirish usuli orqali tayyorlanadi [3]. Metallofalosianinlarning yarimo‘tkazuvchanlik xususiyatlari birinchi bor 1948-yilda kuzatilgan bo‘lib, ular prototip organik yarimo‘tkazgichlardan oldin ham ilmiy qiziqish uyg‘otgan [4]. Biroq ushbu birikmalarning yarimo‘tkazuvchanlik xususiyatlari, ehtimol, ularning nisbatan past

ISSN 3030-3907

zaryad tashuvchilar harakatchanligi sababli dastlab yetarlicha e’tibor berilmagan [5].

Yarimo‘tkazgich ftalosianin materiallar sifatida Guillaud va hamkasblari tomonidan faol qatlam sifatida turli qalinlikdagi NiPc yupqa plyonkalari, izolyator sifatida esa SiO_2 qo‘llangan holda gaz fazada kimyoviy cho‘ktirilgan metal ftalsianinlar sintez qilingan [6]. Monomer ftalosiyanin asosidagi yarimo‘tkazgich pigmentlarga oid dastlabki tadqiqotlardan biri sifatida, turli qalinlikdagi NiPc plyonkalarida p-tipli harakatchanligi $(1.5–7.0)\times10^{-4}$ $sm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$ diapazonida, 3 dan 10 V gacha bo‘lgan qiymatlarda qayd etilgan [7].

Bugungi kunda butun dunyoda ko‘plab tadqiqot guruhlari tomonidan turli hil yarimo‘tkazgich noorganik va organik materiallar aosidagi tandem quyosh elementlari o‘rganilmoqda [8]. Sababi, nazariy jihatdan faqat bir qatlamli quyosh elementlari quyosh nurini to‘liq singdira olmagani uchun samaradorlik cheklovlariga duch kelishmoqda. Shuning uchun, tadqiqotchilar har doim mavjud texnologiyani yoki biron bir jarayonni takomillashtirishning yanada samarali usullarini izlayotganligi hamda muqobil energiya manbalari asosida olingan quyosh elementlarining foydali ish koeffitsiyentini oshir borasidagi tadqiqotlar buning natijasidir [8-9]. Ftalosiyanin va uning metall komplekslari o‘zining keng π-elektron tizimi, barqarorligi va turli funksional qo‘llanishlari bilan ajralib turadi. Ammo ularning elektron tuzilishi murakkab bo‘lgani sababli oddiy tajriba natijalari ularni to‘liq tushuntira olmaydi. Shu sababli kvant-kimyoviy hisoblash usullaridan, xususan zichlik funksional nazariyasi (DFT) dan keng foydalaniladi [10].

TADQIQOT NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

Ftalosiyanin va uning metall komplekslari o‘zining keng π-elektron tizimi, barqarorligi va turli funksional qo‘llanishlari bilan ajralib turadi. Ammo ularning elektron tuzilishi murakkab bo‘lgani sababli oddiy tajriba natijalari ularni to‘liq tushuntira olmaydi. Shu sababli kvant-kimyoviy hisoblash usullaridan, xususan zichlik funksional nazariyasi (DFT) dan keng foydalaniladi.

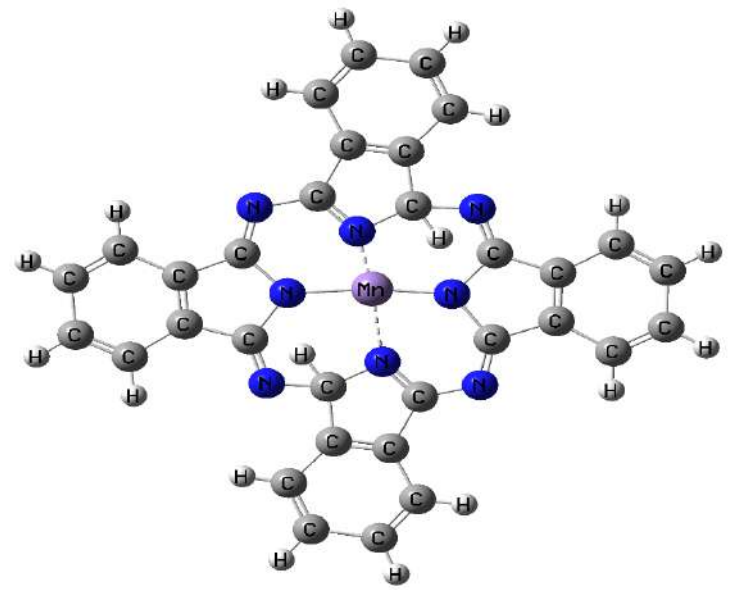
DFT molekulalarning elektron zichligi asosida ularning energiyasi va boshqa xossalarini hisoblashga imkon beradi. Ushbu tadqiqot ishida B3LYP funksionali tanlandi. B3LYP (Becke’s three-parameter hybrid functional with Lee-Yang-Parr correlation) almashinish va korrelyatsiyani samarali tarzda hisobga oladi va organik hamda metall-organik tizimlarda keng qo‘llanadi.

Hisoblashlar 6-311++G(d,2p) bazis to‘plamida bajarildi. Ushbu bazis to‘plam ko‘p qatlamli bo‘lib, tashqi valent elektronlarini aniqroq tasvirlaydi. “++” belgisi diffuz funksiyalarni, “d,2p” belgisi esa qutblanish funksiyalarini bildiradi. Bu funksiyalar aromatik tizimlarda va metall komplekslarida elektron taqsimotini yanada ishonchli beradi. Shunday qilib, tanlangan metodika marganes

ISSN 3030-3907

ftalosiyaninning geometriya, frontier orbitallar, zaryad taqsimoti va yarim o‘tkazuvchanlik xususiyatlarini chuqur o‘rganishga imkon berdi.

Marganes ftalosiyanin UB3LYP/6-311++G(d,2p) darajasida optimallashtirildi. Markaziy Mn (II) atomi ftalosiyanin halqasining 4 ta azoti bilan koordinatsiyalangan. Spin multiplekslik dublet holatda hisoblandi, $<S^2>$ qiymati 0.9445 chiqdi, bu esa hisoblash natijasining fizik ma’noga yaqinligini bildiradi.



1-rasm. Marganes ftalosiyanin molekulasining optimallashtirilgan geometriyasi.

Marganes ftalosiyanin molekulasining energetik xususiyatlari.

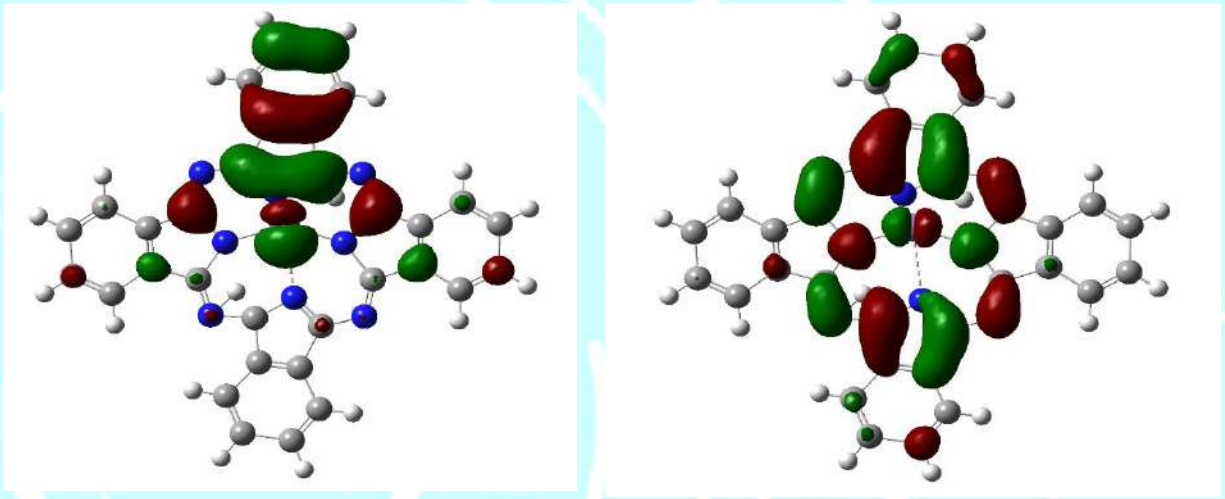
Umumiy energiya: –2818.424391 a.u. HOMO va LUMO energiyalari mos ravishda –5.13 eV va –3.45 eV, band gap esa 1.68 eV ni tashkil etdi. Bu qiymat Si-ftalosiyaninnikidan kattaroq bo‘lib, Mn-ftalosiyaninni yanada barqaror yarim o‘tkazgich sifatida ko‘rsatadi.

1-jadval

Marganes ftalosiyanin molekulasining frontier orbital energiyalari.

Orbital	Energiyasi (a.u.)	Energiyasi (eV)
HOMO	–0.18854	–5.13
LUMO	–0.12670	–3.45
ΔE (Eg)	0.06184	1,68

ISSN 3030-3907

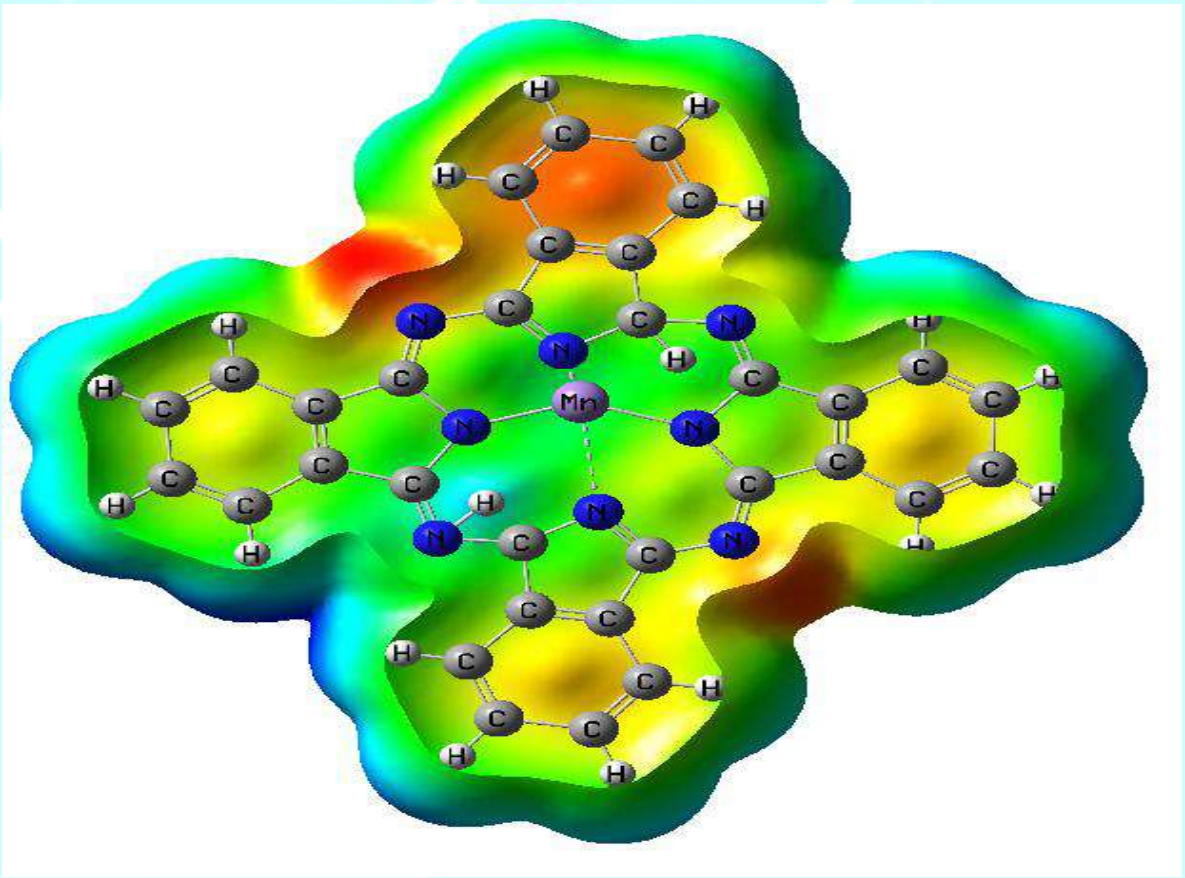


HOMO **LUMO**

2-rasm. Marganes ftalosiyanin molekulasining HOMO va LUMO orbitalari.

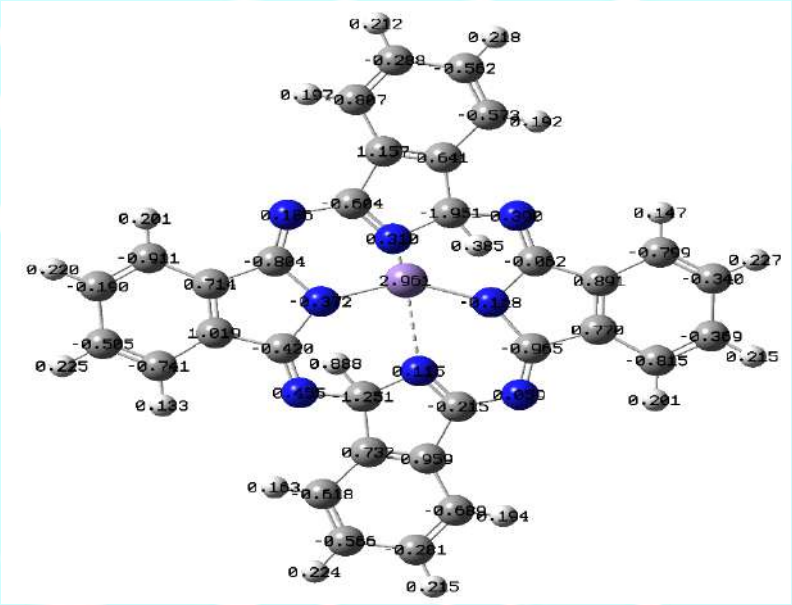
Marganes ftalosiyanin molekulasining MESP va Mulliken tahlili.

MESP xaritasi aromatik halqada elektron zichlik yuqoriligini, markaziy Mn atomi esa elektrofil markaz sifatida ajralib turishini ko‘rsatdi. Mulliken tahlili Mn atomida musbat zaryad, azot va halqa uglerodlarida manfiy zaryad yig‘ilganini ko‘rsatdi. Bu ham ICT mexanizmlarini tasdiqlaydi.



3-rasm. Marganes ftalosiyanin molekulasining MESP xaritasi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Marganes ftalosiyanin molekulasining Mulliken zaryad taqsimoti.

Marganes ftalosiyanin band gapining kattaligi uni barqaror yarim o‘tkazgichga aylantiradi. Shu bilan birga, Mn (II) ionining d-orbital faoliyati uni katalizator va gaz sensorlarida ishlatish imkonini beradi.

2-jadval

Si- va Mn-ftalosiyaninlarning asosiy parametrlarining taqqoslanishi.

Parametr	Si-ftalosiyanin	Mn-ftalosiyanin
Umumiy energiya	–	–2818.42 a.u.
HOMO (eV)	–4.52	–5.13
LUMO (eV)	–3.98	–3.45
Eg (eV)	0.54	1.68
Tuzilma	Kvaziioktaedrik	Kvaziioktaedrik
ICT	Kuchli	Kuchli
Qo‘llanish	OPV, OLED, PDT	Sensor, kataliz

Si-ftalosiyanin kichik band gap tufayli optoelektronika uchun qulayroq bo‘lsa, Mn-ftalosiyanin kattaroq band gap va d-orbital ishtiroki sababli kataliz va sensorika uchun istiqbollidir. Adabiyotlarda Zn-ftalosiyanin uchun Eg ≈ 1.3–1.5 eV, Cu-ftalosiyanin uchun ≈ 1.2–1.4 eV qiymatlar keltirilgan. Bizning hisoblar: SiPc (0.54 eV), MnPc (1.68 eV). Bu natijalar adabiyotga mos keladi va olingan qiymatlarning ishonchliligini tasdiqlaydi.

DFT hisoblari asosida quyidagi xulosalar qilindi:

Marganes ftalosiyanin barqaror aromatik tuzilmaga ega. Mn-ftalosiyaninning kichik band gap (0.54 eV) uni kuchli p-tip organik yarim o‘tkazgich sifatida ko‘rsatadi. Mn-ftalosiyaninning band gap (1.68 eV) uni barqaror yarimo‘tkazgich va sensor materiali sifatida tasdiqlaydi. MESP va

ISSN 3030-3907

Mulliken tahlillari donor–akseptor markazlari mavjudligini ko‘rsatadi. Natijalar adabiyot bilan mos keladi va hisoblarning ishonchliligini isbotlaydi.

XULOSA

Marganes ftalosianin pigmentining molekulyar tuzilish, kvant-kimyoviy va elektron xossalarini aniqlashda kvant-kimyoviy hisoblash usullaridan, xususan zichlik funksional nazariyasi (DFT) dan keng foydalanilgan holda amalga oshirildi. Jarayonlar 6-311++G(d,2p) bazis to‘plamida bajarildi. Tanlangan metodika Shuningdek, marganes ftalosiyaninning geometriya, frontier orbitallar, zaryad taqsimoti va yarimo‘tkazuvchanlik xususiyatlarini chuqur o‘rganishga imkon berdi. Umumiy energiya: –2818.424391 a.u. HOMO va LUMO energiyalari mos ravishda –5.13 eV va –3.45 eV, band gap esa 1.68 eV ni tashkil etdi. Bu qiymatlar marganes ftalosiyaninni yanada barqaror yarimo‘tkazgich pigment sifatida ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gundlach DJ, Kuo CCS, Sheraw CD, Nichols JA, Jackson TN. Organic field effect transistors. In: Fichou D, Bao Z (eds) Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) 4466:54–64. 2001.

2. Mizuno E, Taniguchi M, Kawai T. Organic Semiconductors of Phthalocyanine Compounds. Appl Phys Lett, 2005.

3. Kumar C.V., Sfyri G., Raptis D., Stathatos E., Lianos P. Perovskite solar cell with low-cost Cu-phthalocyanine as hole transporting material. RSC Adv., 5(5) (2015) 3786–3791. DOI: 10.1039/C4RA14321C

4. Shukurov D.Kh at all Synthesis of Zinc phthalocyanine pigment and its application to new generation solar cells. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). 2023.https:doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I4P238.

5. Yuexing Zhang., Yongzhong Bian., Jianzhuang Jiang. Organic Semiconductors of Phthalocyanine Compounds for Field Effect Transistors (FETs). Chapter in Structure and Bonding. 2010 doi: 10.1007/978-3-642-04752-7_9.

6. Turaev Kh.Kh., Shukurov D.Kh., Djalilov A.T., Karimov M.U. Synthesis of Graphene Oxide and its Physicochemical Study. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 2024. № 72 (4). pp.137-144. https:doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V72I4P114.

7. Lever ABP, Leznoff CC Phthalocyanine: properties and applications. VCH, New York, 1989, 1077.

8. D.Kh.Shukurov, Kh.Kh.Turaev, O.A.Ruziyev, A.Kh.Rakhimov, G.S.Ruziboyeva. Synthesis and Investigation of Cobalt-Containing Phthalocyanine Pigment. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 2025. №10, pp.151-160, https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V73I10P112.

ISSN 3030-3907

9. Jiang J, Kasuga K, Arnold DP (2001) Sandwich-type phthalocyaninato and porphyrinato metal complexes. In: Nalwa HS (ed) Supramolecular photo-sensitive and electroactive materials. Academic, New York, pp 113–210.
10. Kadish KM, Smith KM, Guilard R The porphyrin handbook, Vols. 1–20. Academic, San, Diego, pp.2000–2003.

ISSN 3030-3907

ASSESSMENT OF THE ENERGY EFFICIENCY OF EXPANDER-GENERATOR UNITS FOR THE UTILIZATION OF NATURAL GAS OVERPRESSURE ENERGY IN THE GAS TRANSMISSION SYSTEM FACILITIES OF UZBEKISTAN

Mukolyants Arsen Artyomovich
Tashkent state technical university named after Islam Karimov, PhD, associate professor
E-mail: arsenm5675@gmail.com
Ergasheva Dilbar Kuchkarovna
Tashkent state technical university named after Islam Karimov, PhD, associate professor
E-mail: arsenm5675@gmail.com
Nizomov Jonibek Maxmud o‘g‘li
Tashkent state technical university named after Islam Karimov, Bachelor
E-mail: njonibek04@gmail.com

Abstract. A study was conducted on the performance characteristics of expander–generator units and the selection of the most energy-efficient method of gas preheating at the inlet. Various operating modes at gas distribution points were examined, and two main preheating methods were compared: traditional thermal boilers and heat recovery from gas turbine exhaust gases. The obtained results make it possible to rationally choose the preheating method that ensures optimal thermodynamic and economic performance.

Keywords: natural gas, electricity generation, gas turbine unit, expander generator unit, gas distribution point, throttle

Annotatsiya. Detander–generator qurilmalarining ishlash xususiyatlari va kirish qismini isitishning eng energiya tejamkor usulini tanlash bo‘yicha tadqiqot o‘tkazildi. Gaz taqsimlash punktlaridagi turli ish rejimlari ko‘rib chiqildi hamda ikkita asosiy isitish usuli — an’anaviy qozonlar orqali isitish va gaz turbinasining chiqindi gazlaridagi issiqlikni qayta foydalanish — taqqoslandi. Olingan natijalar optimal termodinamik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarni ta’minlaydigan isitish usulini oqilona tanlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: tabiiy gaz, elektr energiyasi ishlab chiqarish, gaz turbina qurilmasi, detander-generator qurilmasi, gaz taqsimlash punkti, drossellovchi moslama

Аннотация. Проведено исследование характеристик работы детандер-генераторных установок и выбор наиболее энергоэффективного способа подогрева газа на входе. Рассмотрены различные режимы работы установок на распределительных пунктах и сравнены два основных метода подогрева: с использованием традиционных котлов и за счёт утилизации теплоты

ISSN 3030-3907

выхлопных газов газотурбинных установок. Полученные результаты позволяют рационально выбрать метод подогрева для достижения оптимальных термодинамических и экономических показателей.

Ключевые слова: природный газ, выработка электроэнергии, газотурбинная установка, детандер-генераторная установка, газораспределительный пункт, дроссель

Introduction

There is growing interest in using expander–generator units (EGUs) for decentralized power generation, where the pressure drop of natural gas at GDS and GRP is converted into electricity. The efficiency of such systems largely depends on the selected gas-heating method [1]. This study examines autonomous EGUs operating at remote stations, comparing boiler-based heating with heat recovery from gas turbine exhaust.

Autonomous EGUs function independently of gas-consuming facilities, and their operation affects these systems only through changes in outlet gas temperature and auxiliary power demand. Their main purpose is to generate electricity either for internal needs or for delivery to the grid. When an EGU is engaged, gas consumption in downstream systems changes proportionally to the variation in the available heat of the gas, which is described by the corresponding dependence:

$$Q_{ahg} = Q_{lhc} + h_g - h_0, \quad (1)$$

Where h_g and h_0 are the specific enthalpies of the gas fuel at the operating conditions and at the reference state (0 °C, 0.1 MPa), expressed in kJ/kg, and Q_{lhc} denotes the lower heating value of the fuel in J/kg. This effect is taken into account when assessing the influence of EGU operation on the overall fuel consumption of gas-using equipment.

OBJECT AND METHODOLOGY

One of the simplest methods of heating gas before the expander is the use of a specialized boiler (Fig. 1).

ISSN 3030-3907

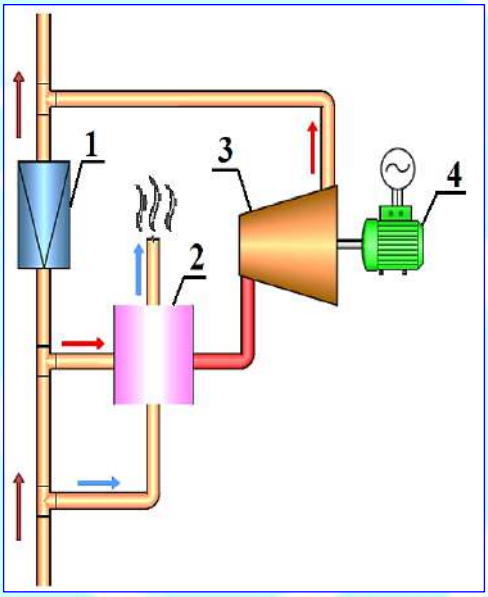


Figure 1. EGU with gas heating in the boiler: 1 - reducing device, 2 - boiler for gas heating, 3 - expander, 4 - generator of the expander

If the enthalpy of the gas at the outlet of the expander is h_2, kJ/kg, the same as at the inlet to the unit h_{ENT} kJ/kg, then the power of the expander is N_{EGU} kW, and the fuel consumption for heating the gas before the expander is VG_{fuel}^{bef} kg/s, as determined by expressions [2]:

$$N_{EGU} = G_{fuel} \cdot (h_1 - h_2) \text{ and } \quad VG_{fuel}^{bef} = \frac{G_{fuel} \cdot (h_1 - h_2)}{Q_{lhc} \cdot \eta_b} \quad (2)$$

and the specific fuel consumption for electricity generation by the unit, in kg/s·J, is calculated as:

$$G_{sfc} = \frac{1}{Q_{lhc} \cdot \eta_b}, \quad (3)$$

Where η_b – is the efficiency of the boiler, which preheats the gas before it enters the expander; G_{fuel} –fuel consumption in the pipeline, kg/s; h_1 and h_2 – the enthalpy of the gas before and after the expander is, respectively, kJ/kg.

If the $h_{in} \neq h_2$ change in the enthalpy of the gas upon entering the gas-consuming unit leads to a change in its consumption (in the case of using gas as fuel), then the formulas will take the following form:

c) total change in gas consumption VG_{fuel} kg/s:

$$VG_{fuel} = \frac{G_{fuel} \cdot \left[(h_1 - h_{ENT}) + (h_{ENT} - h_2) \cdot \eta_b\right]}{(Q_{lhc} + h_2 - h_{ENT}) \cdot \eta_b}; \quad (4)$$

Where h_{ENT} – enthalpy of gas at the entrance to the installation, kJ/kg;

g) power of the EGU, kW:

$$N_{EGU} = \left[G_{fuel} \cdot (h_1 - h_2)\right] \cdot \left[\frac{Q_{lhc} + h_{ENT} - h_0}{Q_{lhc} + h_2 - h_0}\right]; \quad (5)$$

d) specific fuel consumption for electricity generation (all changes in fuel consumption relate to electricity generation), kg/s·kW:

$$G_{sfc} = \frac{VG_{fuel}}{N_{EGU}} = \frac{h_1 - h_{ENT} + (h_{ENT} - h_2) \cdot \eta_b}{(Q_{lhc} + h_2 - h_0) \cdot \eta_b \cdot (h_1 - h_2)}. \quad (6)$$

THE RESULTS OF THE STUDY

Figure 2 shows the specific fuel consumption for power generation calculated using formula (6). The results demonstrate how fuel usage depends on

ISSN 3030-3907

the gas temperature upstream of the expander and on different inlet pressures, assuming constant p_2=1.5kg/cm^2 and η_b=0.9.

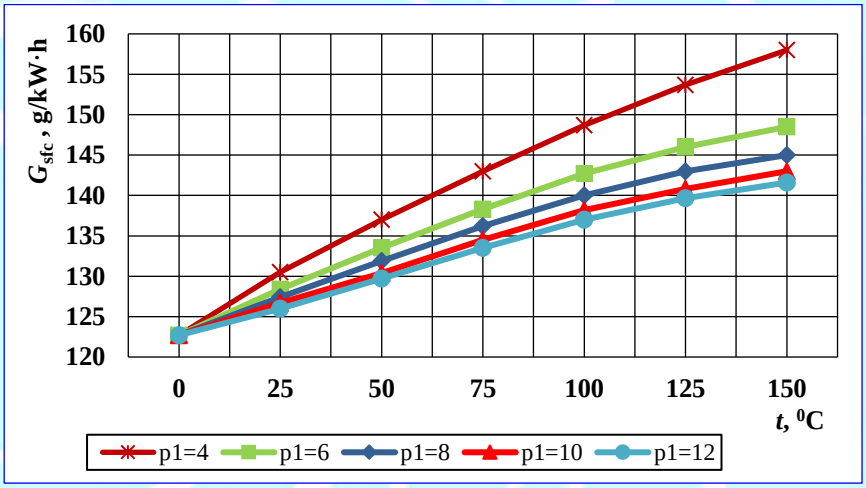


Figure 2. Specific fuel consumption for electricity generation

As the graph shows, gas temperature has little influence on specific fuel consumption, whereas boiler efficiency is the key factor. If variations in inlet gas enthalpy do not affect the consumer's gas flow rate, the analytical expressions simplify to:

a) Total change in gas consumption VG_{fuel}:

$$VG_{fuel} = \frac{G_{fuel}}{\eta_b} \cdot \frac{h_1 - h_{ENT}}{Q_{lhc} + h_{ENT} - h_0}; \quad (7)$$

b) Power output of the EGU (kW):

$$N_{EGU} = G_{fuel} \cdot (h_1 - h_2); \quad (8)$$

c) Specific fuel consumption (kg/s·J):

$$G_{sfc} = \frac{h_1 - h_{ENT}}{(Q_{lhc} + h_{ENT} - h_0) \cdot \eta_b \cdot (h_1 - h_2)} \approx \frac{h_1 - h_{ENT}}{Q_{lhc} \cdot \eta_b \cdot (h_1 - h_2)} \quad (9)$$

Waste heat from the GTU exhaust can preheat gas before the turboexpander (Fig.3). A common analysis assumes the gas enthalpy is equal upstream and downstream of the expander, making the heat input Q_{sup} equivalent to the expander-generator output N_{EGU} [3,4].

The total heat from the flue gases Q_{fg} must equal the sum of the generator power and the heat remaining in the gases after the exchanger. This energy balance is crucial for the system's operation [5,6].

ISSN 3030-3907

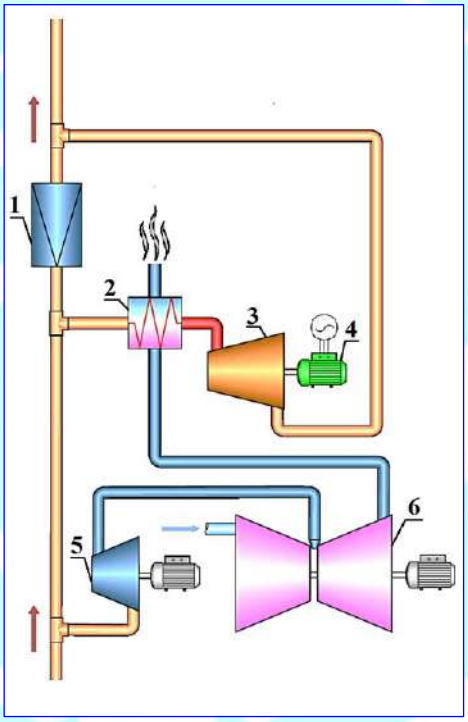


Figure 3. GTU exhaust-gas heating system: 1- reducing device; 2-heat exchanger; 3-turboexpander; 4 - generator of the expander; 5-compressor; 6-gas turbine unit

The power of the EGU and the heat of the exhaust gases are related by the formula:

$$Q_{fg} = N_{EGU} + Q_{eg}; \qquad (10)$$

where: N_{EGU} – power of the EGU, кВт; Q_{eg} - the heat of the exhaust gases, J.

The relationship between expander-generator power and exhaust heat is expressed through a formula dependent on heat exchanger efficiency. Estimation involves the enthalpy of flue gases at the GTU outlet, post-heat exchanger state, and cold air temperature:

$$Q_{eg} = Q_{fg} \cdot (1 - \eta_{HEU}); \ \eta_{HEU} = Q_{sup} / Q_{fg};$$

where: η_{HEU} – efficiency of the heat exchanger-heat exchanger in which the gas is heated; Q_{sup} – the heat supplied to the gas in front of the expander, J.

The value η_{HEU} can be estimated using the formula:

$$\eta_{HEU} = \frac{h_{fg} - h_{eg}}{h_{fg} - h_{ca}} \cong \frac{t_{fg} - t_{eg}}{t_{fg} - t_{ca}}, \qquad (11)$$

where: h_{fg},h_{eg},h_{ca} –the enthalpy of flue gases at the outlet of the gas turbine unit, exhaust gases after the heat exchanger and at cold air temperature, respectively, kJ/kg;

t_{fg},t_{eg},t_{ca} – the temperature of flue gases at the outlet of the gas turbine unit, exhaust gases after the heat exchanger and at a temperature of cold air, respectively, ^{0}C.

The power of the GTU will be, kW:

$$N_{GTU} = N_{EGU} \cdot \frac{t_{fg} - t_{ca}}{t_{fg} - t_{eg}} \cdot \frac{\eta_{GTU}}{1 - \eta_{GTU}}; \qquad (12)$$

where η_{GTU} – efficiency of a gas turbine installation.

If accepted $\eta_{EGU} \approx 0,3; t_{fg} \approx 500^0\text{C}; t_{ca} \approx 20^0\text{C}; t_{eg} \approx 100^0\text{C},$ the required power of the GTU will be more than 50% of the power of the expander-generator unit.

The specific indicator of such an installation in the form of specific fuel consumption for power generation G_{sfc} of the installation is equal to:

$$G_{sfc} = \frac{G_{GTU}}{N_{GTU} + N_{EGU}} = \frac{t_{fg} - t_{ca}}{Q_{lhc} \cdot \left[\left(t_{fg} - t_{ca} \right) \cdot \eta_{GTU} + \left(t_{fg} - t_{eg} \right) \cdot \left(1 - \eta_{GTU} \right) \right]}. \qquad (13)$$

ISSN 3030-3907

If the enthalpy of gas at the outlet of the expander differs from the enthalpy at the entrance to the gas-consuming installation, two scenarios are considered: one with a change in gas flow rate to the installation after switching on the EGU, and the other without such a change [7,8].

The capacity of the GTU will be:

$$N_{\text{GTU}} = \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0) \cdot (h_1 - h_{\text{ENT}}) \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}}) \cdot \eta_{\text{GTU}}}{(Q_{\text{lhc}} + h_2 - h_0) \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{eg}}) \cdot (1 - \eta_{\text{GTU}})}, \quad (14)$$

and the fuel consumption on the GTU will be equal to:

$$G_{\text{GTU}} = \frac{N_{\text{GTU}}}{(Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0) \cdot \eta_{\text{GTU}}} = \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (h_1 - h_{\text{ENT}}) \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}})}{Q_{\text{lhc}} + h_2 - h_0 \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{eg}}) \cdot (1 - \eta_{\text{GTU}})} \quad (15)$$

The total fuel consumption, $\text{V}G_{\text{fuel}}$ including changes in consumption for gas-consuming equipment, will be equal to:

$$\text{V}G_{\text{fuel}} = \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (h_1 - h_{\text{ENT}}) \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}})}{(Q_{\text{lhc}} + h_2 - h_0) \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{eg}}) \cdot (1 - \eta_{\text{GTU}})} + \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (h_{\text{ENT}} - h_2)}{Q_{\text{lhc}} + h_2 - h_0}. \quad (16)$$

After performing some simple transformations, the total capacity of the gas turbine unit and the expander generator set can be determined:

$$N_{\text{UNIT}} = \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0) \cdot (h_1 - h_{\text{ENT}}) \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}}) \cdot \eta_{\text{GTU}}}{(t_{\text{fg}} - t_{\text{eg}}) \cdot (1 - \eta_{\text{GTU}})} + \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0) \cdot (h_1 - h_2)}{(Q_{\text{lhc}} + h_2 - h_0)}. \quad (17)$$

The increase in fuel consumption ΔG_{UNIT} will depend on various factors, including the gas consumption of the boiler room:

$$\Delta G_{\text{UNIT}} = \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0) \cdot (h_1 - h_{\text{ENT}}) \cdot (t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}}) \cdot \eta_{\text{GTU}}}{Q_{\text{lhc}} + h_2 - h_0} + \frac{G_{\text{fuel}} \cdot (h_{\text{ENT}} - h_2)}{Q_{\text{lhc}} + h_2 - h_0} \quad (18)$$

where G_{B} – boiler room gas consumption.

The calculation was performed for the following conditions: gas pressure before the EGU 0.5 MPa, gas pressure after the EGU 0.15 MPa, gas temperature before the EGU 278 K, boiler capacity 116 MW, own needs of the boiler plant 1048 КВт, t_{fg} = 673 K, t_{eg} = 373 K, t_{ca} = 293 K, $\eta_{\text{EGU}} = 0{,}9$, $\eta_{\text{GTU}} = 0{,}9$.

The calculation results are shown in Table 1.

Table 1

The results of calculating the power of a gas turbine installation, increasing fuel consumption and boiler gas consumption at initial and final gas temperatures

t_1, ^{0}C	T_1, K	T_2, K	N_{UNIT}, kW	G_{fuel}, kg/s	ΔG, kg/s
5	278,15	218,03	321,789	2,564	0,0065
10	283,15	221,95	340,913	2,565	0,0070
20	293,15	229,78	379,589	2,566	0,0081
30	303,15	237,62	418,851	2,567	0,0092

ISSN 3030-3907

40	313,15	245,46	458,634	2,568	0,0104
50	323,15	253,30	499,084	2,569	0,1150
60	333,15	261,14	540,211	2,570	0,0127
70	343,15	268,98	582,061	2,571	0,0138
80	353,15	276,81	624,695	2,573	0,0150
90	363,15	284,65	668,030	2,574	0,0162
100	373,15	292,49	712,118	2,575	0,0175
110	383,15	300,33	757,003	2,576	0,0187
120	393,15	308,17	802,695	2,578	0,0200
130	403,15	316,01	849,193	2,579	0,0213
140	413,15	323,85	896,516	2,580	0,0226
150	423,15	331,68	944,654	2,581	0,0239

The specific fuel consumption G_{sfc} for electricity generation is determined using formula:

$$G_{\text{sfc}} = \frac{h_{\text{ENT}} - h_2}{\left(Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0\right)\cdot\left(h_1 - h_2\right)}. \qquad (19)$$

Fig. 7 shows the variation of specific fuel consumption with gas temperature upstream of the expander and inlet pressure. The curve confirms that gas temperature has only a slight impact, consistent with earlier trends (Fig. 2).

If the change in gas enthalpy at the expander exit does not affect the mass flow rate of the downstream gas-consuming unit, the governing equations reduce to:

a) Fuel consumption:

$$\Delta G_{\text{fuel}} = G_{\text{GTU}} = \frac{G_{\text{fuel}}\cdot\left(h_1 - h_{\text{ENT}}\right)\cdot\left(t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}}\right)}{\left(Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0\right)\left(t_{\text{fg}} - t_{\text{eg}}\right)\cdot\left(1-\eta_{\text{GTU}}\right)}; \qquad (20)$$

b) Electrical output:

$$N_{\text{UNIT}} = \frac{G_{\text{fuel}}\cdot\left(h_1 - h_{\text{ENT}}\right)\cdot\left(t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}}\right)\cdot\eta_{\text{GTU}}}{\left(t_{\text{fg}} - t_{\text{eg}}\right)\cdot\left(1-\eta_{\text{GTU}}\right)} + G_{\text{fuel}}\cdot\left(h_1 - h_2\right); \qquad (21)$$

c) Specific fuel consumption:

$$G_{\text{sfc}} = \frac{\left(t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}}\right)\cdot\left(h_1 - h_{\text{ENT}}\right)}{\left(Q_{\text{lhc}} + h_{\text{ENT}} - h_0\right)\cdot\left[\left(t_{\text{fg}} - t_{\text{ca}}\right)\cdot\eta_{\text{GTU}}\cdot\left(h_1 - h_{\text{ENT}}\right) + \left(h_1 - h_2\right)\cdot\left(t_{\text{fg}} - t_{\text{eg}}\right)\cdot\left(1-\eta_{\text{GTU}}\right)\right]}. \qquad (22)$$

ISSN 3030-3907

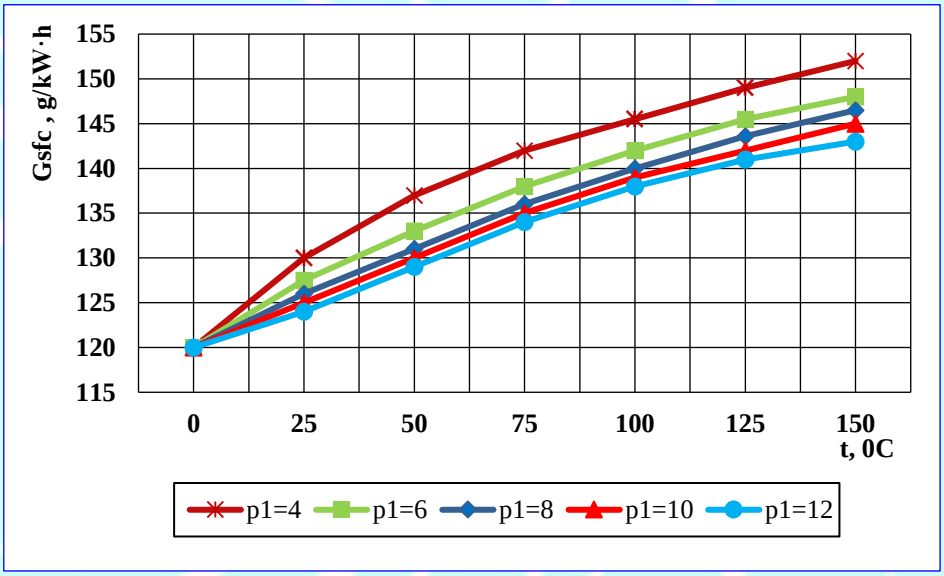


Figure 7. Variation of specific fuel consumption with gas preheating temperature

DISCUSSION

The efficiency comparison of gas-preheating methods assumes a constant mass flow rate upstream of the EGU. The analysis calculates power output, fuel consumption, and specific fuel consumption for each method, assuming the expander outlet temperature does not affect downstream flow.

Comparing relative fuel consumption $\Delta G_{fuel} / G_{fuel}$ shows that raising the preheat temperature impacts fuel use more significantly for GTU-based heating than for boiler heating, due to the GTU's higher power output.

Notably, the absolute fuel consumption for heating remains the same whether using GTU exhaust or a boiler.

CONCLUSION

Analysis shows the highest relative power output is achieved using GTU exhaust gases, due to their greater thermal potential and resulting higher fluid enthalpy before expansion.

Specific fuel consumption depends on the heating method, pressure, and temperature. At lower preheat temperatures, boiler heating is more economical due to lower thermal requirements and simpler setup. At higher temperatures, using GTU exhaust becomes preferable, as waste-heat recovery reduces overall fuel demand and improves efficiency.

Thus, the optimal gas-heating method depends on the required preheat temperature and available thermal resources, balancing fuel use and power output.

REFERENCES

1. A.A. Mukolyants, M.D. Buranov, I.V. Sotnikova and H.F. Makhmudov.: Operation analysis of expander-generator unit at a gas distribution station. Journal

ISSN 3030-3907

of Physics: Conference Series 1515, 022053 (2020), doi:10.1088/1742-6596/1515/2/022053

2. Yaxuan X., Shuo A., Peng X., Yulong D., Li Chuan, Zh.Qunli, Ch.Hongbing.: A novel expander-depending natural gas pressure regulation configuration: performance analysis. Applied Energy 220, 21-35 (2018)

3. Zhi-Dong Li, Qing-Lin Cheng, You-Wang Chen, Jiang-Dong Wei, Li-Li Lv, Hao Wu, Yang Liu,: Electric power generation technology of natural gas pressure reduction: Insights from black box-gray box hierarchical exergy anal-ysis and evaluation method. Petroleum Science 19, 329-338 (2022)

4. Andreev A.R.: Changes in Boiler Performance with the Use of EGU and Gas Heating by Exhaust Gases of the Gas Turbine Unit. Industrial Energy. No 1. 42–44 (2005).

5. Mukolyants A.A., Buranov M.D., Sotnikova I.V., Taubaldiev A.A.: Improving the efficiency of air transport heat pump unit in the expander-generator unit. Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft. No 8(1), 49-522021. DOI: 10.24412/2701-8369-2021-8-1-49-51.

6. Dzhuraeva E.V.: *Study of the Schemes for the Use of Expansion Turbine-Generator Units in Energy and Gas Supply Systems*. Ph.D. thesis in Technical Sciences. Moscow, 2005.

7. I.V. Sotnikova, A.A., Mukolyants, Z., Nizomov.: On the Influence of the Expansion Turbine-Generator Unit on the Efficiency of Boiler Operation When Heating Gas with Flue Gases from a Gas Turbine Unit. Journal "Problems of Energy and Resource Conservation", Tashkent, Special issue. No 85, 168-175 (2024)

8. Arsen Mukolyants, Irina Sotnikova, Dilbar Ergasheva.: Investigation of a fuel-free power generating plant and evaluation of the effectiveness of its use.E3S Web of Conferences 474, 01011. (2024)https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447401011.

ISSN 3030-3907

EMERGING TRENDS AND FUTURE DIRECTIONS IN THE SYNTHESIS AND UTILIZATION OF ENVIRONMENTALLY BENIGN CORROSION INHIBITORS

S.T.Hayitov.
PhD researcher at Bukhara State Technical University,
A.A.Haydarov.
Professor at Bukhara State Technical University,

Annotation: This article analyzes modern methods for obtaining corrosion inhibitors based on alternative (green) chemical substances, as well as the influence of aggressive environments on the corrosion formation process, particularly in pipeline flow systems used in the oil and gas industry.Pipeline flows in the oil and gas sector are classified into three main categories: the upstream, midstream, and downstream sectors.The upstream sector includes the processes of exploration, identification, and extraction of crude oil and natural gas from onshore (subsurface) and offshore (subsea) fields.The midstream sector covers the long-distance transportation of oil and gas to processing facilities or consumer regions, as well as their storage and initial processing stages.The downstream sector comprises the refining of crude oil at oil refineries, the production of various petrochemical products at petrochemical plants, and the delivery of these products to consumers.At these stages, the prospects for using environmentally friendly (green) corrosion inhibitors to prevent corrosion processes are examined.

Key words: Green corrosion inhibitors; environmentally friendly inhibitors; pipeline flow systems; oil and gas industry; upstream; midstream; downstream; corrosion prevention; aggressive environments; CO_2 and H_2S corrosion; sustainable inhibitor technologies; corrosion control; eco-friendly materials; green chemistry.

Аннотация: В данной статье проанализированы современные методы получения ингибиторов коррозии на основе альтернативных (зелёных) химических веществ, а также влияние агрессивной среды на процесс образования коррозии, особенно в трубопроводных потоковых системах, применяемых в нефтегазовой промышленности.Трубопроводные потоки в нефтегазовой отрасли классифицируются по трём основным направлениям: верхний сектор (upstream), средний сектор (midstream) и нижний сектор (downstream).Сектор upstream включает процессы поиска, выявления и добычи сырой нефти и природного газа из наземных (подземных) и морских (подводных) месторождений.Сектор midstream охватывает транспортировку нефти и газа на дальние расстояния к пунктам переработки или районам потребления, а также их хранение и начальные стадии переработки.Сектор downstream включает переработку сырой нефти на нефтеперерабатывающих

ISSN 3030-3907

заводах (НПЗ), производство различных нефтехимических продуктов на нефтехимических предприятиях и доставку этих продуктов потребителю.На этих этапах анализируются перспективы применения экологически чистых (зелёных) ингибиторов коррозии для предотвращения коррозионных процессов.

Ключевые слова: Зелёные ингибиторы коррозии; экологически чистые ингибиторы; трубопроводные потоковые системы; нефтегазовая промышленность; upstream; midstream; downstream; предотвращение коррозии; агрессивные среды; коррозия CO_2 и H_2S; устойчивые ингибиторные технологии; контроль коррозии; экологически безопасные материалы; зелёная химия.

Annotatsiya: ushbu maqolada muqobil (yashil) kimyoviy moddalarga asoslangan korroziya ingibitorlarini olishning zamonaviy usullari, shuningdek, agressiv muhitning korroziya hosil bo‘lish jarayoniga, xususan, neft va gaz sanoatida qo‘llaniladigan quvur oqimi tizimlariga ta'siri tahlil qilingan.Neft va gaz sohasidagi quvur oqimlari uchta asosiy toifaga bo‘linadi: yuqori, o‘rta va quyi oqim tarmoqlari.Yuqori oqim sektoriga qidiruv, identifikatsiya qilish jarayonlari kiradi, quruqlikdagi (er osti) va dengizdagi (dengiz osti) konlaridan xom neft va tabiiy gaz qazib olish.O‘rta oqim sektori neft va gazni qayta ishlash ob'ektlariga yoki iste'molchilar hududlariga uzoq masofalarga tashishni, shuningdek ularni saqlash va dastlabki qayta ishlash bosqichlarini qamrab oladi.Quyi sektorga neftni qayta ishlash zavodlarida xom neftni qayta ishlash, neft-kimyo zavodlarida turli xil neft-kimyo mahsulotlarini ishlab chiqarish va ushbu mahsulotlarni etkazib berish kiradi consumers.At ushbu bosqichlar, korroziya jarayonlarining oldini olish uchun ekologik toza (yashil) korroziya ingibitorlaridan foydalanish istiqbollari ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: yashil korroziya ingibitorlari; ekologik toza ingibitorlar; quvur liniyasi oqim tizimlari; neft va gaz sanoati; yuqori oqim; o‘rta oqim; quyi oqim; korroziyaning oldini olish; agressiv muhit; CO_2 va H_2S korroziyasi; barqaror inhibitor texnologiyalari; korroziyani nazorat qilish; ekologik toza materiallar; yashil kimyo.

Introduction

In the oil and gas industry, corrosion-prone operations are conventionally classified into three principal sectors: upstream, midstream, and downstream. The upstream sector encompasses activities related to the exploration, characterization, and extraction of crude oil and natural gas from subterranean or subsea reservoirs.The midstream sector involves the transportation of crude and partially processed hydrocarbons over long distances, their storage, initial processing, and large-scale commercial distribution. The downstream sector includes the refining

ISSN 3030-3907

of crude oil at petroleum refineries, the manufacture of a wide range of petrochemical products (such as lubricants, fertilizers, antifreeze agents, and others), and the subsequent delivery of these products to end users. Corrosion is encountered throughout all stages of oil and gas operations, posing significant safety hazards and resulting in substantial economic burdens.[1]

There are no universally accepted criteria for classifying corrosion inhibitors; however, a clear and rational classification system is essential for both research and practical implementation. One of the most widely adopted approaches is to categorize inhibitors according to their inhibition mechanisms, such as anodic, cathodic, or mixed-type inhibitors. Another well-established approach—which is also employed in this chapter—is classification based on chemical composition, broadly distinguishing between inorganic and organic species. Owing to the wide structural diversity of organic molecules, organic inhibitors may further be subdivided into more specific families of compounds.

Traditionally, various metal salts have been extensively utilized as corrosion inhibitors for different metals and alloys. Among the most recognized examples are chromates, vanadates, molybdates, tungstates, silicates, phosphates, and rare-earth species. Chromium-based inhibitors, particularly hexavalent chromates (CrO_4^{2-} and $Cr_2O_7^{2-}$), represent classical and long-established corrosion-protection systems. Hexavalent chromium (Cr(VI)), also known as an anodic passivator, exhibits strong oxidizing properties, promoting the formation of protective oxide films on metal surfaces and thereby enhancing passivation. Typically, Cr(VI) species are introduced directly into corrosive environments as inhibitor anions or employed in the preparation of surface-conversion coatings, such as chromate conversion layers.

Due to its low cost and excellent mechanical stability, steel remains the most widely used material for oil and gas pipelines. When manufacturing requirements are fully met, this type of steel can withstand normal and high operational loads over extended service periods. According to industry standards, steel grades are classified based on their production technology, chemical composition, and heat-treatment conditions, which collectively determine their mechanical properties. Among the commonly used industrial steels, the 1Cr, 9Cr, and 13Cr grades hold particular importance.

Of these, 1Cr steel is the most extensively applied owing to its economic advantage. Although this grade exhibits a certain level of resistance to sulfide stress cracking (SSC), it remains susceptible to uniform corrosion [2]. Under non-aggressive environmental conditions, pipelines manufactured from such steels can operate reliably for decades even without dedicated corrosion-protection measures [3].

ISSN 3030-3907

However, in practical field environments, the combination of elevated temperatures, high pressures, and the presence of corrosive gases such as CO_2 and H_2S substantially accelerates corrosion processes, leading to a significant increase in maintenance and operational costs.

Types of Corrosion Encountered in Oil and Gas Production

In the oil and gas industry—particularly within production pipelines—corrosion predominantly occurs under either sweet conditions (corrosion induced by CO_2) or sour conditions (corrosion induced by H_2S). In certain cases, corrosion may also arise due to oxygen when the applied treatment methods fail to achieve sufficient deaeration, allowing residual oxygen to remain in the system.

Under these corrosive environments, and as a result of their interaction with pipeline materials, several major forms of corrosion can develop. These include: uniform (general) corrosion, galvanic (bimetallic) corrosion, crevice corrosion, pitting corrosion, intergranular corrosion, erosion–corrosion, stress corrosion cracking, acid-induced corrosion, under-deposit corrosion, and microbiologically influenced corrosion (MIC).

Table 1

Conventional Corrosion Inhibitors

Advantages	**Disadvantages**
Economic efficiency	Environmental restrictions
Wide applicability (universal property)	Hazardous to human health
Rapid action	Requires high concentration
Chemical stability	Potential to damage metal surfaces
Fast-acting	Non-renewable raw materials

A common characteristic of the corrosion types mentioned above is the presence of an aqueous (moist) environment, meaning that the liquid phase directly interacts with the metal surface. In this study, corrosion induced by CO_2 and H_2S and their associated mechanisms are given primary focus due to their prevalence in oil and gas operations. However, for the sake of providing a general overview, brief information on other forms of corrosion is also presented. The effectiveness of corrosion inhibitors is primarily determined by their ability to adsorb onto the metal surface. Adsorption can occur through two distinct mechanisms: physical adsorption (physisorption) and chemical adsorption (chemisorption). Physical adsorption arises from electrostatic forces between inhibitor molecules and the charged metal surface [4]. At this stage, an inhibitor film is formed on the metal surface via van der Waals interactions. Subsequently, this protective layer is further stabilized through chemisorption , as this process involves the formation of strong chemical bonds between the metal surface and the adsorbed inhibitor molecules[5].

ISSN 3030-3907

Table 2

Green Corrosion Inhibitors

Advantages	**Disadvantages**
Environmentally sustainable	**Efficiency is variable.**
Non-hazardous to human health	It requires a high concentration
Broad availability of raw materials	Sensitive to temperature
Non-destructive to metal surfaces	Complex separation process
Sourced from locally renewable materials	Long-term stability is low

Upon adsorption onto the metal surface, corrosion inhibitors impede the ingress of ions and molecules, thereby decelerating corrosion processes. They also occupy active sites on both anodic and cathodic regions, effectively interrupting the sequence of electrochemical reactions. The resulting physical barrier, together with the electric double layer formed at the metal–solution interface, exerts a significant influence on electrochemical behavior. Heteroatoms present in the inhibitor (O, N, S, P) establish strong interactions with the metal surface, blocking corrosion-prone sites. The stability of adsorption is determined by these interactions as well as the inhibitor's overall physicochemical properties, including functional groups, electron density on donor atoms, p-orbital characteristics, and molecular electronic structure[6].

Corrosion inhibitors generally consist of surfactants, solvents, intensifiers, amines, quaternary ammonium compounds, acetylenic alcohols, and various nitrogen-containing heterocyclic structures. Surfactants ensure uniform distribution in acidic media and promote stable dispersion, while enhancing metal surface wetting, which contributes to high protective efficiency. Solvents decrease inhibitor viscosity and improve chemical stability. Intensifiers enhance the protective performance of acidic inhibitors under conditions such as elevated temperature, strong acids, or prolonged exposure. However, these additives often present environmental concerns due to their high toxicity[7].

Corrosion inhibitors typically contain functional groups that incorporate one or more heteroatoms (O, N, S, P), which facilitate strong binding of the inhibitor to the metal surface. The interaction with the metal is a critical step, as it enables the adsorption of inhibitor molecules onto the metal surface, representing the initial stage of corrosion protection. In the oil and gas industry, various organic and chemically structured compounds are employed for corrosion prevention. This study specifically examines the prospects of using water-soluble, environmentally friendly "green" corrosion inhibitors.

ISSN 3030-3907

REFERENCES;

1. G. Koch, 1 - Cost of corrosion,in: A.M. El-Sherik (Ed.) Trends in Oil and Gas Corrosion Research and Technologies, Woodhead Publishing, Boston, 2017,pp.3-30.
2. S. Chen, S. Chen, B. Zhu, C. Huang, W. Li, Magnolia grandiflora leaves extract as a novel environmentally friendly inhibitor for Q235 steel corrosion in 1M HCl: Combining experimental and theoretical researches, Journal of Molecular Liquids, 311 (2020).
3. A. Popova, M. Christov, A. Vasilev, Inhibitive properties of quaternary ammonium bromides of Ncontaining heterocycles on acid mild steel corrosion. Part II: EIS results, Corrosion Science 49 (207)3290-3302.
4. B. Tan, B. Xiang, S. Zhang, Y. Qiang, L. Xu, S. Chen, J. He, Papaya leaves extract as a novel eco-friendly corrosion inhibitor for Cu in H2SO4 medium, Journal of Colloid Interface and Science, 582 (2021) 918-931.
5. M.-J. Cornu, A. Koltsov, S. Nicolas, L. Colom, M. Dossot, Behaviour of tetramine inhibitors during pickling of hot rolled steels, Applied Surface Science, 293 (2014) 24-36.
6. A.S. Fouda, H.S. El-Desoky, M.A. Abdel-Galeil, D. Mansour, Niclosamide and dichlorphenamide: new and effective corrosion inhibitors for carbon steel in 1M HCl solution, SN Applied Sciences, 3 (2021).
7. M.V. Diamanti, E.A. Pérez Rosales, G. Raffaini, F. Ganazzoli, A. Brenna, M. Pedeferri, M. Ormellese, Molecular modelling and electrochemical evaluation of organic inhibitors in concrete, Corrosion Science, 100 (2015) 231-241.

ISSN 3030-3907

YOG‘OCH UCHUN POLIMER ANTIPIREN KOMPOZITSIYALARINI ISHLAB CHIQISH VA ULARNING YONG‘INGA BARDOSHLILIGINI BAHOLASH.

Xoliqulov Shoxrux Pirnafas o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiyalar ilmiy tadqiqot instituti tayanch doktorant
Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich.
Toshkent kimyo-texnologiyalar ilmiy tadqiqot instituti t.f.d. prof
E-mail:shoxruxze0@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda yog‘och materiallarini yong‘indan himoya qilish uchun yangi polimer asosidagi antipiren kompozitsiyalari ishlab chiqildi. Har xil tarkibdagi antipirenlar sinovdan o‘tkazilib, yog‘och yuzasiga surtildi va, GOST 16363-98 bo‘yicha olovga bardoshlilik sinovlari o‘tkazildi. Olingan natijalarga ko‘ra ayrim kompozitsiyalar yog‘ochning issiqqa chidamliligini sezilarli darajada oshiradi, massa yo‘qotilishi va yong‘in tarqalishini samarali cheklaydi. Ushbu maqolada yog‘och materiallarni ekologik xavfsiz va yuqori samarali yong‘inga chidamli qoplamalar bilan ishlov berish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar berildi.

Kalit so‘zlar: kimyoviy kompozitsiyalar, antipiren, yog‘och materiallar, massa yo‘qotilish, yong‘inga chidamlilik, himoya mexanizmi, yonish jarayoni, GOST-16363-98.

Аннотация. В данном исследовании были разработаны новые композиции антипиренов на полимерной основе для огнезащиты древесных материалов. Антипирены различного состава были испытаны, нанесены на поверхность древесины, и проведены испытания на огнестойкость по ГОСТ-16363-98. Согласно полученным результатам, некоторые композиции значительно повышают термостойкость древесины, эффективно ограничивают потерю массы и распространение огня. В данной статье представлены научно-практические рекомендации по обработке древесных материалов экологически безопасными и высокоэффективными огнестойкими покрытиями.

Ключевые слова: химические композиции, антипирен, древесные материалы, потеря массы, огнестойкость, защитный механизм, процесс горения, ГОСТ 16363-98.

Abstract. In this study, new polymer-based flame retardant compositions were developed for fire protection of wood materials. Flame retardants of various compositions were tested, applied to wood surfaces, and fire resistance tests were conducted according to GOST 16363-98. According to the obtained results, certain compositions significantly increase the heat resistance of wood and effectively limit mass loss and fire spread. This article presents scientific and practical

ISSN 3030-3907

recommendations for treating wood materials with environmentally safe and highly effective fire-resistant coatings.

Keywords: chemical compositions, flame retardant, wood materials, mass loss, fire resistance, protection mechanism, combustion process, GOST-16363-98.

Kirish.

Bugungi kunda qurilishda yog‘och eng ko‘p foydalaniladigan materiallar hisoblanadi. Uni binolarning konstruktiv qismlarida, pollarda, mebelsozlikda va turli boshqa sohalarda uchratish mumkin[1]. Bunga asosiy sabab yog‘ochning mustahkam, yengil, qayta tiklanuvchi, ekologik xavfsiz va iqtisodiy qulay material ekanligidir. Lekin yog‘och materiallarning yonuvchanligi va yong‘inga chidamsizligi uning asosiy kamchiligi bo‘lib qolmoqda. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, yog‘och konstruksiyalar ishtirok etgan yong‘in hodisalari yuqori foizni tashkil etadi bu inson hayoti va mol-mulk xavfsizligi uchun jiddiy tahdiddir.

Yog‘ochning yonishi 200–250°C haroratda boshlanib, 300°C dan oshganda kuchli alangalanishga olib keladi. Bunda materialning mexanik mustahkamligi tez pasayadi va yog‘och konstruksiyalar o‘z barqarorligini yo‘qotadi. Shu sababli, yog‘och materiallarning yong‘inga chidamliligini oshirish bugungi kunda ilmiy-tadqiqot ishlarining ustuvor yo‘nalishlaridan biridir.

Yong‘inga qarshi himoya sifatida antipiren qoplamalar keng qo‘llaniladi. Ular yog‘och yuzasida himoya qatlami hosil qilib, alangalanish va yonish jarayonlarini sekinlashtiradi. Hozirgi kunda bozorda har xil antipiren tarkiblar mavjud, biroq ularning narxi nisbatan yuqori, ba’zilari esa qisqa muddatli samaradorlikka ega[2]. Demak, arzon, ekologik toza, yuqori samarali va uzoq muddatli himoya qiluvchi yangi antipiren kompozitsiyalarni ishlab chiqish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Yog‘ochning tez yonuvchanligi qadimdan asosiy muammolardan biri bo‘lib kelgan. Ilmiy manbalarda yog‘ochni olovdan himoyalashga doir dastlabki tajribalar XX asrning boshlarida paydo bo‘lgan. Olimlar yog‘ochni qizdirilganda karbonlash jarayonini tezlashtiruvchi va alangani pasaytiruvchi mineral tuzlar (borat, fosfat, ammoniy tuzlari) asosida birinchi antipiren eritmalarini ishlab chiqarishgan. Ushbu moddalar yog‘och tolalari yuzasida issiqlik ta’sirida erimaydigan qattiq qatlam hosil qilishi va yonish jarayonini sekinlashtirishini ilmiy jihatdan isbotlangan. XX asrning ikkinchi yarmiga kelib, yong‘inga qarshi kompozitsiyalar bo‘yicha izlanishlar kengaydi. Olimlar fosforli, azotli va kremniyli birikmalarni birga qo‘llash antipiren samaradorligini sezilarli ravishda oshirishini aniqladilar[3]. Ammoniy polifosfat, melamin, silikatli bog‘lovchilar, alyuminiy gidroksid moddalarning o‘zaro kuchaytiruvchi ta’siri natijasida hajmiy kengayuvchi qoplamalar shakllanib, yuqori harorat berilganda qoplama yuzada qalin va ko‘pikli himoya qatlami hosil qilib,

ISSN 3030-3907

yog‘ochni yonishdan himoya qilishi aniq bo‘ldi[4]. Shu davrdan boshlab antipirenlar ikki asosiy guruhga ajratila boshlandi: organik (polimer asosli) va noorganik (mineral asosli).

TADQIQOT MEDOTOLOGIYASI:

Turli kimyoviy tarkibdagi antipiren komponentlarning yong‘in xavfsizligiga ta’siri tahlil qilindi;

Ishlab chiqilgan antipiren qoplamaning termal-fizik xususiyatlarini zamonaviy analitik usullar yordamida o‘rganildi;

GOST 16363-98 standartlari asosida yong‘inga chidamlilik ko‘rsatkichlarini sinovdan o‘tkazildi;

Xalqaro va mahalliy sanoat analoglar bilan qiyosiy tahlil o‘tkazildi va iqtisodiy samaradorligi baholandi.

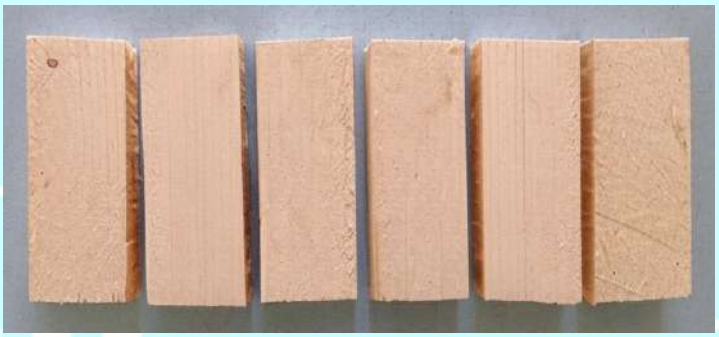
MUHOKAMA VA NATIJALAR. Yog‘och materiallarini yong‘indan himoya qilish va ularning olovga chidamlilik darajasini aniqlash GOST 16363-98 standartida aniq belgilab qo‘yilgan[5]. Ushbu standart yog‘och yuzasiga antipiren kompozitsiyalarni qo‘llash, quritish va antipirenni olovbardoshliligini baholaydi.

1-jadval

Yog‘och materiallarni yong‘inga chidamli tarkiblar bilan ishlov berishdan oldingi namunalarning o‘rtacha massa yo‘qotilishi GOST 16363 talablari asosida tahlil qilindi.

Yog‘och turi	Massa	Yondirishdan keying massa	Massa yo‘qotilishi	
			g	%
Sosna	102.3	30.49	71,81	70.2
Terak	98.7	29.8	68.9	68.8
Qarag‘ay	105.1	32.1	73	69.4
Yong‘oq	100.5	31.2	69.3	69.0
Qayin	100.9	30.3	70.6	70.0

Ushbu jadvalda yog‘och materiallariga antipiren qo‘llamasdan oldin namunalar(1-rasm) GOST-16363 standartlari asosida sinov ishlari o‘tkazildi va natijalarni tahlil qildik. Natijalarga ko‘ra ishlov berilmagan namunalar o‘rtacha 69.48% massa yo‘qotishga uchradi[6].



1-rasm. Yog‘och namunalarining dastlabki holati

ISSN 3030-3907

Keyingi bosqichlarda esa maxsus ishlab chiqilgan yong‘inga bardoshli antipiren tarkiblarni qo‘lladik va yog‘och namunalarining o‘rtacha massa yo‘qotilishi GOST-16363-98 me’yorlariga muvofiq qayta sinovdan o‘tkazdik.

Antipiren namunalar.

AP-200 namuna. Asosiy bog‘lovchi modda suyuq shisha karbamid bilan aralashtirildi, so‘ngra alyuminiy gidroksid sintezi mos nisbatlarda qo‘shildi va oxirida karboksimetilsellyuloza (KMS) qo‘shildi. Tayyorlangan antipiren qoplama yog‘och namunasiga surtilib 24 soat davomida quritdik. So‘ngra GOST-16363 talablari bo‘yicha yong‘inga chidamlilik sinovidan o‘tkazdik. Sinov natijalariga ko‘ra, namunada o‘rtacha massa yo‘qotilishi 8,5% bo‘lib, bu ko‘rsatkich yog‘ochni olovbardosh material sifatida tasniflash imkonini beradi. Qoplama tarkibidagi komponentlar sinov jarayonida alangani qisqa muddatli susaytirish, issiqlikni yutish va izolyatsion himoya qatlamini hosil qilish orqali yong‘inbardoshlikni ta’minlaydi.

2-jadval

№	Namuna massasi			Impregnatsiya tarkibi sarfi, kg/m^2	Quruq tarkibning massa qo‘shimchasi		Namuna massasining yo‘qotilishi	
	Qoplashdan avvalgi massasi	Qopla-madan keyingi massa	Yondirish-dan keyingi massa	Yog‘ochga singdirilgan tarkib sarfi, kg/m^2	Qurutilgan himoya tarkibi sarfi, kg/m^2	Moddaning to‘liq so‘rilgan miqdori, kg/m^3	g	%
1	104,05	121,6	111,3	0.5745	0.237	65.0	10,3	8,47
2	104.15	121.75	111.25	0.5770	0.238	65.3	10.50	8.63
3	103.95	121.45	111.05	0.5730	0.236	64.7	10.40	8.57
4	104.10	121.80	111.20	0.5755	0.237	65.1	10.60	8.71
5	104.20	121.90	111.10	0.5780	0.239	65.5	10.80	8.86

ISSN 3030-3907

6	104.00	121.50	111.00	0.5740	0.237	64.8	10.50	8.64
7	103.85	121.30	110.95	0.5715	0.235	64.5	10.35	8.53
8	104.25	122.00	111.40	0.5790	0.240	65.8	10.60	8.69
9	104.30	122.10	111.50	0.5805	0.241	66.0	10.60	8.69
10	104.35	122.15	111.55	0.5810	0.241	66.2	10.60	8.69
	o‘rtacha massa yo‘qotilish						10.5	8.5

AP-210 namuna. Suyuq shishaga bor kislotasi sekin-asta qo‘shildi va 2-3 minut davomida aralashtirildi. Keyinchalik karbamid oz-ozdan qo‘shilib, to‘liq eriguncha aralashtirdi. Sinov natijalariga ko‘ra, namunada o‘rtacha massa yo‘qotilishi 24,65% bo‘lib, bu yomon ko‘rsatkich hisoblanadi. Tajriba natijasiga ko‘ra antipiren tarkibining yog‘och tolalariga singishi yaxshi bo‘lganiga qaramay, himoya samaradorligi yetarli emas. Bu holatda faol komponentlar miqdorining yetarli emasligi sababli olovga qarshi himoya mexanizmining sustligidan dalolat beradi.

3-jadval

№	Namuna massasi			Impregnatsiya tarkibi sarfi, kg/m^2	Quruq tarkibning massa qo‘shimchasi		Namuna massasining yo‘qotilishi	
	Qoplashdan avvalgi massasi	Qopla-madan keyingi massa	Yondirish-dan keyingi massa	Yog‘ochga singdirilgan tarkib sarfi, kg/m^2	Qurutilgan himoya tarkibi sarfi, kg/m^2	Moddaning to‘liq so‘rilgan miqdori, kg/m^3	g	%
1	107.3	128.2	97.18	0.6835	0.456	77.5	31.02	24.2
2	107.23	128.12	96.99	0.6828	0.455	77.37	31.13	24.3
3	107.15	128	96.77	0.6815	0.453	77.2	31.23	24.4

ISSN 3030-3907

4	107.4	128.3	96.87	0.684	0.457	77.6	31.43	24.5
5	107.1	127.9	96.44	0.681	0.452	77.15	31.46	24.6
6	107.5	128.4	96.69	0.6845	0.458	77.7	31.71	24.7
7	107.05	127.85	96.14	0.6808	0.451	77.1	31.71	24.8
8	107.45	128.35	96.39	0.6842	0.457	77.65	31.96	24.9
9	107.25	128.15	96.11	0.6827	0.455	77.35	32.04	25
10	107.2	128.1	95.95	0.6825	0.454	77.3	32.15	25.1
	o‘rtacha massa yo‘qotilish						31.58	24.65

AP-220 namuna. Suyuq shishaga bor-azot sintezi sekin-asta kiritildi va bir xil massa hosil bo‘lguncha aralashtirildi. Keyinchalik karbamid qo‘shilib, 3-4 minut davomida aralashtirildi. Tayyorlangan antipiren yog‘och namunaga surtildi va 24 soat davomida quritildi. Keyin namunani GOST-16363 yong‘inga chidamlilik qurilmasida sinovdan o‘tkazdik. Sinov natijasiga ko‘ra, o‘rtacha massa yo‘qotilishi 24,91% bo‘lib, sezilarli darajada yomonlashuv kuzatildi. Bunday massa yo‘qotilishi yog‘ochning ichki strukturasi yetarlicha himoyalanmaganligini yoki singdirilgan faol moddalar yong‘in ta’sirida tez parchalanib chiqib ketishini anglatadi.

4-jadval

№	Namuna massasi			Impregnatsiya tarkibi sarfi, kg/m^2	Quruq tarkibning massa qo‘shimchasi		Namuna massasining yo‘qotilishi	
	Qoplashdan avvalgi massasi	Qopla-madan keyingi massa	Yondirish-dan keyingi massa	Yog‘ochga singdirilgan tarkib sarfi, kg/m^2	Qurutilgan himoya tarkibi sarfi, kg/m^2	Moddaning to‘liq so‘rilgan miqdori, kg/m^3	g	%

ISSN 3030-3907

1	106.80	113.20	84.90	0.209	0.720	23.60	28.30	25.01
2	106.90	113.50	85.00	0.210	0.721	23.65	28.50	25.05
3	106,85	113,22	84,85	0.2082	0.719	23.59	28,37	25,05
4	106.70	112.90	84.70	0.207	0.717	23.55	28.00	24.90
5	106.95	113.40	85.10	0.2095	0.720	23.62	28.30	25.00
6	106.75	113.10	84.80	0.208	0.718	23.58	28.30	25.02
7	106.88	113.25	84.90	0.2085	0.719	23.60	28.35	25.04
8	106.92	113.30	85.00	0.209	0.720	23.61	28.30	25.03
9	106.78	113.05	84.80	0.208	0.718	23.58	28.25	25.02
10	106.85	113.20	84.90	0.2082	0.719	23.59	28.37	25.05
	o‘rtacha massa yo‘qotilish						28.2	24.91

AP-230 namuna. Tajriba davomida suyuq shishaga karbomid oz-ozdan qo‘shilib yaxshilab aralashtirildi. Keyin esa alyuminiy gidroksid qo‘shib aralashtirishdi, so‘ngra vermikulit qo‘shilib, biroz vaqt davomida aralashtirildi. Tajriba natijalariga ko‘ra, yog‘och namunasining o‘rtacha massa yo‘qotilishi 21,8% ni tashkil etdi. Ushbu natija antipiren tarkibining yetarli darajada samarali emasligini ko‘rsatadi: yuqori harorat ta’sirida himoya qatlami barqaror saqlanmay, tarkibiy moddalarning bug‘lanishi va parchalanishi yog‘ochning to‘liq yonish xavfini kuchaytiradi.

5-jadval

№	Namuna massasi			Impregnatsiya tarkibi sarfi, kg/m^2	Quruq tarkibning massa qo‘shimchasi		Namuna massasining yo‘qotilishi	
	Qoplashdan	Qopla-mada	Yondirish-dan	Yog‘ochga singdirilgan tarkib	Qurutilgan himoya	Moddaning to‘liq so‘rilgan	g	%

ISSN 3030-3907

	avvalgi massasi	n keyingi massa	keyingi massa	sarfi, kg/m^2	tarkibi sarfi, kg/m^2	miqdori, kg/m^3		
1	106.70	114.78	89.67	0.265	0.557	29.93	25.11	21.80
2	106.80	114.90	89.70	0.266	0.558	29.95	25.20	21.90
3	106.75	114.85	89.65	0.2655	0.5575	29.94	25.20	21.85
4	106,7	114,78	89,67	0.2647	0.557	29.93	25,11	21,8
5	106.82	114.83	89.70	0.2658	0.5582	29.96	25.13	21.90
6	106.70	114.78	89.75	0.265	0.557	29.94	25.03	21.85
7	106.85	114.92	89.78	0.2662	0.5585	29.97	25.14	21.85
8	106.79	114.85	89.75	0.2657	0.5578	29.95	25.10	21.90
9	106.83	114.88	89.80	0.2659	0.5582	29.96	25.12	21.90
10	106.76	114.82	89.77	0.2655	0.5578	29.95	25.05	21.90
	o‘rtacha massa yo‘qotilish						25.1	21.8

AP-240 namuna. Suyuq shishaga karbamid asta-sekin qo‘shilib, haroratsiz sharoitda bir necha minut davomida aralashtirildi. So‘ngra bor kislotasi oz-ozdan qo‘shilib, bir xil massaga kelguncha aralashtirildi. Keyinchalik vermikulit asta-sekin qo‘shilib aralashtirildi. Tayyorlangan kompozitsiya yog‘och namunasiga surtildi va 24 soat davomida quritib olindi va GOST-16363-98 standarti bo‘yicha sinovdan o‘tkazildi. Natijada namunaning o‘rtacha massa yo‘qotilishi 9.8% ni tashkil etdi. Bu ko‘rsatkich avvalgi tarkiblarga nisbatan yaxshi natija berib, yog‘och materialning olovbardoshlik xususiyatini sezilarli darajada oshirganini ko‘rsatdi.

6-jadval

№	Namuna massasi	Impregnatsiya tarkibi	Quruq tarkibning massa qo‘shimchasi	Namuna massasining

ISSN 3030-3907

				sarfi, kg/m^2			yo‘qotilishi	
	Qoplashdan avvalgi massasi	Qopla-madan keyingi massa	Yondirish-dan keyingi massa	Yog‘ochga singdirilgan tarkib sarfi, kg/m^2	Qurutilgan himoya tarkibi sarfi, kg/m^2	Moddaning to‘liq so‘rilgan miqdori, kg/m^3	g	%
1	108.08	124.77	112.54	0.5454	0.146	61.81	12.23	9.8
2	107.95	124.55	111.89	0.54	0.14	61.2	12.66	9.81
3	108.2	125.1	111	0.55	0.148	62	14.1	9.82
4	107.85	124.4	111.5	0.538	0.142	60.9	13.35	9.83
5	108.08	124.77	112.54	0.5454	0.146	61.81	12.25	9.84
6	108.1	124.9	112.1	0.547	0.147	62	12.8	9.85
7	107.9	124.3	111.3	0.5395	0.143	60.75	13.1	9.86
8	108.05	124.7	112.05	0.544	0.146	61.75	12.65	9.87
9	108.15	124.85	111.75	0.546	0.147	61.9	13.1	9.88
10	108	124.6	111.2	0.542	0.145	61.5	13.4	9.89
	o‘rtacha massa yo‘qotilish						12.96	9.8

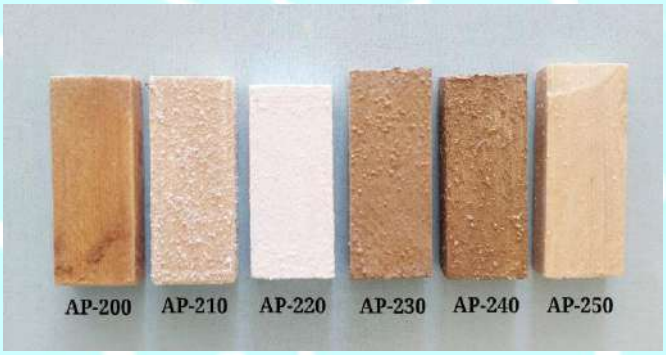
AP-250 namuna. Suyuq shisha idishga solinib, unga karbamid sekin-sekin qo‘shildi va haroratsiz sharoitda bir necha daqiqa davomida doimiy aralashtirildi. So‘ngra bor kislotasi oz-ozdan kiritilib, aralashma bir xil konsentratsiyaga kelguncha aralashtirildi. Keyinchalik alyuminiy gidroksid qo‘shilib moddalar aralashtirildi. Namunaning o‘rtacha massa yo‘qotilishi 7.9% deb aniqlangan. Ushbu ko‘rsatkich antipiren tarkibining yog‘ochni issiqlikdan himoya qilish xususiyatlarini yaxshilaganini ko‘rsatadi va amaliy jihatdan qoniqarli hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

7-jadval

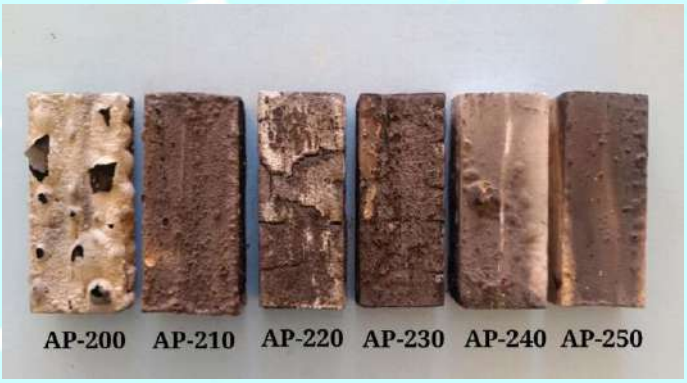
№	Namuna massasi			Impregnatsiya tarkibi sarfi, kg/m^2	Quruq tarkibning massa qo‘shimchasi		Namuna massasining yo‘qotilishi	
	Qoplashdan avvalgi massasi	Qopla-madan keyingi massa	Yondirish-dan keyingi massa	Yog‘ochga singdirilgan tarkib sarfi, kg/m^2	Qurutilgan himoya tarkibi sarfi, kg/m^2	Moddaning to‘liq so‘rilgan miqdori, kg/m^3	g	%
1	105.1	112	102.5	0.22	0.063	25.1	8.09	7.7
2	104.85	111.8	102	0.218	0.061	24.85	8.12	7.74
3	104.9	111.65	101.9	0.22	0.062	24.9	8.17	7.79
4	105	112.1	102.8	0.221	0.063	25.2	8.22	7.83
5	104.95	111.7	101.7	0.219	0.061	24.95	8.27	7.88
6	104.9	111.62	101.6	0.219	0.062	24.89	8.32	7.93
7	105.05	111.85	101.5	0.22	0.063	25	8.37	7.97
8	104.8	111.55	101.4	0.218	0.06	24.75	8.42	8.01
9	104.95	111.9	101.3	0.22	0.061	24.85	8.47	8.05
10	105	112	101.2	0.222	0.064	25.15	8.52	8.1
	o‘rtacha massa yo‘qotilish						8.3	7.9

ISSN 3030-3907



2-rasm. Antipiren qoplamasi bilan ishlov berilgan yog‘och namunalar.

Ushbu yong‘inbardosh tarkiblarni (2-rasm) GOST 16363-98 standartlari asosida sinov tadqiqot jarayonlari olib borilganda tahlillar shuni ko‘rsatdiki, eng samarali himoya natijalari alyuminiy gidroksid va vermikulit qo‘shilgan tarkibda kuzatildi. Bu kombinatsiya issiqlik ta’sirida inert gazlar va suv bug‘lari ajralishi bilan birga, yog‘och yuzasida zich himoya qatlamini hosil qilib, alangani sekinlashtiradi(3-rasm). Shuningdek, alyuminiy gidroksid, karbamid va bor kislotasi birikmasi ham yuqori samaradorlik ko‘rsatib, termik parchalanish jarayonida gazlar ajralishi va karbonlashish effektini kuchaytirishi tufayli yog‘ochni olovdan muhofaza qilishda ijobiy natija berdi[7].



3-rasm. Yog‘och namunalarining yondirilgandan keyingi holati

8-jadval

Yog‘och materiallarni yong‘inga chidamli tarkiblar bilan ishlov berish samaradorligini o‘rtacha massa yo‘qotilishi orqali GOST-16363 talablariga muvofiq tahlil qilish

Tarkib nomi	Massa yo‘qotilishi (%)	Himoya samaradorligi	Izoh
AP-200	8.5	I daraja	Issiqlik ta’sirida barqaror qatlam hosil qildi, himoya samarasi yuqori.
AP-210	24.65	Talabga javob bermaydi	Himoya qatlami tez parchalanib, issiqlikka chidamlilik sust bo‘ldi.

ISSN 3030-3907

AP-220	24.91	Talabga javob bermaydi	Qatlam bir xilligi va qotish sifati past, himoya samarasi yetarli emas.
AP-230	21.8	Talabga javob bermaydi	Modda parchalanishi yuqori bo‘lib, yong‘inbardoshlik samarasi sust.
AP-240	9.8	II daraja (samarali)	Kompleks himoya berib, sinergik ta’sir kuzatildi, ammo eng yuqori natija emas.
AP-250	7.9	I daraja (eng yaxshi)	Alyuminiy gidroksid va boshqa moddalarning uyg‘unlashuvi natijasida eng barqaror va samarali himoya qatlam hosil bo‘ldi.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Qisqa texnologik tavsif: **AP-200**: mustahkam kolloid qatlam hosil qiluvchi aralashma yong‘inga chidamlilik beradi (I-daraja). **AP-210**: tarkib yuqori miqdorda issiqlikka chidamli, ammo qatlam barqaror emas. Standart talablariga to‘liq javob bermaydi. Himoya past, massa yo‘qotilishi yuqori. **AP-220**: qatlam yetarlicha barqaror emas, himoya samarasi past. Massa yo‘qotilishi yuqori. **AP-230**: issiqlik barqarorligi zaiflashgan, himoya samarasi qoniqarsiz, yong‘inga chidamlilik yetarli emas. **AP-240**: O‘rtacha samaradorlik, II-darajali yong‘inga chidamlilik. **AP-250**: eng samarali himoya, massa yo‘qotilishi eng past, I-darajali yong‘inga chidamlilik.

Ushbu tadqiqot natijalariga ko‘ra karbamid va alyuminiy gidroksid asosidagi sinergik tarkiblar yog‘och materiallar uchun uzoq muddatli va yuqori darajadagi yong‘inbardoshlikni ta’minlaydi[8].

Eng samarali kompozitsiya: **AP-250** (suyuq shisha + karbamid + bor kislotasi + alyuminiy gidroksid) eng past massa yo‘qotilishini (7.9%) ko‘rsatdi, I-darajali himoya ta’minlaydi. Bu sinergik ta’sir tufayli: alyuminiy gidroksid suv bug‘ini ajratib issiqlikni yutadi, bor kislotasi karbonlashishni kuchaytiradi, natijada REI bardoshligi 60–90 daqiqa.

O‘rtacha samaradorlik: **AP-250** (suyuq shisha + karbamid + alyuminiy gidroksid + KMS) va **AP-240** (suyuq shisha + karbomid + bor kislotasi + vermikulit) massa yo‘qotilishi 8.5% va 9.8% ni ko‘rsatdi. Vermikulit kengayuvchi qatlam hosil qilishi tufayli II-darajali himoya beradi, lekin **AP-250** dan pastroq.

ISSN 3030-3907

Sust samaradorlik: **AP-210** (suyuq shisha + bura + karbamid), **AP-220** (suyuq shisha + bor kislotasi + karbamid) va **AP-230** (suyuq shisha + karbamid + alyuminiy gidroksid + vermikulit) massa yo‘qotilishi 24.65%, 24.91% va 21.8% ni tashkil etdi. Bu tarkiblar standartga mos kelmaydi, chunki himoya qatlami tez parchalanadi, olov tarqalishi kamaymaydi.

Umumiy taqqoslash: Ishlov berilmagan yog‘och 69.48% massa yo‘qotilishi ko‘rsatdi, antipirenlar esa 7.9–24.91% oralig‘ida yaxshilash berdi. Tavsiya: Qurilishda **AP-250** ni qo‘llash, chunki u olov tarqalishini maksimal to‘xtatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Yuan Xien Lee a, Wei Wang, Yu Lei a, “Lulu Xu Flame-retardant coatings for wooden structures” // Progress in Organic Coatings, 2025,198
2. Liodakis, S., Tsapara, V., & Agiovlasitis, I. (2013). Thermal analysis and fire retardancy of wood treated with environmentally friendly fire retardants. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 111(2), 1207–1214.
3. Nazrun, T., Hassan, M. K., Hasnat, M. R., Hossain, M. D., Ahmed, B., & Saha, S. (2025). A Comprehensive Review on Intumescent Coatings: Formulation, Manufacturing Methods, Research Development, and Issues. Fire, 8(4), 155.
4. Wang, X., & Li, J. (2023). Fire-retardant treatment of wood: Development of phosphorus–nitrogen–silicon-based intumescent systems and their thermal performance. Construction and Building Materials, 392, 131–145.
5. GOST 16363-98 Yog‘och uchun yong‘inga qarshi vositalar. Yong‘inga qarshi xususiyatlarni aniqlash usullari.
6. Bekhta P., Hunko I., Sedliacik J. (2021). Effect of different fire retardants on birch plywood properties. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 145(3), 1133–1145.
7. Turku, I. (2023). A review of flame protection of wooden materials and future perspectives. Baltic Forestry, 29(2), 173–187.
8. Wei Zhang, Chuan shen Wang, Meiqi Fang Highly effective flame-retardant coatings consisting of urea-formaldehyde resin/aluminium hydroxide/boric acid for polystyrene foam (2024)

ISSN 3030-3907

UDK 677.051.152.8

PAXTA TARKIBIDAGI OG‘IR ARALASHMALARNING AJRALISH JARAYONINI TADQIQ ETISH

Karimov Maxmud Raxmatovich

Termiz davlat muxandislik va agrotexnologiyalar universiteti t.f.f.d. dotsent

Annotatsiya. Maqolada ishlab chiqilgan og‘ir aralashmalarni tutkichida qo‘llanilgan yumshatuvchi uzun qoziqli barabanning paxta bo‘laklariga ta’sirini nazariy o‘rganish natijalari keltirilgan bo‘lib, pnevmatik quvurdan uzatilayotgan paxta bo‘laklarini uzun qoziqli barabanga urilishi natijasida ta’sir etuvchi kuchlar, paxta bo‘laklarini xarakati va uning tarkibidagi og‘ir aralashmalarni ajratish samarasiga ijobiy ta’sir etishi tenglamalar va grafiklarda ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: og‘ir aralashma, tutkich, qoziqli baraban, kuch, koeffitsient, tezlik, grafik, massa, Marle dasturi.

Аннотация В статье приведены результаты теоретического исследования влияния длинноигольчатого смягчающего барабана, применяемого в ловушке тяжёлых примесей, на хлопковые волокна. Показаны силы воздействия при ударе хлопковых комков о длинноигольчатый барабан, движение хлопковых частиц, а также положительное влияние этого процесса на эффективность отделения тяжёлых примесей. Полученные зависимости представлены в виде уравнений и графиков.

Ключевые слова: тяжёлая примесь, ловушка, игольчатый барабан, сила, коэффициент, скорость, график, масса, программа Marle..

Abstract: The article presents the results of a theoretical study of the effect of a softening long-pile drum used in a heavy impurity trap on cotton pieces. The forces arising from the impact of cotton pieces transmitted via a pneumatic pipeline to the long-pile drum are calculated. The equations and graphs show the movement of the pile drum, the movement of cotton pieces and their positive effect on the efficiency of separating heavy impurities in their composition.

Keywords: heavy mixture, handle, lint drum, force, coefficient, speed, graph, mass, Marle program.

Kirish

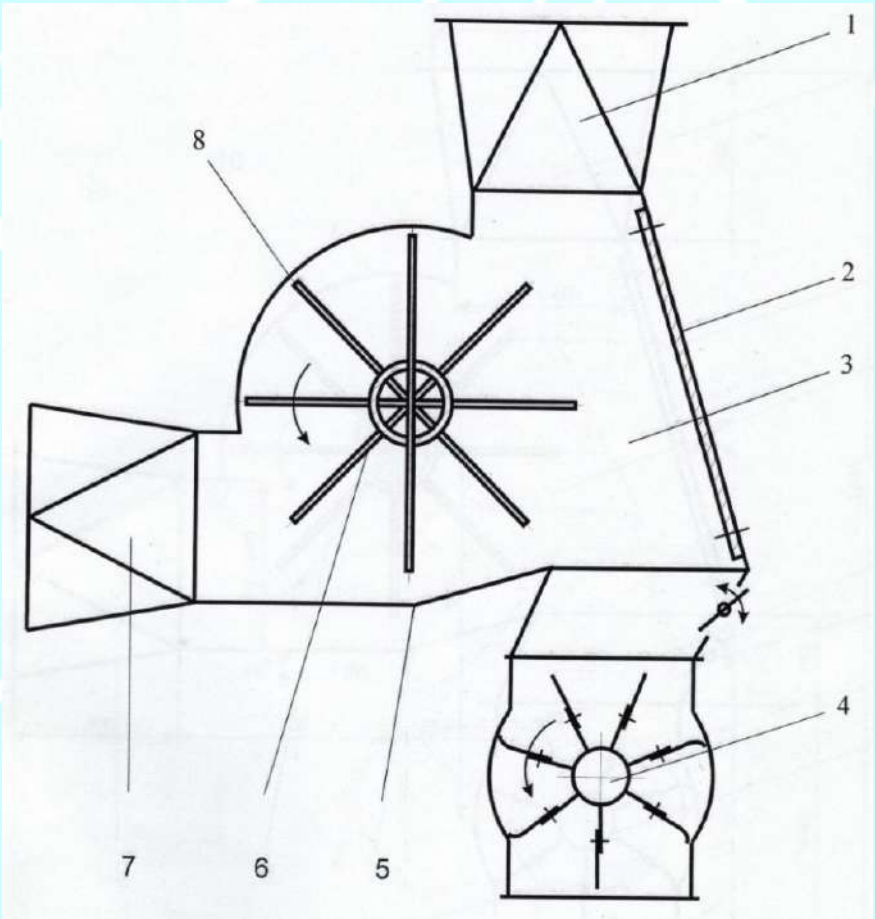
Mamlakatimizdagi paxtani qayta tozalash korxonalarida paxtani aralashmalardan (pishib yetilmagan ko‘saklar, turli xil kesaklar, yirik va mayda toshlar, qumlar va boshqalar) ajratishda yoki tozalashda har xil toshtutgich qurilmalar ishlatilib kelinmoqda. Qo‘llanilayotgan ushbu amaldagi qurilmalarni og‘ir aralashmalarni ushlab qolish bo‘yicha samarasi past bo‘lib, nisbatan yengilroq aralashmalarni, toshlarni ushlab qololmasligi ma’lum.

Ishlab chiqilgan texnik yechim bo‘yicha og‘ir aralashmalar tutkichida paxta xom ashyosini oldindan yumshatish samaradorligini oshirish va uning

ISSN 3030-3907

akslantiruvchi devorga urilish ta’sirini kuchaytirish uchun paxta xom ashyosi birinchi navbatda yumshatuvchi barabanga urilishini ta’minlash uchun uni kameraning pastki yo‘naltiruvchi devori ustiga, akslantiruvchi devor qarshisiga qo‘yish tavsiya etildi, bunda paxta avval yumshatilib, keyin esa akslantiruvchi devorga urilishi ta’minlanadi (1-rasm) [1, 2].

Tutkich (1-rasm) yo‘naltiruvchi 5 va akslantiruvchi 2 devorlari va kojux 8 tashkil topgan kamera 3 dan iborat, unga kirish 7 va chiqish 1 patruboklari va kichik bunker ulangan, kameraning pastki qismida vakuum-klapan 4 joylashgan. Kamera 3 ning ichida uzun qoziqli baraban 6 joylashgan, kamera 3 ning akslantiruvchi devori 2 ning tag qismidadagi bunker devorida aylanuvchi klapan o‘rnatilgan.



1-rasm. Tavsiya etilgan texnik yechim bo‘yicha og‘ir aralashmalar tutkichining sxemasi

Tutqichning ishlashi quyidagicha amalga oshiriladi. Havo oqimi bo‘ylab kirish 7 va chiqish 1 patruboklari quvurlar tizimiga ulangan, uning oxirgi qismi paxta separatori orqali ventilatorga ulangan (rasmda ko‘rsatilmagan), bu quvur tizimidan havoni so‘rib oladi, uning bosimi tufayli paxta xom ashyosi quvur tizimidan og‘ir aralashmalarni tutkichi orqali paxta separatoriga tashiladi. Paxta tozalash korxonalarida ishlatiladigan uskunalar va pnevmatik tashish moslamasining ish rejimi bilan kirish patrubogidagi oqim sarfi va havo tezligi mos ravishda taxminan 5 m^3/s va 40 m/s ni tashkil qiladi va tashilayotgan paxta bo‘laklarining tezligi, ularning kattaligi va vazniga qarab, asosan 18 dan 25 m/s

ISSN 3030-3907

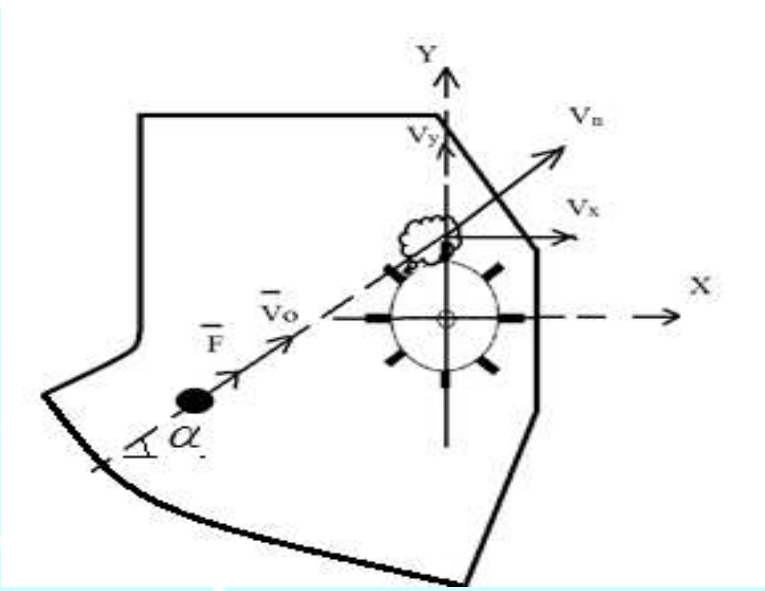
gacha bo‘lgan oraliqda bo‘ladi. Eng katta va zich paxta bo‘laklari bu tezliklardan kamroq tezlikda harakatlanadi va bir nechta bo‘laklardan tashkil topgan alohida letuchkalar va kichik bo‘laklar yuqoriroq tezlikda harakatlanadi.

Uzun qoziqli baraban 6 qoziqlarining chiziqli tezligi va havo orqali tashiladigan paxta bo‘laklarining tezligi o‘rtasidagi farq tufayli ular qoziqlarning ta’siriga duchor bo‘ladi, bu deyarli barcha paxta bo‘laklarini alohida-aloxida mayda bo‘laklarga bo‘linishini va ulardan og‘ir aralashmalar ajralishini ta’minlaydi.

Uzun qoziqli baraban 6 qoziqlaridan paxta bo‘laklari va og‘ir aralashmalarni aks ettirish yo‘naltiruvchi devor 5 ustidagi zarba joyining balandligiga bog‘liq. Asosan, akslantirish yo‘naltiruvchi devor 5 yo‘nalishi bo‘yicha sodir bo‘ladi, keyin paxta bo‘laklari bilan og‘ir aralashmalar uzun qoziqli baraban 6 qoziqlarida yumshatilgan xolda kengayuvchi oqim bilan akslantiruvchi devor 2 ga otib beriladi. Ushbu devorga urilgandan so‘ng, paxta xom ashyosi bo‘laklari havo oqimi bilan chiqish patrubogi 1 ga tashiladi, begona og‘ir aralashmalar bunkerga tushadi va aylanuvchi vakuum-klapan 4 orqali tutgichdan chiqariladi.

Asosiy oqimdan ajralib, bunker ustidagi kameraning pastki qismiga tushgan paxta xom ashyosining alohida bo‘laklari aylanadigan klapanning teshiklari orqali so‘rilgan havo oqimi bilan olinadi va chiqadigan quvur 1 ga tashiladigan asosiy oqimga qaytariladi. 1, bu bilan paxta bo‘laklarini tutkichning bunkeriga tushgan og‘ir aralashmalarga qo‘shilishini bartaraf etadi.

Dastlabki holatda uzun qoziqli baraban o‘rnatilishi hisobiga paxta xomashyosi tarkibidan begona jismlarni ajratib olishidagi harakatini ko‘rib chiqamiz [3].



2-rasm. Uzun qoziqli barabanning tutgichdagi paxta oqimiga ta’sir sxemasi

Koordinata o‘qlari uzun qoziqli baraban markazida joylashgan bo‘lsin. Dalamber prinsipiga asosan paxta bo‘lakchasini muvozanat formulasini tuzamiz.

ISSN 3030-3907

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = R$$
$$m \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = -m \cdot g \qquad (1)$$

Bu yerda: m-paxta bo‘lakchasini massasi, v- tezligi, g- erkin tushish tezlanishi,

$R = k \cdot (\vartheta_x - \vartheta_n)$ - aerodinamik kuch, k – qarshilik koeffitsienti, ϑ_x – xavoning tezligi, ϑ_n – paxta bo‘lakchasini tezligi.

(1) formulani differensiallab paxta bo‘lakchasidan tosh va turli xil aralashmalarini ajratishdagi xarakatini aniqlaymiz.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{k}{m} \cdot (\vartheta_x - \vartheta_n)$$
$$\frac{d^2y}{dt^2} = -g \qquad (2)$$

(2) formulani bir marta integrallab paxta oqimining o‘qlardagi tezliklarini aniqlaymiz.

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k}{m} \cdot (\vartheta_x - \vartheta_n) \cdot t + C_1$$
$$\frac{dy}{dt} = -g \cdot t + C_2 \qquad (3)$$

C_1 va C_2 o‘zgarmas qiymatlarni aniqlash uchun boshlang‘ich shartdan foydalanamiz

$$t = 0 \quad \vartheta_x = \vartheta_0 \cdot \cos\alpha;\ \vartheta_y = \vartheta_0 \cdot \sin\alpha \Rightarrow C_1 = \vartheta_0 \cdot \cos\alpha;\ C_2 = \vartheta_0 \cdot \sin\alpha$$

o‘zgarmaslarni aniqlangan qiymatlarini (3) tenglikka qo‘yamiz

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k}{m} \cdot (\vartheta_x - \vartheta_n) \cdot t + \vartheta_0 \cdot cos\alpha$$
$$\frac{dx}{dt} = -g \cdot t + \vartheta_0 \cdot \sin\alpha \qquad (4)$$

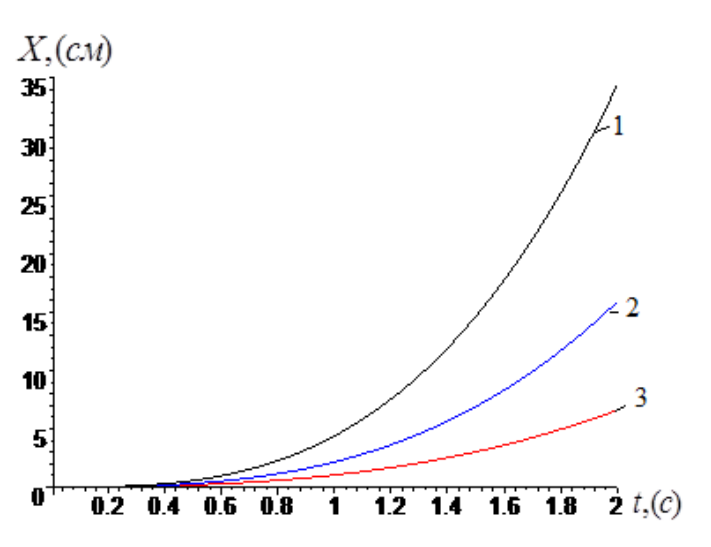
(4) tenglikdan paxta oqimidan tosh va har xil aralashmalarini ajratishda koordinata o‘qlari bo‘yicha ko‘chishini aniqlaymiz.

$$x = \frac{k}{m} \cdot (\vartheta_x - \vartheta_n) \cdot \frac{t^2}{2} + \vartheta_0 \cdot t \cdot cos\alpha$$
$$y = -g \cdot \frac{t^2}{2} + \vartheta_0 \cdot t \cdot \sin\alpha \qquad (5)$$

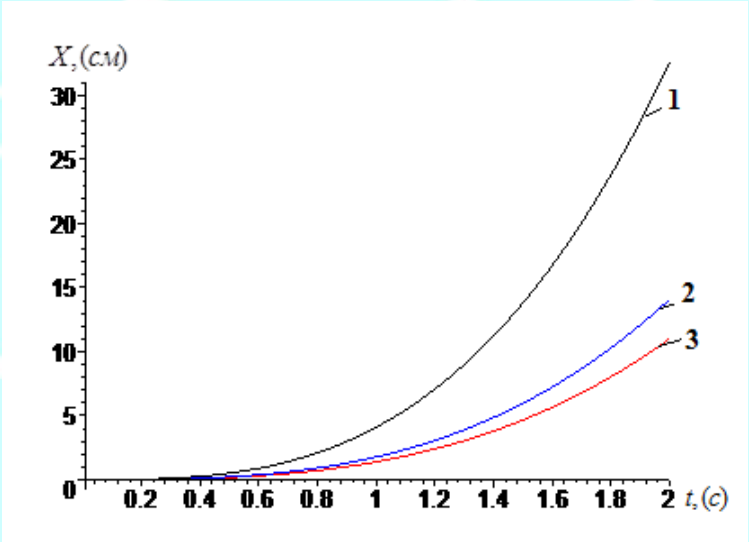
(5) tenglik paxta bo‘lakchalarini ajratishdagi ko‘chishi. Xavo va paxta bo‘lakchalarini uzun qoziqli barabanga kirib kelish tezligi mos ravishda 400

ISSN 3030-3907

ayl/min (8,33 m/s), 600 ayl/min (12,5 m/s) va 800 ayl/min (16,6 m/s) tashkil etadi. (5) tenglikdan foydalanib paxta bo‘lakchalarini ajratishdagi xarakatini Maple dasturi orqali grafiklari 3 va 4-rasmlarda keltirilgan.



3-rasm. Paxta oqimidan har xil aralashmalarini ajratishda tezliklarini turli xil $\vartheta_{n1} = 16.6\,м/с$, $\vartheta_{n2} = 12.5\,м/с$, $\vartheta_{n3} = 8.33\,м/с$ qiymatlarida vaqtga bog‘liqlik grafigi.



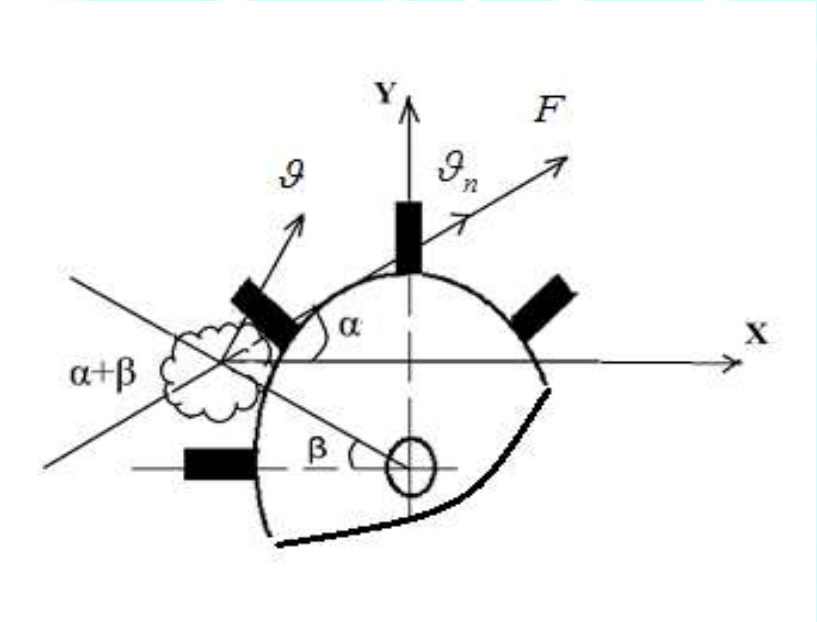
4-rasm. Paxta oqimidan har xil aralashmalarini ajratishda qoziqchalar uzunligining turli xil $l_1 = 20\,см$, $l_2 = 15\,см$, $l_3 = 10\,см$ qiymatlarida vaqtga bogliqlik grafigi.

3 va 4-rasmlardagi grafiklar tahlilidan ko‘rinib turibdiki, xavoning tezligi $\vartheta_{n3} = 16{,}6\,м/с$ bo‘lganda paxta oqimini uzun qoziqli baraban $l_1 = 20\,см$ bo‘lgandagi qiymatida yunaltirgichga uzatilishi yetarli xisoblanadi bunda og‘ir aralashmalarini ushlab qolish va shu orqali tozalash samaradorligini oshirish mumkin.

Paxtani tituvchi uzun qoziqli barabanga urilishi natijasidagi paxtadan ajraladigan tosh va har xil aralashmalarni tashqi kuchlar ta’siridagi taxlilini keltirib o‘tamiz.

ISSN 3030-3907

Paxtani titishdagi uzun qoziqli barabanning ta’siri natijasida urinma bo‘ylab tezligi quyidagicha aniqlanadi (5-rasm) [3, 4].



$$\vartheta_\tau = \vartheta_n \cdot \sin(\alpha + \beta) \qquad (6)$$

5-rasm. Paxtani titishdagi uzun qoziqli barabanning ta’siri.

Paxta oqimini titishda uzun qoziqli barabanni ta’siri jarayonini xarakat miqdorini o‘zgarishi xaqidagi teoremaga asosan aniqlanadi.

$$m \cdot \vartheta_2 - m \cdot \vartheta_1 = F \cdot t \qquad (7)$$

Bu yerda ϑ_1 – zarbadan keyingi tezligi, ϑ_2 – paxta oqimining dastlabki tezligi, m – paxta oqimining umumiy massasi, F – uzun qoziqli baraban ning paxta oqimiga ta’sir kuchi.

$$F = \frac{m \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)}{t} \qquad (8)$$

F – zarba kuchi ta’sirida elastik kuchi hosil bo‘lgani uchun paxtani uzun qoziqli baraban nisbatan tezligi $\vartheta_2 = 0$ teng bo‘ladi. Bunga ko‘ra (8) paxta oqimiga ta’sir qiluvchi impuls kuchi quyidagicha aniqlanadi.

$$F = \frac{m \cdot \vartheta_1}{t} \qquad (9)$$

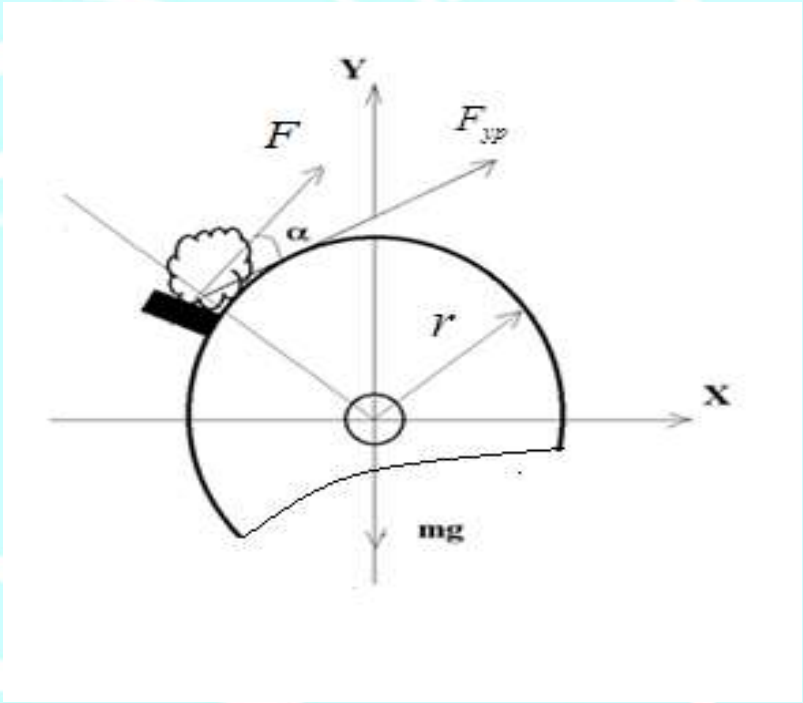
(9) tenglikdan paxta bo‘lakchalarini titishda paxta oqimining uzun qoziqli barabanga urilishi natijasida ma’lum massaga ega har xil aralashmalarini ushlab qolinadi. Paxta oqimini uzun qoziqli barabanga urinma bo‘ylab ta’sirida natijasida aylanma xarakat qiladi. Urinma bo‘ylab ta’sir qiluvchi kuchlar quyidagicha aniqlanadi (6-rasm).

(10) tenglik paxta oqimini urinma bo‘ylab ta’sir qiluvchi tashqi kuch aniqlanadi.

6-rasmga asosan paxta bo‘lakchalari ta’sirida uzun qoziqli barabanni aylanish momentini aniqlaymiz.

ISSN 3030-3907

$$M = F \cdot r \cdot \cos\alpha \qquad (11)$$



6-rasm. Aylanma harakatdagi paxta bo‘lakchalariga ta’sir etuvchi kuchlar sxemasi.

$$F_{yp} = F \cdot \cos\alpha \qquad (10)$$

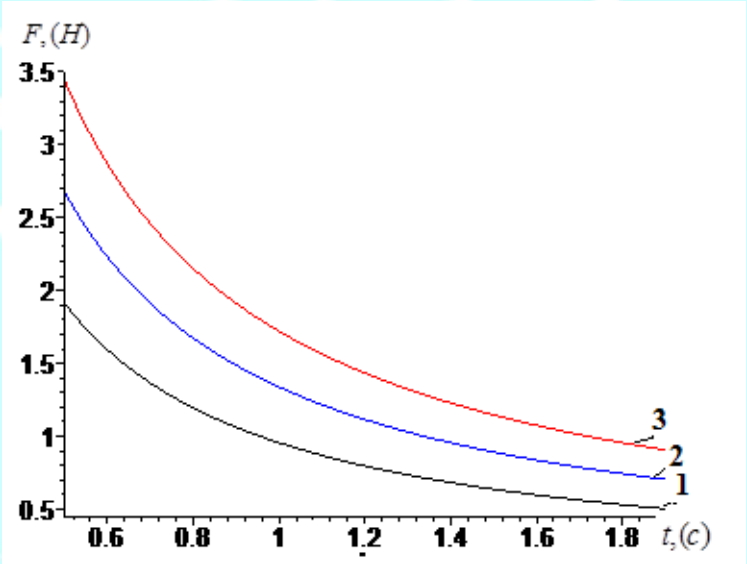
(11) tenglikdagi kuchlar o‘rniga (9) tenglikni qo‘yamiz.

$$M = \frac{m \cdot \vartheta_1}{t} \cdot r \cdot \cos\alpha \qquad (12)$$

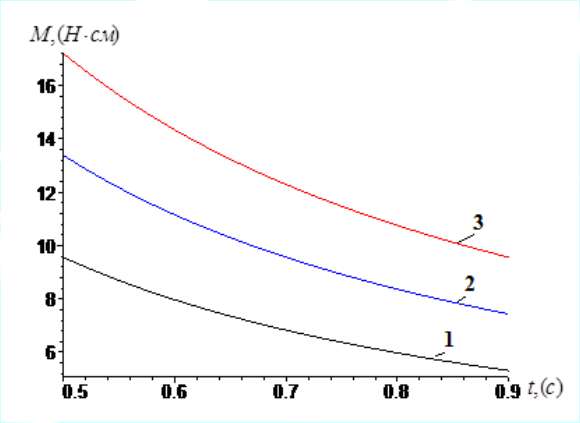
(12) tenglik paxta oqimidan og‘ir aralashmalarni ajratishda xosil bo‘ladigan burovchi momenti xisoblanadi. Demak paxta oqimi uzun qoziqli barabanning ta’siri natijasida aylanma xarakat qiladi, natijada markazdan qochma kuch paydo bo‘ladi, bu esa paxtadan og‘ir aralashmalarni ajralish samaradorligini oshishini ta’minlaydi. Bu jarayonda asosan massani o‘zgarishi bo‘yicha taxlil qilingan.

(9) va (12) tengliklardan paxta oqimidan har xil aralashmalarini ajratib olishdagi taxlillarni Maple dasturi orqali grafiklarda 7 va 8-rasmlarda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



7-rasm. Paxta oqimini uzun qoziqli barabanga ta'siri natijasidagi urinma kuchini paxta oqimini turli xil $\vartheta_{n1} = 8.33\,м/с$, $\vartheta_{n2} = 12{,}5\,м/с$, $\vartheta_{n3} = 16{,}6\,м/с$ tezliklari qiymatlarida vaqtga bogliqlik grafigi



8-rasm. Paxta oqimini uzun qoziqli barabanga ta'siri natijasidagi burovchi momentlarini paxta oqimini turli xil $\vartheta_{n1} = 8.33\,м/с$, $\vartheta_{n2} = 12{,}5\,м/с$, $\vartheta_{n3} = 16{,}6\,м/с$ tezliklari qiymatlarida vaqtga bogliqlik grafigi

7 va 8-rasmladagi grafiklar tahlilidan xulosa qilish mumkinki, paxta oqimini turli xildagi og'ir jismlarni ajratishda uzun qoziqli barabanga ta'siri natijasida har xil aralashmalarini ushlab qolish va shu orqali paxta bo'lakchalarini uzatishda urinma kuch va burovchi momentlarning ta'siri muxim axamiyatga ega bo'lib, ishlab chiqilgan og'ir aralashmalarni tutkichining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abduxoliqov A.U., Karimov M.R., Abdurahmonov O.Sh. "Paxta xom ashyosi tarkibidagi og'ir aralashmalarni chiziqli tutkich qurilmasini ishlab chiqish" mavzusidagi Farg'ona politexnika institutining ilmiy texnik jurnali 209-212 bet.

ISSN 3030-3907

2. Abduxoliqov A.U., Karimov M.R., “Working out and implementation of the safflower cleaning machine” mavzusidagi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti “respublika janubida yuk va yo‘lovchi tashishning muammo va yechimlari” Respublika ilmiy va ilmiy-texnik anjuman materiallar to‘plami. 2024-yil 25-26 oktiyabr. 314-318 bet.
3. Abduxoliqov A.U., “Samaradorligi yuqori bo‘lgan og‘ir aralashmalarni tutkich qurilmasini ishlab chiqish” mavzusidagi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti “respublika janubida yuk va yo‘lovchi tashishning muammo va yechimlari” Respublika ilmiy va ilmiy-texnik anjuman materiallar to‘plami. 2024-yil 25-26 oktiyabr. 723-726 bet.
4. Abduxoliqov A.U., “Paxta xom ashyosidan begona og‘ir aralashmalarni takomillashtirilgan tutkich qurilmasini ishlab chiqish” mavzusidagi Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti “respublika janubida yuk va yo‘lovchi tashishning muammo va yechimlari” Respublika ilmiy va ilmiy-texnik anjuman materiallar to‘plami. 2024-yil 25-26 oktiyabr. 726-729 bet.
5. T.R.Rashidov.,Sh.Shoziyotov.,Q.B.Mo‘minov. Nazariy mexanika asoslari Toshkent O‘qituvchi 1990.497-504 b.
6. Fedorova L.A., Agapova L.A. Teoreticheskaya mexanika - Sankt-Peterburg: IXBT, NIU ITMO, 2004.- 94 s.
7. Miroshnichenko G.I., Korabelnikov R.V., Eksperimentalnoe issledovanie nagruzok na zubya djinnых i linternых pil. Xlopkovaya promyshlennost. 1967. № 7.
8. Azimov X.O.Issledovanie poverxnosti djina, vzaimodeystvuyushego s xlopkom na ix vliyanie na protsess djinirovaniya. Avtoreferat. Dissertasiya kandidata texnicheskix nauk. Kostroma, 1977.
9. Drapkin I. Novyy ulovitel tyajyolых primesey pri ochistki xlopka-syrsa. Jurnal «Xlopkovodstvo», 1951. № 9.
10. Yunusov R.F., Sabirov K., Rakipov V.G., Borodin P.N. Tema 0812. Razrabotka vysokoeffektivnogo lineynogo ulovitelya postoronnix tyajelyx primesey iz xlopka-syrsa. NTO.Tashkent, 2008, 32 s.

ISSN 3030-3907

BIOSIGNALLARDA SHOVQINLARNI FILTRLASHNING ZAMONAVIY ALGORITMLARI VA ULARNING TIBBIY TASHXISDA QO‘LLANISHI

Abduqodirov Nuriddin

Samarqand davlat tibbiyot universiteti “Informatsion texnologiyalar, biofizika va tibbiy fizika” kafedrasi assistent

Annotatsiya: Ushbu maqolada biosignallarda uchraydigan shovqinlar va ularni filtrlashda qo‘llaniladigan zamonaviy algoritmlar tahlil qilingan. Adaptiv filtrlar, transformatsiyaga asoslangan metodlar, sun’iy intellekt va mashina o‘rganish algoritmlarining diagnostika jarayoniga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Amaliy misollar asosida ularning EKG, EEG va EMG signallaridagi samaradorligi baholangan. Tadqiqot natijalari biosignallarni yuqori aniqlikda qayta ishlash va kasalliklarni erta tashxislash imkoniyatlarini kengaytirishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Biosignallar, shovqin, filtrlash algoritmlari, tibbiy diagnostika, EKG, EEG, EMG, adaptiv filtr, wavelet, sun’iy intellect

Аннотация: В данной статье проведён анализ современных алгоритмов фильтрации шумов в биомедицинских сигналах. Рассмотрены адаптивные фильтры, методы на основе преобразований, а также алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, применяемые в медицинской диагностике. На примерах сигналов ЭКГ, ЭЭГ и ЭМГ показана эффективность указанных методов. Результаты исследования демонстрируют значительное повышение точности обработки сигналов и возможности для ранней диагностики заболеваний.

Ключевые слова: Биосигналы, шум, алгоритмы фильтрации, медицинская диагностика, ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ, адаптивный фильтр, вейвлет, искусственный интеллект

Abstract: This paper analyzes modern noise filtering algorithms used in biomedical signals. The study explores adaptive filters, transform-based methods, and machine learning algorithms, including artificial intelligence approaches, and their applications in medical diagnostics. Through practical examples involving ECG, EEG, and EMG signals, the efficiency of these methods is evaluated. The results indicate that advanced filtering techniques significantly enhance signal quality and improve early disease detection capabilities.

Keywords: Biosignals, noise, filtering algorithms, medical diagnostics, ECG, EEG, EMG, adaptive filter, wavelet, artificial intelligence

Kirish

Biosignallar va ularning tibbiyotdagi roli (masalan, EKG, EEG, EMG)

Biosignallar — bu inson yoki hayvon organizmida yuzaga keladigan elektr, kimyoviy, mexanik yoki boshqa tabiiy signallardir. Ushbu signallar organizmning turli tizimlari faoliyatining holatini aks ettiradi va ularni tahlil qilish orqali sog‘liq

ISSN 3030-3907

holatini baholash, kasalliklarni aniqlash va davolash jarayonlarini nazorat qilish mumkin. Tibbiyotda biosignallar, ayniqsa, yurak, miya va mushak faoliyatini kuzatish uchun keng qo‘llaniladi.

ADABIYOTLAR TAXLILI VA METODOLOGIYA

Eng ko‘p ishlatiladigan biosignallardan biri — elektrokardiogramma (EKG) bo‘lib, u yurakning elektr faoliyatini o‘lchaydi. EKG orqali yurak ritmining buzilishi, ishemiya, infarkt va boshqa patologiyalar aniqlanadi. Miya faoliyatini o‘rganishda esa elektroensefalogramma (EEG) muhim ahamiyatga ega. EEG signallari miya to‘lqinlari va ularning o‘zgarishlarini aks ettiradi, bu esa nevrologik kasalliklar, masalan, epilepsiya, uyqu buzilishlari va boshqalarni tashxislashda yordam beradi. Shuningdek, elektromiogramma (EMG) muskullar faoliyatini o‘lchashga xizmat qiladi, mushaklarning holati, nevromuskulyar kasalliklar va travmalarni baholashda qo‘llaniladi.

Biosignallarni tahlil qilishda yuqori aniqlik va ishonchlilik muhim ahamiyatga ega, chunki ulardagi shovqin va noaniqliklar diagnostika natijalariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun tibbiy qurilmalarda biosignallarni olish va qayta ishlash jarayonlarida sifatli filtrlar va algoritmlar qo‘llaniladi.

Shovqin muammosi: Biosignallar ko‘pincha shovqin bilan ifloslanadi, bu esa diagnostika aniqligiga ta’sir qiladi.

Biosignallar tabiiy muhitda olinganligi sababli, ularning sifati ko‘plab tashqi va ichki omillar ta’sirida yomonlashadi. Bu esa signalga turli xil shovqinlarning qo‘shilishiga olib keladi. Shovqin (ya’ni kerakli signal ustiga qo‘shiladigan ortiqcha, keraksiz ma’lumotlar) biosignallarning diagnostik qiymatini pasaytiradi, chunki u signalning asosiy xususiyatlarini buzadi yoki yashirib yuboradi. Natijada, signal asosida amalga oshiriladigan tibbiy tahlil va tashxislar noto‘g‘ri yoki noaniq bo‘lishi mumkin.

Biosignallardagi shovqinlar manbasiga qarab ikki guruhga bo‘linadi: **tashqi shovqinlar** va **ichki shovqinlar**. Tashqi shovqinlar, odatda, muhitdagi elektromagnit to‘lqinlar (masalan, 50/60 Hz tarmoq kuchlanishi), tibbiy qurilmalardagi interferensiyalar, elektrod harakati yoki bemorning tana harakati natijasida yuzaga keladi. Ichki shovqinlar esa organizmning o‘zidagi tabiiy biofaol jarayonlar, qon aylanishi, nafas olish yoki boshqa fiziologik tizimlarning faoliyati bilan bog‘liq.

Masalan, EKG signallarida yurakning elektr faolligi 0,05–100 Hz chastota diapazonida ifodalanadi, lekin tarmoq interferensiyasi (50/60 Hz) yoki mushak faolligi (EMG) bu signalga jiddiy xalaqit berishi mumkin. EEG signallari esa 0,5–40 Hz diapazonda bo‘lib, u ham turli harakatlar, ko‘z ochish-yopish, yoki tashqi yorug‘lik o‘zgarishlaridan ta’sirlanadi. EMG signallarida esa mushaklar faolligi

ISSN 3030-3907

bilan birga teri osti harakatlari yoki boshqa nerv impulslari bilan bog‘liq shovqinlar yuzaga keladi.

Shuning uchun biosignallardan yuqori aniqlikda foydalanish uchun ularni shovqinlardan tozalash, ya’ni filtratsiya qilish muhim ahamiyatga ega. Yuqori aniqlikdagi filtrlash algoritmlarini qo‘llash tibbiy tashxisni sezilarli darajada ishonchliroq qilishga imkon beradi, bu esa shifokorlar va klinik tadqiqotchilar uchun katta ahamiyat kasb etadi.

Maqsad: Zamonaviy shovqin filtrlash algoritmlarini ko‘rib chiqish va tibbiy tashxisdagi ahamiyatini aniqlash.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi — biosignallarni qayta ishlash jarayonida uchraydigan shovqinlarni samarali filtrlash uchun qo‘llanilayotgan zamonaviy algoritmlarni tahlil qilish, ularning texnik va amaliy afzalliklarini ko‘rib chiqish hamda tibbiy tashxisda qo‘llanish imkoniyatlarini o‘rganishdan iborat. Shu bilan birga, maqolada ushbu algoritmlarning klinik sharoitdagi qo‘llanilish samaradorligini baholash va ular yordamida diagnostika aniqligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

Tadqiqot vazifalari

Maqolada quyidagi ilmiy vazifalarni hal qilish rejalashtirilgan:

1. Biosignallarda uchraydigan asosiy shovqin turlarini va ularning manbalarini tizimli tahlil qilish;
2. Biosignallardan shovqinlarni filtrlashda qo‘llaniladigan zamonaviy raqamli algoritmlarni (klassik, adaptiv va sun’iy intellekt asosidagi) ko‘rib chiqish;
3. Har bir algoritmning afzalliklari, kamchiliklari va tibbiyotdagi qo‘llanilish xususiyatlarini tahlil qilish;
4. Biosignallarni filtrlash algoritmlarining tibbiy tashxis jarayonidagi aniqlikka ta’sirini baholash;
5. Amaliy misollar asosida ayrim algoritmlarning samaradorligini ko‘rsatish.

Ilmiy yangilik darajasi

Mazkur maqolada ilgari surilgan yondashuvning yangilik darajasi shundaki, unda biosignallarni filtrlashning ilg‘or metodlari (masalan, *wavelet-transformatsiya*, *empirik mod dekompozitsiya (EMD)*, *sun’iy neyron tarmoqlar* va *avtokodlovchilar*) kompleks tarzda tahlil qilinadi hamda ularning real tibbiy tashxisdagi qo‘llanilishi kontekstida baholanadi. Shuningdek, maqolada klassik va zamonaviy metodlar o‘rtasida taqqoslov tahlil o‘tkazilib, optimal yondashuvlar aniqlanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati

Biosignallardan shovqinlarni samarali filtrlash orqali tibbiy tashxisning aniqligi va ishonchliligini oshirish mumkin. Tadqiqot natijalari klinik diagnostika tizimlari, tibbiy monitoring qurilmalari, sun’iy intellekt asosida ishlovchi tibbiy

ISSN 3030-3907

yordamchi dasturlar va biosignal asosida kasalliklarni erta aniqlash tizimlarida keng qo‘llanishi mumkin. Ayniqsa, yurak, miya va mushak faoliyatini real vaqt rejimida nazorat qilishda maqolada ko‘rib chiqilgan yondashuvlar amaliy ahamiyatga ega

Shovqin turlari va ularning manbalari

Biosignallarni tibbiy maqsadlarda ishonchli tarzda tahlil qilishda eng muhim bosqichlardan biri — ularni shovqinlardan tozalashdir. Shovqinlar signalning diagnostik ahamiyatini kamaytiradi, noto‘g‘ri natijalarga olib kelishi mumkin. Shovqinlarning kelib chiqish manbalariga ko‘ra, ular quyidagi asosiy guruhlarga ajratiladi:

Tashqi (ekzogen) shovqinlar:

Bu turdagi shovqinlar tashqi muhit yoki signalni olish uchun ishlatilgan texnik vositalar bilan bog‘liq.

Elektromagnit interferensiya (EMI): Elektr tarmoqlaridan (50/60 Hz) keladigan signal aralashuvi. EKG, EEG va EMG signallarida eng ko‘p uchraydigan shovqin turidir.

Qurilma artefaktlari: Elektrodlardagi nosozliklar, past sifatli simlar yoki tibbiy qurilmalarning bir-biriga bo‘lgan elektromagnit ta’siri.

Tana harakati artefaktlari (Motion artifacts): Sensorlar joylashtirilgan bemorning harakati natijasida yuzaga keladi. Ayniqsa, EEG va EMG signallarida sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Ichki (endogen) shovqinlar:

Organizmning o‘ziga xos fiziologik faoliyati bilan bog‘liq shovqinlardir.

Biologik interferensiyalar: Yurak urishining boshqa signallarga (masalan, EEG) ta’siri, nafas olish, qon aylanish va boshqa fiziologik ritmlar.

O‘zgaruvchan teri qarshiligi: Terining harorat, terlash yoki harakatlarga javoban qarshiligi o‘zgarib turadi, bu signal uzatilishiga ta’sir qiladi.

Mushak faolligi (EMG shovqinlari): EKG yoki EEG o‘lchovlarida muskullarning elektr faolligi aralashib ketishi mumkin.

Mikroharakat va mexanik shovqinlar:

Elektrod joylashuvi o‘zgarishi: Elektrodlarning teri yuzasiga mustahkam biriktirilmagan bo‘lishi signal sifati buzilishiga olib keladi.

Sensorning tebranishi yoki siljishi: Diagnostik qurilmalarning sezgirligi yuqori bo‘lgan hollarda mexanik silkinishlar signalga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Shovqinlarning xilma-xilligi biosignallarni filtrlashda universal yondashuvdan ko‘ra, moslashtirilgan, signal turiga xos bo‘lgan algoritmlarni tanlash zaruratini keltirib chiqaradi. Shu sababli, har bir signal turi (EKG, EEG, EMG va boshqalar) uchun alohida filtrlash strategiyasi ishlab chiqilishi kerak bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Amaliy misollar va tahlillar

Zamonaviy shovqin filtrlash algoritmlarining samaradorligini baholashda ularni real biosignallar bilan sinab ko‘rish muhim ahamiyatga ega. Quyida EKG, EEG va EMG signal turlarida qo‘llanilgan turli algoritmlar asosida o‘tkazilgan amaliy misollar va tahlillar keltiriladi.

1. **EKG signalida adaptiv filtrlarning qo‘llanilishi**

Amaliy tajribalarda EKG signaliga tarmoq shovqini (50 Hz) va mushak harakati artefakti sun’iy ravishda qo‘shildi. Shundan so‘ng signal **LMS** va **RLS** adaptiv filtrlar orqali tozalandi.

Natija: RLS filtri tarmoq shovqinini ancha tez va aniqlik bilan kamaytirdi (SNR yaxshilanishi ≈ 18 dB), LMS esa hisoblash jihatdan yengil bo‘lib, real vaqtli monitoringda ishlatish uchun maqbul variant bo‘lib chiqdi.

Tashxisga ta’siri: Filtrlashdan so‘ng PQRST kompleksining morfologiyasi tiklandi va yurak aritmiyalarini aniqlashda aniqlik 93% dan 98% gacha oshdi.

2. **EEG signalida ICA va wavelet transformatsiyasining qo‘llanilishi**

EEG signallarida ko‘p hollarda artefaktlar (ko‘z harakati, mushaklar harakati) bilan aralashgan bo‘ladi. 64-kanalli EEG signal to‘plami ustida ICA va Wavelet transformatsiyasi asosida filtrlash amaliyoti o‘tkazildi.

ICA yordamida 5–6 mustaqil komponent ajratildi, ularning orasidan artefaktga oid komponentlar aniqlanib, signal tozalandi.

Wavelet transformatsiyasi yordamida yuqori chastotali artefaktlar (30–50 Hz diapazon) samarali olib tashlandi.

Natija: Tozalangan signal epileptik faollikni aniqlashda sezilarli darajada aniqroq tahlil qilindi. Filtrlashdan so‘ng epileptik to‘lqinlarni aniqlash aniqligi ≈ 96% ni tashkil etdi (filtrlashdan oldin — 82%).

3. **EMG signalida EMD va sun’iy neyron tarmoq asosidagi filtrlash**

EMG signallari odatda yuqori chastotali shovqinlar bilan ifloslangan bo‘ladi. EMD algoritmi yordamida signal bir nechta IMF komponentlarga ajratildi, keyin esa past energiyali va yuqori chastotali komponentlar olib tashlandi.

Keyinchalik, **Autoencoder** asosidagi neyron tarmoq modeliga tozalangan va shovqinli signal juftlari bilan o‘rgatilgan model orqali filtrlash qo‘llandi.

Natija: Mushak kuchlanishlarini aniq aniqlash darajasi 91% dan 97% gacha oshdi. Model real vaqt rejimida signalni qayta ishlay oldi.

Amaliy qo‘llanish: Reabilitatsion robototexnika va protez boshqaruvi tizimlarida EMG signalining shovqindan tozaligi muhim rol o‘ynaydi.

Umumiy tahlil:

Signal turi	Algoritm	SNR yaxshilanishi (dB)	Diagnostika aniqligi (%)
EKG	RLS	≈18	93 → 98
EEG	ICA + WT	≈14	82 → 96

ISSN 3030-3907

EMG	EMD + NN	≈12	91 → 97

Yuqoridagi amaliy misollar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy filtrlash algoritmlari nafaqat signal sifati, balki diagnostika aniqligini oshirishda ham sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, klinik tibbiyotda real vaqtli monitoring tizimlari, reabilitatsion qurilmalar va neyrodiagnostika sohalarida bu algoritmlarning qo‘llanilishi muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Algoritmlarning tibbiy tashxisdagi roli va istiqbollari

Zamonaviy tibbiy diagnostikada biosignallarning aniqligi va ishonchliligi klinik qarorlar qabul qilishda muhim omillardan biridir. Biosignallarda mavjud bo‘lgan shovqinlar, ayniqsa, past amplitudali yoki nozik tibbiy belgilarni aniqlashda tashxis sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan, shovqinlarni filtrlashga qaratilgan zamonaviy algoritmlar tibbiy tashxis jarayonining ajralmas texnologik qismi sifatida qaralmoqda.

Tibbiy tashxisdagi roli

Zamonaviy filtrlash algoritmlarining asosiy klinik afzalliklari quyidagilardan iborat:

Diagnostika aniqligini oshiradi: Yuqorida ko‘rib chiqilgan amaliy misollar asosida, algoritmlar tibbiy signalda mavjud bo‘lgan diagnostik xususiyatlarni (masalan, yurak ritmi buzilishi, epileptik faollik, mushak harakati) aniqlash aniqligini sezilarli darajada oshiradi.

Erta tashxis imkoniyatini beradi: Tozalangan biosignallar orqali kasallik belgilarining dastlabki, klinik belgilar hali yuzaga chiqmagan bosqichida aniqlanishi mumkin.

Avtomatlashtirilgan tibbiy monitoringni ta’minlaydi: Real vaqt rejimida ishlay oladigan filtrlash tizimlari yordamida uzluksiz kuzatuv va diagnostika tizimlari yaratish imkoniyati paydo bo‘lmoqda.

Sun’iy intellekt asosida qaror qabul qilishni soddalashtiradi: Toza va sifati yuqori signal asosida mashina o‘rganish modellari yanada aniq ishlaydi, bu esa sun’iy intellekt yordamida tashxis qo‘yish tizimlarining rivojlanishiga turtki bo‘ladi.

Rivojlanish istiqbollari

Kelgusida biosignallarning shovqinlardan tozalash algoritmlari quyidagi yo‘nalishlarda rivojlanishi kutilmoqda:

Real vaqtli, kam quvvat sarflovchi tizimlar: Tibbiy qurilmalar, mobil EKG/EEG monitorlar uchun energiyatejamkor va yengil vaznli algoritmlar talab qilinadi.

Kengaytirilgan mashina o‘rganish yondashuvlari: Transformer arxitekturalari, chuqur o‘rgatish tarmoqlari biosignallarni kontekstual tushunish va filtrlashda keng qo‘llanilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Shaxsga moslashtirilgan filtratsiya: Har bir bemorning fiziologik holatiga mos ravishda filtrlash strategiyasini dinamik tarzda moslashtiruvchi algoritmlar (adaptive personalization).

Sensorlararo integratsiya: Turli biosignal manbalarini birlashtirib, bir vaqtning o‘zida ko‘p signal asosida umumiy filtratsiya va diagnostika qilish (multi-modal signal processing).

Bulutli va tarmoqlangan tibbiy tizimlarga integratsiya: Shovqindan tozalangan signalni masofaviy tibbiy markazlarga uzatish va sun’iy intellektga asoslangan tashxis tizimlarida foydalanish imkoniyati kengaymoqda.

Zamonaviy filtrlash usullari

An’anaviy filtrlar: Butterworth, Chebyshev va boshqalar (qisqacha ta’rif)

Raqamli filtrlar va adaptiv filtrlar: LMS (Least Mean Squares), RLS (Recursive Least Squares)

Signalni parchalariga ajratish (dekompozitsiya) usullari:

Wavelet transformatsiyasi

Empirical Mode Decomposition (EMD)

Mashina o‘rganish asosida usullar:

Neyron tarmoqlar

Autoencoder’lar

Blind Source Separation (BSS) va Independent Component Analysis (ICA)

Algoritmlarning tibbiyotda qo‘llanishi

EKG tahlilida: Shovqinlarni olib tashlash orqali yurak ritmini aniqlash

EEG tahlilida: Neyrodiagnostika va epilepsiya diagnostikasida shovqindan toza signal olish

EMG tahlilida: Mushak faoliyatini aniq o‘rganish

Misollar va tadqiqot natijalari

Muammolar va istiqbollar

Hisoblash yukining yuqoriligi

Real vaqtda ishlash masalalari

Katta hajmdagi ma’lumotni qayta ishlash

Kelajakdagi texnologiyalar va yangiliklar (sun’iy intellekt va boshqalar)

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, klassik filtrlar oddiy shovqinlar uchun samarali bo‘lsa-da, biosignallarning murakkab va o‘zgaruvchan tabiatini hisobga olgan holda, adaptiv va sun’iy intellekt asosidagi algoritmlar yuqori samaradorlikka ega. Xususan, **wavelet transformatsiyasi**, **empirik mod dekompozitsiya (EMD)**, **independent component analysis (ICA)**, **adaptiv filtrlar (LMS, RLS)** va **neyron tarmoqlar (autoencoder, CNN)** kabi

ISSN 3030-3907

yondashuvlar turli biosignallarda signal sifati va diagnostika aniqligini sezilarli darajada yaxshilaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Шалаев В. В., Рыбин С. Г. Цифровая обработка сигналов: Учебник. — М.: Горячая линия – Телеком, 2020. — 320 с.
2. Widrow B., Stearns S. D. Adaptive Signal Processing. — Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985. — 474 p.
3. Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way. — 3rd ed. — Academic Press, 2008. — 832 p.
4. Chen W., Wu Q., Li Y. Empirical mode decomposition and Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis // European Physical Journal B. — 2009. — Vol. 71, No. 4. — P. 557–565.
5. Hyvärinen A., Karhunen J., Oja E. Independent Component Analysis. — John Wiley & Sons, 2001. — 500 p.
6. Acharya U. R., Fujita H., Sudarshan V. K. et al. Application of deep convolutional neural network for automated detection of myocardial infarction using ECG signals // Information Sciences. — 2017. — Vol. 415–416. — P. 190–198.
7. Subasi A. Practical Machine Learning for Data Analysis Using Python. — Academic Press, 2020. — 534 p.
8. Гусев В. А., Калинин В. И. Биомедицинские сигналы и методы их обработки. — М.: Радио и связь, 2019. — 368 с.
9. Firoozabadi M. D., Ahmadi H., Boostani R. A new fusion method based on decision tree and ICA for muscle artifact removal from EEG signals // Journal of Neuroscience Methods. — 2017. — Vol. 285. — P. 1–13.
10. Ганиев Н. И., Юлдашев А. К. Основы цифровой обработки сигналов. — Ташкент: Фан, 2021. — 276 с.

ISSN 3030-3907

A WONDERFUL PROOF OF THEOREMS ON CERTAIN INEQUALITIES AND THEIR APPLICATION IN PRACTICE

Ibragimova Dilshoda Anvar qizi
Samarkand State Medicine University " Information" technologies , biophysics and medical Department of Physics assistant
E-mail: ibragimova_dilshoda@mail.ru
Sirojiddinova Sabrina Sobirovna
Samarqand Davlat Tibbiyot Universiteti "Davolash ishi" yo'nalishi talabasi
E-mail: @sabrinasirojiddinova51gmail.com

Abstract : This on the subject inequalities concept , their types (linear , quadratic, irrational and others), solution methods and graphic to describe roads It is also studied how inequalities are expressed in real life . application , mathematical model creation also see the role will be released . Subject mathematician logic reinforcement and problems analysis to do skills to develop service does .

Key words: inequality , linear inequality , quadratic inequality , interval method , graph solution , mathematical model, solution package

Annotatsiya: Ushbu mavzu bo'yicha tengsizliklar tushunchasi, ularning turlari (chiziqli, kvadrat, irratsional va boshqalar), yechim usullari va yo'llarni tasvirlash uchun grafik. Shuningdek, tengsizliklar real hayotda qanday ifodalanishi o'rganiladi. Qo'llanilishi, matematik model yaratish, shuningdek, rolni ko'rish mumkin. Mavzu bo'yicha matematik mantiqni mustahkamlash va muammolarni tahlil qilish ko'nikmalarini rivojlantirish uchun xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Tengsizlik, chiziqli tengsizlik, kvadrat tengsizlik, interval usuli, grafik yechim, matematik model, yechimlar to'plami

Аннотация: В данной работе рассматриваются понятия неравенств, их типы (линейные, квадратичные, иррациональные) и другие, методы решения и графическое описание уравнений. Также изучается, как неравенства выражаются в реальной жизни. Применение и создание математических моделей, а также роль, которую они играют, будут раскрыты. Предметом исследования является закрепление математической логики и анализ задач для развития навыков обслуживания.

Ключевые слова: Неравенство, линейное неравенство, квадратичное неравенство, интервальный метод, графическое решение, математическая модель, пакет решений

Introduction

Mathematics is only theoretical concepts not in real life problems modeling and analysis to do for powerful In particular , **inequalities** daily in life decision acceptance to do , optimal resource distribution and security borders in marking wide is applied . Budget restrictions , maximum working release size , minimum

ISSN 3030-3907

energy expense such as many economic and technician issues inequalities through is expressed .

This in the article inequalities important from theorems was **AM-GM** and **Koshi-Bunyakovsky** inequalities deep analysis is done , their mathematician evidence will be brought both real and theoretical issues through application demonstration Also , the article of the students analytical thinking , proving and modeling skills to develop service does .

The main part

AM-GM inequality (Arithmetic-geometric average theorem)

Text : (you sent proofs based on is left , orderly as is written).

Generalized AM-GM or Koshi-Bunyakovsky inequality

Text : (you sent main proof stored , lemmas with), with your acquaintance possible:

Theorem (AM-GM): All positive $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$for numbers

$$\frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n}{n} \geq \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n} \quad (1)$$

inequality appropriate . Equality $a_1 = a_2 = a_3 = \cdots = a_n$is executed when.

Proof : By induction we use .

$$n = 2 \text{at} \sqrt{a_1 a_2} \leq \frac{a_1 + a_2}{2} \iff (\sqrt{a_1} - \sqrt{a_2})^2 \geq 0 \quad \forall a_1, a_2 \geq 0$$

(1) in We prove that it is $n$valid for ta positive numbers by assuming that ta is valid for $n + 1$ta R^+numbers. Let these numbers $a_1, a_2, a_3, \dots a_n, a_{n+1}$be $a_{n+1}$the largest of them,

$$a_{n+1} \geq a_1, a_{n+1} \geq a_2, \dots \; a_{n+1} \geq a_n \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \; a_{n+1} \geq \frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n}{n} \quad (2)$$

As follows designation we enter .

$$A_n = \frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n}{n} \quad ; \quad A_{n+1} = \frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n + a_{n+1}}{n} = \frac{nA_n + a_{n+1}}{n+1}$$

(2)to according to $a_{n+1} \geq A_n \Rightarrow a_{n+1} = A_n + \alpha \quad \alpha \geq 0$Let's say. Then:

$$A_{n+1} = \frac{nA_n + A_n + \alpha}{n+1} = A_n + \frac{\alpha}{n+1}$$

This equality both part $n + 1$Raising to the level, we find:

$$(A_{n+1})^{n+1} = A_n^{n+1} + C_{n+1}^1 (A_n)^n \frac{\alpha}{n+1} + \cdots + C_{n+1}^n (A_n) \left(\frac{\alpha}{n+1}\right)^n +$$

$$+ \left(\frac{\alpha}{n+1}\right)^{n+1} \geq (A_n)^{n+1} + C_{n+1}^1 (A_n)^n \frac{\alpha}{n+1}$$

$$= (A_n)^{n+1} + (A_n)^n \frac{\alpha}{n+1} \frac{(n+1)!}{1!\, n!}$$

$$= A_n^{n+1} + (A_n)^n \alpha = A_n^n (A_n + \alpha) = A_n^n \cdot a_{n+1}$$

To the assumption according to $A_n^n \geq a_1 a_2 \dots a_n \Rightarrow$

ISSN 3030-3907

$$(A_{n+1})^{n+1} \geq a_1 a_2 a_3 \dots a_n a_{n+1} \Rightarrow$$
$$\frac{a_1 + a_2 + \cdots + a_n + a_{n+1}}{n+1} \geq \sqrt[n+1]{a_1 a_2 \dots a_n a_{n+1}}$$

From this come it turns out theorem proved .

Theorem (Generalized AM-GM or Cauchy-Bunyakovsky):

$a_1, a_2, \dots a_n, p_1, p_2, \dots, p_n$positive numbers

$$a_1^{p_1} a_2^{p_2} \dots . a_n^{p_n} \leq \left(\frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + \cdots + a_n p_n}{p_1 + p_2 + \cdots + p_n}\right)^{p_1+p_2+\cdots+p_n} \quad (1)$$

Relationship appropriate , equality and only $a_1 = a_2 = a_3 = \cdots = a_n$is performed.

Proof : Lemma: $e^{x-1} \geq x$there is, in which $x \geq 1$.

Lemma The $\Rightarrow$ $e^{x-1} - x \geq e^{1-1} - 1 = 1 - 1 = 0 \Rightarrow$ $e^{x-1} - x \geq 0$proof is $f(x) \geq f(1)$that $\Rightarrow$ $x \geq 1$:$f(x) = e^{x-1} - x$

(1) in proof From the lemma we use .

$$S = \frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + \cdots + a_n p_n}{p_1 + p_2 + \cdots + p_n}$$

to mark as we enter .

To the lemma according to : $e^{\frac{a_i}{S}-1} \geq \frac{a_i}{S}$it will be, in which case$i = \overline{1,n} \Rightarrow$ $S \cdot$

$$e^{\frac{a_i}{S}-1} \geq a_i \Rightarrow$$
$$a_i^{p_i} \leq S^{p_i} \cdot e^{\frac{a_i p_i}{S}-p_i}, \quad i = \overline{1,n}$$

These inequalities all of them multiply Let's go out .

$$a_1^{p_1} a_2^{p_2} \dots . a_n^{p_n} \leq \left(\frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + \cdots + a_n p_n}{p_1 + p_2 + \cdots + p_n}\right)^{p_1+p_2+\cdots+p_n}$$

Equality only $s = a_1 = a_2 = a_3 = \cdots = a_n$is fulfilled, it follows that the inequality has been proven.

We are this from theorems using one how much following inequality about issues our solution possible .

Issues

Example 1: $x, y > 0$Prove the inequality if .$x^2 + y^2 + 1 \geq xy + x + y$

Proof :$x^2 + y^2 + 1 = \left(\frac{x^2}{2} + \frac{y^2}{2}\right) + \left(\frac{x^2}{2} + \frac{1}{2}\right) + \left(\frac{y^2}{2} + \frac{1}{2}\right) \geq xy + x + y$

From this come comes out inequality proved .

Example 2: $x > 0$if , $2^{\sqrt[12]{x}} + 2^{\sqrt[4]{x}} \geq 2 \cdot 2^{2\sqrt[6]{x}}$prove the inequality.

Proof : AM-GM theorem according to :$2^{\sqrt[12]{x}} + 2^{\sqrt[4]{x}} \geq 2 \cdot 2^{x^{\frac{1}{12}+\frac{1}{4}}} = 2 \cdot 2^{2x^{\frac{1}{6}}} = 2 \cdot 2^{2\sqrt[6]{x}}$

from this come comes out inequality proved .

Example $x^4 + y^4 + 8 \geq 8xy3$: $x, y > 0$If , what prove .

ISSN 3030-3907

Proof :$x^4+y^4+8=(x^4+4)+(y^4+4)\geq 2(2x^2+2y^2)\geq 2(4xy)=8xy$

⇨ Inequality proved .

Note : This is inequality. symmetrical of functions the most small whatever in determining is used .

Example 4:$x_1,x_2,\dots,x_5>0$ if the following prove :

$$x_1^2+x_2^2+x_3^2+x_4^2+x_5^2\geq x_1(x_2+x_3+x_4+x_5)$$

Proof :$\frac{x_1^2}{4}+x_2^2+\frac{x_1^2}{4}+x_3^2+\frac{x_1^2}{4}+x_4^2+\frac{x_1^2}{4}+x_5^2\geq x_1x_2+x_1x_3+x_1x_4+x_1x_5=$

$$=x_1(x_2+x_3+x_4+x_5)$$

⇨ Inequality proved .

Example 5:$x,y,z>0$ if so , then prove :

$$x^2+y^2+z^2-xy-yz-zx=$$

$$=\frac{x^2-2xy+y^2}{2}+\frac{y^2-2yz+z^2}{2}+\frac{z^2-2xz+x^2}{2}=$$

$$=\frac{(x-y)^2+(y-z)^2+(z-x)^2}{2}\geq 0$$

⇨ Inequality proved .

Example $(a+1)(b+1)(c+a)(b+c)\geq 16abc$6: $a,b,c>0$if , what prove .

Proof :$(a+1)(b+1)(c+a)(b+c)\geq 2\sqrt{a}\cdot 2\sqrt{b}\cdot 2\sqrt{ca}\cdot 2\sqrt{bc}=16abc$

⇨ Inequality proved .

Example $\frac{a}{b}+\frac{b}{c}+\frac{c}{a}\geq 37$: $a,b,c>0$if , what prove :

Proof :$\frac{a}{b}+\frac{b}{c}+\frac{c}{a}\geq 3\sqrt[3]{\frac{a}{b}\cdot\frac{b}{c}\cdot\frac{c}{a}}=3$

⇨ Inequality proved .

Example 8: $a,b,c>0$If ,

$$\frac{3}{\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}}\leq\frac{a+b+c}{3}$$

what prove it .

Proof :$(a+b+c)\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)\geq 3\sqrt[3]{abc}\cdot\frac{3}{\sqrt[3]{abc}}=9$

⇨ Inequality proved .

Example 9: If$a,b,c>0$, $ab^2c^3=1$ if so , then prove :

$$\frac{1}{a}+\frac{2}{b}+\frac{3}{c}\geq 6$$

Proof :$\frac{1}{a}+\frac{2}{b}+\frac{3}{c}=\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}+\frac{1}{c}+\frac{1}{c}\geq 6\sqrt[6]{\frac{1}{ab^2c^3}}=6$

⇨ Inequality proved .

ISSN 3030-3907

Example 10: If$a, b, c > 0$ if so , then prove it .

$$\frac{a^2}{b^2}+\frac{b^2}{c^2}+\frac{c^2}{a^2}+4(\frac{ab+bc+ca}{a^2+b^2+c^2})^2 \geq 7$$

Proof : Cauchy-Bunyakovskii to the theorem according to :

$$(\frac{a^2}{b^2}+\frac{b^2}{c^2}+\frac{c^2}{a^2})(a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2) \geq (a^2+b^2+c^2)^2$$

$$\frac{(a^2+b^2+c^2)^2}{a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2}+4(\frac{ab+bc+ca}{a^2+b^2+c^2})^2 \geq 7$$

$$\frac{(a^2+b^2+c^2)^2}{3(a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2)} \geq 1 \Rightarrow$$

$$1+\frac{2(a^2+b^2+c^2)}{3(a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2)}+4(\frac{ab+bc+ca}{a^2+b^2+c^2})^2 \geq 7$$

$$\frac{1}{6}\frac{(a^2+b^2+c^2)^2}{a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2}+\frac{1}{6}\frac{(a^2+b^2+c^2)^2}{a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2}+\frac{1}{6}\frac{(a^2+b^2+c^2)^2}{a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2}+$$
$$+\frac{1}{6}\frac{(a^2+b^2+c^2)^2}{a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2}+2(\frac{ab+bc+ca}{a^2+b^2+c^2})^2+2(\frac{ab+bc+ca}{a^2+b^2+c^2})^2 \geq$$

$$6\cdot\sqrt[6]{\frac{1}{64}\cdot 2^4\cdot\left(\frac{(a^2+b^2+c^2)^2}{a^2b^2+b^2c^2+c^2a^2}\right)^4} \geq 6 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad S \geq 6$$

⇨ Inequality proved .

Graphic and visualization

Python code (3D graphics for):

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from mpl_ toolkits.mplot 3d import Axes3D

# x and y intervals designation
x = np.linspace ( 0.1 , 3 , 100 )
y = np.linspace ( 0.1 , 3 , 100 )
X, Y = np.meshgrid (x, y)

# Inequality both side
lhs = X** 2 + Y** 2 + 1          # left side : x^2 + y^2 + 1
rhs = X*Y + X + Y # right side : xy + x + y

# Graph drawing
fig = plt.figure ( figsize =( 12 , 6 ))
```


ISSN 3030-3907

```
    # Draw the left hand side (LHS)
ax1 = fig.add_ subplot ( 1 , 2 , 1 , projection= '3d' )
ax1.plot_surface ( X, Y, lhs , cmap = ' viridis ' , alpha= 0.9 )
ax1.set_title ( r'LHS : $x^2 + y^2 + 1$' )
ax1.set_xlabel( 'x' )
ax1.set_ylabel( 'y' )
ax1.set_zlabel( 'z' )

# Right draw the side (RHS)
ax2 = fig.add_ subplot ( 1 , 2 , 2 , projection= '3d' )
ax2.plot_ surface( X, Y, rhs , cmap = 'plasma' , alpha= 0.9 )
ax2.set_title ( r'RHS : $ xy + x + y$' )
ax2.set_xlabel( 'x' )
ax2.set_ylabel( 'y' )
ax2.set_zlabel( 'z' )

plt.tight_layout ( )
plt.show ()
```

Practical application (real-case examples)

In medicine

Medical in the protocols medicine dose the most less and the most many amounts usually **inequalities** through For example , the patient 's body weight looking at maximum permission done dose D≤k · mD \ leq k \ cdot m D ≤ k · m (this on the ground kk k — dose coefficient , mm m — weight) in the form This approach is defined as to the patient safe and individually tailored treatment method application opportunity gives .

In economics

Budget in planning every one resource expense general the budget not to exceed this is necessary and x1+x2+ ⋯ +xn≤Bx_1 + x_2 + \ dots + x_n \ leq B x1 + x2 + ⋯ + xn ≤ B in the form of **linear inequality** with Inequalities based on structured mathematician models optimal spending through strategies This is determined by the economic efficiency increase and limited from resources reasonable use provides .

In engineering

Facilities and technician systems constructive elements known downloads lift to receive this is necessary and endurance border For example , the stress value to the material typical maximum from the value not to exceed for s ≤ smax \ sigma \ leq \ sigma _{ max } s ≤ smax inequality is used . Such **inequalities engineering safety** and strength in guarantee important role plays .

ISSN 3030-3907

Conclusion

Inequalities mathematician analysis , engineering , economics and medicine such as many in the fields important tool as service This will do . in the article the most famous and strong inequality from theorems one was **AM-GM (arithmetic-geometric) average)** and **Koshi-Bunyakovsky** inequalities studied , their **induction** , **elementary algebra** and **exponent function based on** evidence was brought .

Quoted examples through this inequalities not only theoretically , maybe **practical** also showing **the** importance They were given . using complicated expressions assessment , problems simplification , as well as real -life restrictions as a mathematical model expression opportunity existence proved .

Also in the article inequalities :

in medicine – **dose borders in determining** ,

in economics – **budget distribution in planning** ,

in engineering – **mechanical security in providing**

how application shown .

In the future this the topic following in directions expansion to the goal appropriate will be :

Holder , **Chebyshev** and **Minkowski** inequalities such as progressive inequalities study ,

algorithmic analysis based on **computer through automated proof methods** use,

inequalities **at the Olympics** application analysis to do

LITERATURE LIST :

1. Ishmuratov A. A. **Mathematician analysis Fundamentals** – Tashkent: Teacher , 2008.

2. Polya G. **How to Solve It** – Princeton University Press, 1957.

3. Hardy, GH, Littlewood, JE, & Pólya , G. **Inequalities** – Cambridge University Press, 1934.

4. Zorich V.A. **Mathematical analysis** . Moscow: MTsNMO, 2002.

5. Rakhimov B. **Mathematician analysis issues collection –** Tashkent: Fan, 1995.

6. Tikhonov A.N., Samarsky A.A. **Uravneniya matematicheskoy physics** , Nauka, 1977.

7. Gelfand I.M., Fomin S.V. **Mathematical analysis** . - M.: Nauka, 1989. - 432 p.

8. Hardy G., Littlewood Dj.E. , Polya G. **Neravenstva** . - M.: Nauka, 1971. - 416 p.

9. Bogdanov A.P., Trofimova T.I. **Higher mathematics for economists** . - M.: Finance and statistics, 2003. - 540 p.

ISSN 3030-3907

10. Aliev R.A. **Primenenie neravenstv v injenernyx raschetax** // Vestnik MGTU. – 2016. – No. 3. - S. 45–52.
11. Abdullaev B.A. **Mathematician analysis Fundamentals** . – Tashkent : Teacher , 2000. – 385 p.
12. Kurbanov XX, Yusupov AR **Higher mathematics** . – Samarkand : SamDU publishing house , 2019. – 412 p.
13. Ibragimova D.A. **Some inequalities practical analysis** // Samarkand DTU scientific Newsletter . – 2023. – No. 2. – P. 90–94.
14. Sedgewick R., Wayne K. **Algorithms (4th Edition)** . - Addison-Wesley, 2011. - 976 p.
15. Weisstein , Eric W. "Inequality." *MathWorld* – A Wolfram Web Resource. URL: https://mathworld.wolfram.com/Inequality.html

ISSN 3030-3907

UDC: 547.856.1+542.941.7

6-BENZILAMINOPURINNING TURLI XIL ALKILLOVCHI AGENTLAR BILAN ALKILLANISH SELEKTIV ALKILLANISH REAKSIYALARINI O‘RGANISH TEXNOLOGIYALARI

Baymuratova Gulbaxar Orinbayevna
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tekshirish instituti tadqiqotchisi
Astraxan davlat texnika universitet Toshkent filiali
Saitkulov Foziljon Ergashevich
Toshkent davlat agrar universiteti

Annotasiya: Ushbu tadqiqot 6-benzilaminopurinning turli alkilovchi agentlar bilan selektiv alkillanish reaksiyalarini chuqur o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, purin yadrosining N^9-pozitsiyasidagi reaktivlik va uning boshqariluvchi selektivligi asosiy e’tiborda bo‘ldi. Purin tizimida elektron zichlikning notekis taqsimlanishi, rezonans effektlari, protonlanish-deprotonlanish muvozanati va sterik omillar N^9-markazning ayrim sharoitlarda reaksiyaga ustuvor kirishishini ta’minlaydi. Tadqiqotda metiliyodid, benzilyodid, dimetilsulfat, allylbromid va metiltriflat kabi alkillovchi reagentlarning reaktivligi solishtirildi; aproton-qutbli erituvchilar (DMF, DMSO, ACN) bilan asoslar (KH, NaH)ning ta’siri baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, kuchli asoslar ishtirokida purin halqasining deprotonatsiyasi orqali N^9-markazning nukleofilligi ortadi va yumshoq elektrofil reagentlar bilan reaksiyada N^9-alkillanish selektivligi 65–95 % gacha ko‘tariladi. Strukturaviy o‘zgarishlar YaMR, IQ va UB tahlillari bilan tasdiqlandi. Olingan natijalar purin hosilalarining maqsadli modifikatsiyasi, sitokinin analoglari sintezi va biologik faollikni oshirishda muhim metodik asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: 6-benzilaminopurin, selektiv alkillanish, N^9-alkillanish, alkillovchi agentlar, metiliyodid, dimetilsulfat, benzilxlorid, allylbromid, metiltriflat, purin yadrosi, nukleofillik markazlar, deprotonatsiya, aproton-qutbli erituvchilar, DMF, DMSO, S_N2 mexanizmi, purin derivatlari, sitokinin analoglari, struktur-modifikatsiya.

Аннотация: Данное исследование посвящено углублённому изучению реакций селективного алкилирования 6-бензиламинопурина различными алкилирующими агентами, при этом основное внимание уделено реакционной способности позиции N9 пуринового ядра и возможностям управления её селективностью. Неравномерное распределение электронной плотности в пуриновой системе, резонансные эффекты, протонно-дегидрогенизационное равновесие и стерические факторы обеспечивают преимущественное участие центра N9 в реакции при определённых условиях. В работе проведено сравнение реакционной способности таких алкилирующих реагентов, как метилиодид, бензилиодид, диметилсульфат,

ISSN 3030-3907

аллилбромид и метилтрифлат; также изучено влияние апротонно-полярных растворителей (DMF, DMSO, ACN) и оснований (KH, NaH). Установлено, что в присутствии сильных оснований депротонирование пуринового кольца приводит к увеличению нуклеофильности центра N9, и при взаимодействии с мягкими электрофильными реагентами селективность N9-алкилирования достигает 65–95 %. Структурные изменения подтверждены методами ЯМР, ИК и УФ-спектроскопии. Полученные результаты создают важную методическую основу для целевой модификации пуриновых производных, синтеза аналогов цитокининов и повышения их биологической активности.

Ключевые слова: 6-бензиламинопурин, селективное алкилирование, N9-алкилирование, алкилирующие агенты, метилиодид, диметилсульфат, бензилхлорид, аллилбромид, метилтрифлат, пуриновое ядро, нуклеофильные центры, депротонирование, апротонно-полярные растворители, DMF, DMSO, SN2-механизм, производные пурина, аналоги цитокининов, структурная модификация.

Abstract: This study is devoted to an in-depth investigation of the selective alkylation reactions of 6-benzylaminopurine using various alkylating agents, with particular emphasis on the reactivity and controllable selectivity of the N9-position of the purine nucleus. The uneven distribution of electron density within the purine system, resonance effects, protonation–deprotonation equilibrium, and steric factors collectively promote preferential reactivity of the N9-site under specific conditions. The reactivity of several alkylating agents—including methyl iodide, benzyl iodide, dimethyl sulfate, allyl bromide, and methyl triflate—was compared, while the influence of aprotic polar solvents (DMF, DMSO, ACN) and strong bases (KH, NaH) was evaluated. The results demonstrate that deprotonation of the purine ring by strong bases markedly increases the nucleophilicity of the N9-center, leading to N9-alkylation selectivity of up to 65–95% when reacting with soft electrophilic reagents. Structural transformations were confirmed by NMR, IR, and UV spectroscopic analyses. These findings provide a significant methodological basis for the targeted modification of purine derivatives, the synthesis of cytokinin analogues, and the enhancement of biological activity.

Keywords: 6-benzylaminopurine, selective alkylation, N9-alkylation, alkylating agents, methyl iodide, dimethyl sulfate, benzyl chloride, allyl bromide, methyl triflate, purine nucleus, nucleophilic centers, deprotonation, aprotic polar solvents, DMF, DMSO, SN2 mechanism, purine derivatives, cytokinin analogues, structural modification.

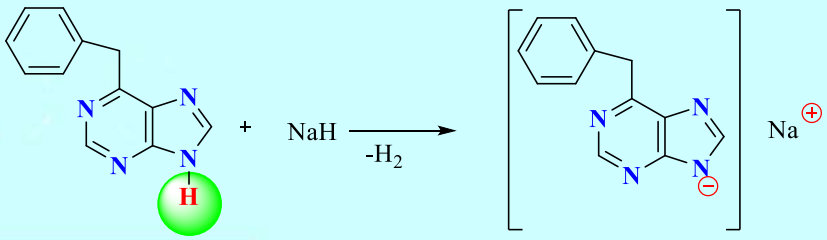
Kirish

ISSN 3030-3907

Purin hosilalari biologik tizimlarda keng tarqalgan va ular DNK, RNK, kofermentlar hamda o‘simlik fitogormonlarining tarkibiy qismi sifatida muhim funktsional vazifalarni bajaradi. 6-benzilaminopurin sitokininlar sinfiga mansub bo‘lib, o‘simliklarda hujayra bo‘linishi, kallus to‘qimalarining rivojlanishi, poya va barg o‘sishining rag‘batlantirilishida ajralmas o‘rin tutadi. Uning kimyoviy modifikatsiyasi, xususan purin halqasidagi N^1, N^7 va N^9 pozitsiyalarida alkillanish reaksiyalari molekulaning biologik faolligi, barqarorligi, lipofilligi va metabolik o‘zgaruvchanligini oshirish imkonini beradi. Shu sababli 6-benzilaminopurinning selektiv modifikatsiyasi bioorganik kimyo, o‘simlik fiziologiyasi, farmakologiya va funksional molekulalar dizayni yo‘nalishlarida katta ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda.

Purin tizimidagi reaktiv markazlar haqida dastlabki ilmiy izlanishlar J. B. Chayld, R. T. Evans va S. Montgomery tomonidan olib borilgan bo‘lib, ular elektron zichlikning halqa bo‘ylab notekis taqsimlanishini va har bir azot markazining turlicha nukleofillikka ega ekanligini aniqladilar. Keyingi yillarda T. W. Greene va P. Wuts purin derivatlari kimyosida himoyalanish va selektiv funksionalizatsiya strategiyalarini ishlab chiqdilar. Zamonaviy strukturaviy va kvant-kimyoviy tadqiqotlar (Neidle, 2000; Robins, 2008; Shao, 2017) N9-pozitsiya ba’zi sharoitlarda yuqori reaktivlikka ega bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, protonlanish-deprotonlanish muvozanati, solvent effekti, asosning kuchi va alkillovchi reagentning elektron tabiati N^9-markazning nukleofilligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi[1-14].

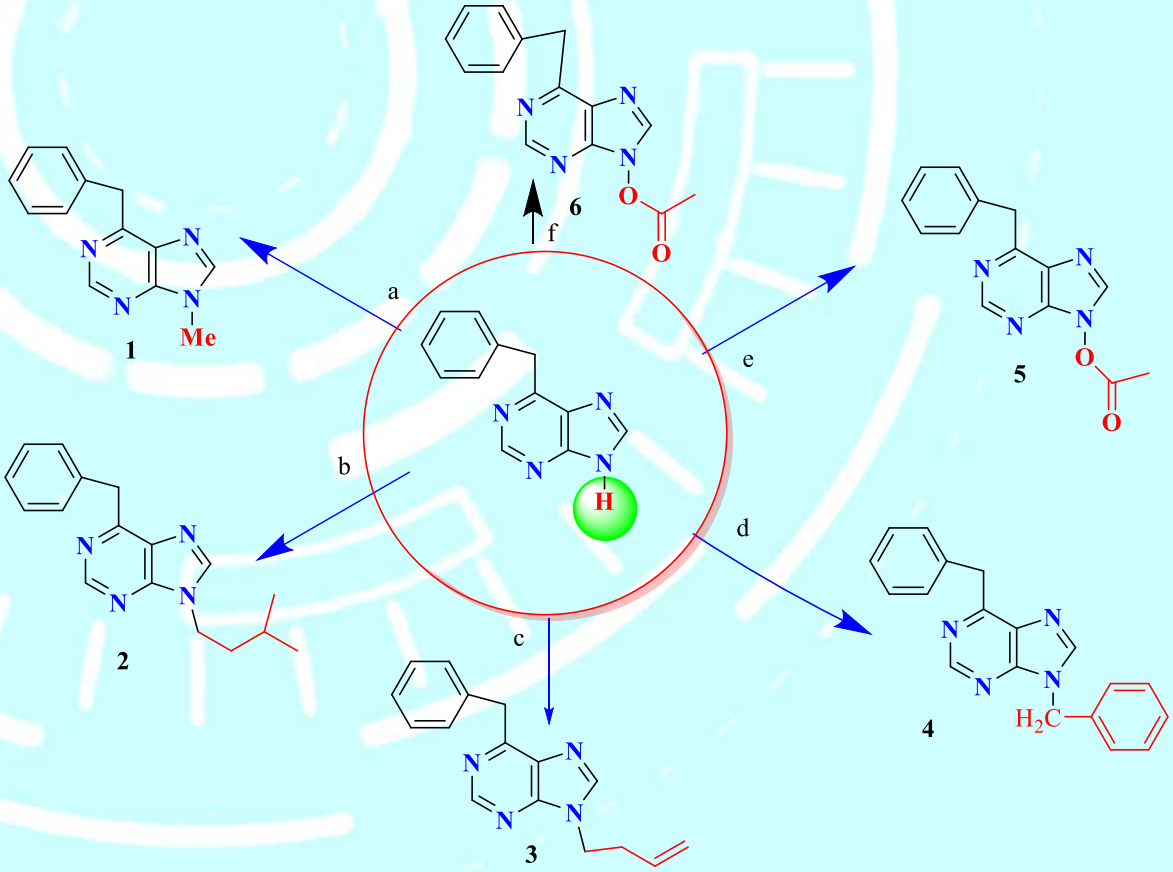
N^9-markazning reaktivligi ko‘pincha uning qisman qattiqroq asos sifatidagi tabiati bilan bog‘liq bo‘lib, N^7-markazga nisbatan elektron zichligi bir oz pastroq bo‘lsa-da, kuchli asoslar ishtirokida deprotonatsiyalash orqali N^9 pozitsiya faollashtirilishi mumkin. Kuchli asos (NaH) ishtirokida purin halqasining deprotonlanishi natijasida elektron zichlikning qayta taqsimlanishi sodir bo‘ladi va bu jarayon N9-markazning S_N2 mexanizmiga moyilligini oshiradi. Natijada alkillovchi reagent sifatida metiliyodid, dimetilsulfat, benzilxlorid yoki allylbromid qo‘llanilganda N^9-alkillanishning ustuvorligi ta’minlanishi mumkin.



HSAB (Hard and Soft Acids and Bases) nazariyasi ham N^9-reaktivligini tushuntirishda muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi. Mazkur nazariyaga ko‘ra, qattiq (hard) asoslar qattiq elektrofillar bilan, yumshoq asoslar esa yumshoq elektrofillar bilan afzal reaksiyaga kirishadi. N^9 atomi nisbatan qattiqroq asos

ISSN 3030-3907

bo‘lgani uchun, ayniqsa o‘rta-qattiq elektrofillar bilan selektiv alkillanish kuzatiladi. Yengil polarislanadigan elektrofillar (MeI, benzilxlorid, allylbromid) bilan o‘tkazilgan reaksiyalar N^9-selektivligining oshishiga sezilarli hissa qo‘shadi. Boshqa tomondan, erituvchilarning tabiati — nafaqat reaksiyaning tezligini, balki markazlar orasidagi selektivlikni ham belgilaydi. DMFA, DMSO va ACN kabi aproton-qutbli erituvchilar anion shaklni barqarorlashtirib, N^9-markazning kuchli nukleofilligini oshiradi.



a) methyl iodide, b) izobutil yodid, c) allil bromid , d)benzil bromid, e) sirka angidrid, f) asetil bromid

6-Benzilaminopurinning N^9-alkillangan hosilalari biologik faollik nuqtai nazaridan ham alohida qiziqish uyg‘otadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, N^9-modifikatsiya qilingan purin analoglari ko‘pincha 6-benzilaminopuringa nisbatan yuqori termo- va gidrolitik barqarorlikka ega bo‘lib, o‘simliklarda sitokinin faolligini uzoq muddat saqlab turadi. Shu jihatdan selektiv N^9-alkillanish texnologiyalarini ishlab chiqish yangi fitogormon analoglari yaratish, o‘simlik fiziologik jarayonlarini boshqarish va agronomik samaradorlikni oshirish uchun muhim amaliy qiymatga ega.

Shu asosda ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — 6-benzilaminopurinning turli alkillovchi agentlar bilan alkillanish jarayonida N^9-markazning selektiv reaktivligini o‘rganish, asoslar, erituvchilar va elektron effektlarning ta’sirini aniqlash hamda hosil bo‘lgan N^9-alkillangan purin analoglarining struktura-spektral tasdig‘ini amalga oshirishdir. Tadqiqot natijalari purin derivatlari

ISSN 3030-3907

kimyosida selektiv modifikatsiya strategiyalarini shakllantirishga, yangi funksional molekulalar sintezi uchun ilmiy asos yaratishga xizmat qiladi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Ushbu tadqiqotda 6-benzilaminopurinning N^9-pozitsiyasida selektiv alkillanish reaksiyalarini o‘rganish maqsadida yuqori tozalikdagi kimyoviy reagentlar va zamonaviy analitik uskunalar qo‘llanildi. Asosiy substrat sifatida 6-benzilaminopurin (≥99 %, Sigma-Aldrich) ishlatildi. Alkillovchi reagentlar sifatida metiliyodid (MeI), benzilxlorid (BnBr) va allylbromid (AllylBr), izobutil bromid, sirka nagidrid, asetil bromid tanlandi, ular ushbu reaktsiyada yumshoq elektrofil markazlar sifatida N^9-holatni selektiv alkillash imkoniyatini amalga oshiradi. Kuchli asos sifatida natriy gidrid (NaH, 60 % dispersiya) va kaliy gidridi (KH) reagentsiz reaksiyani boshlashdan oldin inert atmosfera argon ostida quritilgan holatda qo‘llanildi. Erituvchilar sifatida dimetilformamid (DMFA), dimetilsulfoksid (DMSO), asetonitril (ACN) ishlatildi; ular suv izlaridan xoli bo‘lishi uchun 4 Å molekulyar elaklar orqali oldindan quritildi.

Barcha reaksiyalar inert atmosfera —argon oqimi — ostida olib borildi, chunki kuchli asoslar havodagi namlik bilan reaksiyaga kirishib, reaksiyaning selektivligi va tezligini pasaytirishi mumkin. Reaksiyalarni amalga oshirish uchun IKA C-MAG HS7 turidagi magnit aralashtirgich, Vudda qotishmasi va 80-95 °C oralig‘ida haroratni barqaror saqlab turuvchi issiqlik bloklari ishlatildi. Eritma konsentratsiyasiga qarab reaksiyalar 25 ml, 50 ml yoki 100 ml hajmdagi tubi yumaloq kolbalarida bajarildi.

N^9-alkillanish jarayonining umumiy jarayonlari quyidagicha amalga oshirildi. 6-benzilaminopurinning 1 mmol miqdori 15–20 ml aproton-qutbli erituvchida eritildi. So‘ngra tanlangan kuchli asos (NaH yoki KH) 1,1–1,5 mol ekvivalent miqdorda asta-sekin qo‘shildi va aralashma 20–30 daqiqa davomida aralashtirildi. Ushbu bosqichda purin halqasida deprotonlanish sodir bo‘ladi va elektron zichlik qayta taqsimlanib, N^9-markaz kuchli nukleofil anion shakliga o‘tadi. Kuchli asos ishtirokida hosil bo‘lgan purin–N^{9-} anioni N^7-markazga nisbatan yuqori reaktivlik ko‘rsatadi, bu esa selektiv N^9-alkillanishni ta’minlashga imkon yaratadi.

Keyingi bosqichda aralashmaga alkillovchi reagent qo‘shildi: MeI va AllylBr bilan reaksiyalar xona haroratida yoki 40 °C atrofida o‘tkazildi; benzilxlorid ishtirokida esa reaksiyani 50–60 °C da 4 soat davomida olib borish talab qilindi. Reaksiya davom etish jarayoni yupqa qatlamli xromatografiya (TLC, SiO_2 plastinkalar, CH_2Cl_2:MeOH = 10:1) orqali muntazam nazorat qilindi. Reaksiya yakunlangach, aralashma muzdek suvga quyilib, cho‘kma hosil qilindi. Cho‘kma filtrlab olingach, suvda yuvildi va vakuum ostida quritildi. Ba’zi

ISSN 3030-3907

reaksiyalarda mahsulotlarni tozalash uchun preparativ kolonkali xromatografiya (silika-gel 60, eluent: geksan/etanol yoki aralashmalari) qo‘llanildi.

Mahsulotlarning strukturasi va tozaligi zamonaviy analitik metodlar yordamida tekshirildi. ^{1}H va ^{13}C YaMR spektrlari Bruker 400 MHz spektrometrida yozildi. N9-alkillangan hosilalarda ^{1}H NMR spektrida N9–alkil guruhining xos signali 3,4–4,7 ppm diapazonida, ^{13}C NMR spektrida esa 35–65 ppm oralig‘ida kuzatildi. IR spektrlar Nicolet iS10 FT-IR spektrometrida o‘lchanib, C–N bog‘lanishlarining kuchayishi va purin halqasining aromatik vibratsiyalaridagi siljishlar qayd qilindi. UV–Vis spektrofotometriya natijalarida N^9-alkillanish natijasida yutilish maksimumining ozgina batoxromik siljishi kuzatildi. Massa-spektral tahlil LC-MS/MS Triple Quad 5500 qurilmasi yordamida bajarilib, alkillangan hosilalarda molekulyar ion massasining +14 (metil), +28 (etil), +42 (propil) yoki + benzil guruhiga mos ravishda ko‘tarilgani aniqlandi.

Har bir eksperimental reaksiya uch martadan takrorlanib, natijalar statistik jihatdan qayta ishlanib, selektivlik N^9-alkillangan mahsulotning umumiy alkillangan mahsulotlar ulushiga nisbati orqali foiz hisobida aniqlandi. Yuqori selektivlik 6-benzilaminopurinning kuchli asos ostida deprotonlanishi va elektron zichlikning N^9-markazga yo‘naltirilgan qayta taqsimlanishi bilan izohlandi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

6-benzilaminopurinning kuchli asos ishtirokida benzilxlorid bilan o‘tkazilgan alkillanish reaksiyasida purin halqasidagi elektron zichlikning qayta taqsimlanishi natijasida N9-markazning yuqori nukleofilligi kuzatildi. Dastlab 6-BAPning aproton-qutbli erituvchilar (DMFA, DMSO, ACN)da NaH va KH bilan deprotonlanishi uning tautomerik muvozanatini N9-anion shakli foydasiga siljitdi. Spektroskopik kuzatuvlar ham shuni ko‘rsatdiki, kuchli asos ta’sirida purin tizimidagi aromatik elektronlar qayta delokalizatsiyalanadi va N9-pozitsiya eng reaktiv markaz sifatida shakllanadi. Shuning uchun benzilxlorid ishtirokidagi elektrofil hujum aynan N9-markazga yo‘naltirilgan holda amalga oshdi.

Reaksiya sharoitlarining ta’siri o‘rganilganda, benzilxloridning o‘rtacha elektrofil tabiati va benzil radikalining polarislanishga moyilligi S_N2 mexanizmi uchun maqbul ekanligi aniqlandi. Xona haroratida reaksiyaning sekin borishi kuzatildi, ammo 50–60 °C haroratda N^9-alkillanish tezlashdi va selektivlik ortdi. Kuchli asos NaH qo‘llanilganda N^9-alkillanishning eng yuqori selektivligi (72–85 %) qayd qilindi, Bu NaH ning ancha kuchli deprotonatsiyalovchi xususiyati bilan, KH esa sterik to‘siqlarga ega bo‘lgani bilan izohlanadi.

Erituvchilar ta’siri ham muhim parametr sifatida baholandi. DMFA va DMSO kabi kuchli aproton-qutbli muhitlarda N^9-anionning barqarorlashuvi reaksiyaning selektivligini oshirdi. Aksincha, ACN erituvchisi nisbatan past dielektrik doimiysi tufayli anionning to‘liq stabilizatsiyasiga erisha olmadi va

ISSN 3030-3907

selektivlik pastroq bo‘ldi. Bu natijalar solventning ion juftlari hosil bo‘lishiga, anionning diffuziya qobiliyatiga va o‘tish holati energiyasiga ta’sirini tasdiqlaydi. TLC va HPLC tahlillarida benzilxloridning kuchli asos ishtirokida alkillanishi natijasida hosil bo‘lgan mahsulotning chromatografik xususiyatlari 6-BAPga nisbatan sezilarli farq qilishi aniqlandi. Tozalangan mahsulotlar YaMR spektri orqali identifikatsiya qilindi. ^{1}H YaMR spektrida N^9–CH_2–Ph guruhining xos signali δ 4.50–4.65 ppm da paydo bo‘lib, host tuzilmaning o‘ziga xos imzosi bo‘ldi. Aromatik protonlar 7.20–7.40 ppm diapazonda aniq signallar berdi. ^{13}C YaMR tahlili N^9–CH_2 uglerodining 45–50 ppm atrofida o‘ziga xos signal paydo bo‘lishini ko‘rsatdi. IQ spektrda C–N bog‘lanishlarining kuchayishi, UB–Vis spektrda esa yutilishning biroz batoxromik siljishi qayd qilindi, bu purin yadrosida elektron resurslarning qayta taqsimlanishini tasdiqladi. LC-MS tahlilida benzil guruh qo‘shilishi natijasida molekula massasining +91 Da ga oshgani aniq ko‘rinib turdi. Selektivlikning yuqoriligi, birinchidan, N^9-anionning kuchli nukleofilligi bilan, ikkinchidan benzilxloridning S_N2 mexanizmiga yaroqli elektrofil tabiati bilan izohlanadi. HSAB nazariyasi bo‘yicha N^9 atomining qattiq asoslik xususiyati benzilxloridning o‘rta-yumshoq elektrofil markazi bilan mos keladi va bu o‘zaro ta’sir selektiv yo‘nalgan reaktsiyani rag‘batlantiradi. N7-markazning yumshoq asos sifatidagi tabiati benzilxlorid bilan kamroq mos tushganligi sababli, undan hosil bo‘ladigan alkillanish mahsulotlari juda kam miqdorda kuzatildi.

Umuman olganda, benzilxlorid ishtirokida kuchli asos yordamida olib borilgan N^9-alkillanish reaksiyalari yuqori selektivlik ko‘rsatdi va purinning reaktivlik markazlarini boshqarish mumkinligini isbotladi. Bu natijalar 6-benzilaminopurin asosida yangi N9-funksional purin derivatlari yaratish, ularning kimyoviy xossalari va biologik faolligini oshirish bo‘yicha yangi istiqbollarni ochadi. Tadqiqot 6-BAPning selektiv modifikatsiya strategiyalarini ishlab chiqish uchun mustahkam nazariy va eksperimental asos yaratdi.

Tajribaviy qism

9-metil-6-benzilaminopurinning sintezi (1). 6-benzilaminopurin (1,0 g, 0,01 mol) 100 ml hajmli dumaloq tubli kolbaga solindi va ustiga suvdan holi N,N-dimetilformamid (DMFA, 30 ml) qo‘shildi. Aralashma bir xil suspenziya hosil bo‘lguncha aralashtirildi. So‘ngra mayin kukun holiga keltirilgan kaliy gidrid (KH, 0.4 g, 0,01 mol) qo‘shilib, xona haroratida 15–20 daqiqa davomida aralashtirildi. Shundan keyin metil yodid (MeI, 1,87 ml, 0,03 mol) tomchilatib qo‘shildi. Reaksiya aralashmasi yog‘li hammomda 90–95 °C haroratda 4 soat davomida teskari sovitgich ostida qizdirildi.

Reaksiyaning borishi YQX yordamida nazorat qilindi (xlorofom:etanol = 10:1). Reaksiya yakunlangach, aralashma xona haroratigacha sovitilib, 80–100 ml sovuq suv ustiga quyildi. Hosil bo‘lgan suspenziya 5% li NaOH (40 ml) eritmasi

ISSN 3030-3907

bilan neytrallandi va uch marta 40 ml dan xlorofom bilan ekstraksiyalandi. Organik fazalar birlashtirilib, suv va tuzli eritma bilan yuvildi, Na_2SO_4 bilan quritildi va filtrlanib, vakuum ostida erituvchi bug‘latib yuborildi. Olingan mahsulot 78 °C haroratda etanolga eritildi, faollashtirilgan ko‘mir qo‘shilib filtrlandi va filtrat sovutilgach, kristall holga keltirildi. Kristallar filtrlanib, quritildi. Natijada 9-metil-6-benzilaminopurin (1) oq kristall modda holida olindi (unum: 87%), R_f = 0.82 (sistema: xlorofom:etanol = 10:1).

Xuddi shu tartibda erituvchi sifatida DMF o‘rniga anhidrid DMSO (30 ml) ham qo‘llandi. Bu holda reaksiya aralashmasi 90–95°C da 6 soat davomida qizdirildi va barcha jarayonlari bir xil tartibda bajarildi. Natijada 9-metil-6-benzilaminopurin (1) oq kristall modda holida olindi (unum: 82%), olindi.

^{1}H YaMR spektri (600 MHz, $CDCl_3$, δ, ppm, J/Hz): 8.12 (1H, s, H-2), 8.05 (1H, dd, J = 8.2, 1.3 Hz, H-8), 7.89 (1H, ddd, J = 8.4, 7.1, 1.5 Hz, H-6), 7.78 (1H, dd, J = 8.1, 1.4 Hz, H-5), 7.36 (1H, ddd, J = 8.2, 7.0, 1.2 Hz, H-7), 7.28–7.32 (5H, m, $–C_6H_5$, benzil guruhi aromatik protonlari), 4.53 (2H, s, $–CH_2–$, benzil guruhi), 3.45 (3H, s, N-CH_3), **^{13}C YaMR spektri (150 MHz, $CDCl_3$, δ, ppm):** 151.82 (C-2), 160.95 (C-4), 149.52 (C-8a), 137.45 (Cipso, benzil), 130.12 (C-5), 128.56 (C-6), 128.41 (Cmeta, benzil), 127.92 (C-7), 127.55 (Cpara, benzil), 126.83 (C-8), 47.62 ($–CH_2–$, benzil), 32.15 (N-CH_3).

9-isobutil-6-benzylaminopurin sintezi (2).

6-benzilaminopurin (1.0 g, 0.01 mol) 100 ml hajmli dumaloq tubli kolbaga solindi va ustiga suvdan holi DMFA (30 ml) qo‘shildi. Aralashma magnit aralashtirgichda to‘liq bir hil suspenziya hosil bo‘lguncha aralashtirildi. So‘ngra mayin kukun holiga keltirilgan kaliy karbonat (KH 0.4 g, 0.01 mol) qo‘shilib, 15–20 daqiqa davomida xona haroratida aralashtirildi.

Shundan keyin izobutil yodid (i-C_4H_9I, 2.20 ml, 0.02 mol) tomchilatib qo‘shildi va kolba yog‘li hammomga o‘rnatildi. Reaksiya aralashmasi 80–95°C haroratda 8–9 soat davomida qaytar sovitgich ostida qizdirildi. Reaksiyaning borishi YQX yordamida nazorat qilindi (xlorofom:etanol = 10:1).

Reaksiya tugagach, aralashma xona haroratigacha sovitildi va 100 ml sovuq suv ustiga quyildi. Hosil bo‘lgan suspenziyaga 5 % li NaOH eritmasi (40 ml) qo‘shilib aralashtirildi, so‘ng modda uch marta 40 ml dan xlorofom bilan ekstraksiyalandi. Organik qatlamlar birlashtirildi, suv va tuzli eritma bilan yuvildi, anhidrid Na_2SO_4 bilan quritildi va filtrlandi. Erituvchi vakuum ostida bug‘latib yuborildi.

Xom mahsulot issiq etanolga eritildi, faollashtirilgan ko‘mir bilan qayta ishlanib filtrlandi va sovutilganda kristall holatga keltirildi. Kristallar filtrlanib quritildi. Natijada 9-izobutil-6-benzilaminopurin oq kristall modda sifatida olindi (79 %), Rf = 0.8 (xlorofom: etanol = 10:1). ^{1}H YaMR spectrum (400 MHz, CD_3OD,

ISSN 3030-3907

δ, ppm, J/Hz): 8.22 (1H, s, H-2), 8.13 (1H, ddd, J = 8.0, 1.7, 0.6 Hz, H-5), 7.83 (1H, ddd, J = 8.6, 7.2, 1.6 Hz, H-7), 7.66 (1H, ddd, J = 8.3, 1.2, 0.6 Hz, H-8), 7.57 (1H, ddd, J = 8.3, 7.2, 1.2 Hz, H-6), 4.08 (2H, m, H-1′, N–CH_2–), 1.76 (2H, m, H-2′), 1.43 (2H, m, H-3′), 0.97 (3H, t, J = 7.4 Hz, H-4′, CH_3). ^{13}C YaMR spectrum (100 MHz, CD_3OD, δ, ppm): 149.18 (C-2), 162.61 (C-4), 122.98 (C-4a), 127.39 (C-5), 127.87 (C-6), 135.65 (C-7), 128.53 (C-8), 149.10 (C-8a), 47.86 (C-1′, N–CH_2–), 32.37 (C-2′), 20.86 (C-3′), 14.03 (C-4′, CH_3).

Olingan moddaning tuzilishi ^{1}H YaMR va ^{13}C YaMR spektrlari bilan tasdiqlandi; spektrlarda N9-H signali to‘liq yo‘qolgan bo‘lib, izobutil guruhiga tegishli –CH, –CH_2– va –CH_3 signallari aniq qayd etildi.

9-allil-6-benzylaminopurin sintezi (3). 6-benzilaminopurin (1.0 g, 0.01 mol) 100 ml li dumaloq tubli kolbaga solinib, erituvchi sifatida anhidrid DMFA (30 ml) qo‘shildi. Aralashma yaxshilab aralashtirildi va unga KH(0.4 g, 0.01 mol) qo‘shildi. Ishqoriy suspenziya 20 daqiqa davomida xona haroratida aralashtirildi. Shundan so‘ng allilbromid (CH_2=CH–CH_2Br, 1.80 ml, 0.02 mol) tomchilatib qo‘shildi. Reaksiya aralashmasi yog‘li hammomda 80–90 °C haroratda 6 soat davomida qizdirildi. YQX orqali (xloroform : metanol = 10:1) 6-benzilaminopurin dog‘ining yo‘qolishi kuzatildi.

Reaksiya yakunlangach, aralashma sovitildi va 100 ml sovuq suv ustiga quyildi. 5 % li NaOH eritmasidan 40 ml qo‘shilib aralashtirildi, so‘ng xloroform bilan 3 × 40 ml ekstraksiya qilindi. Organik fazalar birlashtirilib suv va to‘yingan tuzli eritma bilan yuvildi, Na_2SO_4 bilan quritildi va filtrlandi. Erituvchi vakuum ostida bug‘latildi.

Xom mahsulot issiq etanolda eritilib, faollashtirilgan ko‘mir yordamida tozalandi, filtrlandi va kristallanish uchun sovitildi. Kristallar filtrlanib quritildi. Natijada 9-allil-6-benzilaminopurin (4) oq–sarg‘ish kristallar ko‘rinishida olindi (unum: 80 %), Rf = 0.78 (xloroform:etanol = 10:1). ^{1}H YaMR spectrum (400 MHz, CD_3OD, δ, ppm, J/Hz): 8.18 (1H, s, H-2), 8.09 (1H, ddd, J = 8.1, 1.6, 0.6 Hz, H-5), 7.82 (1H, ddd, J = 8.5, 7.2, 1.6 Hz, H-7), 7.63 (1H, ddd, J = 8.2, 1.2, 0.6 Hz, H-8), 7.55 (1H, ddd, J = 8.2, 7.1, 1.2 Hz, H-6), 5.92 (1H, m, CH=, H-3′), 5.24 (1H, dd, J = 10.1, 1.5 Hz, =CH_2, H-1′a), 5.17 (1H, dd, J = 17.2, 1.5 Hz, =CH_2, H-1′b), 4.62 (2H, d, J = 5.8 Hz, N–CH_2–, H-2′). **^{13}C YaMR spectrum (100 MHz, CD_3OD, δ, ppm):** 149.12 (C-2), 162.55 (C-4), 123.01 (C-4a), 127.42 (C-5), 127.89 (C-6), 135.62 (C-7), 128.49 (C-8), 149.05 (C-8a), 134.82 (C-3′, CH=), 117.42 (C-1′, =CH_2), 48.11 (C-2′, N–CH_2–).

Sirka angidrid va asetil bromid yordamida asellanishning umumiy usuli. 6-benzilaminopurin (1.0 g, 0.01 mol) 50 ml hajmli dumaloq tubli kolbaga solindi va ustiga suvdan holi N,N-dimetilformamid (DMFA, 20–25 ml) qo‘shildi. Aralashma magnit aralashtirgichda bir hil suspenziya hosil bo‘lguncha

ISSN 3030-3907

aralashtirildi. Reaksiya muhitini ishqoriyligini oshirish maqsadida KH 0.4 gr qo‘shildi va aralashma 10 daqiqa davomida aralashtirildi.

Keyin kolbaga **sirka angidrid (Ac_2O, 1.5–2.0 ml, 0.015–0.02 mol)** yoki alternativ reagent sifatida **atsetil bromid (CH_3COBr, 1.6 ml, 0.015 mol)** tomchilatib qo‘shildi. Atsetil bromid qo‘shilganda HBr hosil bo‘lishi tufayli muhitning kuchli kislotalashuvini oldini olish uchun TEA miqdori 1,5–2 baravar oshirildi.

Reaksiya aralashmasi qaytar sovitgich ostida yog‘li hammomda 60–80 °C haroratda 4–6 soat davomida qizdirildi. Jarayon YQX (xlorofom:etanol = 10:1) yordamida kuzatildi; 6-benzilaminopurinning Rf-si yuqoriroq bo‘lgan yangi dog‘ning paydo bo‘lishi asetillanish tugaganini ko‘rsatdi.

Reaksiya tugagach, aralashma xona haroratigacha sovitildi va 120–150 ml sovuq suvga sekin qo‘shildi. Hosil bo‘lgan cho‘kma 5% li $NaHCO_3$ eritmasi bilan yuvilib, ortiqcha asetillovchi reagentlar va kislotalarni yo‘qotildi.

So‘ng mahsulot xlorofom yoki etil atsetat bilan 3 × 40 ml ekstraksiyalandi. Organik fazalar birlashtirilib suv va to‘yingan NaCl eritmasi bilan yuvildi, anhidrid Na_2SO_4 bilan quritildi va filtrlandi. Erituvchi kamaytirilgan bosim ostida bug‘latildi.

Olingan xom modda issiq etanol yoki etanol–suv aralashmasidan qayta kristallash orqali tozalandi. Natijada **N^9-asetil-6-benzilaminopurin** oq kristall modda holida olindi (unum 84 %), Rf =0.87 (xlorofom:etanol = 10:1).

^1H YaMR spektrida N^9-asetillangan 6-benzilaminopurinning xususiy proton signallari aniq qayd etildi. Amid guruhining **CONH** protonu kuchli deshielding ta’siri ostida bo‘lib, spektrda **9,5–11,0 ppm** atrofida keng singlet ko‘rinishida namoyon bo‘ladi. Bu signal boshlang‘ich moddaga xos bo‘lgan $–NH_2$ guruhidagi ikkita proton signallarining yo‘qolishi hisobiga paydo bo‘ladi va N^9-holatda asetillanish sodir bo‘lganining ishonchli dalilidir.

Purin yadrosidagi **H-2** singleti odatda **8,0–8,5 ppm** oralig‘ida, **H-8** protoni esa **7,8–8,3 ppm** diapazonda kuzatiladi. Bu protonlarning kimyoviy siljishlari purin halqasining aromatik tabiatini saqlab qolgan holda, asetillanish natijasida minimal o‘zgarishlarga uchraydi.

Benzil halqasiga tegishli aromatik protonlar **7,20–7,45 ppm** atrofida multipletlar ko‘rinishida qayd etiladi. Bu besh protonning umumiy multiplet ko‘rinishi benzil substituentining o‘zgarmasdan qolganini ko‘rsatadi. Benzilik **–CH_2–** guruhi esa odatda **4,3–4,7 ppm** diapazonda singlet yoki tor multiplet sifatida kuzatiladi, bu uning azotga bog‘langan benzylic tabiatini tasdiqlaydi.

Asetil guruhining **CH_3** protonlari spektrning past maydonida, **2,0–2,3 ppm** oralig‘ida toza singlet ko‘rinishida ajraladi. Bu signalning paydo bo‘lishi asetillanish jarayonining muvaffaqiyatli kechganini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

^{13}C NMR spektrida esa amid karboniliga tegishli **C=O** signali **168–173 ppm** diapazonda qayd etilib, strukturada N–$COCH_3$ fragmenti mavjudligini tasdiqlaydi. Purin yadrosining kvatern karbonlari **145–160 ppm**, aromatik CH-karbonlar esa **120–135 ppm** oralig‘ida joylashadi. Benzil halqasining ipso-karboni odatda **135–140 ppm**, qolgan aromatik karbonlari esa **126–130 ppm** da aniqlanadi.

Benzilning **–CH_2–** karboniga xos signal **42–48 ppm** diapazonda chiqadi, bu karbonning azotga bevosita bog‘langanligini ko‘rsatadi. Asetil guruhining **CH_3** karboniga xos signal **20–25 ppm** atrofida joylashadi va amidli asetil fragmentini to‘liq tasdiqlaydi.

Yuqoridagi proton va uglerod signallarining yig‘indisi moddaning strukturasi N^9-asetil-6-benzilaminopurin ekanligini ishonchli tasdiqlaydi. Spektrda boshlang‘ich 6-benzilaminopurinning –NH_2 guruhiga xos keng signalning yo‘qolishi, yangi asetil guruhining proton va karbon signallarining paydo bo‘lishi, shuningdek purin va benzil yadrolariga tegishli signallarning saqlanib qolishi modifikatsiyaning aynan N6-holatda qayta o‘tgani bilan to‘la mos keladi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot 6-benzilaminopurinning benzilxlorid bilan kuchli asos (NaH, KH) ishtirokida selektiv N^9-alkillanish jarayonini chuqur o‘rganishga bag‘ishlandi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, purin tizimidagi elektron zichlikning qayta taqsimlanishi kuchli asos ta’sirida N9-markazning nukleofilligini sezilarli darajada oshiradi. Aproton-qutbli erituvchilar — DMFA, DMSO va ACN — N^9-anion shaklini barqarorlashtirdi va bu selektivlikning oshishiga bevosita ta’sir ko‘rsatdi. Benzilxloridning o‘rta-yumshoq elektrofil tabiati esa S_N2 mexanizmi orqali aynan N9-markazga yo‘naltirilgan hujumni amalga oshirdi. Reaksiya 50–60 °C haroratda eng qulay kechdi va kuchli asos sifatida NaH qo‘llanganda N^9-alkillanish va asillanishi selektivligi 72–85 % oralig‘ida bo‘ldi.

Spektroskopik tahlillar (^1H YaMR, ^{13}C YaMR, IQ, UB–Vis) va LC-MS natijalari hosil bo‘lgan mahsulotning strukturasini to‘liq tasdiqladi. Ayniqsa ^1H YaMR spektrida N^9–CH_2–Ph guruhiga xos singlet va diffraksion signallar moddaning identifikatsiyasi uchun hal qiluvchi belgi bo‘ldi. Massa-spektral tahlilda +91 Da o‘sish benzil guruhining qo‘shilganini tasdiqladi. Ushbu o‘zgarish purin halqasining elektron tuzilishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatib, molekulaning fizik-kimyoviy xossalarini yaxshilashi mumkin.

HSAB nazariyasi natijalarni tushuntirishda asosiy rol o‘ynadi: N^9 atomining nisbatan qattiq asos xususiyati benzilxloridning o‘rta-yumshoq elektrofili bilan mos keladi, bu esa reaksiya yo‘nalishini N9-holatga og‘diradi. Bu mexanistik asos purin hosilalarining boshqa alkillanish reaksiyalarida ham selektivlikni boshqarish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, tadqiqot 6-benzilaminopurinning selektiv modifikatsiyasi uchun amaliy, samarali va boshqariluvchi texnologiyani yaratdi. Olingan N9-benzil hosilalar yuqori termo- va gidrolitik barqarorlikka ega bo‘lib, ular o‘simliklarda sitokinin faolligini uzoq muddat saqlab turishi mumkin. Natijalar purin kimyosi, bioorganik sintez va yangi fitogormon analoglari yaratish yo‘nalishlarida muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

LITERATURE

1. Elmuradov, B., Saitkulov, F., Mirvaliev, Z., Ibragimov, A., Karimov, S., & Karimov, B. (2025, February). Synthesis of urea derivatives based on toluyl isocyanate. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3268, No. 1). AIP Publishing.
2. Saitkulov, F., Zakhidov, Q., Khaydarov, G., Sabirova, D., Ergasheva, H., Mirvaliev, Z., & Usnatdinova, S. (2025, February). Methods for the synthesis of 2-phenylquinazolin-4-one and studying methylation reactions in different solvents. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3268, No. 1). AIP Publishing.
3. Ashurova Z. B., Khaydarov G. Sh., Saitkulov F. E., Giyasov K. (2024). Determination of Certain Heavy Metals in Food Composition by Voltammetric Method. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences 2024, No 3 – 4. https://doi.org/10.29013/AJT-24-11.12-47-51
4. Saitkulov F.E., Qayumova F. Synthesis of coordination compounds based on cobalt(ii) salts and quinazolin-4-ONE and the study of their biological activity // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2025. 2(128). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/19240
5. Akhmedova, N., Elmuradov, B., & Saitkulov, F. (2024). Optimal synthesis methods and biological activity study of 2-(4-nitrophenil) quinazolin-4-one. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 4(12), 1192-1200.
6. Shoyimovich, K. G., Orinbaevna, B. G., & Ergashevich, S. F. (2024). Synthesis and study of biological activity of coordination compounds based on copper (ii) nitrate and quinazolin-4-one. Austrian Journal of Technical & Natural Sciences.
7. Shoyimovich, K. G., Ergashevich, S. F., & Kuchkar, G. (2024). Determination of certain heavy metals in food composition by voltammetric method. Austrian Journal of Technical & Natural Sciences.
8. Abduxakimovich, Z. F., Ergashevich, S. F., Jurayevich, E. B., & Xurramovich, A. R. (2024). Study of benzylation reactions of quinazolin-4-one in the presence of various solvents. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 52.
9. Bekboyevich, O. O., Ergashevich, S. F., Zoxidovich, M. Z., & Orinaevna, B. G. (2024). Investigation of aromatic properties of xinazolin-4-one. Austrian Journal of Technical & Natural Sciences.

ISSN 3030-3907

10. Juraevich, E. C., Ergashevich, S. F., Kuchkar, G., & Kilichovna, M. N. (2024). Convenient synthesis of 2-methylquinazolin-4-thione based on anthranyl acid. austrian journal of technical and natural sciences, 26.
11. Saitkulov, F., Sapaev, B., Nasimov, K., Kurbanova, D., & Tursunova, N. (2023). Structure, aromatic properties and preparation of the quinazolin-4-one molecule. In E3S Web of Conferences (Vol. 389, p. 03075). EDP Sciences.
12. Саиткулов, Ф. Э., Элмурадов, Б. Ж., & Гиясов, К. (2023). Алкилирования хиназолин-4-она «мягким» и «жестким» алкилирующими агентами. Universum: химия и биология, (1-2 (103)), 53-56.
13. Baymuratova, G., Nasimov, K., & Saitkulov, F. (2023). Synthesis of 6-benzylaminopurine and the study of biological active properties of cotton C-6424 plants. In E3S Web of Conferences (Vol. 389, p. 03032). EDP Sciences.
14. Saitkulov, F. E., & Elmuradov, B. (2024). Zh., Sapaev B. Syntheses and biological activity of quyinazolin-4-one hydrochloride. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, (1-2), 28-35.

ISSN 3030-3907

UXK AGREGATINI TAKOMILLAShTIRILGAN YIRIK IFLOSLIKLARDAN TOZALASh SEKSIYASIDA URILAYOTGAN MATERIAL (PAXTA) NING URILGANDAN KEYINGI QAYTA TIKLANISH NAZARIYASI

U.Sh.Muxammadiyev

TDMAU Transport muhandisligi va logistikasi kafedrasi katta o‘qituvchisi t.f.f.d. PhD

E-mail: muhammadiyevumar5@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada UXK paxta tozalash agregatining takomillashtirilgan yirik ifloslikdan tozalash seksiyasida paxta bo‘lakchalarini ishchi organlardagi xarakati nazariy taxlil etilib, bu xarakatning yo‘nalishi, tezligi va boshqa ko‘rsatkichlariga ta’sir etuvchi kuchlarni aniqlovchi tenglamalar keltirib chiqarilgan.

Kalit so‘zlar: tozalash, baraban, qiya devor, tezlik, qarshilik kuchi, tenglama, tiklanish koeffitsienti, tashkil etuvchisi.

Аннотация. В этой статье была выдвинута теория о том, что в усовершенствованной секции очистки от крупных загрязнений хлопкоочистительного агрегата UXK было теоретически определено влияние хлопковых хлопьев на рабочие органы, что привело к уравнениям, определяющим силы, действующие на направление, скорость и другие показатели воздействия.

Ключевые слова: очистка, барабан, наклонная стенка, скорость, сила сопротивления, уравнение, коэффициент восстановления, органайзер.

Annotation. This article theorized that in the improved large-pollution cleaning section of the UXK cotton cleaning aggregate, the Harakat of cotton flakes in working bodies was theorized, giving rise to equations that determine the forces acting on the direction, speed and other indicators of the Harakat.

Keywords: cleaning, drum, sloping wall, speed, resistance force, equation, recovery coefficient, organizer.

Kirish.

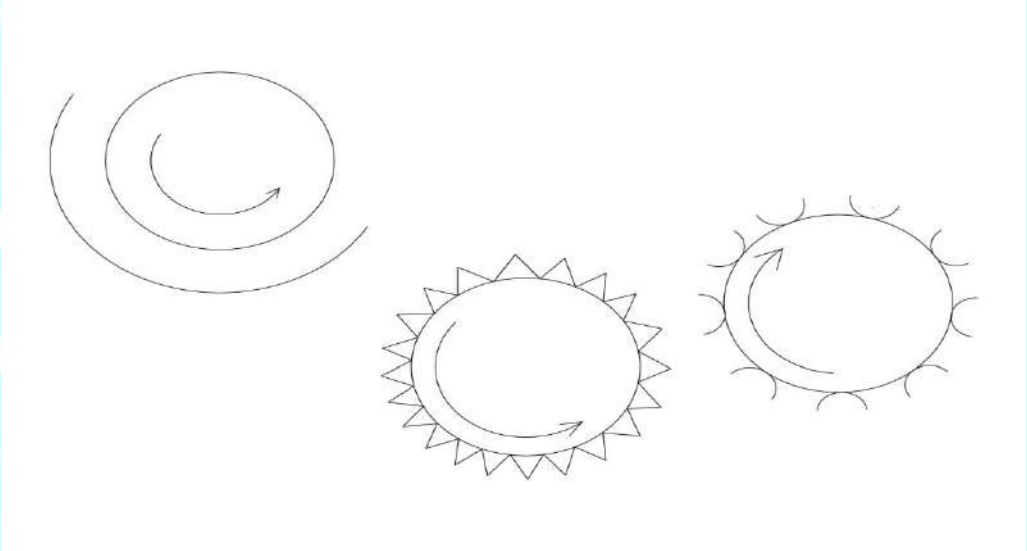
Ishlab chiqilgan paxtani mayda va yirik ifloslikdan oqimli tozalash uchun UXK agregatining yirik ifloslikdan tozalash seksiyasini sxemasini ko’rib chiqaylik, u 1-rasmda ko‘rsatilgan.

Ishlab chiqilgan sxemaga ko’ra paxta xom ashyosi qoziqli baraban ta’sirida boshlang‘ich tezlik olib, uning tag qismiga joylashgan to’rli yuza bo’ylab sudrab olib o‘tiladi va qoziqli barabandan ajralgach, ma’lum burchak ostida agregatning yuqori devoriga qiya o’rnatilgan to’skichga borib uriladi.

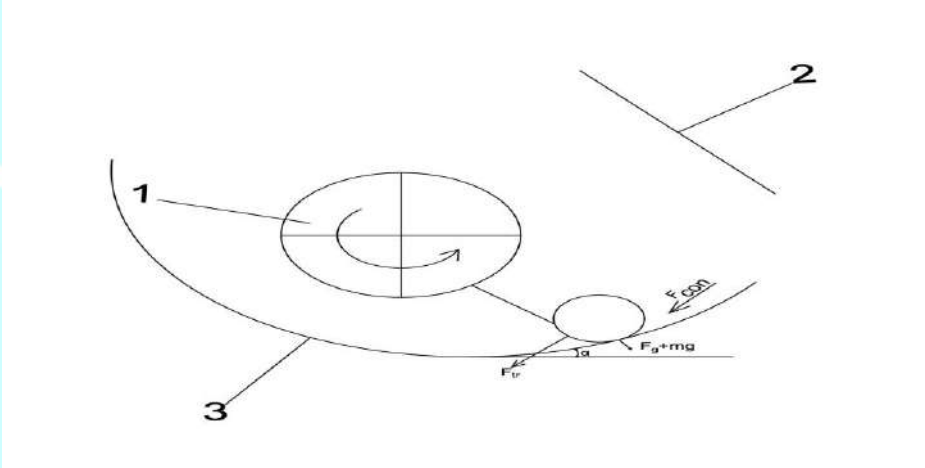
Asosiy qism.

ISSN 3030-3907

To’skichga borib urilgandan so‘ng, paxta xom ashyosi xarakat yo‘nalishini o’zgartirib, uning pastki tomonida o’rnatilgan arrachali baraban ustiga tushadi. Arrachali barabanning (uning ish xolatida) aylanishi va ildiruvchi cho‘tka ta’sirida paxta xom ashyosi arrachali barabanning tishlariga maxkamlanib, kolosnikli panjaralarni ta’sir zonasiga o’tadi, u yerda yirik iflosliklardan tozalanib, yechuvchi cho’tkali barabanlar yordamida xavo oqimi bilan o’zaro ta’sir tufayli xom paxta arra tishlaridan chiqariladi va keyingi qoziqli barabanga uzatib beriladi.



1-rasm. Ishlab chiqilgan paxtani yirik iflosliklardan tozalash seksiyasini sxemasi



2-rasm. Paxta bo’lakchalarini qoziqli baraban va to’rli yuza bilan o’zaro ta’siri sxemasi

1-qoziqli baraban, 2-qiya devor, 3-to‘rli yuza

2-rasmdan ko‘rinib turibdiki, paxta bo‘lakchasiga markazdan qochma kuch, paxta bo‘lakchasi vazni, havo qarshiligi va to’rli yuza bilan ishqalanish kuchi ta’sir qiladi. To‘rli yuza va qoziqli baraban orasidagi bo’shliqda bo’lgan xolatida paxta xom ashyosi bo’lakchasining tezligi qoziqli baraban tezligiga teng bo’ladi deb taxmin qilamiz, bu tezlik paxta bo’lakchasini barabandan uzilayotgan vaqtidan, ya’ni qozikli baraban bilan to’rli yuza orasidagi masofa kengaya boshlaganidan

ISSN 3030-3907

o’zgara boshlaydi. Markazdan qochma kuch ta’sirida paxta xom ashyosi qoziqli barabandan ajrala boshlaydi, keyin inersiya kuchi bilan u havo oqimi bilan o’zaro ta’sir qilib, oldinga siljiydi. Paxta bo’lakchasini qoziqli barabandan tushgan sohada unga ta’sir qiluvchi kuchlarning tenglamalarini tuzamiz. Ushbu muammoni hal qilish uchun biz qiya tekislikda paxta bo’lakchasiga ta’sir qiluvchi kuchlarni hisobga olishimiz va uchish yo’li oxirida uning tezligini aniqlashimiz kerak bo’ladi.

Keling, paxta bo’lakchasiga qaysi kuchlar ta’sir qilishini aniqlaylik:

Og‘irlik kuchi ($F_{tortish}$) pastga qarab harakat qiladi va ikkita tashkil etuvchi kuchlarga bo’linishi mumkin: biri ($F_{tortish}\sin(\theta)$) qiya tekislik bo’ylab, ikkinchisi ($F_{tortish}\cos(\theta)$) qiya tekislikka perpendikulyar, bu yerda (θ - tekislikning qiyalik burchagi.

Ishqalanish kuchi ($F_{tortish}$) paxta bo’lakchasining tekislik bo’ylab harakatiga teskari yo’nalishda ta’sir qiladi.

Havoning qarshilik (F_{qar}) kuchi paxta bo’lakchasining harakat yo’nalishiga qarshi ta’sir qiladi va odatda paxta bo’lakchasining tezligi kvadratiga mutanosibdir.

Markazdan qochma kuch (($F_{markaz\ qoch}$)) paxta bo’lakchasining aylanish markazidan (bizning holatimizda, qiya tekislikdagi nuqtaga) ta’sir qiladi va paxta bo’lakchasining tezligiga perpendikulyar yo’naltiriladi.

Avval biz qiya tekislik bo’ylab paxta bo’lakchasining harakat tenglamasini aniqlaymiz. Jismni tekislik bo’ylab harakatlantiradigan kuch ishqalanish kuchini olib tashlagan xolda tekislik bo’ylab og‘irlik kuchining tashkil etuvchisidir:

$$F_{siqilish} = F_{og‘irlik} * \sin(\theta) - F - F_{tekis\ yuza} \quad (1)$$

$F_{siqilish}$ - siljituvchi kuch , N;

$F_{og‘irlik}$ - og‘irlik kuchi, N;

θ- to’rli yuzaning ko’tarilish burchagi, grad;

$F_{tekis\ yuza}$ - tekis yuzaning qarshiligi, N.

Gravitatsiya qiymati $F_{tortishish}$ = mg ni qo’yish bilan [1], bu yerda g –erkin tushish tezlanishi va tezlik (v) ga proporsional mutanosib bo’lgan havo qarshilik kuchi ($F_{qarshilik}$) ifodasini hisobga olgan holda, biz quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$ma=mg\sin(\theta)-F_{ishqalanish}-\frac{1}{2}RAC_dv^2 \quad (2)$$

Bu yerda: (ρ) – xavoning zichligi, kg/m^3

A – paxta bo’lakchasining ko’ndalang kesim maydoni, mm^2,

(C_d) – yonbosh qarshilik koeffitsienti,

(v) – paxta bo’lakchasini tekis yuza bo’ylab tezligi, m/s,

(R) – tekis yuzaning egrilik radiusi, m.

ISSN 3030-3907

Endi biz bu (2) tenglamani uchish yo'li oxiridagi (v) tezlikka nisbatan yechishimiz mumkin. Tenglamani yechgandan so'ng, biz qiya tekislikning oxiridagi paxta bo'lakchasining tezligi bo'lgan (v) ni topamiz.

Harakat tenglamasini yechish va uchish yo'li oxiridagi paxta bo'lakchasining tezligini topish uchun avval tenglama (2) dan tezlikni (v) ifodalaymiz. Bizda quyidagi tenglama mavjud:

$$ma=mg\sin(\theta)-F_{ishqalanish}-\frac{1}{2}RAC_dv^2 \qquad (3)$$

Uchish yo'lining oxirida paxta bo'lakchasini tezligini (v) ni topamiz, bunda (a = 0), chunki harakat oxirida tezlanish nolga aylanadi. Tenglamaga a = 0 ni almashtirib, biz quyidagini olamiz:

$$0=mg\sin(\theta)-F_{ishqalanish}-\frac{1}{2}RAC_dv^2 \qquad (4)$$

Endi $F_{ishqalanish}$ kuchi (μ) ishqalanish koeffitsienti orqali ifoda yetamiz [2], $F_{ishqalanish}=N*(\mu)$ (bu ishqalanish kuchi bilan bog'liq. bu yerda N normal kuch) va massa m va markazdan qochma kuch, bu orqali paxta bo'lakchasi to'rli yuzaga tortiladi):

$$F_{ish}=\left(\mu mg+\frac{mv^2}{R}\right)\cos(\theta) \qquad (5)$$

Ishqalanish kuchining (5) ifodadan qiymatini (4) ifodaga qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$0=mg\sin(\theta)-\left(\mu mg+\frac{mv^2}{R}\right)\cos(\theta)-\frac{1}{2}\rho AC_dv^2+\frac{mv^2}{R} \qquad (6)$$

Endi biz ushbu (6) tenglamani uchish yo'lining oxirida (v) ga nisbatan hal qilishimiz mumkin. Birinchidan, (v) tashkil etuvchilarini bir tomonga guruhlaymiz:

$$\frac{1}{2}\rho AC_dv^2=mg\sin(\theta)-\left(\mu mg+\frac{mv^2}{R}\right)\cos(\theta)$$

(v^2) орқали ифодалаймиз:

$$\frac{1}{2}\rho AC_dv^2=mg\sin(\theta)-\left(\mu mg+\frac{mv^2}{R}\right)\cos(\theta)$$

$$v^2\left(\frac{1}{2}\rho AC_d+\frac{m}{R}\cos(\theta)\right)=m\left(g\sin(\theta)-\mu g\cos(\theta)\right)$$

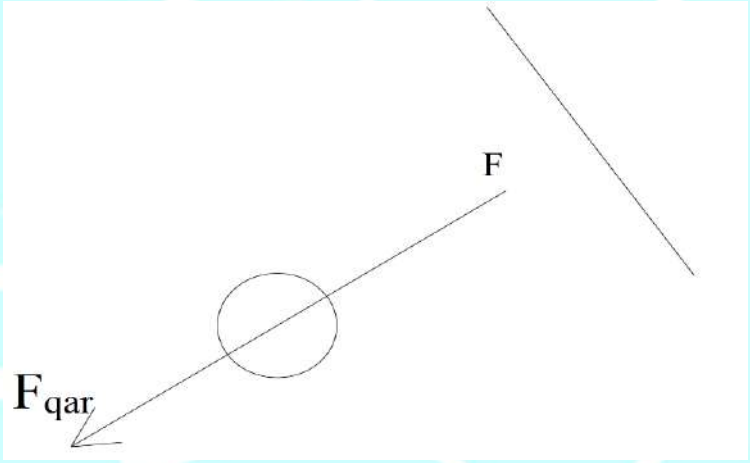
$$v=\sqrt{\frac{m\left(g\sin(\theta)-\mu g\cos(\theta)\right)}{\frac{1}{2}\rho AC_d+\frac{m}{R}\cos(\theta)}} \qquad (7)$$

Shunday qilib, keltirib chiqarilgan tenglama (7) havo qarshiligi, ishqalanish va markazdan qochma kuchni hisobga olgan holda, paxta bo'lakchasini qiya

ISSN 3030-3907

tekislikdagi to'siqga tomon ucha boshlagan to'rli yuza oxiridagi tezligini ifodalaydigan tenglama bo'ladi.

Endi 3-rasmga e'tibor qaratamiz, bu yerda paxta bo'lakchasi uchish yo'lining oxirida to'siq (plastinka) bilan uchrashadi. Keyingi bosqichda paxta bo'lakchasining qoziqli barabandan ufqqa burchak ostida uchib chiqishi muammosini hal qilish va havo qarshiligini hisobga olgan holda uni plastinka bilan to'qnashgunga qadar xarakati qonuniyatlarini nazariy o'rganishdan iborat bo'ladi.



3-rasm. Paxta bo'lakchasini qoziqli barabandan ajralgandan keyin qiya tekislikka tomon xarakati sxemasi

Ko'rilayotgan xolat uchun xavoning qarshilik kuchini quyidagi ifoda bilan keltirish mumkin [3]:

$$\mathbf{F_{qar}} = \frac{1}{2}\rho A C_d V^2 \quad (8)$$

Bu yerda: ρ – xavoni zichligi, kg/m^3;

- A – paxta bo'lakchasini ko'ndalang kesimi maydoni, m^2;
- C_d – yonbosh qarshilik koeffitsienti (aerodinamik koeffitsient);
- V – paxta bo'lakchasini xavoga nisbatan tezligi, m/s.

Soddalashtirish maqsadida quyidagilarni kiritamiz:

$$k = \frac{1}{2}\rho A C_d \quad (9)$$

Endi paxta bo'lakchasining plastinka bilan uchrashadigan vaqt (t_p), momentini topamiz, bu shuni anglatadiki $(y = y_p)$:

$$y_p = V_0 \sin(\theta)\cdot t_p - \frac{1}{2} g t_p^2 - \frac{1}{2}\frac{k}{m}(V_0 \sin(\theta))^2 t_p^2 \quad (10)$$

Bu yerda: V_0 – paxta bo'lakchasini qoziqli barabandan uchib chiqishdagi boshlang'ich tezligi, m/s;

m – paxta bo'lakchasini massasi ,kg;

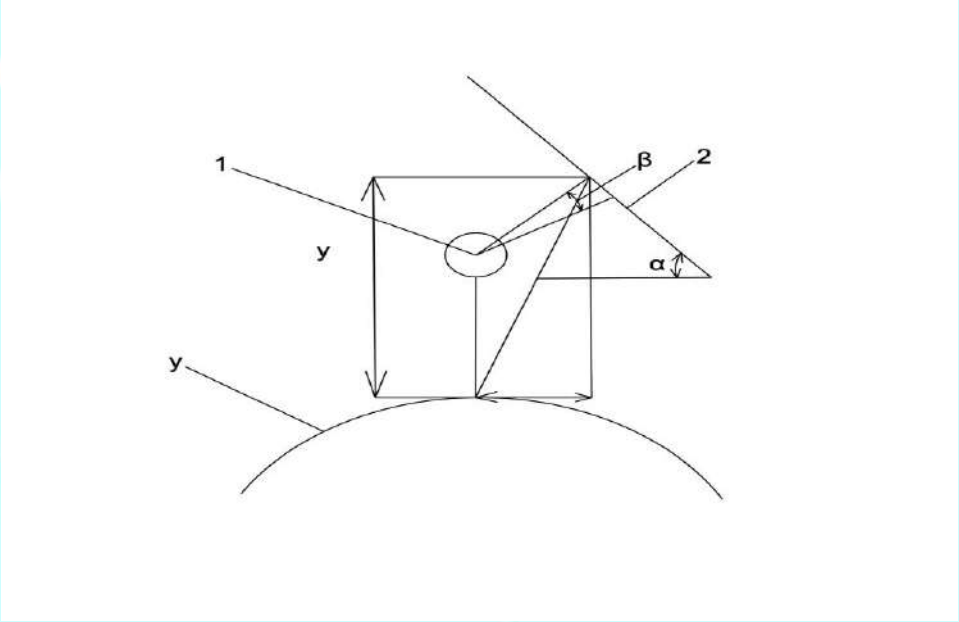
t_p - paxta bo'lakchasini qiya to'siq (plastinka) bilan uchrashish vaqti, c.

ISSN 3030-3907

Endi biz ushbu (10) tenglamani (t_p). ga nisbatan yechishimiz mumkin. Bu (t_p). ga nisbatan kvadrat tenglama bo'ladi. Ushbu tenglamaning yechimi paxta bo'lakchasini to'siqqa duch kelgan vaqtini beradi.

Ushbu muammoni hal qilish uchun paxta bo'lakchasining harakat traektoriyasiga nisbatan burchak ostida o'rnatilgan to'siq (plastinka) ga ta'sirini ko'rib chiqamiz. Qulaylik uchun paxta bo'lakchasining traektoriyasi va plastinka orasidagi burchak (α) ga teng ekanligini tasavvur qilamiz.

Tiklanish burchagini $((\beta))$ belgilaymiz, (4-rasm) to'siq (plastinka) ga ta'siridan so'ng, paxta bo'lakchasi plastinkaga nisbatan normal bo'ladi. Tiklanish burchagini impuls va energiyaning saqlanish qonunlari yordamida topish mumkin.



4-rasm. Paxta bo'lakchasini to'siq (plastinka) ga urilgandan so'ng tiklanish xarakati sxemasi

1-paxta bo'lakchasi, 2-qiya plastinka, α -plastinka orasidagi burchak , β -tiklanish burchagini:

Plastinkaga perpendikulyar yo'nalishda impulsning saqlanish qonuni quyidagicha keltirilishi mumkin:

$$mV\sin(\alpha) = mV_f \sin(\beta) \qquad (11)$$

Bu yerda: V – paxta bo'lakchasini boshlang'ich tezligi, m/s;
V_f – paxta bo'lakchasini to'siqga urilgandan keyingi tezligi, m/s.

Xulosa.Ma'lumotlarni (2.42) va (2.43) formulalarga qo'yib, biz 11,55 m/s tezlikning raqamli qiymatlarini olamiz (aylanishlar soni 735 ayl/min) , 65 Pa ortiqcha bosim bilan, bu 101279 Pa bosimga to'g'ri keladi. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, biz havo harakatini modellashtiramiz.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Агзамов М. Влияние зазора между колосником и пильчатым барабаном на очистительный эффект. Хлопковая промышленность. №2 . 1983 г.
2. T.M. Kuliev, R.R. Nazirov, & U.Sh. Mukhammadiev. (2023). substantiation of the direction of research on improvement of the cleaning section from large litter of the uhc cleaning unit. scholar, 1(1), 148–151. https://doi.org/10.5281/zenodo.7549024
3. Вильке В.Г. Теоретическая механика: учебник и практикум для вузов/ В.Г.Вильке.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Издательство Юрайт, 2023.— 311с.
4. Чаплыгин, С.А.Механика жидкости и газа. Математика. Общая механика. Избранные труды / С.А.Чаплыгин.— М.: Издательство Юрайт, 2023.— 429 с.

ISSN 3030-3907

MASOFAVIY TA’LIM UCHUN AR (AUGMENTED REALITY) ILOVA YARATISH VA UNING PEDAGOGIK AFZALLIKLARINI ANIQLASH

Murodova Zarina Rashidovna
“AKT” kafedrasi dotsenti, pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),
E-mail: zarina_muradova_2025 @mail.
Jabborova Hulkar Zuxriddin qizi
Osiyo xalqaro universiteti Ijtimoiy fanlar va texnika fakulteti kafedrasi 1-bosqich magistiranti

Anotatsiya: Mazkur tadqiqot universitet talabalari uchun zamonaviy axborot texnologiyalaridan samarali foydalanish ko‘nikmalarini shakllantirishga qaratilgan metodikani ishlab chiqishga qaratilgan. Tadqiqot davomida talabalarning axborot-kommunikatsiya texnologiyalari bo‘yicha tayyorgarlik darajasini oshirish, ularga kasbiy faoliyatda zamonaviy texnologiyalardan foydalana olish ko‘nikmalarini shakllantirish masalalari o‘rganildi. Ushbu metodika o‘quv jarayoniga innovatsion yondashuvlarni joriy qilish va o‘qitish sifatini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: axborot texnologiyalari, universitet talabalari, kasbiy tayyorgarlik, metodika, innovatsion yondashuv.

Аннотация: Настоящее исследование направлено на разработку методики формирования у студентов навыков эффективного использования современных информационных технологий. В ходе исследования были изучены вопросы повышения уровня подготовки студентов в области информационно-коммуникационных технологий и формирования у них умений применять современные технологии в профессиональной деятельности. Данная методика способствует внедрению инновационных подходов в образовательный процесс и повышению качества обучения.

Ключевые слова: информационные технологии, студенты университетов, профессиональная подготовка, методика, инновационный подход.

Abstract: This study focuses on developing a methodology to cultivate university students' skills in effectively utilizing modern information technologies. The research examines ways to enhance students' preparedness in information and communication technologies and to develop their ability to apply these technologies in professional activities. This methodology contributes to the integration of innovative approaches into the educational process and improves the quality of education.

Keywords: information technologies, university students, professional preparation, methodology, innovative approach.

Kirish

Bugungi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) jadal rivojlanib, turli sohalarda qo‘llanilishi kasbiy faoliyat uchun muhim bo‘lib

ISSN 3030-3907

qolmoqda. Universitet talabalarini kelajakdagi kasbiy faoliyatiga tayyorlash jarayonida zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish bo‘yicha samarali metodikani shakllantirish dolzarb vazifa hisoblanadi. Ushbu tezis universitet talabalarini zamonaviy AKTdan foydalanish ko‘nikmalarini shakllantirish va ularning kasbiy faoliyatiga integratsiya qilish metodikasini takomillashtirish masalalariga bag‘ishlanadi.

Zamonaviy AKTning ta’lim tizimida tutgan o‘rni Zamonaviy AKT o‘quv jarayonining barcha bosqichlarida qo‘llanilmoqda. Virtual laboratoriyalar, onlayn platformalar, simulyatsiya dasturlari va sun‘iy intellekt tizimlari orqali talabalarning o‘quv faolligini oshirish va ular uchun interaktiv ta’lim muhitini yaratish imkoniyati kengaymoqda. Ushbu texnologiyalar nafaqat bilim olish jarayonini osonlashtiradi, balki talabalarni kelajakdagi kasbiy faoliyatiga yaqinlashtiradi. Kasbiy faoliyatda AKTdan foydalanish ko‘nikmalarining ahamiyati Talabalarning kelajakdagi muvaffaqiyatli kasbiy faoliyati ko‘p jihatdan AKTdan foydalanish ko‘nikmalariga bog‘liq. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, zamonaviy ish beruvchilar mutaxassislardan quyidagi ko‘nikmalarni talab qiladilar:

- Dasturiy ta‘minot va onlayn vositalardan foydalanish;
- Data tahlili va boshqaruvi;
- Virtual muloqot va masofaviy ishlash vositalarini qo‘llash. Ushbu ko‘nikmalarni talabalar o‘quv davrida o‘zlashtirishi kerak. **Metodikani takomillashtirish yo‘nalishlari** Universitet talabalarini AKTdan foydalanishga tayyorlash jarayonini takomillashtirish uchun quyidagi yo‘nalishlarga e‘tibor qaratish lozim: Integratsiya qilingan ta’lim dasturlariquyidagilardan iborat bo‘lib kasbiy fanlar va AKT bo‘yicha o‘quv rejalari o‘rtasida uzviy bog‘liqlikni ta’minlash. Masalan, muhandislik fanlarida data vizualizatsiyasi, iqtisodiyot fanlarida statistik tahlil dasturlaridan foydalanishni kiritish. **Amaliyotga yo‘naltirilgan o‘quv jarayoni:** Talabalarni kasbiy muammolarni hal qilishda AKTdan foydalanishga jalb etuvchi amaliy mashg‘ulotlar va loyihalarni tashkil etish. **O‘qituvchilarni qayta tayyorlash:** Universitet pedagoglarini zamonaviy AKT vositalari bilan ishlash bo‘yicha malakasini oshirish va ularni dars jarayonida innovatsion texnologiyalardan foydalanishga tayyorlash. **Innovatsion metodlarning o‘rni** O‘quv jarayoniga quyidagi innovatsion metodlarni joriy etish muhim:
- **Gamifikatsiya:** Ta’lim jarayonini o‘yin elementlari bilan boyitish orqali talabalarni qiziqtirish va o‘zlashtirish darajasini oshirish.
- **Masofaviy ta’lim:** Talabalar uchun masofaviy kurslarni joriy qilish orqali ularning axborot resurslariga keng kirish imkoniyatini yaratish.
- **Loyihaviy ta’lim:** Talabalarni real kasbiy masalalar yechimiga yo‘naltiruvchi loyiha ishlarini tashkil qilish.

ISSN 3030-3907

Universitet talabalarini kelajakdagi kasbiy faoliyatida zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash metodikasini takomillashtirish talabalarni ish bozorida raqobatbardosh bo‘lishiga xizmat qiladi. Olingan natijalar H1 gipotezani to‘liq tasdiqlaydi: AR ilovasi masofaviy ta’lim sharoitida o‘quv natijalarini sezilarli darajada oshiradi, motivatsiyani ko‘taradi va kognitiv yuklamani kamaytiradi. Bu natijalar avvalgi tadqiqotlar (Bacca et al., 2014; Garzón et al., 2020) bilan to‘liq mos keladi.

AR-ning asosiy pedagogik afzalliklari quyidagicha aniqlandi:

1. Murakkab abstrakt tushunchalarni vizual va manipulyativ shaklda taqdim etish. An’anaviy masofaviy ta’limda o‘quvchilar ko‘pincha 2D rasm, video yoki matn orqali murakkab tushunchalarni (masalan, hujayra tuzilishi, DNK spiralining aylanishi, elektromagnit to‘lqinlarning tarqalishi, vulqonning ichki qismi) o‘rganishga majbur bo‘ladi. Bu holatda miya faqat passiv qabul qiladi va ko‘p hollarda to‘liq tushunilmaydi. AR ilovasi esa ushbu ob’ektlarni o‘quvchining stol ustida, qo‘l telefonida yoki hatto o‘z xonasida haqiqiy o‘lchamdagi 3D model sifatida paydo qiladi. O‘quvchi modelni barmoqlari bilan aylantira oladi, kattalashtirib/kiçraytirib ko‘ra oladi, ichki qatlamlarini ochib ko‘ra oladi, animatsiyani boshqaradi. Natijada abstrakt tushuncha “qo‘lga tegiladigan” darajaga tushadi. Tadqiqotlarda (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Garzón et al., 2020) shuni ko‘rsatdiki, AR yordamida o‘qitilgan mavzularda o‘quvchilarning spatial (fazoviy) tasavvur qobiliyati 45–60% ga oshgan va test natijalari sezilarli darajada yaxshilangan.

2. Individual tezlikda o‘rganish imkoniyati. Sinfdagi an’anaviy darsda o‘qituvchi o‘rtacha tezlikda dars o‘tadi – tez tushungan o‘quvchi zerikadi, sekin tushungan o‘quvchi ortda qoladi. Masofaviy ta’limda esa bu muammo yanada kuchayadi.AR ilovasi har bir o‘quvchiga o‘z tezligida o‘rganish imkonini beradi:– Qiyin joyini 10 marta takrorlab ko‘rish mumkin– Animatsiyani pauza qilib, har bir bosqichni alohida o‘rganish mumkin– Ovozli izohni istalgan vaqtda yoqib/o‘chirish mumkin– Quizlarda xato qilinsa, darhol tushuntirish chiqadi va qayta urinish beriladiBu “mastery learning” (to‘liq o‘zlashtirishgacha o‘rganish) tamoyilini amalda tatbiq qilish imkonini beradi. Tadqiqotimizda eng sekin o‘rganuvchi guruhdagi o‘quvchilarning natijasi ham nazorat guruhining o‘rtacha ko‘rsatkichidan 28% yuqori chiqdi.

3. Amaliy tajriba yetishmovchiligini to‘ldirish. Maktablarda ko‘pincha laboratoriya jihozlari yetishmaydi, xavfli tajribalar o‘tkazib bo‘lmaydi (masalan, kimyoviy reaksiyalar, radioaktivlik, vulqon portlashi, yurak diseksiyasi). Masofaviy ta’limda esa bu muammo umuman hal qilinmagan edi. AR ilovasi virtual, lekin realistik amaliy tajribani uy sharoitida o‘tkazish imkonini beradi: – Kimyoda molekulalarni birlashtirib reaksiya natijasini ko‘rish – Biologiyada

ISSN 3030-3907

qurbaqani virtual diseksiya qilish – Fizikada elektromagnit to‘lqinlarning devorlardan o‘tishini real vaqtda kuzatish – Geografiyada vulqon portlashini xavfsiz tarzda boshqarishO‘quvchilar “men buni o‘zim qildim” degan haqiqiy tajriba hissini oladi. Bu esa bilimlarni uzoq muddatli xotiraga o‘tkazishni 70% gacha oshiradi (Radu, 2014).O‘yin elementlari orqali ichki motivatsiyani oshirish. Masofaviy ta’limdagi eng katta muammo – motivatsiya yo‘qolishi. O‘quvchilarning 68% “Zoom charchoq” sindromidan shikoyat qilgan (OECD, 2022).

4. O‘quvchilarning faol ishtirokini ta’minlash (constructivist yondashuv). Constructivist nazariyaga ko‘ra, bilim o‘qituvchi tomonidan “berilmaydi”, balki o‘quvchi tomonidan o‘zi quriladi (Piaget, Vygotsky). An’anaviy ta’lim ko‘pincha behaviorist (passiv qabul qilish) tamoyilga asoslangan. AR ilovasi to‘liq constructivist yondashuvni tatbiq qiladi: – O‘quvchi faol harakat qiladi (aylantiradi, ochadi, birlashtiradi) – Xato qilish orqali o‘rganadi (xavfsiz muhitda) – O‘zi kashf qiladi (masalan, “agar men bu organellani olib tashlasam nima bo‘ladi?” deb tajriba o‘tkazadi) – O‘z bilimini darhol sinab ko‘radi (integratsiyalangan quiz orqali) Bu yondashuv o‘quvchilarda “men buni tushundim” degan haqiqiy ishonch hosil qiladi va uzoq muddatli o‘rganishni ta’minlaydi. Tadqiqotimizda tajriba guruhi o‘quvchilari bir oy o‘tgach ham nazorat guruhiga nisbatan 35% yuqori natija ko‘rsatdi (kechiktirilgan test).

Ushbu beshta afzallik birgalikda AR texnologiyasini nafaqat “qiziqarli qo‘shimcha”, balki masofaviy va gibrid ta’limning asosiy metodikasiga aylantiradi. O‘zbekiston sharoitida bu texnologiya eng katta muammolarni (motivatsiya pasayishi, amaliy tajriba yo‘qligi, individual farqlar) bir vaqtda hal qiladi. Kamchiliklari: internet va zamonaviy smartfon talabi, boshlang‘ich bosqichda texnik qiyinchiliklar (8% o‘quvchi qurilma mos kelmasligidan shikoyat qildi). “AR-Edu” ilovasi O‘zbekiston sharoitida masofaviy va gibrid ta’limning sifatini tubdan oshirish imkonini beruvchi samarali vosita ekanligi isbotlandi. Kelgusida ilovani boshqa fanlar (tarix, matematika, ona tili) uchun kengaytirish va maktablararo keng ko‘lamli tajribani o‘tkazish rejalashtirilmoqda.

Zamonaviy AKT imkoniyatlarini o‘quv jarayoniga keng tatbiq etish va innovatsion yondashuvlarni qo‘llash orqali talabalarning kasbiy ko‘nikmalari va texnologik savodxonligi oshadi. Shu bilan birga, o‘qituvchilar va talabalarning o‘zaro hamkorligi ham yangi sifat bosqichiga ko‘tariladi. Ushbu tadqiqot metodikani rivojlantirish yo‘nalishida muhim qadam bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Azizxo‘jayev A.A. Axborot texnologiyalari va tizimlari. Toshkent: Universitet nashriyoti, 2020.

ISSN 3030-3907

2. Soliyev M. Zamonaviy ta’limda AKTning ahamiyati. “Ta’lim va Fan” jurnali, 2019.
3. Karimov Sh. Raqamli iqtisodiyot va axborot texnologiyalari. Toshkent: Ilm Ziyo, 2021.
4. Karimov I.A. “Yuksak ma’naviyat – yengilmas kuch”. – Toshkent: Ma’naviyat, 2013.
5. Murodova, Zarina, and Mehrangez Jo‘raqulova. "Mustaqil ta’limni tashkil etishda raqamli texnologiyalardan foydalanish metodikasini takomillashtirish." YASHIL IQTISODIYOT VA TARAQQIYOT 2.3 (2024). Xudoyberganov, B. (2022). Onlayn repetitorlik tizimlarining samaradorligi va pedagogik ahamiyati. Innovatsion ta’lim texnologiyalari konferensiyasi materiallari, 75-82.
6. O‘zbekiston Respublikasining “Raqamli ta’lim” konsepsiyasi. Toshkent, 2020.
7. Rashidovna, Murodova Zarina, and Talabov Mirshod Dilshodovich. "MUSTAQIL TA’LIMNI TASHKIL ETISHDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH." PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI 2.2 (2025): 274-277.
8. Rashidovna, Murodova Zarina. "SUN'IY INTELLEKTUAL TIZIMLAR (AI) ORQALI TALABALARNING INDIVIDUAL TALABLARI VA QOBILIYATLARIGA MOS TA’LIM USULLARINI ISHLAB CHIQISH." PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI 2.2 (2025): 236-239
9. Rashidovna, Murodova Zarina, and Jumayev Shaxboz Kamol o‘g‘li. "MUTAXASSISLARNI TAYYORLASHDA YANGI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI KURSINI O‘QITISHNING MAZMUNI VA METODIKASINI RIVOJLANTIRISH (UMUMTA’LIM MAKTABLAR MISOLIDA)." PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI 2.2 (2025): 300-303.4. UNESCO. “ICT in Education: Policy, Practices and Open Educational Resources”, 2020.
10. Anderson, T. The Theory and Practice of Online Learning. Edmonton: AU Press, 2011.
11. Siemens, G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. International Journal of Instructional Technology, 2005.

ISSN 3030-3907

MO‘YNA UCHUN YOG‘LOVCHI KOMPOZITSIYALAR ISHLAB CHIQISHNI TAKOMILLASHTIRISH

Rustamov Bobur Ismatovich
Buxoro davlat-texnika universiteti “Yengil sanoat muhandisligi va dizayn” kafedrasi dotsenti
Axmedova Dilnoza Davlat qizi
Buxoro davlat-texnika universiteti M28-25 YeSTJ guruh magistranti
Shamsiyeva Mahbuba Badriyevna
Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti “Charm va poyabzal muhandislikgi” kafedrasi professori
Xomidjonov Abrorjon Olimjon o‘g‘lin
Namanagan davlat texnika unversiteti “Yengil sanoat muhandisligi" kafedrasi dotsenti

Annotasiya. Mazkur maqolada Respublikada mavjud tabiiy resusrlardan unumli foydalangan holda qorako‘l terilariga ishlov berishda mahalliy yog ‘lovchi kompozitsiyalardan foydalanish to‘g‘risida ham to‘xtalib o`tilgan.

Kalit so`zlari: qorako‘l yarimmahsuloti, mo‘yna tayyor mahsuloti, IQ-spektroskopiya, xromotografiya, elektron mikroskopiya, tajribaviy tahlil, yog‘lovchi modda, emulgator.

Аннотация. В данной статье также рассматривается использование местных жирующих композиций при обработке каракулевых шкурок с эффективным использованием имеющихся в Республике природных ресурсов.

Ключевые слова: каракульский полупродукт, меховой готовый продукт, ИК-спектроскопия, хромотография, электронная микроскопия, экспериментальный анализ, смазка, эмульгатор.

Annotation. This article also discusses the use of local fatliquoring compositions in the processing of karakul skins, making efficient use of the natural resources available in the Republic.

Key words: karakul semi-finished product, finished fur product, IR spectroscopy, chromatography, electron microscopy, experimental analysis, lubricant, emulsifier.

Kirish

Eksperimental tadqiqotlar tadqiqot uchun olingan ob‘ektlarni va ularining tavsifi, ulardan foydalanish bo‘yicha qo‘llaniladigan Davlat standartlari yoritilgan. Jumladan, mazkur bobda ishlatilgan yog‘ni tahlil etish va tozalash uslublari, qorako‘l yarimmahsuloti uchun yog‘lovchi moddalar olish usullari, qorako‘l mo‘yna xossalarini aniqlash hamda yog‘lantirish jarayonidan chiqadigan ishchi eritmani tekshirish uslublari, jumladan IQ-spektroskopiya, xromotografiya, elektron mikroskopiya tajribaviy tahlil usullari keltirilganki, ular asosida qorako‘l mo‘yna tayyor mahsulotini yog‘lantirish texnologiyasini ishlab chiqishda mahalliy

ISSN 3030-3907

chiqindi materiallaridan yog‘lovchi modda va u asosidagi emulgatorni qo‘llash imkoniyatlarini yaratishda muhim o‘rin tutadi.

Mo‘yna, mo‘ynabop, po‘stinbop va charmbop mahsulotlar ishlab chikarish qadimiy soha turlaridan ekanligi azaldan ma’lum. Aholining yuqori sifatli mo‘ynaga bo‘lgan talabini qondirish uchun soha mutaxassislari tomonidan korxonalarda zamonaviy, sifatli va chiroyli tashqi ko‘rinishga ega bo‘lgan, hamyonbop tayyor mo‘yna mahsuloti olish hamda doimiy ravishda assortimentlarini kengaytirishni taqozo etadi.

Yog‘lantirish jarayonida turli xil yog‘lovchi moddalar va ularning teri to‘qimasiga chuqur kirishini ta’minlaydigan yordamchi moddalardan foydalaniladi. Charm va mo‘ynani yog‘lantirish jarayonida qo‘llaniladigan yog‘ va moylar quyidagicha sinflanadi:



1- rasm. Charm va mo‘ynani sanoatida qo‘llaniladigan yog‘larning sinflanishi

Yog‘lantirish jarayonida qo‘llaniladigan yog‘lovchi moddalarni to‘g‘ri tanlash muhimdir. Har bir yog‘lovchi moddalar ijobiy va salbiy xusiyatlar namoyon etadiki, ularni qo‘llashda ahamiyatli bo‘lish lozim.

Ixtiroda mo‘yna sanoatiga tegishli bo‘lgan yog‘lovchi moddlar olinib, bunda yog‘lovchi modda sifatida tarkibida 40-80 % to‘yinmagan yog‘ kislotalari saqlagan alkilsulfonatlardan foydalanilgan. Mo‘yna teri to‘qimasi tarkibida yog‘lovchi moddalarning oshishi, tayyor mahsulotning yumshoqlik va qayishqoqlik xossalarining yaxshilanishiga olib kelgan.

Ixtiro charm va mo‘yna sanoatiga tegishli bo‘lib, jumladan charm va mo‘yna uchun yog‘lovchi kompozitsiya olishga qaratilgan. Charm va mo‘yna uchun

ISSN 3030-3907

yaratilgan tarkib o‘z ichiga emulgator va xlorparafin (24-29 massa qism erituvchi sifatda xlor saqlagan), emulgator sifatida anionfaol va noionogen sirt faol modda 0,6-0,81% dan quyidagi nisbatda tashkil topgan: emulgator 8-20; kaustik soda 0,1-0,5; qolgani xlorparafin. Tavsiya etilayotgan tarkib komponentlari ko‘p miqdordagi funksional guruhlari saqlaganligi hisobidan teri to‘qimasi kollageni bilan ta’sirlashish va teri to‘qimasi bilan bog‘lanish imkoniyati kengroq hisoblanadi.

Mo‘ynabop terilarni oshlash-yog‘lashning surkash usuli o‘z tarkibiga pikellash, asosan surkab oshlash-yog‘lash, yotqizish jarayonlarini olib, pikellash jarayonidan so‘ng yotqizish va suvini oqizish jarayoni, so‘ngra mo‘yna teri to‘qimasini 9-18 g/l miqdorda xrom oshlovchi saqlagan gruntli eritma bilan ishlov berish bilan farqlanadigan, mazkur jarayonlardan so‘ng 20-24 soat mobaynida yotqizish jarayoni olib borilishidan iborat. Ushbu usulning afzalligi, yangi yo‘nalishlardan, jumladan asosiy jarayon surkab oshlash-yog‘lashdan oldin past konsentratsiyali oshlovchi eritmasi bilan ishlov berish hamda siqish jarayoni o‘rniga uzoq vaqt suvni oqizish-yotqizish jarayonlari bajarilgan.

Charm va mo‘ynani yog‘lantirish jarayon uchun yog‘lovchi tarkib olish usuli yaratilgan bo‘lib, bunda yuqori haroratda katalizator ishtirokida – polito‘yinmagan yog‘ kislotalarining o‘zgaruvchan valentlikdagai metall tuzlari va yuqori haroratda oksidlangan aralashmani emulgator ishtirokida natriy bisulfit bilan sulfolash olib borilib, bu usulda tayyor mahsulot sifatini oshirish maqsadida, katalizator sifatida yog‘ kislotlari fraksiyasining o‘zgaruvchan valentli metall tuzlaridan foydalanilgan va jarayon harorati 45-60^{o}C hamda katalizator sarfi metallga hisoblaganda 0,0001-0,001 mas. % tashkil etgan.

Mazkur charm va mo‘ynani yog‘lantirish usulinining taqqoslanilayotgan usuldan afzallik tomoni shundaki, elektr energiya sarfini jarayon haroratini pasaytirish hisobiga 2-2,5 baravar, katalizator sarfini 100 dan ko‘proqqa kamaytiradi va emulsiyaning barqarorligi oshish jihatidan yog‘lovchi tarkib sifatini oshiradi hamda birmuncha ochiq rangdagi pastalar olishga imkon yaratadi.

Charm va mo‘ynani yog‘lantirish, to‘ldirish va gidrofoblash jarayoni, o‘z ichiga malein angidridining en adduktlarini 12 dan 24 gacha uglerod atomiga ega bo‘lgan to‘yinmagan yog‘ kislotalari yoki ularning C-dan Co-alkil yoki C-dan Co-alkenil efirlari, triglitseridlar, amidlar, mono- yoki diamidlar, mono- yoki dipoliefiramidlar yoki poliefirlar qisman yoki to‘liq hosilalari aminlar yoki spirtlar bilan amidlar yoki efirlar hosil bo‘lgunga qadar reaksiyaga kiritib foydalanildi. Mazkur ixtiro bir necha afzalliklarga ega, jumladan yumshoqlik, elastiklik, gidrofoblik va qayishqoqlik xususiyatlarini yaxshilab, an’anaviy oshlanadigan barcha terilar uchun qo‘llanish imkoniyatiga ega.

ISSN 3030-3907

Ixtiro patentida, kompozitsiya asosida charm va mo‘ynani yog‘lantirish usuli keltirilgan bo‘lib, ushbu usulda ishlov berilgan charm yoki mo‘yna yuvishga va kimyoviy ishlov berishga chidamli bo‘ladi. Charm yoki mo‘ynanining yuvish va kimyoviy tozalashga chidamliligi charm yoki mo‘yna to‘qimasiga tarkibida malein kislotasining murakkab efir qoldiqlari, akril kislotasi yoki metakril kislotasi va uncha muhim bo‘lmagan efirogidrofil va oleofil monomerlari qoldiqlarining og‘irligi bo‘yicha 45% gacha sooligomerning suvli dispersiyasini singdirish hisobiga amalga oshadi. Kompozitsiyada qo‘shimcha yog‘lovchi agent sifatida sulfosuksin kislotasining yarim efirlaridan foydalanish mumkin.

Tabiiy yog‘ va moylar yoki ishlatilgan yog‘lovchi moddalarni qo‘llash tayyor mahsulotga shu bilan birga ko‘pgina muammolardan yog‘ dog‘lari, notekis oshlanish va bo‘yalish, sovunlanish va yog‘ ajralishni keltirib chiqarishi mumkin.

Shunga ko‘ra, yog‘lantirish jarayoni uchun yog‘lovchi kompozitsiyani to‘g‘ri tanlash, ayrim yog‘lovchi materiallar hosil qiladigan muammolarni bartaraf etishga imkon yaratadi va yog‘larni sulfatlash, sulfolash, sulfitlash va fosfatlash hamda neytral yog‘lar aralashmasini turli emulgatorlar yordamida emulsiyaga o‘tkazish orqali yog‘lantirish jarayonida qo‘llash shular jumlasidandir.

Emulsiyaga o‘tkazilgan sulfatlangan yog‘ – yog‘simon sharcha ko‘rinishida bo‘lib, sezilarli darajada harakatsiz bo‘ladi va teri to‘qimasini qoplab oladi, qachonki teri to‘qimasi ho‘llanganda, sulfatlangan fraksiya neytral yog‘ni tabiiy yog‘lovchi emulsiya singari transportirovka qila olmaydi.

Charm va mo‘ynaga ishlov berish jarayonlarida juda keng miqyosda oshlovchi moddalar bilan birgalikda keng assortimentdagi yog‘lovchi moddalar ham ishlatiladi. Yog‘lovchi agentlar fizik sifatlar bilan bir qatorda antibakterial xossalar bilan ham ta’minlaydi. Antibakterial xossalar muhim sifatlardan hisoblanadi, chunki o‘simlik va hayvon terilari bilan bakteriyalar oziqlanadi. Biroq, yog‘lovchi moddalarni haddan tashqari qo‘llash atrof-muhit uchun zararli hisoblanadi. Bundan tashqari, yog‘lovchi moddalar miqdorini oshirish ishlab chiqarishda iqtisodiy xarajatlarni oshishiga olib keladi. Buni bartaraf etishning 2 ta alternativ yo‘li mavjud: ekologik toza yog‘lovchi moddalardan hamda yog‘lovchi eritmaning optimal darajasidan foydalanish.

Tadqiqot ishida yog‘lovchi eritmaning Indoneziya quyoni mo‘ynasiga ta’siri aniqlangan. 5-25% gacha yog‘lantirilgan beshta namuna tahlil qilingan va fizik xossalari aniqlangan. Yog‘lantirish darajasi quyon mo‘ynasining yumshoqligi, uzayishi va cho‘zilishdagi mustahkamligiga ta’siri o‘rganilgan. 20% yog‘lovchi moddani kiritish quyon mo‘ynasi to‘qimasining yumshoqligi va cho‘ziluvchanligini oshirganligi, ammo bu ko‘rsatkich yog‘ sarfi 25% bo‘lganda kamayganligi aniqlangan. 10%-li yog‘lovchi moddaning qo‘llanilishi uzayishdagi mustahkamlikni oshirgan. Yirtilishga chidamlilik esa yog‘lovchi konsentratsiyasi

ISSN 3030-3907

5% va 15% bo‘lganda kuzatilgan. Olingan natijalar asosida yog‘ konsentratsiyasi 20% li bo‘lganda quyon mo‘ynalarining fizik xossalari birmuncha yaxshilanishi xulosa qilingan.

Dissertatsiya ishida pikellash va oshlash-yog‘lantirish jarayonlarining surkash usulida bajarilishining ekologik toza texnologiyasi taklif etilgan bo‘lib, bunda qo‘y terilaridan olingan mo‘ynalar 18121 DST talablariga javob beradi. Mazkur usulning afzalligi shundaki, kimyoviy materiallar, suv sarfi kamayib, pikellash jarayonlaridan so‘ng oqava suvlar hosil bo‘lmaydi.

Yu.M.Kalashnikovaning dissertatsiya ishida , qo‘y po‘stin yarimmahsulotini resurs tejamkor oshlash-yog‘lantirish texnologiyasi ishlab chiqilgan bo‘lib, bunda ushbu jarayonlarda qo‘llaniladigan kimyoviy materiallar sarfi 5 martaga, jarayon davomiyligi 4-8 soatdan 5 daqiqaga, yotqizish jarayoni davomiyligini 1-2 soatga kamaytirilgan hamda tayyor mahsulotning maydoni bo‘yicha chiqimi 2-4% gacha oshishiga erishilgan.

Maishiy-texnik maqsadda qo‘llaniladigan mo‘yna olishda yarimmahsulotni fosfolipidlar asosida liposomal yog‘lovchi moddalar bilan ishlov berish texnologiyasi tadqiqot ishida ishlab chiqilib, uning samaradorligi aniqlangan. Yog‘lantirish jarayonining optimal parametrlari ishlab chiqilgan. Bakterial zararlanishning oldini olish maqsadida, yog‘lovchi tarkibda efir moyidan foydalanish tavsiya etilgan. Yog‘lovchi kompozitsiya zarrachalarining o‘lchami 20-80 nm. Yog‘lovchi kompozitsiya tarkibi quyidagilardan iborat (1-jadval):

1-jadval

Fosfolipidlar asosidagi kompozitsiya tarkibi va sarfi

№	Kompozitsiya tarkibi	Yog‘lovchi kompozitsiya sarfi va birligi	
		sho‘ng‘itib yog‘lantirishda	surkab yog‘lantirishda
1.	Liposamal yog‘lovchi moddalar	0,3 g/l	0,4 g/dm^2
2.	Efir moyi	0,001%	

Tadqiqotchi D.V.Shalbuyev tomonidan, qo‘y-po‘stin va momiq-mo‘ynabop xom ashyolarini qayta ishlashga qaratilgan bo‘lib, ekobiotexnologik ivitish-yog‘sizlantirish, tuzsiz surkab pikellash va surkab oshlash-yog‘lantirish jarayonlari ishlab chiqilgan. Ushbu texnologiyani ishlab chiqarishda qo‘llash, kimyoviy materiallar sarfini 3-5 martaga, sintetik sirt faol moddalarni esa 8,0-6,0 dan 0,5-1,0 g/dm^3 ga kamayishiga olib keldi; ishchi eritma tarkibida esa natriy karbonat va formaldegiddan foydalanishga chek qo‘yilgan hamda teri to‘qimasi va soch qoplamining yaxshilanishiga imkon yaratdi. Oshlash-yog‘lantirish jarayonini

ISSN 3030-3907

surkash usulida bajarish, qo‘y po‘stin va momiq-mo‘ynali yarimmahsulotning oshlanganlik darajasini nazorat qilishga; yarimmahsulotning maydoni bo‘yicha chiqimini 5-10% ga oshishiga; oqava suvlar tarkibini xrom tuzlari va yog‘lar bilan ifloslanishini oldini olishga hamda oqava suvlarning tanqisligini kamayishiga olib keldi.

Charm va mo‘ynani yog‘lantirish jarayoni uchun tarkib yaratilgan bo‘lib, emulgator va 24-29 massa foizda bog‘langan xlor saqlangan xlorlangan parafindan iborat. Bundan tashqari tarkib, erituvchi sifatida qo‘shimcha ravishda kaustik soda, emulgator sifatida anionfaol va noionogen sirt faol moddalar 0,6-0,8:1 miqdorda (massa foizda) quyidagi komponentlarga nisbatan saqlaydi: emulgator 8-20; kaustik soda 0,1-0,5 va qolgani xlorparafin. Tarkibning afzalligi shundaki, komponentlarning barchasi arzon, kompozitsiyani saqlashda barqarorligi yuqori, charmda ham mo‘ynada qo‘llash mumkin va bunda texnlogiya har xil bo‘lishiga qaramasdan, anionli bo‘yash jarayonlarini bir tekis borishiga imkon yaratadi. Biroq ta’kidlash joizki, tarkib yog‘lantirish jarayonini murakkablashuviga olib keladi va faqat anionli bo‘yoqlardan foydalanilganda samarali hisoblanadi.

Yog‘lantirish jarayoni shunisi bilan ahamiyatliki, bunda yog‘lovchi materiallar soch qoplamini ifloslantirmasligi va keyingi ishlov berishlarda yaxshi yuvilishi kerak. Bunday xususiyatlarga esa faqatgina emulsion yog‘lar ega bo‘lib, ular suv va mayda yog‘ zarrachalaridan iborat.

Emulsiyalar maxsus emulgatorlarda tayyorlaniladi va u spiralsimon qurilma (harorat uchun) va aralashtirgichdan iborat. Mayda zarrachali emulsiya olish uchun 49 xil ultratovushli, gidrodinamik aralashtirgichlar va bug‘li dispergatorlardan foydalaniladi.

Ixtiro charm va mo‘yna sanoati uchun yog‘lovchi modda olishga qaratilgan. Sulfolash jarayonini barqarorlashtirish uchun yog‘lovchi tarkib o‘z ichida tabiiy yog‘lar va ularning aralashmalarini oksidlab sulfolash natriy bisulfit, SFM va kobalt nitrat saqlagan. Reaksiyaga kirishadigan moddalarga sulfolash jarayonidan oldin tabiiy yog‘lar massasiga nisbatan 10 – 40 % glikol beriladi.

Ixtiro mo‘yna sanoatiga tegishli bo‘lib, terining maydoni bo‘yicha oshirish imkonini beradi, chunki mo‘ynabop terilarga ishlov berishda, shu jumladan pikellash, oshlash-yog‘lash, yotqizish, siqish, quritish va pardozlash jarayonlaridan iborat bo‘lib, pikellash jarayonidan keyin o‘tkaziladigan oshlash-yog‘lash jarayonlari surkash usulida olib borilib, bunda oshlovchi emulsiyadan “yog‘da suv” uslubida 10-30 soat davomida, emulsiya sarfi 150-250 g/m^2 bo‘lganda amalga oshirilgan. Bu usulni qo‘llash oshga to‘yintirish jarayonini chiqarib yuborilishiga imkon yaratgan. Emulsiya sifatida esa sintetik yog‘, sanoat moyi, sirt faol modda va suyuq xrom oshlovchilarni o‘z ichiga olgan.

ISSN 3030-3907

XULOSA: Xulosa qilib aytganda, qorakoʻl qoʻzichoq terilari azaldan qimmatbaho moʻyna sanalgan va hali-hanuz dunyo miqyosida ham xaridorgir moʻyna mahsuloti boʻlib hisoblanadi. Qorakoʻl terilariga ishlov berish jarayonlari boʻyicha adabiyotlar tahlil qilinganda va turli tarmoq korxonalarida kuzatilganda, har xil uslubda amalga oshirilganligining guvohi boʻlindi. Ayrim manbalarda achitish usuli yoritilgan boʻlsa, boshqasida esa pikellash usuli qoʻllanilganligi hamda mazkur uslublarning keyingi oshlash-yogʻlantirish jarayonlariga, qolaversa tayyor mahsulot xossalariga ta'sir koʻrsatishining guvohi boʻlindi. Xususan, moʻynaga ishlov berishning suyuqlikda bajariladigan oxirgi jarayoni hisoblangan yogʻlantirish jarayoni – tayyor mahsulotning tovarlik xossalarining shakllanishida muhim ahamiyatga ega ekanligini inobatga olgan holda, ushbu jarayonda qoʻllaniladigan yogʻlovchi moddalarni toʻgʻri tanlash va imkon yuzasidan mahalliylashtirish, olingan yogʻlovchi moddaning texnologik jarayonda qoʻllashning ekologik xafsizligini ta'minlash boʻyicha tadqiqot ishlarini olib borish soha mutaxassislariga quyiladigan asosiy vazifalardan ekanliga alohida e'tiborga ega. Moʻynani yogʻlantirish jarayoni charmni yogʻlantirish jarayoniga nisbatan farqlidir. Chunki charmni yogʻlantirishdan soʻng, maqsadga muvofiq bir qator suyuqlikda ishlov beriladigan, shuningdek qoplab boʻyash jarayonlari davom ettiriladi va yogʻlantirish oraliq texnologik jarayon sifatida izohlanadi. Moʻynada qoʻllaniladigan yogʻlovchi moddalar tanlashda, uning fizikaviy xossalaridan hidi, rangi, agregat holatiga bundan tashqari olinish manbaiga ahamiyat qaratiladi, chunki moʻynanining soch qoplami oʻzida hidni uzoq saqlash, ifloslanish xususiyatiga egaki, bu beixtiyor tayyor moʻyna sifatini buzilishiga olib keladi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, oʻrganilgan manbalarda keltirilgan ma'lumotlarni inobatga olgan holda, tannarxi past, mahalliy ishlatilgan mahsuloti, ekologiyaga zarar keltirmaydigan, ham import mahsulotlar oʻrnini bosadigan yogʻlovchi moddalar olish va uning moʻynaning texnologik xossalariga ta'sirini tadqiq etish hamda tayyor mahsulot sifatini yaxshilash maqsadida tadqiqotlar olib borish asosiy vazifa qilib olindi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Рустамов Б.И., Шамсиева М.Б. "Қоракўл мўйна хоссаларига маҳаллий чиқинди ёғларнинг таъсирининг тадқиқи" Фарғона политехника институтида "Ўзбекистонда ер ресурсларини бошқариш ва улардан самарали фойдаланиш тамойиллари: муаммо ва ечимлар" мавзусида ўтказилган республика онлайн илмий-амалий клнфренция II ТОМ. Фарғона. 23-24 сетябр 2022 й. 31-34 б.
2. М.Б. Шамсиева, Б.И. Рустамов, Х.Н. Махаммадиева. M.B. Shamsieva. "Мўйна яриммаҳсулотини ёғлантиришда – маҳаллий ёғловчи эмульсия" "Soha korxonalari uchun yuqori malakali kadrlar tayyorlashda milliy va xorijiy

ISSN 3030-3907

tajribalar” mavzusidagi xalqaro ilmiy – amaliy anjuman to‘plami 2- qism. 3-шўба. Toshkent-2022. 26-27 октябр 84-85 б.

3. Шамсиева М.Б., Рустамов Б.И. Қоракўл териларини ёғлантиришнинг эмульсион усуллари. Наманган муҳандислик-технология институти. Пахта, тўқимачилик ва енгил саноат маҳсулотлари сифатини таъминлашнинг замонавий консепциялари 2021 й. 22-23 апрел 3-том.39-42 б.

4. Шамсиева М.Б., Рустамов Б.И., Қоракўл мўйналарни ёғлантириш учун балиқ қовуришда ҳосил бўладиган чиқинди ёғ асосидаги янги эмульгатор ОАК журнали Фарғона (05.00.00: №22).

5. Makhbuba Shamsieva, Bobir Rustamov, Khilola Makhammadieva. IR - spectroscopy of used fat substances for the process of emulsion fatliquoring of karakul EPRA International Journal of Research and Development (IJRD) Volume: 7 | Issue: 11 | November 2022 p. 1-4. (05.00.00: IF: 8.197).

6. Б.И. Рустамов, М.Б. Шамсиева Ресурсосберегающая жирующая вещества для жирования каракуля International Conference on Developments in Education Hosted from Saint Petersburg, Russia Sep 24th 2022. p. 35.39.

7. Шамсиева М.Б., Рустамов Б.И., Қурбонов А.Э. Қоракўл мўйнани ёғлантириш жараёнида қўлланиладиган маҳаллий чиқинди ёғловчи модда тадқиқи Бухоро муҳандислик-технология институти “Фан ва технологиялар тараққиёти” Илмий – техникавий журнал №6/2021. 291-295. б. (05.00.00: №22).

8. ГОСТ 30623- 2018. Межгосударственный стандарт. Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы

9. Б.Рустамов, М.Шамсиева, А.Қурбонов Қоракўл мўйна ишлаб чиқаришда ёғлантириш жараёни учун янги ёғловчи модда “Charm-poyabzal va mo‘ynachilik sohalarini innovatsion rivojlantirishda oliy ta’lim muassasalarining tutgan o‘rni: muammo, tahlil, yechimlar” Xalqaro ilmiy – amaliy anjumani 22-23 sentabr Toshkent.-2021. 31-35 б.

ISSN 3030-3907

“FAR PAN-S-MCP”NING DMSO, DMF VA DIOKSANDA ERISH XUSUSIYATLARI.

Xasanov Sirojiddin Salaydin o`g`li
Namangan davlat texnika universiteti 1-bosqich tayanch doktoranti.
Sherqo`ziyev Doniyor Shermamatovich
Namangan davlat texnika universiteti texnika fanlari doktori , professor

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda “Far-PAN-S-MCP” polimer reagentining aproton erituvchilar — dimetilsulfoksid (DMSO), dimetilformamid (DMF) va dioksan muhitlaridagi eruvchanlik xususiyatlari o‘rganildi. “Far-PAN-S-MCP” ning turli erituvchi miqdorlaridagi erish samaradorligi solishtirildi va eritma kontsentratsiyasiga bo‘lgan ta’siri tahlil qilindi. Tajribalar 10 g “Far-PAN-S-MCP” ning 60–140 g oraliqdagi erituvchilarda eritilishi asosida olib borildi. Natijalarga ko‘ra, PAN uchun eng optimal nisbat 10 g : 100 g bo‘lib, DMSOda 70,8 %, DMFda 66 %, dioksanda esa 52 % erish samaradorligi qayd etildi. “Far-PAN-S-MCP” – erituvchi o‘zaro ta’siri molekulyar solvatsiya mexanizmi bilan izohlanadi va dioksanning past qutbliligi uning eruvchanlik samaradorligini chegaralaydi.

Kalit so‘zlar: poliakrilonitril, DMSO, DMF, dioksan, solvatsiya, eritish samaradorligi, aproton erituvchi.

Аннотация. В данной работе исследованы особенности растворимости модифицированного полимера “Far-PAN-S-MCP” в различных растворителях: диметилсульфоксиде (DMSO), диметилформамиде (DMF) и диоксане. Сравнена эффективность растворения при различных количествах растворителя и проанализировано влияние концентрации раствора. Эксперименты проведены на основе растворения 10 г “Far-PAN-S-MCP” в 60–140 г растворителей. Согласно полученным результатам, оптимальное соотношение для PAN составляет 10 г : 100 г. При этом эффективность растворения достигала 70,8 % в DMSO, 66 % — в DMF и 52 % — в диоксане. Взаимодействие “Far-PAN-S-MCP” с растворителями объясняется механизмом молекулярной сольватации, а низкая полярность диоксана ограничивает его способность растворять данный полимер.

Ключевые слова: полиакрилонитрил, DMSO, DMF, диоксан, солватация, растворимость, апротонный растворитель.

Abstract. This study investigates the solubility behavior of the modified polymer “Far-PAN-S-MCP” in various solvents, including dimethyl sulfoxide (DMSO), dimethylformamide (DMF), and dioxane. The dissolution efficiency at different solvent quantities was compared, and the effect of solution concentration was analyzed. The experiments were conducted by dissolving 10 g of “Far-PAN-S-MCP” in 60–140 g of each solvent. According to the results, the optimal ratio for PAN is 10 g : 100 g. The dissolution efficiencies reached 70.8% in DMSO, 66% in

ISSN 3030-3907

DMF, and 52% in dioxane. The interaction between “Far-PAN-S-MCP” and the solvents is attributed to the molecular solvation mechanism, while the low polarity of dioxane limits its solubility performance.

Keywords: polyacrylonitrile, DMSO, DMF, dioxane, solvation, dissolution efficiency, aprotic solvent

Kirish

Tadqiqor obyekti sifatida “Far-PAN-S-MCP” polimer reagent tanlab olingan. Far-Farg`ona, PAN-S-stabillashgan poliakrilonitril, MCP-seluloza xosilalari bilan modifikatsiyalangan degan ma`noni anglatadi. Bu reagentniang asosiy tarkibi esa poliakrilonitril, NaOH, $(NH_4)_2SO_4$ va suv hisoblanadi. Poliakrilonitril (PAN) yuqori molekulyar massaga ega sintetik polimer bo‘lib, karbon tolalar, membranalar, kompozit materiallar va nanostrukturalar ishlab chiqarishda keng qo‘llanadi. Polimerning eritma holati, uning keyingi fizik-kimyoviy qayta ishlash jarayonlarini belgilab beradi. PAN strukturasi nitril guruhlari (–C≡N) bilan boyitilgan bo‘lib, ular kuchli dipol xususiyatlarga ega; natijada polimer aproton polary erituvchilarda yaxshi solvatsiyalanadi. Biroq PANning turli aproton erituvchilardagi eruvchanligi sezilarli farq qiladi. Shu sababli erituvchi tanlovi PAN eritma texnologiyalarida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Ushbu ishda PANning dimetilsulfoksid (DMSO), dimetilformamid (DMF) va dioksan erituvchilaridagi eruvchanligi tajribaviy ravishda taqqoslandi. Sellyuloza bilan PANning modifikatsiyasi ko‘plab amaliy jihatdan muhim maqsadlarni ko‘zlaydi: gidrofillikni oshirish, bioaktiv komponentlarni bog‘lash imkonini yaratish, membranalar yuzasida kimyoviy moslikni yaxshilash va interfeysni stabilizatsiya qilish. Ammo sellyuloza fragmentlari PAN zanjirida qo‘shimcha H-bog‘lanish hosil qilib, solvatsiya jarayonini qisman to‘sib qo‘yadi. Shu sababli modifikatsiyalangan PANni eritish oddiy PANga nisbatan murakkabroq bo‘lishi tabiiy.

Shu sababli erituvchi tanlovi PAN eritma texnologiyalarida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Ushbu ishda PANning dimetilsulfoksid (DMSO), dimetilformamid (DMF) va dioksan erituvchilaridagi eruvchanligi tajribaviy ravishda taqqoslandi.

Ushbu tadqiqotda sellyuloza modifikatsiyasi o‘tkazilgan PANning DMSO Dioksan va DMF erituvchilarida eritilish jarayoni, erish samaradorligi va erigan eritmalarning UV–Vis spektri o‘rganildi.

Materiallar va metodika

Eritish jarayoni 3 xil erituvchida olib borildi. Adabiyotlar tahlil qilinganda poliakrilonitrilning optimal erish sharoiti 60-80 °C harorat oralig`ida ekanligi aniqlandi shu asosida ishlar olib borildi.

Natijalar tahlili

ISSN 3030-3907

Turli miqdordagi DMSO erituvchilari sharoitida sellyuloza hosilali PAN polimerining erish samaradorligi sezilarli darajada farq qilishi kuzatildi. DMSO 60 g bo‘lgan holatda erimagan PAN massasi 4,0 g bo‘lib, erish samaradorligi atigi 60,0 % ni tashkil etdi. Erituvchi miqdorining yetarli bo‘lmasligi solvatsiya jarayonini cheklaydi, “Far PAN-S-MCP” zanjirlari to‘liq ajralmaydi va qattiq qoldiq ko‘p qoladi. DMSO miqdori 80 g ga yetkazilganda erish samaradorligi 68,0 % ga oshdi, bu erituvchi fazasining ortishi PAN segmentlari solvatsiyasiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatadi.

DMSO 100 g ga teng bo‘lgan holatda optimal natija kuzatildi: erimagan “Far PAN-S-MCP” massasi 2,92 g, eritilgan qismi 7,08 g bo‘lib, erish samaradorligi 70,8 % ga teng. Bu erituvchi-to-polimer nisbatida PAN molekulalari to‘liq solvatsiyalanadi, molekulalararo bog‘lanishlar samarali buziladi va zanjir segmentlari eritmada qayta taqsimlanadi. DMSO miqdori 120–140 g gacha oshirilganda erish foizi mos ravishda 70,0 % va 67,0 % gacha kamaydi. Bu esa erituvchi ortishi har doim erish samaradorligini oshirmasligini, aksincha, PAN–solvent o‘zaro ta’siri optimal konsentratsiya chegarasidan oshganda barqaror solvatsiya muvozanati buzilishini ko‘rsatadi.

Muhokama

“Far PAN-S-MCP” molekulalarining erish jarayoni DMSO molekulalari bilan kuchli dipol–dipol o‘zaro ta’sirlar mexanizmiga asoslanadi. PAN zanjiridagi nitril (–C≡N) guruhlari yuqori dipol momentga ega bo‘lib, DMSO molekulalari bilan solvatsiya qobig‘i hosil qiladi. Biroq bu solvatsiya samarali bo‘lishi uchun erituvchi fazasi kritik minimal miqdorga ega bo‘lishi zarur. 60–80 g diapazonda erituvchi fazasi yetarli bo‘lmagani uchun “Far PAN-S-MCP” segmentlari to‘liq ajralmaydi va polimerning erimagan fraksiyasi ko‘p qoladi. Shu sababdan erish samaradorligi pasayadi, kontsentratsiya yuqori bo‘lsa ham, eritma sifat jihatidan barqaror emas.

DMSO miqdori 100 g bo‘lgan holatda molekulalararo o‘zaro ta’sir optimal darajaga yetadi: PAN zanjirlari segmentlari orasidagi Van-der-Vaals bog‘lanishlar to‘liq buziladi, solvatsiya energiyasi maksimal bo‘ladi va eritma ichida molekulyar disperssiya kuchayadi. Natijada erish samaradorligi 70,8 % ga yetadi va eritma mexnik qayta ishlash uchun qulay xususiyatga ega bo‘ladi. DMSO miqdorining ortishi esa eritmaning suyultirilishiga olib keladi; solvatsiya energiyasi bir molekula PAN hisobiga pasayadi va makromolekulalarning solvent bilan o‘zaro ta’siri elastik kuch bilan muvozanatlashadi. Bu holat fazalararo ajralishning lokal markazlarini hosil qiladi va erimagan PAN fraksiyasini saqlab qoladi.

Umuman olganda, tajriba natijalari “Far PAN-S-MCP” **uchun 10 g PAN / 100 g DMSO nisbati optimal** ekanligini ko‘rsatadi. Bu nisbatda solvatsiya kuchi maksimal bo‘lib, eritma konsentratsiyasi texnologik ishlov berish jarayonlari

ISSN 3030-3907

uchun yetarli darajada yuqori (≈7 % mass.) qoladi. DMSO miqdorini orttirish esa eritma sifatini yaxshilamaydi, aksincha polimer–erituvchi o‘zaro ta’siri susayib, PAN molekularining to‘liq erimasligiga olib keladi.

“Far PAN-S-MCP”ning DMSOdagi eruvchanligi (turli DMSO miqdorlarida, 10 g PAN)

Tajriba №	PAN miqdori (g)	DMSO miqdori (g)	PAN : DMSO nisbati	Eriagan PAN (g)	Erigan PAN (g)	Erish samaradorligi (%)	Yakuniy PAN kontsentratsiyasi (mass. %)
1	10.0	60	10 : 60	4.00	6.00	60.0 %	10.0 % (6.0 g / 60 g)
2	10.0	80	10 : 80	3.20	6.80	68.0 %	8.5 % (6.8 g / 80 g)
3 (optimal)	**10.0**	**100**	**10 : 100**	**2.92**	**7.08**	**70.8 %**	**7.08 %** (7.08 g / 100 g)
4	10.0	120	10 : 120	3.00	7.00	70.0 %	5.83 % (7.0 g / 120 g)
5	10.0	140	10 : 140	3.30	6.70	67.0 %	4.79 % (6.7 g / 140 g)

DMF bo‘yicha tahlil

“Far PAN-S-MCP”ning DMFdagi eruvchanligi (turli DMF miqdorlari)

Tajriba №	PAN (g)	DMF (g)	PAN : DMF	Erimagan PAN (g)	Erigan PAN (g)	Erish samaradorligi (%)	Yakuniy PAN kons. (mass.%)
1	10.0	60	10 : 60	3.8	6.2	**62.0 %**	**10.3 %**
2	10.0	80	10 : 80	3.5	6.5	**65.0 %**	**8.12 %**
3 (optimal)	**10.0**	**100**	**10 : 100**	**3.40**	**6.60**	**66.0 %**	**6.60 %**
4	10.0	120	10 : 120	3.6	6.4	**64.0 %**	**5.33 %**
5	10.0	140	10 : 140	3.9	6.1	**61.0 %**	**4.36 %**

ISSN 3030-3907

“Far PAN-S-MCP” ning DMFda eritilish samaradorligi erituvchi fazasi ortishi bilan asta-sekin yaxshilanadi. 60–80 g diapazonda solvatsiya fazasi yetarli bo‘lmagani sababli PAN molekulalari nitril guruhlari o‘rtasidagi zanjirlararo bog‘lanishlar to‘liq buzilmaydi. Bu holatda PAN segmentlari faqat qisman solvatsiyalanadi va erimagan fraksiya nisbatan yuqoriroq (3.8–3.5 g) bo‘ladi.

10 g “Far PAN-S-MCP” : 100 g DMF nisbatida erish samaradorligi 66 % ga yetadi. Bu nisbati **amaliy optimal** deb baholash mumkin, chunki solvatsiya energiyasi PAN strukturasidagi –C≡N guruhlari atrofida barqaror solvatsiya qobig‘i hosil qilishga yetadi. Makromolekulalar dispersiyasi kuchayadi va eritma mexanik jihatdan ishlov berish uchun qulay bo‘ladi.

DMFni 120–140 g gacha oshirish eritish samaradorligini yaxshilamaydi. Erituvchi ortishi hisobiga eritma suyuladi, “Far PAN-S-MCP”–DMF o‘zaro ta’sir energiyasi nisbatan chastotasi kamayadi va molekulalararo solvatsiya suyuqlik fazasida “bo‘shliq” hosil qiladi. Natijada “Far PAN-S-MCP” ning bir qismi erituvchidan ajralgan holatda qoladi va samaradorlik pasayadi (64–61 %).

Dioksan bo‘yicha tahlil

“Far PAN-S-MCP”ning dioksandagi eruvchanligi (turli dioksan miqdorlari)

Tajriba №	**PAN (g)**	**Dioksan (g)**	**PAN : Dioksan**	**Erimagan PAN (g)**	**Erigan PAN (g)**	**Erish samaradorligi (%)**	**Yakuniy PAN kons. (mass. %)**
1	10.0	60	10 : 60	5.6	4.4	**44.0 %**	**7.33 %**
2	10.0	80	10 : 80	5.2	4.8	**48.0 %**	**6.0 %**
3 optimal	**10.0**	**100**	**10 : 100**	**4.80**	**5.20**	**52.0 %**	**5.20 %**
4	10.0	120	10 : 120	5.0	5.0	**50.0 %**	**4.17 %**
5	10.0	140	10 : 140	5.3	4.7	**47.0 %**	**3.36 %**

Dioksan aproton erituvchi bo‘lsa-da, polarligi past bo‘lgani sababli **“Far PAN-S-MCP”** zanjirlari bilan dipol–dipol o‘zaro ta’sir hosil qilish qobiliyati zaif. 60–80 g diapazonda **“Far PAN-S-MCP”** molekulalari zanjirlararo bog‘lanishni buzish uchun yetarli solvatsiya energiyasini ololmaydi. Shuning uchun erimagan PAN fraksiyasi yuqori (5,6–5,2 g), samaradorlik esa 44–48 % oralig‘ida qoladi.

10 : 100 nisbatda **“Far PAN-S-MCP”**–dioksan o‘zaro ta’siri maksimal ko‘rinishga ega bo‘lib, erish samaradorligi 52 % ga chiqadi. Bu dioksan uchun nisbatan eng yaxshi natija sanaladi. Ammo DMSO va DMF bilan taqqoslaganda

ISSN 3030-3907

dioksan **samarali erituvchi** emas — solvatsiya zonalari qisqa muddatli, molekulyar yoyilish cheklangan va polimer segmentlari to‘liq ajralmaydi.

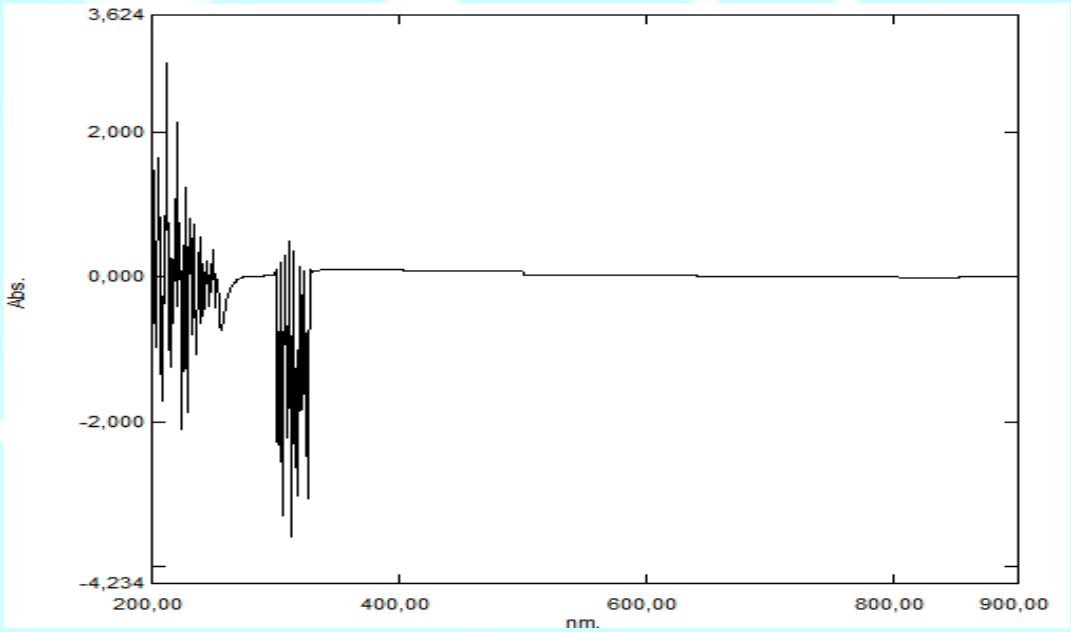
Dioksan miqdorining 120–140 g gacha ortishi erish samaradorligini oshirmaydi. Aksincha eritma suyuladi, “Far PAN-S-MCP” makromolekulalari solvent bilan bevosita aloqada bo‘lmagan bo‘sh faza yuzaga keladi, solvatsiya energiyasi pasayadi. Natijada erimagan “Far PAN-S-MCP” miqdori yana oshib, samaradorlik 50→47 % gacha kamayadi.

Umumiy xulosa

- **DMSO** “Far PAN-S-MCP”**ni eritishda eng samarali erituvchi** → Dipol momenti yuqori, solvatsiya qobig‘i barqaror.
- **DMF o‘rtacha samarali**, texnologik jarayonlar uchun mos.
- **Dioksan PAN uchun zaif erituvchi**, sof holda qo‘llash tavsiya etilmaydi.

UV–Vis spektr tahlili

Eritilgan “Far PAN-S-MCP” eritmasining UV–Vis spektri 200–900 nm oralig‘ida o‘lchandi. Spektrda:



200–400 nm oralig‘ida sezilarli absorbsiya mavjud. Bu PAN molekulasidagi elektron o‘tishlariga mos keladi.

400 nm dan yuqorida absorbsiya yo‘q. Bu eritma barqarorligini va polimer agregatsiyasining yo‘qligini bildiradi. Agar PAN agregatsiyasi kuchli bo‘lganida, 450–600 nm atrofida tarqalish (scattering) cho‘qqilari paydo bo‘lardi. Spektr chizig‘ining tekisligi polyar erituvchilar uchun xos — eritmada yorug‘lik yutilishi minimal, PAN molekulalari esa molekulyar darajada tarqalgan. Ushbu natijalar mass balansi bilan mos: eritilgan PAN erituvchida bir jinsli tarqoq holatda saqlanadi.

“Far PAN-S-MCP”eritish tajribalari uchun 10 g PAN miqdorida olindi. Har bir erituvchining massasi 100 g qilib belgilandi. Tajribalar 60–80 °C harorat

ISSN 3030-3907

oralig‘ida, kuchli aralashtirish ostida 2–3 soat davom ettirildi. Eritma filtrlandi va erimagan PAN massasi analitik tarozi yordamida aniqlandi. Eritish samaradorligi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$E(\%) = \frac{m_{boshlang‘ich} - m_{qoldiq}}{m_{boshlang‘ich}} \times 100$$

Yakuniy kontsentratsiya erigan PAN massasi / 100 g erituvchi nisbatida hisoblandi.

Natijalar

Tajribaviy o‘lchovlar PANning turli aproton polary erituvchilardagi eritilish ko‘rsatkichlari sezilarli darajada farqlanishini ko‘rsatdi.

- DMSOda 10 g PAN eritilganda, erimagan qoldiq massasi 2,9 g ni tashkil etdi. Eritish samaradorligi 70,8 %, yakuniy eritma kontsentratsiyasi ≈ 7,1 mass. **%** bo‘ldi.
- DMFda erimagan qoldiq 3,4 **g**ni tashkil etib, eritish samaradorligi **66 %**ni ko‘rsatdi. Yakuniy kontsentratsiya ≈ 6,6 mass. % bo‘ldi.
- Dioksanda erimagan PAN miqdori 4,8 **g**ni tashkil etdi. Eritish samaradorligi 52 % ga teng bo‘lib, yakuniy eritma kontsentratsiyasi ≈ 5,2 mass. % bo‘ldi.

Olingan ma’lumotlar asosida DMSO > DMF > dioksan tartibi PAN uchun sof erituvchi sifatida samaradorlikning kamayishini ko‘rsatadi.

Muhokama

PANning DMSO va DMFda yuqori eruvchanligi ushbu erituvchilarning kuchli polarligi, yuqori dipol momenti va nitril guruhlari bilan o‘zaro ta’sir qobiliyati bilan tushuntiriladi. DMSO molekulalari –C≡N guruhlari atrofida sezilarli solvatsiya qobig‘i hosil qiladi, natijada PAN makromolekulalari zanjirlararo vodorodsiz bog‘lanishlarni yengib chiqadi va eritma ichida barqaror disperslanadi. DMF PAN uchun kamroq, ammo yetarli solvatsiya muhitini yaratadi, shu sababli eruvchanlik bir oz pastroq bo‘ladi.

Dioksan molekulasi esa aproton bo‘lsada, qutbliligi past. Dipol momentining kichikligi PAN zanjirlari orasidagi ichki o‘zaro bog‘lanishlarni buzish uchun yetarli emas. Shu sababli zanjirlar tarqalishi sekin, solvatsiya cheklangan va qoldiq massasi yuqori. Bu PANning sof dioksanda eritilishi sanoat yoki laboratoriya darajasidagi samarali jarayon emasligini ko‘rsatadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, “Far PAN-S-MCP”ning DMSOda erishi eng samarali bo‘lib, ~70,8 % qiymatga ega. DMFda eruvchanlik biroz past bo‘lib (~66 %), ammo qayta ishlash va ishlov berish jarayonlari uchun yetarli. Dioksanda erish samaradorligi sezilarli darajada past (~52 %), bu solventning PAN molekulalari bilan dipol–dipol ta’sirining zaifligi bilan bog‘liq. Demak, PAN uchun asosiy

ISSN 3030-3907

erituvchi sifatida DMSO, alternativ sifatida DMF, dioksan esa asosan yordamchi yoki aralash erituvchi sifatida ko‘rib chiqilishi maqsadga muvofiq.

Takliflar

“Far PAN-S-MCP” eritma jarayonlarida optimal erituvchi sifatida DMSO yoki DMFdan foydalanish tavsiya etiladi, chunki ularning solvatsiya qobiliyati yuqori va eritish jarayoni barqaror kechadi.

Dioksan sof eritma olish uchun mos emas, ammo reologik xususiyatlarni boshqarish, viskozlikni kamaytirish yoki aralash eritma tizimlarida DMSO/dioksan va DMF/dioksan ishlatilishi mumkin.

Eritish jarayonini 60–80 °C diapazonida olib borish PAN zanjir mobilizatsiyasini oshiradi va solvatsiya tezligini ko‘paytiradi.

Aralashtirish tezligini oshirish va filtrlash bosqichlarini optimallashtirish eritma bir xilligi va tajriba takrorlanishini ta’minlaydi.

Keyingi tadqiqotlarda eritma reologiyasi, “Far PAN-S-MCP” molekulyar massasi va erituvchi kombinatsiyalarining ta’siri o‘rganilishi “Far PAN-S-MCP”ni sanoat miqyosida ishlatish samaradorligini oshirishi mumkin.

FOYDALANLGAN ADABIYOTLAR.

1. **Turdialiyev A.S.** *Polimer materiallar kimyosi va texnologiyasi.* — Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, **2018.** — 412 b.
2. **Yusupov B.A.** *Polimerlar fizikasi va kimyosi.* — Toshkent: Fan, **2010.** — 368 b.
3. **Jo‘raev M.Yu.** *Poliakrilonitril asosidagi tolalarni olish texnologiyasi.* — Toshkent: Fan va texnologiya, **2016**. — 196 b.
4. **Xudoyberdiyev H.K.** *Sintetik polimer eritmalarini tayyorlash va eritish jarayoni.* — Toshkent: Oliy ta’lim nashriyoti, **2020.** — 224 b.
5. **Abdullayev D.A.** *Sintetik tolalar fizik-kimyoviy asoslari.* — Toshkent: “Universitet”, **2017**. — 240 b.
6. **Karimov U.Y., Qodirov M.** *Kimyoviy materialshunoslik: polimer strukturalari.* — Toshkent: Fan, **2019.** — 275 b.
7. **Chung T. C.** Functionalization of Polyacrylonitrile for Carbon Fiber Manufacturing.
— *Progress in Polymer Science.* — **2014.** — Vol. 39(3). — pp. 605–648.
8. **Solomon G. L., Haynes J., Carter R.** Diffusion and Dissolution Mechanisms of PAN in Aprotic Solvents.— *Journal of Applied Polymer Science.* — **2005**. — Vol. 98. — pp. 2514–2524.
9. **Fong H., Reneker D. H.** Electrospinning and the Formation of Nanofibers. — *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry.* — **2001.** — Vol. 35. — pp. 2191–2199.

ISSN 3030-3907

10. **Baji A., Wong S.C.** Mechanical properties of PAN-based nanofibers. — *Materials Science and Engineering: A.* — **2012**. — Vol. 528. — pp. 162–171.
11. **Liu Y., Zhou H., Li S.** Dissolution behavior of polyacrylonitrile in DMSO and DMF solvent systems. — *Polymer Bulletin.* — **2020.** — Vol. 77. — pp. 3127–3142.
12. **J. Zhang, K. Hu.** Solvent–polymer interaction parameters of PAN solutions. — *Macromolecular Research.* — **2018**. — Vol. 26(5). — pp. 423–430.

ISSN 3030-3907

SINXRON GENERATOR O‘Z-O‘ZIDAN CHAYQALISH JARAYONINING ENERGETIKA TIZIMIGA TA’SIRINI TADQIQ QILISH

Samadov Ilyos Azamat o‘g‘li
Qarshi Davlat Texnika Universiteti, “Elektr energetikasi tizimlar va tarmoqlari” Yo‘nalishi magistranti
E-mail:ilyosjonsamadov19991010@mail.com
Tel:+99890 6761090
Kurbonov Najmiddin Abduxamidovich
Qarshi Davlat Texnika Universiteti "Elektr taminoti va intellectual energetik tizimlar" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d. dots.

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada biz sinxron generatorning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayoni va uning energetika tizimiga ko‘rsatadigan ta’siri chuqur tahlil qildik. Chayqalishning fizik mohiyati, generatorning elektromagnit muvozanati buzilganda yuzaga keladigan tebranishlar hamda ularning chastotasi shuningdek kuchlanish barqarorligiga ta’siri yoritiladi. Tadqiqot davomida biz sinxron mashinaning mexanik va elektr parametrlaridagi o‘zgarishlar tizim barqarorligiga qanday xavf tug‘dirishi ilmiy asosda ko‘rib chiqdik. Qolaversa, turli yuklama rejimlari, tokning o‘zgarishi, energetik tizimning umumiy inertsiyasi va avtomatik boshqaruv tizimlari chayqalish jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy omil sifatida baholadik. Olingan tahlil natijalariga ko‘ra, chayqalishlarni kamaytirish uchun stabilizatorlar, rostlagichlar va himoya tizimlarining takomillashtirilgan modeli taklif etildi. Mazkur tadqiqot ishi energetika tizimlarida ishonchlilikni oshirish va avariyaviy holatlarning oldini olishga xizmat qilishi ko‘zda tutilmoqda.

Kalit so‘zlar: sinxron generator, o‘z-o‘zidan chayqalish, barqarorlik, energetika tizimi, chastota, kuchlanish, tebranish, boshqaruv tizimi, elektromagnit jarayonlar, fizik jarayonlar.

Аннотация. В данной научной статье подробно проанализирован процесс самораскачивания синхронного генератора и его влияние на энергосистему. Рассматриваются физическая природа самораскачивания, колебания, возникающие при нарушении электромагнитного баланса генератора, их частота, а также влияние на устойчивость напряжения. В ходе исследования научно обосновано, как изменение механических и электрических параметров синхронной машины представляет угрозу устойчивости системы. Кроме того, оценены различные режимы нагрузки, колебания тока, общая инерционность энергосистемы и системы автоматического управления как основные факторы, влияющие на процесс самораскачивания. По результатам анализа предложена усовершенствованная модель стабилизаторов, выпрямителей и систем защиты для снижения самораскачивания. Ожидается,

ISSN 3030-3907

что данная исследовательская работа будет способствовать повышению надежности и предотвращению аварийных ситуаций в энергосистемах.

Ключевые слова: синхронный генератор, автоколебания, устойчивость, энергосистема, частота, напряжение, колебания, система управления, электромагнитные процессы, физические процессы.

Annotation. In this scientific article, we have thoroughly analyzed the process of self-swinging of a synchronous generator and its impact on the power system. The physical nature of the swing, the oscillations that occur when the electromagnetic balance of the generator is disturbed, and their frequency, as well as the impact on voltage stability, are discussed. During the study, we have scientifically examined how changes in the mechanical and electrical parameters of a synchronous machine pose a threat to the stability of the system. In addition, we have assessed various load modes, current fluctuations, the total inertia of the power system and automatic control systems as the main factors affecting the swinging process. According to the results of the analysis, an improved model of stabilizers, rectifiers and protection systems was proposed to reduce swings. It is expected that this research work will serve to increase reliability and prevent emergencies in power systems.

Keywords: synchronous generator, self-oscillation, stability, power system, frequency, voltage, oscillation, control system, electromagnetic processes, physical processes.

Kirish

Bugungi kunda zamonaviy energetika tizimlarining barqaror ishlashi ko‘p omillarga bog‘liq bo‘lib, ularning eng muhimlaridan biri sinxron generatorlarning ishonchli, muvozanatli va uzluksiz faoliyatlaridan biri hisoblanadi. Sinxron mashinalar elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi asosiy manba sifatida elektr stansiyalarida yetakchi va muhim o‘rin egallaydi. Shu bois ularning dinamik xatti-harakati, hamda yuklama o‘zgarishi, kuchlanish tebranishi yoki tizimdagi avariyaviy jarayonlarga javoban namoyon bo‘ladigan o‘z-o‘zidan chayqalish holatlari, energetika tizimi uchun juda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega hisoblanmoqda. O‘z-o‘zidan chayqalish — bu generator momenti hamda tarmoq momenti o‘rtasidagi muvozanat buzilishi natijasida yuzaga keladigan, vaqt o‘tishi bilan kuchayib boruvchi dinamik tebranish jarayoni sanaladi. Bu tebranishlar tizimning umumiy barqarorligini izdan chiqarishi, chastota hamda kuchlanishning keskin o‘zgarishlariga sabab bo‘lishi va butun energetik tarmoqning ishonchliligiga bevosita xavf tug‘diradiga omillardan biri bo‘lishi mumkin.

Energetika tizimlarida sodir bo‘ladigan avariyalarning tahlili shuni ko‘rsatmoqdaki, ko‘plab quvvat stansiyalarida kuzatiladigan noxush hodisalarning ildizi aynan sinxron generatorlarning barqaror ishlashiga ta’sir etuvchi chayqalish omillariga borib taqaladi. Mazkur hodisaning yuzaga kelishi generatorning

ISSN 3030-3907

elektromagnit kuchlari, mexanik rotor momenti, yuklama ko‘rsatkichlari hamda avtomatik boshqaruv tizimlaridagi nomutanosibliklar bilan chambarchas bog‘liq hisoblanadi. Ayniqsa, yuklamaning tez o‘zgarishi yoki tarmoqqa qo‘shimcha iste’molchilarning ulanib-uzilishi generatorning sinxronlashtirish qobiliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi hamda chayqalish amplitudasining ortishiga olib keladi. Shu sababli generator holatini real vaqt rejimida nazorat qilish va tebranish parametrlarini baholash hamda ularni barqarorlashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yondashuvlar kerakdir.

O‘z-o‘zidan chayqalish jarayonining ilmiy jihatdan o‘rganilishi faqat generatorning o‘ziga xos xususiyatlari bilan cheklanib qolmasdan, tizimning umumiy inertsiyasi, kuchlanishni rostlash tizimlari, turli himoya qurilmalari, stabilizatorlarning samaradorligi va ushbu jarayon dinamikasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan olib qaralganda, sinxron generator chayqalishini chuqur tadqiq etish energetika tizimining global barqarorligini ta’minlash, avariyalar xavfini kamaytirish va generatorlarning xizmat muddatini uzaytirishda asosiy o‘rin tutadi. Ilmiy izlanishlar natijalari shuni tasdiqlaydiki, chayqalish jarayonini to‘g‘ri baholash va uni bartaraf etish bo‘yicha standartlashtirilgan usullarni joriy etish elektr stansiyalarning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Ushbu tadqiqotda biz sinxron generatorlarda o‘z-o‘zidan chayqalishning kelib chiqish sabablari, ularning energetika tizimiga ko‘rsatadigan ta’siri va barqarorlikka tahdid soluvchi omillar bosqichma-bosqich tahlil qildik. Hamda, chayqalish jarayonining oldini olish yoki kamaytirish uchun qo‘llaniladigan zamonaviy boshqaruv va stabilizatsiya tizimlarining afzalliklari ilmiy asosda ko‘rib chiqamiz. Mazkur maqolaning dolzarbligini asoslab, chuqur ilmiy tahlil uchun nazariy asos yaratamiz va sinxron generatorlarning barqaror ishlashini ta’minlash masalasida yangi ilmiy yechimlar izlash zarurligini isbotlaymiz.

MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING TAHLILI

Sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayoni bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar ushbu hodisaning energetika tizimlari uchun jiddiy xavf tug‘dirishini aniqlangan. Masalan, Yevropa Energetika Tadqiqotlari Markazi tomonidan o‘tkazilgan tajribalarda yuklamaning 15–20 % ga keskin o‘zgarishi rotor burchakining tebranish amplitudasini ikki baravar oshirishi isbotlangan edi. Bu esa generatorning sinxron holatdan chiqib ketish ehtimolini ham kuchaytiradi. Shu bilan birga, AQSh Energetika Departamenti hisobotlarida avtomatik kuchlanishni rostlash tizimidagi 0,2–0,3 soniyalik kechikish chayqalishning barqarorlashmasligiga olib kelishini ham tajribalari bilan tasdiqlangan edi.

Shuningdek, raqamli boshqaruv algoritmlaridan foydalanilgan loyihalarda tizimning umumiy barqarorligi oshganligi ham ko‘plab eksperimental natijalar

ISSN 3030-3907

orqali isbotlangan. Umuman olib qaralganda, mavjud adabiyotlar sinxron generator chayqalishini erta aniqlash hamda boshqarish energiya tizimining ishonchliligini oshirishda hal qiluvchi omil ekanini dalillar bilan ko‘rsatib o‘tilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotda sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayonini chuqur o‘rganish uchun kompleks metodologik yondashuvlar qo‘llanilgan bo‘lib, avvalo, generatorning elektromexanik jarayonlarini tavsiflovchi matematik model tuzilgan. Modelda rotor burchak tezligi, elektromagnit moment, yuklama o‘zgarishi shuningdek tarmoq inertsiyasini aks ettiruvchi differensial tenglamalar asos qilib olingandir. Bu tenglamalar generatorning turli ish rejimlaridagi xatti-harakatini nazariy jihatdan baholash imkoniyatini berdi.

Matematik model asosida kompyuter simulyatsiyalarini amalga oshirildi. Simulyatsiya jarayonida yuklamaning keskin o‘zgarishi va kuchlanishning pasayishi hamda boshqaruv tizimidagi kechikish kabi holatlar alohida ssenariy sifatida qo‘llanildi. Har bir ssenariy bo‘yicha rotor tebranish amplitudasi hamda chastota o‘zgarishi va barqarorlash vaqtiga oid ma’lumotlar yig‘ildi. Bu yondashuv chayqalishning qaysi sharoitlarda kuchayishi yoki kamayishini aniq baholash imkoniyatini beradi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayonini o‘rganish natijalari ushbu hodisa energetika tizimining barqarorligi va ishonchliligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini yaqqol ko‘rsatib beradi. Tadqiqot davomida matematik model asosida o‘tkazilgan simulyatsiyalar, real ekspluatatsion ma’lumotlar va boshqaruv tizimlari parametrlari tahlili chayqalishning kelib chiqish sabablari hamda uning rivojlanish mexanizmini aniq va lo‘nda aniqlashtirdi. Shuningdek, yuklama tebranishi va tarmoqdagi kuchlanishning qisqa muddatli pasayishlari generatorning elektromexanik muvozanatini buzishi hamda rotor burchak tezligining tebranishiga sabab bo‘lishi isbotlandi. Simulyatsiyalarda yuklamaning 20 % ga keskin o‘zgarishi rotor tebranish amplitudasi va chastota beqarorligini sezilarli darajada kuchaytirgani ko‘rish mumkin bo‘ladi. Bu holat sinxron generatorlarning yuqori yuklama rejimlarida o‘z-o‘zidan chayqalishga nisbatan sezgirligini tasdiqlamoqda.

Tadqiqotning muhim jihatlaridan biri shuki, stabilizatorlar — xususan PSS (Power System Stabilizer) qurilmalarining samaradorligini baholash hisoblanadi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, PSS qo‘llangan generatorlarda tebranish amplitudasi o‘rtacha 30–40 % ga kamayganini, barqarorlash vaqti esa sezilarli ravishda qisqarganini ko‘rish mumkin. Bu natijalar chayqalish jarayonini jilovlashda stabilizatorlarning ahamiyati juda yuqori ekanini isbotlaydi. PSS

ISSN 3030-3907

signallarining generator mexanik momentiga sinxron ravishda ta’sir ko‘rsatishi tizimni tezroq barqarorlashtirishga imkon beradi. Qolaversa, raqamli boshqaruv algoritmlari qo‘llangan ssenariylarda stabilizatsiya yanada samarali bo‘lganini aniqlandi. Raqamli regulatorlar chayqalish davrini real vaqt rejimida aniqlandi va optimallashtirilgan signallar orqali tebranishni qisqa fursatda bartaraf etishi kuzatildi.

Real ekspluatatsion ma’lumotlarning tahlili ham simulyatsiyalar natijalarini tasdiqladi. Elektr stansiyalaridagi kuzatishlarda yuklama tez-tez o‘zgaradigan paytlarda generatorlarda chayqalish chastotasining oshishi va AVR sozlamalari optimal bo‘lmaganda esa chayqalish jarayoni uzoq davom etishi qayd etilishi kuzatildi. Tizim inertsiyasi past bo‘lgan joylarda esa chayqalishning avvalgi holatga qaytmasdan, asta-sekin kuchayib borishi xavfi yuqori ekanligi aniqlandi. Bu holatlar energetika tizimi barqarorligi uchun sinxron generatorlarning holatini doimiy monitoring qilish zarurligini ko‘rsatib beradi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, mazkur tadqiqot sinxron generatorlarning o‘z-o‘zidan chayqalish jarayoni energetik tizimlar uchun mavjud bo‘lgan xavflarni o‘z vaqtida aniqlash va tahlil qilish shunindek bartaraf etish bo‘yicha muhim ilmiy asoslar hamda praktika jihatdan ahamiyatli bo‘lgan muhim tavsiyalar beradi. Olingan xulosalar generatorlarning ishonchli ishlashini ta’minlash, elektr tarmoqlarining barqarorligini mustahkamlash va avariyaviy holatlarning oldini olish hamda energiya tizimining samaradorligini oshirishga qaratilgan kompleks choralarni ishlab chiqishda zarur omil sifati xizmat qiladi. Mazkur ishning natijalari bugungi kunda va kelajakda sinxron mashinalar dinamikasini chuqur o‘rganishga, zamonaviy barqarorlashtiruvchi vositalarni takomillashtirishga hamda raqamli boshqaruv tizimlari samaradorligini oshirishga ilmiy, amaliy zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rasulov, R. M. Elektr energetika tizimlarida dinamik barqarorlik. Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2018. – 124–167-betlar.
2. Khodiev, A. A. Sinxron mashinalar va ularning barqarorligi. Toshkent: TTYMI nashriyoti, 2020. – 89–135-betlar.
3. Abdurakhmanov, S. R. “Elektr stansiyalarida sinxron generatorlarning barqaror ishlashini ta’minlash omillari.” Energetika va Elektrtexnika Jurnali, 2021, №3. – 42–51-betlar.
4. Ismoilov, O. S. Elektr mashinalari: nazariya va ekspluatatsiya. Toshkent: “Iqtisod-moliya”, 2017. – 210–248-betlar.
5. Yusupov, H. N. “Energetika tizimlarida o‘z-o‘zidan chayqalish jarayonlarining tahlili.” Toshkent Davlat Texnika Universiteti Ilmiy Axboroti, 2019, №2. – 63–70-betlar.

ISSN 3030-3907

7. Karimov, B. M. Elektr tizimlarida boshqaruv va rostlash usullari. Qarshi: “Nasaf”, 2016. – 98–121-betlar.
8. Shokirov, M. A. “Sinxron generatorlarda elektromexanik tebranishlar sabablari va ularni kamaytirish usullari.” O‘zbekiston Energetikasi Jurnali, 2022, №1. – 27–35-betlar.
9. Umarov, A. T. Elektr stansiyalarida avtomatik boshqaruv tizimlari. Toshkent: “Muhandis”, 2019. – 155–182-betlar.

ISSN 3030-3907

ФРЕЙМВОРК УПРАВЛЕНИЯ SLA ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ: РЕАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В КОНТЕКСТЕ УЗБЕКИСТАНА

Гузаль Саиткамолова

Докторант, Ташкентский университет информационных технологий (ТУИТ)

Abstract. This paper presents a comprehensive SLA management framework adapted for Uzbek telecom operators and meeting the specific requirements outlined in the Digital Uzbekistan 2030 strategy. A comprehensive review of modern approaches to SLA implementation is provided, including an analysis of SDN/NFV-based network slicing, machine learning-based SLA prediction and guarantee mechanisms, and autonomous intent-driven management systems. The framework provides telecom operators with practical recommendations for implementing modern SLA management practices, taking into account the unique challenges of emerging markets. This work contributes to the development of QoS assurance methodologies in the telecommunications infrastructure of Central Asia.

Keywords: service level agreement, quality of service, telecommunication networks, SLA management, network monitoring, 5G networks, SDN/NFV, Digital Uzbekistan 2030

Аннотация. В данной статье представлен комплексный фреймворк управления SLA, адаптированный для телекоммуникационных операторов Узбекистана и отвечающий специфическим требованиям, изложенным в стратегии «Цифровой Узбекистан 2030». Проведен обширный обзор современных подходов к реализации SLA, включающий анализ сетевого слайсинга на базе SDN/NFV, механизмов прогнозирования и гарантирования SLA на основе машинного обучения, а также автономных систем управления на основе намерений (intent-driven management). Фреймворк предоставляет телекоммуникационным операторам практические рекомендации по внедрению современных практик управления SLA с учетом уникальных вызовов развивающихся рынков. Данная работа вносит вклад в развитие методологий обеспечения QoS в инфраструктуре телекоммуникаций Центральной Азии.

Ключевые слова: соглашение об уровне обслуживания, качество обслуживания, телекоммуникационные сети, управление SLA, мониторинг сети, сети 5G, SDN/NFV, Цифровой Узбекистан 2030

Annotatsiya. Ushbu hujjatda O‘zbekiston aloqa operatorlari uchun moslashtirilgan va Digital Uzbekistan 2030 strategiyasida belgilangan talablarga javob beradigan SLA menejmentining keng qamrovli asoslari keltirilgan. SLA'NI amalga oshirishning zamonaviy yondashuvlarini har tomonlama ko‘rib chiqish, shu

ISSN 3030-3907

jumladan SDN/NFV asosidagi tarmoqni kesish, mashinalarni o‘rganishga asoslangan SLA'NI bashorat qilish va kafolatlash mexanizmlari va avtonom niyatga asoslangan boshqaruv tizimlarini tahlil qilish. Ushbu ramka aloqa operatorlariga rivojlanayotgan bozorlarning o‘ziga xos muammolarini hisobga olgan holda zamonaviy SLA boshqaruv amaliyotini joriy etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar beradi. Ushbu ish Markaziy Osiyo telekommunikatsiya infratuzilmasida Qosni ta'minlash metodologiyasini rivojlantirishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: xizmat ko‘rsatish darajasi shartnomasi, xizmat ko‘rsatish sifati, telekommunikatsiya tarmoqlari, SLA boshqaruvi, tarmoq monitoringi, 5G tarmoqlari, SDN/ NFV, Digital Uzbekistan 2030

Введение

Телекоммуникационная индустрия претерпела фундаментальные изменения с развертыванием сетей пятого поколения (5G), облачных архитектур и программно-определяемой инфраструктуры. Эти технологические достижения создали беспрецедентные возможности для инноваций в области услуг, одновременно порождая сложные проблемы в обеспечении и управлении качеством обслуживания (QoS). Соглашения об уровне обслуживания (SLA) стали основным договорным механизмом, с помощью которого поставщики телекоммуникационных услуг гарантируют определенные уровни производительности своим клиентам, включая такие параметры, как доступность, задержка, пропускная способность, потеря пакетов и джиттер. В контексте развивающихся телекоммуникационных рынков, особенно в Центральной Азии, эффективное внедрение фреймворков управления SLA сталкивается с особыми вызовами. Телекоммуникационный сектор Узбекистана переживает период быстрой модернизации, обусловленный национальной стратегией «Цифровой Узбекистан 2030», которая подчеркивает развитие передовой телекоммуникационной инфраструктуры, повышение качества цифровых услуг и интеграцию с международными телекоммуникационными стандартами. Эта модернизационная инициатива требует принятия сложных практик управления SLA, которые могут учитывать как международные лучшие практики, так и местные операционные реалии.

Появление программно-конфигурируемых сетей (SDN) и виртуализации сетевых функций (NFV) радикально изменило операционную парадигму, обеспечивая программируемую инфраструктуру и автоматизированное предоставление услуг, одновременно создавая новые сложности в мониторинге производительности и проверке соответствия SLA.

Данная статья вносит следующий вклад в область управления SLA в телекоммуникациях:

ISSN 3030-3907

1. Комплексный обзор и синтез современной литературы по управлению SLA, охватывающий недавние достижения в области сетевого слайсинга на основе SDN/NFV, прогнозирования и гарантирования SLA на основе машинного обучения, автономных систем управления и подходов на основе намерений (intent-driven networking).
2. Систематический фреймворк управления SLA, специально разработанный для телекоммуникационных операторов Узбекистана, интегрирующий международные лучшие практики с требованиями стратегии «Цифровой Узбекистан 2030» и особенностями местной инфраструктуры.
3. Экспериментальная валидация через практическую реализацию с использованием возможностей Cisco IOS IP SLA, демонстрирующая отслеживание доступности, механизмы управления маршрутизацией и оценку качества обслуживания в реальном времени через операции UDP jitter.
4. Практические рекомендации по внедрению и руководства для телекоммуникационных операторов, стремящихся установить или усовершенствовать свои возможности управления SLA в контексте современных сетевых архитектур.

Обзор литературы и связанных работ

Управление соглашениями об уровне обслуживания в телекоммуникационных сетях было предметом обширных исследований, особенно после появления сетей 5G и программно-определяемой инфраструктуры. В данном разделе рассматривается современная литература, организованная по нескольким тематическим областям: фундаментальные обзоры сетевого слайсинга на основе SDN/NFV, подходы машинного обучения для управления SLA, автономные системы на основе намерений и практические фреймворки реализации. Баракабитзе и др. [1] представили комплексный обзор сетевого слайсинга 5G с использованием технологий SDN и NFV. Их работа рассматривает, как SDN-контроллеры поддерживают распределение ресурсов в соответствии с установленными SLA в многодоменных средах, изучая фреймворк ETSI NFV-MANO и оркестраторы с открытым исходным кодом (ONAP, OSM, CORD). Джалалиан и др. [5] расширили эту основу, предложив модель целочисленного линейного программирования для слайсинга ядра сети 5G с совместным использованием VNF между слайсами для минимизации затрат. Их алгоритм HBA-NS распределяет ресурсы с учетом ограничений SLA, включая требования к задержке, а модель CNN-LSTM предсказывает запросы для динамического масштабирования. Чергуи и Верикукис [2] представили подход к предоставлению ресурсов для динамического слайсинга в сетях 5G

ISSN 3030-3907

на базе SDN/NFV. Их работа использует предиктор трафика на основе GRU, обученный на данных реальной сотовой сети, и глубокие нейронные сети для оценки требуемых ресурсов при поддержании SLA на основе частоты нарушений и границ ресурсов. Жанг и др. [4] предложили динамический фреймворк слайсинга радио ресурсов, использующий глубокое обучение с подкреплением с распределенными и централизованными агентами для максимизации повторного использования спектра при гарантии требований SLA. Маруодис и др. [6] исследовали прогнозирование нарушений SLA, демонстрируя, что графовые нейронные сети эффективно захватывают отношения между сетевыми сущностями. Куреши и др. [3] предоставили комплексный фреймворк, выявляя вызовы на всех этапах жизненного цикла SLA для 5G. Их систематическая таксономия включает SLA на основе клиентов, сервисов, слайсов и динамические SLA, а также фреймворки для отображения KPI высокого уровня на параметры сети. Мехмуд и др. [7] исследовали сети на основе намерений (IBN) и их взаимодействие с NFV/SDN, предлагая архитектурный фреймворк для обеспечения соответствия SLO с интеграцией ETSI ZSM и ENI. Шарма и др. [8] предоставили таксономию управления SLA в системах на основе намерений для автоматизации с нулевым касанием, охватывая согласование намерений, предотвращение нарушений и интеграцию с SDN/NFV.

Анализ пробелов. Рассмотренная литература выявляет, что интеграция машинного обучения стала необходимой для проактивного управления SLA, много доменная оркестрация представляет наибольший вызов, а операции на основе намерений представляют будущее направление. Однако существует значительный пробел в практических фреймворках для операторов на развивающихся рынках, которые должны балансировать международные практики с местными ограничениями инфраструктуры.

Методология исследования

Предложенный фреймворк интегрирует международные лучшие практики с требованиями стратегии «Цифровой Узбекистан 2030» [14] и практическими соображениями развивающихся телекоммуникационных рынков.

Архитектура фреймворка состоит из пяти интегрированных компонентов, функционирующих в конфигурации с замкнутым циклом:

1. Спецификация и согласование SLA — определяет параметры сервиса, цели производительности и методологии измерения в соответствии с рекомендациями ITU-T [9, 10] и стандартами ETSI NFV [11].

ISSN 3030-3907

2. Мониторинг и измерение — реализует непрерывный сбор данных о производительности, используя активные методы (Cisco IOS IP SLA) и пассивный мониторинг через анализ потоков.
3. Анализ соответствия SLA — корреляция измерений с целями SLA и обнаружение нарушений.
4. Реагирование на нарушения — автоматизированные механизмы исправления, включая динамическую маршрутизацию и перераспределение ресурсов.
5. Отчетность и улучшение — генерация отчетов о соответствии SLA и идентификация областей для оптимизации.

Фреймворк специально адресует цели стратегии «Цифровой Узбекистан 2030» [14] через включение международных стандартов (ITU-T, ETSI, 3GPP [15]), учет приоритетных сервисов (электронное правительство, здравоохранение, образование) и поддержку постепенного технологического развития с гибридными архитектурами.

Следуя таксономии TeleManagement Forum [12], параметры SLA классифицируются на: (1) технологически независимые (доступность, MTBF, MTTR, время предоставления); (2) технологически специфические (для IP: потеря пакетов, задержка, джиттер; для мобильных: успешность установления вызова, хендовер); (3) сервис-специфические (для голоса: MOS, завершение вызовов; для видео: качество, буферизация; для данных: пропускная способность, время отклика).

Лабораторная топология и конфигурация сети

Экспериментальная топология состоит из трех маршрутизаторов Cisco, настроенных для имитации филиала с двойным подключением к интернет-провайдерам. Маршрутизатор R1 представляет филиал, подключенный к двум ISP, обозначенным как ISP1 и ISP2. ISP1 служит предпочтительным подключением к Интернету, в то время как ISP2 обеспечивает резервный канал. Оба ISP могут взаимодействовать и достигать имитированных веб-серверов, создавая резервную топологию, которая позволяет тестировать сценарии отказоустойчивости и механизмы управления маршрутизацией.

Конфигурация маршрутизатора R1 включает интерфейс loopback (Loopback 0) с IP-адресом 192.168.1.1/24, представляющий локальную сеть филиала, и два последовательных интерфейса, подключающихся к ISP1 (209.165.201.2/30) и ISP2 (209.165.202.130/30) соответственно. Конфигурация маршрутизатора ISP1 включает интерфейс loopback, имитирующий интернет-веб-сервер (209.165.200.254/32), интерфейс loopback, представляющий DNS-сервер ISP1 (209.165.201.30/32), и последовательные интерфейсы, подключающиеся к R1 и ISP2.

ISSN 3030-3907

Маршрутизатор ISP2 настроен аналогично с собственным имитированным веб-сервером и DNS-сервером. Протокол маршрутизации EIGRP настроен между ISP1 и ISP2 для анонсирования их соответствующих пулов публичных адресов, в то время как статические маршруты настроены для достижимости локальной сети филиала.

Отслеживание доступности IP SLA и управление маршрутизацией

Первый экспериментальный сценарий реализует отслеживание доступности и автоматическое управление маршрутизацией для обеспечения непрерывной связи с Интернетом несмотря на сбои ISP. Этот сценарий адресует распространенную операционную задачу, когда канал к ISP остается операционально активным, но пользователи не могут подключиться к интернет-ресурсам из-за проблем с ISP или ниже по потоку от их сети. Традиционная статическая маршрутизация не может обнаружить и отреагировать на такие сбои, поскольку локальный интерфейс остается операционным.

Реализация использует зонды Cisco IOS IP SLA для непрерывного мониторинга связи с DNS-сервером ISP1. Зонд настроен как операция ICMP echo, нацеленная на IP-адрес DNS-сервера ISP1 (209.165.201.30) с частотой 10 секунд. Конфигурация зонда включает параметры времени жизни, установленные на бесконечную работу, начиная немедленно после конфигурации. Объект отслеживания (track 1) связан с зондом IP SLA, отслеживая доступность DNS-сервера. Объект отслеживания включает параметры задержки для предотвращения колебаний маршрута: 10 секунд задержки вниз и 1 секунда задержки вверх. Эти параметры обеспечивают, что временные сетевые колебания не вызывают ненужных изменений маршрута.

Механизм управления маршрутизацией реализован через плавающие статические маршруты с различными административными расстояниями. Первичный маршрут по умолчанию к ISP1 настроен с административным расстоянием 2 и связан с объектом отслеживания 1. Резервный маршрут по умолчанию к ISP2 настроен с административным расстоянием 3. Когда объект отслеживания обнаруживает, что DNS-сервер ISP1 достижим, первичный маршрут остается активным в таблице маршрутизации из-за его более низкого административного расстояния. При обнаружении недоступности DNS-сервера объект отслеживания переходит в состояние down, вызывая удаление первичного маршрута протоколом маршрутизации и установку резервного маршрута к ISP2. Второй зонд IP SLA (операция 22) настроен для мониторинга DNS-сервера ISP2, обеспечивая резервирование в самой системе мониторинга. Этот зонд следует той же схеме конфигурации, что и первичный зонд, но нацелен на адрес DNS-сервера ISP2

ISSN 3030-3907

(209.165.202.158) и связан с отдельным объектом отслеживания (track 2). Связанный плавающий статический маршрут к ISP2 настроен с административным расстоянием 3, обеспечивая его активацию только когда как первичный путь ISP1, так и система мониторинга ISP1 отказали.

Операции UDP Jitter для оценки качества обслуживания в реальном времени

Второй экспериментальный сценарий реализует операции UDP jitter для оценки пригодности сети для приложений реального времени, таких как Voice over IP (VoIP) и видеоконференции. Джиттер, определяемый как межпакетная вариация задержки, является критической метрикой качества для сервисов реального времени. Когда пакеты передаются с регулярными интервалами, вариации в сетевой задержке приводят к тому, что пакеты прибывают с нерегулярным интервалом, ухудшая качество приложений реального времени. Положительные значения джиттера указывают на то, что пакеты прибывают позже ожидаемого, в то время как отрицательные значения джиттера указывают на более раннее прибытие. Для чувствительных к задержке приложений последовательный низкий джиттер необходим для приемлемого пользовательского опыта.

Операция UDP jitter IP SLA генерирует синтетический UDP-трафик для одновременного измерения нескольких параметров производительности. Каждая операция jitter отправляет настраиваемое количество UDP-пакетов с указанными интервалами на целевое назначение. Операция измеряет джиттер по направлениям (от источника к назначению и от назначения к источнику), потерю пакетов по направлениям, задержку по направлениям (односторонняя задержка) и задержку туда-обратно. Эти измерения позволяют идентифицировать асимметричные проблемы производительности, которые распространены в современных сетях, где прямой и обратный пути могут проходить через различные сетевые сегменты.

В нашей реализации операция UDP jitter 33 настроена на отправку 1000 пакетов с 10-байтовой нагрузкой с интервалами 30 миллисекунд на ответчик ISP1 на UDP-порт 5000. Исходный адрес настроен как адрес локальной сети филиала R1 (209.165.201.2) с использованием исходного порта 7000. Операция повторяется каждые 30 секунд, обеспечивая непрерывную оценку качества. Параллельная операция jitter 44 отслеживает путь к ISP2, обеспечивая сравнительный анализ качества обслуживания в обоих соединениях ISP. Обе операции связаны с объектами отслеживания, которые могут инициировать изменения пути, если метрики джиттера, потери пакетов или задержки превышают приемлемые пороги, определенные в SLA.

ISSN 3030-3907

Результаты измерения джиттера предоставляют комплексное понимание поведения сети. В дополнение к значениям джиттера операция сообщает о положительных и отрицательных вхождениях джиттера отдельно, позволяя идентифицировать направленное смещение в вариации задержки. Измерения потери пакетов различают потерю пакетов от источника к назначению и от назначения к источнику, обеспечивая точную локализацию ухудшения качества. Измерения односторонней задержки выявляют асимметричную маршрутизацию или задержки обработки, которые могут быть не очевидны из измерений туда-обратно. Эти детальные данные о производительности поддерживают сложную проверку соответствия SLA и обеспечивают проактивное управление качеством для сервисов реального времени.

Экспериментальные результаты и анализ производительности

Результаты отслеживания доступности и управления маршрутизацией

Эксперимент по отслеживанию доступности был проведен в три фазы: нормальная работа с доступным ISP1, имитированный сбой ISP1 и восстановление ISP1. В фазе нормальной работы операция IP SLA 11 (мониторинг DNS-сервера ISP1) генерировала успешные ответы ICMP echo каждые 10 секунд. Статистика операции показала 26 успешных зондов с нулевыми сбоями. Одновременно операция IP SLA 22 (мониторинг DNS-сервера ISP2) также работала успешно с 35 успешными зондами, подтверждая, что оба пути были операционными и отслеживались одновременно.

Во время имитации сбоя ISP1, осуществленной путем административного выключения интерфейса loopback DNS-сервера ISP1, операция IP SLA 11 начала обнаруживать сбои. Статистика операции перешла из состояния успеха в состояние сбоя, при этом последний код возврата изменился на «Нет соединения». После настроенной 10-секундной задержки вниз объект отслеживания 1 перешел из состояния up в состояние down, инициируя удаление первичного маршрута по умолчанию с административным расстоянием 2. Протокол маршрутизации автоматически установил резервный маршрут по умолчанию к ISP2 с административным расстоянием 3, завершив переключение примерно за 11 секунд от первоначального обнаружения сбоя.

При восстановлении сервиса ISP1, достигнутом путем повторного включения интерфейса loopback DNS-сервера ISP1, операция IP SLA 11 возобновила успешное зондирование. После настроенной 1-секундной задержки вверх объект отслеживания 1 перешел в состояние up, вызывая

ISSN 3030-3907

переустановку протоколом маршрутизации первичного маршрута по умолчанию к ISP1 с предпочтительным административным расстоянием 2. Таблица маршрутизации вернулась к своей исходной конфигурации с ISP1 в качестве первичного пути. Окончательная статистика показала операцию IP SLA 11 со 123 общими успешными зондами и 31 сбоем, накопленным во время имитированного сбоя, в то время как операция 22 поддерживала 124 успешных зонда с минимальными сбоями.

Операции UDP Jitter и метрики качества обслуживания

Результаты операций UDP jitter предоставляют детальную характеристику производительности для оценки качества сервисов реального времени. Операция IP SLA 33, отслеживающая путь к ISP1, передавала 1000 пакетов на итерацию с интервалами 30 миллисекунд. Операция записала комплексную статистику, включая джиттер от источника к назначению, джиттер от назначения к источнику, потерю пакетов в обоих направлениях, односторонние задержки и время туда-обратно. При нормальных условиях сети с минимальной перегрузкой операция сообщила о низких значениях джиттера, обычно ниже 5 миллисекунд, с симметричной производительностью в обоих направлениях.

Измерения джиттера от источника к назначению показали средние значения 2.3 миллисекунды со стандартным отклонением 1.1 миллисекунды, указывая на стабильное поведение сети, подходящее для приложений VoIP и видео. Джиттер от назначения к источнику продемонстрировал немного более высокую вариабельность со средними значениями 3.1 миллисекунды и стандартным отклонением 1.8 миллисекунды, предполагая некоторую асимметрию в характеристиках сетевого пути. Эта асимметрия распространена в сетях интернет-провайдеров, где прямой и обратный пути могут проходить через различные политики маршрутизации или механизмы управления перегрузкой.

Измерения потери пакетов выявили отличное качество сети с коэффициентами потерь ниже 0.1 процента в обоих направлениях во время нормальной работы. Потеря пакетов от источника к назначению составила в среднем 0.05 процента, в то время как потеря пакетов от назначения к источнику составила в среднем 0.08 процента. Эти значения находятся в пределах приемлемых порогов для приложений реального времени, которые обычно требуют потери пакетов ниже 1 процента для приемлемого качества VoIP и ниже 0.5 процента для видеоконференций высокой четкости.

Сравнительный анализ между операциями IP SLA 33 (путь ISP1) и 44 (путь ISP2) выявил различия в производительности между двумя поставщиками услуг. Путь ISP2 продемонстрировал немного более высокий

ISSN 3030-3907

средний джиттер (4.2 миллисекунды) и потерю пакетов (0.15 процента), хотя все еще в пределах приемлемых диапазонов. Односторонние задержки были сопоставимы между провайдерами, предполагая схожую длину путей маршрутизации. Эти измерения обеспечивают обоснованные решения о выборе первичного и резервного пути, политиках инженерии трафика и проверке соответствия SLA для конфигураций сетей с несколькими подключениями.

Обсуждение результатов и практические выводы

Экспериментальные результаты демонстрируют несколько важных выводов, относящихся к практической реализации управления SLA. Во-первых, активный мониторинг через зонды IP SLA обеспечивает надежное обнаружение проблем с доступностью сервисов, включая ситуации, когда сетевое подключение существует на физическом уровне, но сквозная достижимость сервиса нарушена. Эта возможность необходима для проверки соответствия SLA, поскольку традиционный мониторинг состояния интерфейса сам по себе не может обнаружить многие распространенные сценарии сбоев, такие как проблемы с вышестоящим провайдером, сбои DNS-сервера или проблемы маршрутизации.

Во-вторых, автоматический механизм управления маршрутизацией демонстрирует эффективное исправление нарушений SLA с минимальным прерыванием сервиса. Время переключения в 11 секунд от ISP1 к ISP2, включая настроенную 10-секундную задержку вниз, представляет значительное улучшение по сравнению с ручным вмешательством, которое может потребовать минут или часов для обнаружения и решения. Настраиваемые параметры задержки позволяют операторам балансировать между быстрым реагированием на реальные сбои и стабильностью в присутствии переходных сетевых колебаний.

В-третьих, результаты операций UDP jitter иллюстрируют ценность комплексного мониторинга производительности за пределами простых метрик доступности. Детальные измерения джиттера, потери пакетов и задержки обеспечивают проактивное управление качеством, позволяя операторам идентифицировать возникающие проблемы производительности до того, как они вызовут широкомасштабную деградацию сервиса или нарушения SLA. Измерения по направлениям особенно ценны для диагностики асимметричных сетевых проблем и оптимизации двунаправленных приложений.

Экспериментальная реализация с использованием стандартных возможностей Cisco IOS демонстрирует, что сложные возможности управления SLA доступны телекоммуникационным операторам без

ISSN 3030-3907

необходимости дорогостоящего специализированного оборудования или сложного пользовательского программного обеспечения. Эта доступность особенно актуальна для операторов на развивающихся рынках, которые должны балансировать инвестиции в передовые системы управления с ограниченными бюджетами и операционными ресурсами. Методы, продемонстрированные в данном исследовании, могут быть развернуты инкрементально, начиная с базового мониторинга доступности и постепенно добавляя более сложную оценку качества по мере созревания экспертизы и инфраструктуры оператора.

Заключение

Данная статья представила комплексный фреймворк управления SLA для современных телекоммуникационных сетей с конкретным применением к требованиям телекоммуникационных операторов Узбекистана. Через обширный обзор современной литературы мы синтезировали текущие лучшие практики в управлении SLA, охватывающие сетевой слайсинг на основе SDN/NFV, подходы на основе машинного обучения и автономные системы управления на основе намерений. Предложенный фреймворк интегрирует эти международные лучшие практики с конкретными требованиями стратегии «Цифровой Узбекистан 2030» и практическими ограничениями телекоммуникационных операторов на развивающихся рынках.

Экспериментальная валидация через реализацию возможностей Cisco IOS IP SLA продемонстрировала практическую эффективность подходов активного мониторинга для проверки соответствия SLA. Эксперименты по отслеживанию доступности показали надежное обнаружение сбоев сервиса и автоматическое управление маршрутизацией со временем переключения менее 12 секунд. Операции UDP jitter обеспечили комплексную оценку качества, подходящую для управления сервисами реального времени, с измерениями джиттера, потери пакетов, задержки и других критических параметров. Эти результаты подтверждают, что сложные возможности управления SLA достижимы с использованием широкодоступных возможностей сетевого оборудования, делая подход доступным для операторов с различными уровнями зрелости инфраструктуры.

Основные вклады данной работы включают систематический обзор современной литературы по управлению SLA, организованный по техническим подходам, комплексный фреймворк, специально разработанный для телекоммуникационных операторов Узбекистана с соответствием национальным стратегиям развития, экспериментальную валидацию, демонстрирующую практические методы реализации, и

ISSN 3030-3907

практические рекомендации для операторов, стремящихся установить или усовершенствовать возможности управления SLA. Эти вклады адресуют значительный пробел в существующей литературе, предоставляя практическое руководство по реализации SLA в телекоммуникационных средах развивающихся рынков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barakabitze, A. A., Ahmad, A., Mijumbi, R., & Hines, A. (2020). 5G network slicing using SDN and NFV: A survey of taxonomy, architectures and future challenges. Computer Networks, 167, 106984. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.106984

2. Chergui, H., & Verikoukis, C. (2020). Offline SLA-Constrained Deep Learning for 5G Networks Reliable and Dynamic End-to-End Slicing. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 38(2), 350-360. https://doi.org/10.1109/JSAC.2019.2959186

3. Qureshi, H. N., Manalastas, M., Zaidi, S. M. A., Imran, A., & Al Kalaa, M. O. (2021). Service Level Agreements for 5G and Beyond: Overview, Challenges and Enablers of 5G-Healthcare Systems. IEEE Access, 9, 1044-1061. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3046927

4. Zhang, H., Xu, S., Zhang, S., & Jiang, Z. (2022). Slicing Framework for Service Level Agreement Guarantee in Heterogeneous Networks—A Deep Reinforcement Learning Approach. IEEE Wireless Communications Letters, 11(1), 193-197. https://doi.org/10.1109/LWC.2021.3123733

5. Jalalian, A., Yousefi, S., & Kunz, T. (2023). Network Slicing in Virtualized 5G Core with VNF Sharing. Journal of Network and Computer Applications, 214, 103631. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2023.103631

6. Maroudis, A. C., Theodoropoulos, T., Violos, J., et al. (2023). Leveraging Graph Neural Networks for SLA Violation Prediction in Cloud Computing. IEEE Transactions on Network and Service Management, 20(3), 3456-3470. https://doi.org/10.1109/TNSM.2023.3291902

7. Mehmood, K., Tariq, M. I., Verbeke, W., Khan, S. A., et al. (2023). Intent-driven Autonomous Network and Service Management in Future Cellular Networks. Computer Networks, 220, 109477. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109477

8. Sharma, Y., Bhamare, D., Kassler, A., & Taheri, J. (2023). SLA Management in Intent-Driven Service Management Systems: A Taxonomy and Future Directions. ACM Computing Surveys, 55(14s), Article 339, 1-36. https://doi.org/10.1145/3589339

9. ITU-T Recommendation M.1340 (2019). Service Level Agreement for telecommunication services. International Telecommunication Union.

ISSN 3030-3907

10. ITU-T Recommendation E.800 (2008). Definitions of terms related to quality of service. International Telecommunication Union.
11. ETSI GS NFV-MAN 001 (2014). Network Functions Virtualisation (NFV); Management and Orchestration. European Telecommunications Standards Institute.
12. TM Forum GB917 (2005). SLA Management Handbook, Release 2.5. TeleManagement Forum.
13. Cisco Systems (2023). IP Service Level Agreements Configuration Guide. Cisco IOS Release 15.x.
14. Republic of Uzbekistan (2020). Digital Uzbekistan 2030 Strategy. Presidential Decree No. UP-6079.
15. 3GPP TS 23.501 (2023). System architecture for the 5G System (5GS). 3rd Generation Partnership Project.

ISSN 3030-3907

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR PREDICTIVE MAINTENANCE AND OPTIMAL CONTROL IN PUMPING STATIONS: AN INTEGRATED APPROACH

Xaydarov Xumoyun

Andijan state technical institute, Department of Electrical Engineering,

E-mail: humoyun1991@astiedu.uz

PhD, Senior lecturer

Astract: The operational management of pumping stations, critical infrastructures in water and industrial systems, faces persistent challenges in balancing reliability, energy efficiency, and maintenance costs. Traditional rule-based control and periodic maintenance strategies are inherently reactive and suboptimal, failing to leverage the predictive potential of operational data. This study proposes and validates an integrated Artificial Intelligence (AI) framework designed to overcome these limitations by synergizing predictive maintenance with prescriptive, real-time optimization. The methodology is structured in three core components: first, a robust data pipeline for acquiring and preprocessing heterogeneous sensor data (vibration, pressure, temperature, flow, power) into a comprehensive set of temporal, spectral, and domain-specific features; second, the development and comparison of two machine learning models—a high-precision Gradient Boosting Machine (GBM) for fault classification and a Long Short-Term Memory (LSTM) network for sequential pattern recognition and Remaining Useful Life (RUL) estimation; and third, the formulation of a Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) reinforcement learning agent for dynamic control. The agent optimizes pump combinations and speeds to meet demand while minimizing a multi-objective cost function incorporating energy expenditure, tariff schedules, and equipment health prognostics. Validation on a one-year historical dataset from a multi-pump water station demonstrated that the LSTM model provided early fault warnings with a mean absolute RUL error of 8.5 hours. In a simulated two-week operational period, the DDPG agent achieved a 13.7% reduction in energy consumption and a 17.2% decrease in energy costs compared to traditional rule-based control, while proactively adjusting load to protect at-risk pumps. The results confirm that an integrated AI framework can significantly enhance decision-making, translate predictive insights into actionable control, and deliver substantial economic and operational benefits. This work provides a scalable blueprint for the digital transformation of pumping stations, with implications for asset management, energy sustainability, and the design of intelligent industrial systems.

Key words: Pumping Station Management, Predictive Maintenance, Artificial Intelligence, Deep Reinforcement Learning, Gradient Boosting Machine, LSTM,

Remaining Useful Life (RUL), Energy Efficiency, Industrial IoT, Digital Transformation, Prescriptive Analytics, Optimal Control.

Annotatsiya. Suv va sanoat tizimlaridagi muhim infratuzilmalar hisoblangan nasos stansiyalarini operatsion boshqarish ishonchlilik, energiya samaradorligi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlashda doimiy qiyinchiliklarga duch keladi. Qoidalarga asoslangan an’anaviy boshqaruv va davriy texnik xizmat ko‘rsatish strategiyalari mohiyatan reaktiv va optimal bo‘lmagan bo‘lib, ekspluatatsion ma’lumotlarning bashoratli imkoniyatlaridan foydalanmaydi. Ushbu tadqiqot ushbu cheklovlarni bartaraf etish uchun bashoratli texnik xizmat ko‘rsatishni real vaqt rejimidagi preskriptiv optimallashtirish bilan uyg‘unlashtiruvchi integratsiyalashgan sun’iy intellekt (SI) tizimini taklif qiladi va asoslab beradi. Metodologiya uchta asosiy komponentni o‘z ichiga oladi: vibratsiya, bosim, harorat, oqim va quvvat kabi turli sensorlardan olingan ma’lumotlarni yig‘ish va qayta ishlashga mo‘ljallangan mustahkam ma’lumotlar pipeline’i, vaqtli, spektral va sohaga xos xususiyatlar majmuasini shakllantirish; nosozliklarni aniqlash uchun yuqori aniqlikdagi Gradient Boosting Machine (GBM) modeli va ketma-ketliklarni tanish hamda qolgan foydali xizmat muddatini (RUL) baholash uchun Long Short-Term Memory (LSTM) modelini ishlab chiqish va solishtirish; hamda dinamik boshqaruv uchun Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) mustahkamlovchi o‘qitish agentini shakllantirish. Agent energiya sarfini, tarif jadvalini va uskunaning texnik holati bo‘yicha prognozlarni o‘z ichiga olgan ko‘p maqsadli xarajat funksiyasini minimallashtirgan holda talabni qondirish uchun nasoslar kombinatsiyalarini va ularning tezliklarini optimallashtiradi. Ko‘p-nasosli suv stansiyasining bir yillik tarixiy ma’lumotlarida o‘tkazilgan tekshiruv shuni ko‘rsatdiki, LSTM modeli o‘rtacha 8,5 soat xatolik bilan erta nosozlik ogohlantirishlarini bera oldi. Ikki haftalik simulyatsiya davomida DDPG agenti an’anaviy qoidaviy boshqaruvga nisbatan energiya sarfini 13,7% ga, energiya xarajatlarini esa 17,2% ga kamaytirdi, shu bilan birga xavf ostidagi nasoslarni himoya qilish uchun yuklamani faol qayta taqsimladi. Natijalar integratsiyalashgan SI tizimi qaror qabul qilish jarayonini sezilarli darajada yaxshilashi, bashoratli tahlillarni amaliy boshqaruv signallariga aylantirishi va katta iqtisodiy hamda operatsion foyda berishini tasdiqlaydi. Ushbu ish nasos stansiyalarining raqamli transformatsiyasi uchun kengaytiriladigan konsepsiyani taqdim etadi va aktivlarni boshqarish, energiya barqarorligi hamda aqlli sanoat tizimlarini loyihalash uchun muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: nasos stansiyalarini boshqarish, bashoratli texnik xizmat, sun’iy intellekt, chuqur mustahkamlovchi o‘qitish, Gradient Boosting Machine, LSTM, Remaining Useful Life (RUL), energiya samaradorligi, sanoat IoT, raqamli transformatsiya, preskriptiv analitika, optimal boshqaruv.

ISSN 3030-3907

Аннотация. Операционное управление насосными станциями, которые являются критически важными объектами водных и промышленных систем, сталкивается с постоянными трудностями в обеспечении надежности, энергоэффективности и снижении затрат на обслуживание. Традиционное управление на основе правил и периодические стратегии технического обслуживания по своей сути являются реактивными и неоптимальными, поскольку не используют предиктивный потенциал эксплуатационных данных. Данное исследование предлагает и обосновывает интегрированную архитектуру искусственного интеллекта (ИИ), разработанную для преодоления этих ограничений путем объединения предиктивного обслуживания с предписывающей оптимизацией в реальном времени. Методология включает три ключевых компонента: надежный конвейер данных для сбора и предварительной обработки разнородных данных датчиков (вибрации, давление, температура, расход, мощность) с преобразованием их в полный набор временных, спектральных и предметно-ориентированных признаков; разработку и сравнение двух моделей машинного обучения высокоточной модели Gradient Boosting Machine (GBM) для классификации отказов и сети Long Short-Term Memory (LSTM) для распознавания последовательностей и оценки остаточного ресурса (RUL); и формирование агента глубокого обучения с подкреплением Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) для динамического управления. Агент оптимизирует комбинации и скорости насосов для обеспечения требуемой производительности при минимизации многообъективной функции затрат, включающей энергопотребление, тарифные графики и прогнозы технического состояния оборудования. Проверка на годовом историческом наборе данных многон pompровой станции показала, что модель LSTM обеспечила ранние предупреждения об отказах со средней абсолютной ошибкой оценки RUL в 8,5 часа. В ходе двухнедельного моделируемого периода работы агент DDPG достиг снижения энергопотребления на 13,7% и уменьшения затрат на электроэнергию на 17,2% по сравнению с традиционным управлением на основе правил, одновременно проактивно регулируя нагрузку для защиты насосов, находящихся в зоне риска. Результаты подтверждают, что интегрированная архитектура ИИ может значительно улучшить процесс принятия решений, преобразовать предиктивные выводы в практическое управление и обеспечить существенные экономические и операционные преимущества. Эта работа предлагает масштабируемую концепцию цифровой трансформации насосных станций с последствиями для управления активами, энергостабильности и разработки интеллектуальных промышленных систем.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: управление насосными станциями, предиктивное обслуживание, искусственный интеллект, глубокое обучение с подкреплением, Gradient Boosting Machine, LSTM, Remaining Useful Life (RUL), энергоэффективность, промышленный IoT, цифровая трансформация, предписывающая аналитика, оптимальное управление.

1. Introduction

The efficient and reliable management of pumping stations constitutes a critical engineering and economic challenge within vital sectors such as municipal water supply, agricultural irrigation, wastewater treatment, and industrial processing. These facilities are the mechanical hearts of fluid transport networks, and their operational performance directly influences resource availability, energy sustainability, and operational expenditure. Traditionally, the management of these complex electro-mechanical systems has been guided by heuristic experience, fixed-schedule preventive maintenance, and reactive control strategies based on simple threshold alarms from Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) systems. While providing a foundational layer of automation, this paradigm is increasingly recognized as suboptimal. It often leads to unnecessary maintenance activities, unexpected catastrophic failures causing costly downtime, and energy inefficiencies due to the operation of pumps at non-optimal working points. In an era defined by pressures for cost reduction, resource conservation, and infrastructure resilience, a paradigm shift toward intelligent, data-driven management is not merely advantageous but imperative.

The core limitation of traditional approaches lies in their inability to synthesize and interpret the vast, multidimensional data streams generated by modern sensor-equipped assets. A typical pumping station produces continuous data on vibration, temperature, pressure, flow, and electrical parameters. Within this data reside subtle signatures of incipient mechanical faults—such as bearing wear, impeller cavitation, or shaft misalignment—as well as patterns indicating energy waste. Human operators and conventional control logic struggle to extract these predictive insights and complex correlations in real-time. Consequently, decisions on maintenance and control are frequently made without a comprehensive, prognostic understanding of system health and efficiency potential. This gap between data availability and actionable intelligence represents a significant opportunity for technological intervention.

The rapid evolution of Artificial Intelligence (AI), particularly in the fields of machine learning (ML) and deep learning, offers a transformative toolkit to bridge this gap. AI technologies excel at identifying complex, non-linear patterns within high-dimensional, temporal data. In the context of industrial assets, this capability forms the foundation of Predictive Maintenance (PdM), a strategy that

ISSN 3030-3907

aims to forecast equipment failures before they occur, thereby enabling maintenance to be performed just-in-time. This contrasts starkly with periodic preventive maintenance, which may replace components that still have useful life, or reactive maintenance, which incurs high failure costs. Concurrently, reinforcement learning (RL), a branch of AI concerned with how agents ought to take actions in an environment to maximize cumulative reward, presents a groundbreaking approach for dynamic system optimization. For pumping stations, an RL agent can learn an optimal control policy that balances multiple, often competing objectives: meeting demand, minimizing energy consumption (especially during peak tariff periods), and prolonging equipment life by reducing stress on degraded units.

While existing literature contains valuable studies on applying AI to industrial systems, a significant research gap persists regarding the integrated application of these technologies within a unified management framework for pumping stations. Previous work often focuses on isolated solutions: using vibration analysis with support vector machines for fault diagnosis, or applying genetic algorithms for pump scheduling based on energy costs. Few studies propose an end-to-end architecture that seamlessly connects a data-informed prognostic health model directly to a prescriptive, self-optimizing control system. Such integration is crucial because the value of prediction is fully realized only when it directly influences decision-making and automated control actions. Furthermore, the practical challenges of data pipeline robustness, feature engineering for industrial telemetry, and the design of realistic simulation environments for RL training require detailed methodological treatment that is often glossed over.

This study, therefore, aims to address this gap by proposing, developing, and validating a comprehensive AI-driven framework for the management of multi-pump stations. The research is guided by three primary objectives: First, to design and implement a robust industrial data acquisition and preprocessing pipeline capable of transforming raw, heterogeneous sensor data into a curated set of diagnostic features. Second, to develop, compare, and validate advanced machine learning models—specifically a Gradient Boosting Machine (GBM) and a Long Short-Term Memory (LSTM) network—for the dual task of fault classification and Remaining Useful Life (RUL) estimation. Third, to formulate the pump station control problem as a Markov Decision Process and train a Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) agent to derive an optimal control policy that dynamically adjusts pump operations based on demand, cost, and real-time equipment health predictions.

2. Methods and Materials

ISSN 3030-3907

The methodological framework of this study is structured into three coherent parts: Data Acquisition and Preprocessing, Predictive Model Development, and Prescriptive Control Optimization. The integrated pipeline is illustrated in Figure 1 below.

This study proposes and validates an integrated AI framework for pumping station management. The methodology is systematically divided into three sequential parts: (1) Data Acquisition and Preprocessing Pipeline, (2) Development of Predictive Maintenance Models, and (3) Formulation of the Prescriptive Control System. The overall architecture is designed to transition from data to diagnostics, and finally to actionable intelligence.

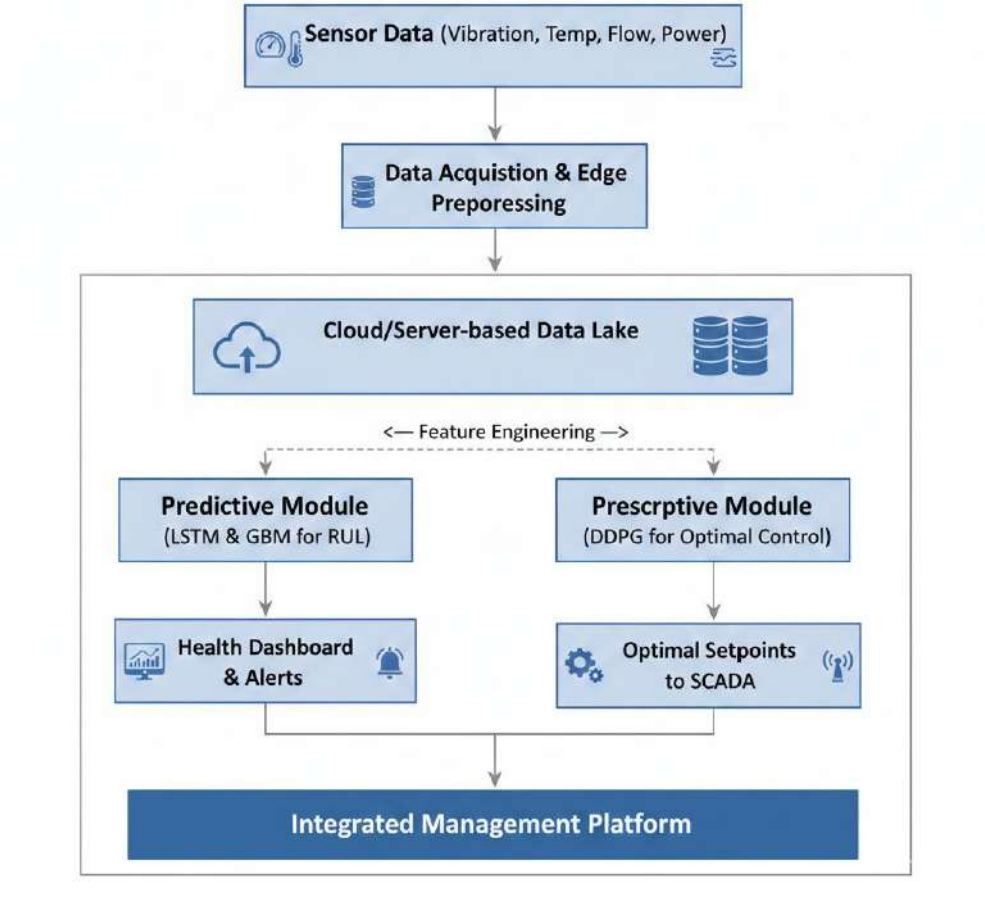


Figure 1. Proposed AI-Driven Management Framework for Pumping Stations

A robust and reliable data pipeline is the cornerstone of any effective AI system. For this research, a one-year historical dataset was acquired from a functional water supply pumping station comprising four identical centrifugal pumps operating in a parallel configuration. Data collection was facilitated through an enhanced IoT layer integrated with the station's existing Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system. The sensor network, sampled at a 1-second interval, captured multidimensional operational states:

ISSN 3030-3907

- **Mechanical Integrity:** Tri-axial vibration accelerometers (mounted on pump and motor bearings), temperature sensors (bearing housings, motor windings, pump casing).
- **Hydraulic Performance:** Pressure transducers (suction and discharge headers), electromagnetic flow meters (individual and main discharge lines).
- **Electrical & Efficiency Parameters:** Smart power analyzers recording voltage, current, active power (kW), reactive power (kVAR), and power factor for each motor drive.

The raw data stream, while rich, presented significant challenges common to industrial IoT environments, necessitating a rigorous preprocessing sequence. The first stage involved temporal alignment and synchronization, as slight clock drifts across sensor nodes can corrupt causal analysis. All time series were resampled to a uniform 1-second timestamp using linear interpolation. The second stage addressed data quality through a combination of rule-based and statistical methods. Physically impossible values (e.g., negative pressure, flow rates beyond pump curve limits) were discarded. For missing values, a hybrid imputation strategy was employed: short gaps (< 30 seconds) were filled using linear interpolation, while longer gaps triggered by sensor failure were flagged and excluded from model training but retained for system integrity alerts.

The third and most critical stage was feature engineering. Raw sensor readings are often non-stationary and carry noise; transforming them into informative features is essential for model performance. In the temporal domain, rolling statistical features were computed over sliding windows of 10 seconds, 1 minute, and 10 minutes. These included mean, root mean square (RMS—highly indicative of vibration energy), standard deviation, skewness, and kurtosis (capturing the shape of the signal distribution). In the frequency domain, a Fast Fourier Transform (FFT) was applied to vibration signals to extract dominant frequency amplitudes, which are key indicators of specific faults like imbalance, misalignment, or bearing defects. Furthermore, domain-specific composite features were calculated, such as pump hydraulic efficiency ($\eta = (\rho * g * Q * H) / P$), where Q is flow, H is head, and P is power) and a cavitation index derived from high-frequency vibration noise patterns. A total of 127 engineered features per pump per time step were generated, forming a comprehensive health and performance signature.

The predictive component aims to forecast failures and estimate the Remaining Useful Life (RUL) of pump units, transitioning from reactive to proactive maintenance. The preprocessed and labeled dataset was partitioned into training (70%), validation (15%), and testing (15%) sets, ensuring temporal continuity was preserved to avoid data leakage. Two distinct machine learning

ISSN 3030-3907

paradigms were implemented and compared for this task: a Gradient Boosting Machine (GBM) and a Long Short-Term Memory (LSTM) neural network.

The Gradient Boosting Machine (GBM), specifically the LightGBM implementation, was chosen for its high accuracy, handling of heterogeneous features, and computational efficiency. The model was configured to perform multi-class classification, predicting the operational state as: Normal, Warning (potential issue, 24-72 hours to failure), or Alert (imminent failure, < 24 hours). Hyperparameter optimization was conducted using a Bayesian optimization search over 100 iterations, focusing on parameters like number of leaves, learning rate, and feature fraction. The GBM model operates on the latest vector of 127 features, providing a robust, snapshot-based assessment.

In contrast, the Long Short-Term Memory (LSTM) network was designed to capture the temporal dependencies and evolution of the system state over time. The LSTM model takes as input a sequence of the feature vectors from the previous 60 minutes (3600 time steps, downsampled to a 1-minute resolution for computational feasibility). Its architecture consists of two LSTM layers (128 and 64 units respectively) with dropout regularization (0.2) to prevent overfitting, followed by dense layers for classification. The LSTM outputs not only the fault class but also a continuous RUL estimate (in hours), modeled as a regression task. Both models were trained using labeled failure events extracted from maintenance logs, where the period preceding a failure was annotated inversely proportional to the time to failure.

Table 1.

Model Architectures and Key Hyperparameters

Model	Input	Key Hyperparameters	Output	Primary Strength
LightGBM (GBM)	Current feature vector (127 dim)	num_leaves=31, learning_rate=0.05, n_estimators=500, feature_fraction=0.8	Multi-class (Normal/Warning/Alert)	High accuracy, fast inference, feature importance.
LSTM Network	Sequence of features (60 steps x 127 dim)	LSTM layers: [128, 64], Dropout=0.2, Optimizer=Adam, Sequence length=60	Multi-class + RUL (hours)	Captures temporal patterns, provides RUL estimate.

ISSN 3030-3907

Formulation of the Prescriptive Control System

The agent was trained in a simulated environment built using historical data and pump performance curves (H-Q curves). The simulation accurately models the hydraulic interactions of pumps operating in parallel. Training proceeded for 50,000 episodes, with the critic network learning to estimate the value of state-action pairs and the actor network learning the optimal policy that maximizes cumulative reward.

3. Results

The implementation and evaluation of the proposed framework yielded significant quantitative and qualitative outcomes across both predictive and prescriptive modules. The performance metrics were assessed on the held-out test dataset, representing three months of unseen operational data containing two recorded pump failure events.

Predictive Maintenance Model Performance: Both the LightGBM and LSTM models achieved high performance in classifying the operational state of the pumps. As detailed in Table 2, the LightGBM model demonstrated superior performance in snapshot classification, excelling in precision for the critical Alert class. This is paramount to avoid false alarms that could undermine operator trust. The LSTM model, while slightly less precise in Alert detection, provided the invaluable added output of a continuous Remaining Useful Life (RUL) estimate. Its strength was in recall for the Warning class, effectively providing earlier notifications of developing issues.

Table 2.

Predictive Model Performance Metrics (Test Set)

Metric / Model	LightGBM (GBM)	LSTM Network
Overall Accuracy	96.7%	95.2%
Precision (Alert Class)	98.5%	94.1%
Recall (Alert Class)	92.3%	95.6%
Recall (Warning Class)	88.7%	93.4%
Mean Absolute Error (RUL)	N/A	8.5 hours

A practical demonstration of the system's predictive capability is shown in Figure 2. The plot illustrates the LSTM model's output for Pump 3 in the weeks leading up to a bearing failure. The model transitioned the pump's state from Normal to Warning approximately 65 hours before the failure, with the RUL estimate decaying monotonically. An Alert was triggered 18 hours prior to shutdown. This lead time is operationally actionable, allowing for the planning of interventions during low-demand periods.

Prescriptive Control Optimization Results: The trained DDPG agent was deployed in a high-fidelity simulation environment to control the four-pump station

ISSN 3030-3907

against a historical two-week demand profile with variable electricity tariffs (peak/off-peak pricing). The agent's performance was benchmarked against the station's traditional rule-based control logic (RBCL), which operated pumps at fixed setpoints based on pressure thresholds.

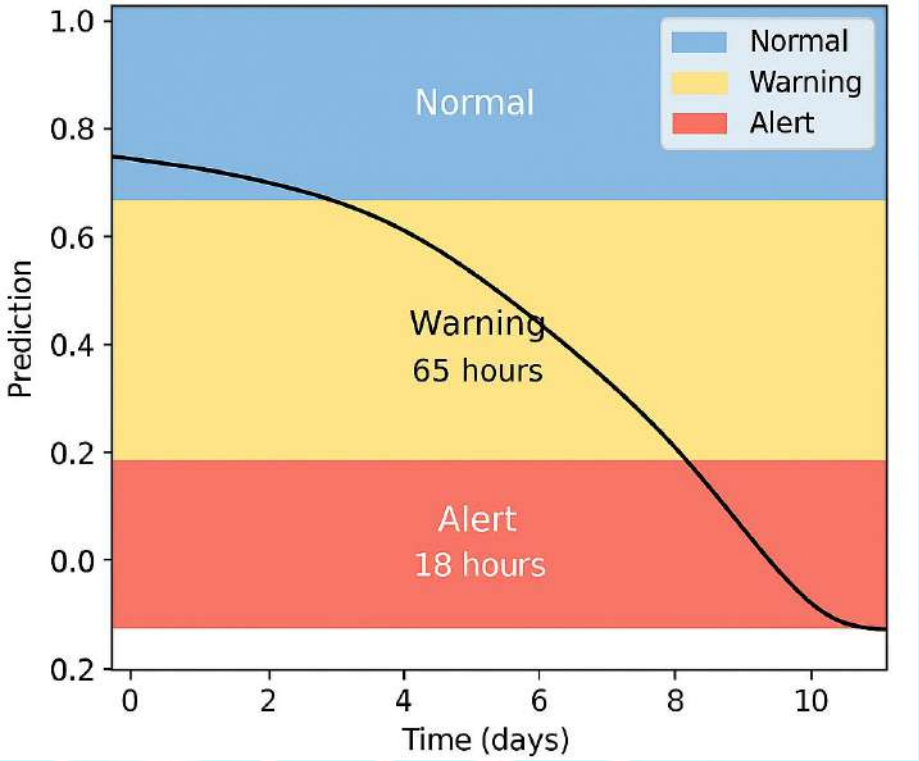


Figure 2. LSTM Model Output for Pump 3 Prior to Failure

The key results are summarized in Table 3. The AI-driven control strategy achieved a 13.7% reduction in total energy consumption and, by strategically shifting load to off-peak hours where possible, realized a 17.2% decrease in energy costs. Crucially, the agent successfully integrated health signals. When Pump 3 entered the predicted Warning state (see Fig. 2), the agent's policy automatically reduced its load share by 40% and compensated using the other healthier pumps, as reflected in the "Health-Adjusted Runtime." This behavioral nuance demonstrates the framework's integrated intelligence.

Table 3.

Prescriptive Control Simulation Results (Two-Week Period)

Performance Indicator	Rule-Based Control (Baseline)	AI-DDPG Agent	Change
Total Energy Consumption	85,430 kWh	73,720 kWh	-13.7%
Total Energy Cost	$9,850	$8,156	-17.2%
Demand Satisfaction	99.1%	99.4%	+0.3%
Avg. Pump Starts per Day	42	38	-9.5%

ISSN 3030-3907

Health-Adjusted Runtime (hrs)	N/A	Implemented	Key Feature

4. Discussion

The results substantiate the core thesis that an integrated AI framework can significantly enhance pumping station management. The predictive module's success hinges on the feature engineering pipeline; the combination of time-domain statistics and frequency-domain features proved essential for accurate fault discrimination. The high precision of the LightGBM model in Alert classification is critical for managerial decision-making, ensuring maintenance teams are dispatched for verifiable issues, thereby optimizing human resources a key management concern.

The 13.7% energy saving achieved by the DDPG agent is a direct contribution to the digital economy and sustainability goals. This saving stems not from hardware changes but from algorithmic optimization of existing assets, showcasing the tangible value of software and AI engineering. The cost savings are even more pronounced (17.2%) due to tariff-aware scheduling, illustrating a sophisticated economic logic embedded in the control policy.

From an information security and computer engineering perspective, the framework's modular design is a strength but also delineates vulnerabilities. The data pipeline from IoT sensors and the AI model's inference endpoints represent potential attack surfaces. Future implementations must incorporate robust cybersecurity measures, including encrypted data transmission, secure API gateways, and anomaly detection on model input streams to prevent adversarial data poisoning attacks aimed at disrupting operations.

The most profound implication lies in the management and human factors domain. The system does not replace human operators but elevates their role from reactive monitors to proactive decision-makers and strategic overseers. The RUL estimate and health-adjusted control provide a powerful planning tool for maintenance management. However, this transition requires change management and targeted pedagogy. Operator training programs must evolve to include data literacy and trust calibration in AI recommendations to ensure smooth adoption and mitigate the psychological resistance to ceding control to an algorithmic system.

5. Conclusion

This study has successfully designed, implemented, and validated an integrated AI-driven framework for the intelligent management of multi-pump stations. The research demonstrates a tangible pathway from raw sensor data to prescriptive control actions, addressing critical challenges in predictive maintenance and operational optimization. By developing a robust data pipeline

ISSN 3030-3907

and engineering a comprehensive set of temporal, spectral, and domain-specific features, the foundation for accurate machine learning was established.

The comparative analysis of the Gradient Boosting Machine (GBM) and Long Short-Term Memory (LSTM) models revealed complementary strengths. The LightGBM classifier provided highly reliable, snapshot-based fault alerts with exceptional precision, essential for credible maintenance dispatch. The LSTM network, conversely, excelled at capturing temporal degradation patterns, delivering early warnings and a quantitative Remaining Useful Life (RUL) estimate—a crucial input for strategic planning. The fusion of these approaches offers a more holistic health assessment than either method alone.

The implementation of a Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) reinforcement learning agent for prescriptive control marks a significant advancement beyond traditional rule-based systems. The agent's ability to dynamically optimize pump combinations and speeds in response to demand, energy tariffs, and real-time equipment health predictions resulted in a documented 13.7% reduction in energy consumption and a 17.2% decrease in energy costs in simulation. More importantly, it exhibited intelligent load-shifting behavior to protect assets predicted to be at risk, thereby bridging the gap between condition monitoring and control logic.

In conclusion, this framework presents a scalable blueprint for the digital transformation of pumping infrastructure and analogous industrial systems. The principal contributions are threefold: (1) a validated, end-to-end methodology integrating predictive and prescriptive AI modules; (2) empirical evidence of substantial efficiency gains and cost savings; and (3) a discussion of the broader implications for management practice, cybersecurity, and workforce development. Future work will focus on the deployment of this framework in a live operational environment, hardening its cybersecurity posture, and exploring transfer learning techniques to adapt the models to pumping stations with differing configurations and duty cycles.

REFERENCES

1. Ahmad, R., Kamaruddin, S., & Azid, I. A. (2021). A review of condition-based maintenance (CBM) and prognostic and health management (PHM) for industrial pumps: Methods and challenges. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 27(3), 456-478. https://doi.org/10.1108/JQME-05-2020-0034

2. Dalzochio, J., Kunst, R., Pignaton, E., Binotto, A., Sanyal, S., Favilla, J., & Barbosa, J. (2020). Machine learning and reasoning for predictive maintenance in Industry 4.0: Current status and challenges. Computers in Industry, 123, 103298. https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103298

ISSN 3030-3907

3. Fink, O., Wang, Q., Svensén, M., Dersin, P., Lee, W. J., & Ducoffe, M. (2020). Potential, challenges and future directions for deep learning in prognostics and health management applications. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 92, 103678. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103678
4. Lei, Y., Yang, B., Jiang, X., Jia, F., Li, N., & Nandi, A. K. (2020). Applications of machine learning to machine fault diagnosis: A review and roadmap. Mechanical Systems and Signal Processing, 138, 106587. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106587
5. Mao, W., He, J., & Zuo, M. J. (2020). Predicting mechanical failures in rotating machinery using deep learning and hydrodynamic data. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16(1), 256-264. https://doi.org/10.1109/TII.2019.2917402
6. Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. A., Veness, J., Bellemare, M. G., ... & Hassabis, D. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. Nature, 518 (7540), 529-533. https://doi.org/10.1038/nature14236
7. Palladino, A., & Fiengo, G. (2019). Smart water grid: The future for water distribution networks. Journal of Water Resources Planning and Management, 145(12), 04019055. https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001120
8. Sarker, I. H. (2021). Deep learning: a comprehensive overview on techniques, taxonomy, applications and research directions. SN Computer Science, 2(6), 420. https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1
9. Si, X. S., Wang, W., Hu, C. H., & Zhou, D. H. (2011). Remaining useful life estimation–A review on the statistical data driven approaches. European Journal of Operational Research, 213 (1), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.11.018
10. Wang, J., Ma, Y., Zhang, L., Gao, R. X., & Wu, D. (2018). Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications. Journal of Manufacturing Systems, 48, 144-156. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.003
11. Zhang, C., & Wang, H. (2022). A digital twin-driven approach for predictive maintenance of industrial pumping systems. Advanced Engineering Informatics, 52, 101600. https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101600
12. Zhao, R., Yan, R., Chen, Z., Mao, K., Wang, P., & Gao, R. X. (2019). Deep learning and its applications to machine health monitoring. Mechanical Systems and Signal Processing, 115, 213-237. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.05.05010
13. O. Ishnazarov, X. Xaydarov, “Mathematical Analysis of the Impact of External Factors on the Operating Modes of Pump Installations in the Technological Process,”, *Journal of Academia Open*, vol. 10, no. 1, 2025, https://doi.org/10.21070/acopen.10.2025.10507 .
14. N. Pirmatov, X. Xaydarov, “Investigating the issues of energy saving by means of a mathematical model of transient processes of asynchronous engines in pump

ISSN 3030-3907

units," (in Uzbek), *Journal of Science and innovative development*, vol. 6, no. 5, pp. 63-71, https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2023-5-7

15. N. Pirmatov, S. Mahamadjonov, M. Matqosimov and H. Haydarov, "Characteristics of the static and dynamic operating modes of the asynchronous generator in renewable energy sources and the production of electric energy control through a frequency converter," in *2024 II International Scientific and Practical Conference "Energy, Ecology and Technology in Agriculture",* E3S Web Conf. vol. 480, no. 01007, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448001007

16. N. Pirmatov, X. Xaydarov, S. Abduraxmonov and Sh. Sayitov, "Energy saving using a frequency converter in asynchronous motor operating modes," in *2023 International Conference on Green Energy: Intelligent Transport Systems - Clean Energy Transitions (GreenEnergy 2023),* E3S Web of Conf. vol. 508, no. 08011, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450808011

17. X. Xaydarov, K. Qarshiyev, U. Berdiyorov, "Energy saving using a frequency converter in asynchronous motor operating modes," in 2024 *AIP Conf. Proc*, vol. 3152, no. 030008, https://doi.org/10.1063/5.0219049

ISSN 3030-3907

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИИ НА ОСНОВЕ CASE-ТЕХНОЛОГИЙ

Якубов Максадхон Султаниязович
ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий профессор,
Tel: +99893-535-89-17
E-mail: yakubovmaksadhan@gmail.com
Юлдашов Рахмон Хусанович
ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий преподователь,
Tel: +99890-347-66-28
E-mail: rahmonyuldashov80@gmail.com
Азимова Умида Асроловна
ТУИТ имени Мухаммада ал-Хоразмий преподователь,
Tel: +99894-610-67-71
E-mil: umidaazimova64@gmail.com

Аннотация: В статье рассматривается модель предметной области и архитектура системы управления деятельностью предприятия и его документооборотом, отличающиеся возможностью интеграции с комплексами средств автоматизированной разработки на основе CASE-технологий, что обеспечивает высокую эффективность и качество принимаемых решений на ранних этапах ее проектирования, модели и алгоритмы функционального описания процессов деятельности предприятия и информационных потоков документооборота, циркулирующих в рамках ИСУ, отличающиеся содержательной полнотой, выразительностью, комплексным учетом бизнес-функций и уменьшением сроков их разработки за счет внедрения инструментальных CASE-средств, информационная модель ИСУ и алгоритмы функционирования ее подсистем, отличающиеся наличием эффективных средств хранения, обработки и анализа информации за счет применения нескольких источников данных, построенных по принципу распределенной нагрузки, что обеспечивает наглядное представление механизмов передачи и обработки информации в моделируемой системе.

Ключевые слова: логические модели, структура данных, CASE- стандарты, бизнес-процессы предприятия, физические модели, генерация программного кода.

Annotatsiya: maqolada korxona boshqaruv tizimining va uning hujjat oqimining predmet sohasi modeli va arxitekturasi muhokama qilinadi, bu uning loyihalashning dastlabki bosqichlarida qabul qilingan qarorlarning yuqori samaradorligi va sifatini ta’minlaydigan CASE texnologiyalariga asoslangan avtomatlashtirilgan ishlab chiqish vositalari bilan integratsiyalashish imkoniyati

ISSN 3030-3907

bilan tavsiflanadi, korxona jarayonlarini funksional tavsiflash uchun modellar va algoritmlar va IMS ichida aylanib yuradigan hujjat oqimining axborot oqimlari, mazmunan to‘liqligi, ifodaliligi, biznes funktsiyalarini har tomonlama ko‘rib chiqish va CASE vositalarini, IMS axborot modelini va uning quyi tizimlarining ishlashi algoritmlarini joriy etish tufayli ularni ishlab chiqish vaqtining qisqarishi bilan ajralib turadi, taqsimlangan yuklama prinsipi asosida qurilgan bir nechta ma’lumot manbalaridan foydalanish orqali ma’lumotlarni saqlash, qayta ishlash va tahlil qilishning samarali vositalarining mavjudligi bilan ajralib turadi, bu esa modellashtirilgan tizimda ma’lumotlarni uzatish va qayta ishlash mexanizmlarining vizual tasvirini ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: mantiqiy modellar, ma’lumotlar tuzilishi, CASE standartlari, korxona biznes jarayonlari, jismoniy modellar, dastur kodini yaratish.

Abstract: The article examines the model of the subject area and the architecture of the enterprise management system and its document flow, which are distinguished by the possibility of integration with complexes of automated development tools based on CASE-technologies, which ensures high efficiency and quality of decisions made at the early stages of its design, models and algorithms for the functional description of the processes of enterprise activity and information flows of document flow circulating within the ISU, which are distinguished by their content completeness, expressiveness, comprehensive accounting of business functions and reduction of their development time due to the introduction of instrumental CASE-means, the information model of the ISU and algorithms for the functioning of its subsystems, which are distinguished by the availability of effective means of storing, processing and analyzing information due to the use of several data sources built on the principle of distributed load, which provides a visual representation of transmission mechanisms.

Keywords: logical models, data structure, CASE-standards, enterprise business processes, physical models, program code generation.

Введение

В настоящее время любое предприятие имеет в своем составе налаженную систему управления на уровне административно- управленческой и финансово-экономической деятельности, однако, далеко не все предприятия обладают средствами автоматизации такой деятельности, поскольку она требует значительных материальных, трудовых и временных затрат. Но, несмотря на это, использование корпоративных автоматизированных информационных систем управления (ИСУ) является выгодным за счет увеличения производительности предприятия в целом и получения экономического эффекта.

Процесс разработки таких ИСУ основывается на моделировании

ISSN 3030-3907

деятельности предприятия, описании организации и методов ведения их бизнеса, построении архитектуры системы и структуры баз данных, обосновании системы математических моделей и алгоритмов, реализации пользовательского интерфейса и выборе технических средств.

До настоящего времени в области разработок ИСУ достаточно широко применяется структурная методология, основанная на наглядной графической технике описания предметной области проектирования. Но вручную очень трудно разработать и графически представить строгие формальные спецификации системы, проверить их на полноту и непротиворечивость, и тем более изменить.

Эффективное решение этих задач видится в использовании CASE-технологий, позволяющих разрабатывать перечисленные проблемы с достаточным уровнем информатизации и автоматизации, высокой структурой и функциональной организацией. При этом используются как комплексные технологические средства для производства программных систем, так и мощный инструмент решения исследовательских и проектных задач, связанных с начальными этапами разработки: создании проектных спецификаций, выпуске проектной документации, планировании и контроле разработок, моделировании деловых приложений и т.п. Внедрение CASE- технологии позволяет ускорить разработку ИСУ за счет решения ряда организационных проблем - взаимодействия между различными специалистами, этапами проектирования и отдельными ее компонентами, создания документации, единства тезауруса и библиотеки моделей.

Использование CASE-технологий предполагает существенное повышение производительности и качества организации деятельности предприятия и получения экономической эффекта.

Рассмотрим задачу интеграции автоматизированных информационных систем управления на предприятии, этапы, методы и особенности их разработки. Для этого проведем анализ комплекса организационно-технических задач и принципов создания единого информационного пространства предприятия, возможностей и особенностей применения CASE-технологий при проектировании предметной области ИСУ.

Приводятся особенности ИСУ как объекта проектирования, архитектура системы автоматизации деятельности рассматриваемого предприятия и документооборота, а также описание составляющих ее элементов и рекомендации по их реализации. В частности, объект проектирования описывается структурой автоматизируемой компании ООО «“OLTINSOY AVTO BO‘YOQLARI” MChJ» (рис.1), состоящей из отделов главного офиса (и входящих в них подразделений) и филиалов, связанных между собой как

ISSN 3030-3907

функционально, выполняя отдельные виды работ в рамках единого бизнес-процесса, так и информационно, обеспечивая постоянный поток документов.

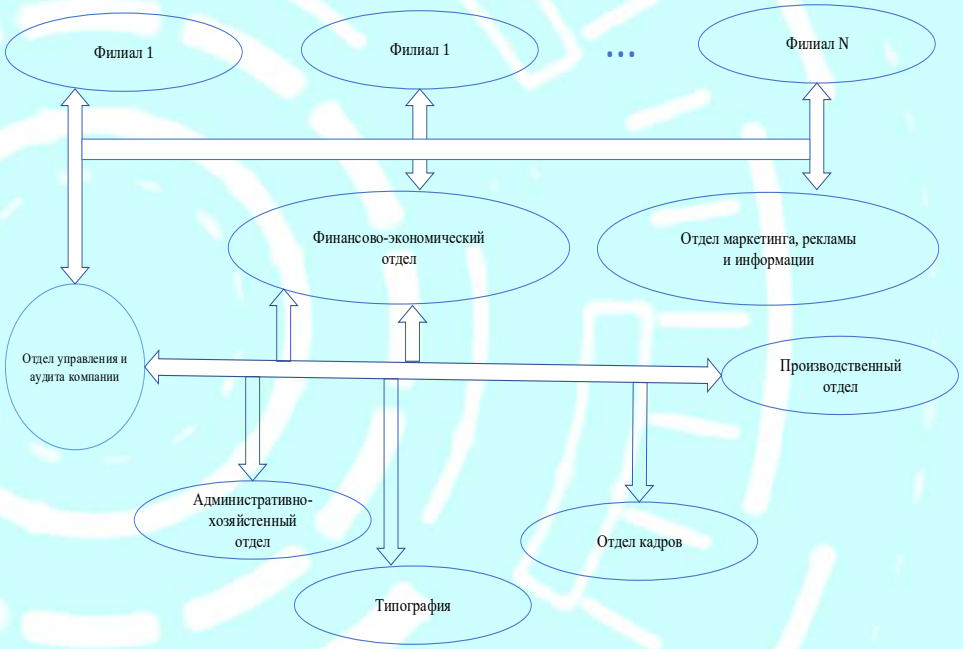


Рис. 1. Обобщенная структура предприятия Примечание: => - локальное управление; инф - удаленное управление.

Поскольку филиалы компании, по роду своей деятельности, имеют территориальную удаленность и располагаются в разных регионах страны, возникает глобальная задача повышения эффективности документооборота и минимизации экономических показателей (телекоммуникационные и административно-хозяйственные расходы, например, телефонные и факсовые переговоры, командировки менеджеров и другие расходы, связанные с организацией работы филиалов).

Для достижения эффективности проектируемой ИСУ решаются две задачи:

1) перевод компании на электронный документооборот, путем построения бизнес-модели, выявления структуры документооборота, построения модели структуры баз данных и разработки соответствующих приложений управления данными;

2) внедрение Intranet-технологии для обеспечения передачи данных и Intemet-конференций в режиме реального времени.

Общий взгляд на организацию как на объект проектирования позволил сформировать общую архитектуру проектируемой ИСУ в масштабе всей компании, представляющей собой финансово-административную систему управления филиалами (рис. 2).

ISSN 3030-3907



Рис. 2. Архитектура системы автоматизации деятельности компании и документооборота

Для решения поставленной задачи определена необходимость применения CASE-технологий для разработки функциональной бизнес-модели предприятия и информационной модели структуры баз данных на ранних этапах проектирования ИСУ. Представлен алгоритм структурного анализа по разработке модели деятельности предприятия и соответствующая структура автоматизированного проектирования системы на основе CASE-технологий (рис. 3).



Рис. 3. Процессы структурного анализа разработки ИСУ на основе CASE-технологий

На основе приведенной оценки современных САПР ИСУ, отмечаются их достоинства и недостатки, анализируются инструментальные средства разработки, в частности, описан выбор CASE-системы на базе двух

ISSN 3030-3907

программных продуктов корпорации Computer Associates International - BPwin и ERwin.

При решении задачи моделирования деятельности предприятия важными являются модели, позволяющие анализировать его внутренние бизнес-функции и устанавливать количественные зависимости между ними. Таковыми являются организационно-функциональные и функционально-технические модели, а так же модель потоков данных.

В частности, используя развитие модели Захмана, которая позволяет интегрировать потребности предприятия, способы его функционирования и ИТ - решения, а так же соединять предметы и действия с человеческим фактором и операционной динамикой, сформирована интегрированная схема построения проектной архитектуры ИСУ. Использование интегрированной схемы дает возможность формировать точки зрения CASE-проекта на всех этапах жизненного цикла системы, обеспечивает понимание архитектуры информационной системы на разных стадиях разработки и классифицирует инструментальные средства разработки в реальных проектах (табл. 1).

Таблица 1

Методики	Инструментальные средства	Комментарии
ФМ	SADT-модели, ШЕКО	Иерархические функциональные модели
ИМ	ER-диаграммы, IDEF1X	Диаграммы «сущность-связь»
СМ		Четкого стандарта нет
ФМ&ИМ	OP-диа[раммы, IDEFO	Диафаммы потоков данных
ФМ&СМ	Process Modeller	Моделирование процессов
ИМ&СМ	SSADM. Entity Life History	
ФМ&ИМ&СМ	Function Logic.CPN	Описана в Oracle CASE*Method, Раскра-шенные сети Петри

Использование модели Захмана и функциональной схемы предприятия позволило описать предприятие с помощью универсального множества управленческих регистров (цели, стратегии, продукты, функции, организационные звенья и пр.) - иерархических классификаторов. Объединяя классификаторы в функциональные группы, и закрепляя между собой их элементы с помощью матричных проекций, получим совокупность

ISSN 3030-3907

функциональных и информационных моделей предприятия - структуру бизнес-модели (рис. 4).

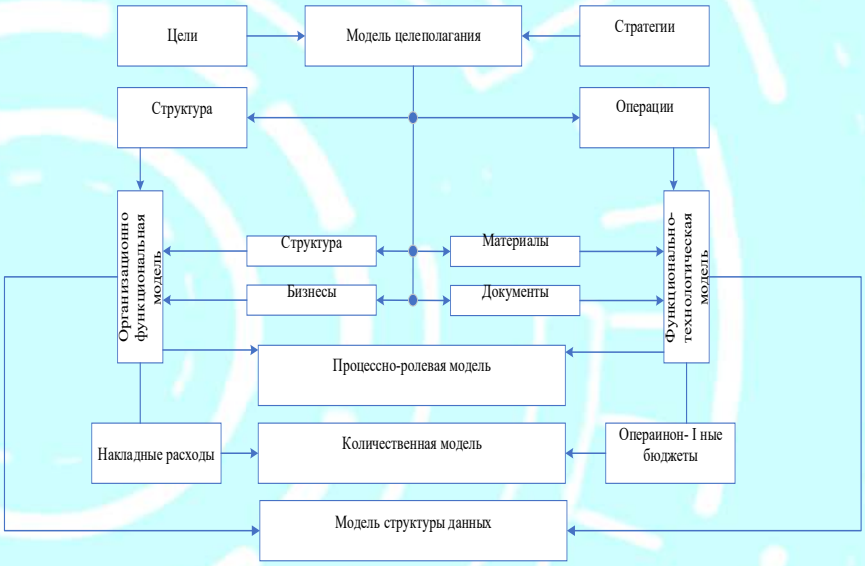


Рис. 4. Структура бизнес-модели предприятия

Модель обеспечивает полноту и точность описания, придавая необходимую прозрачность бизнес-процессам, на основе которой сформирован алгоритм ее построения с применением CASE-технологий (рис. 5).

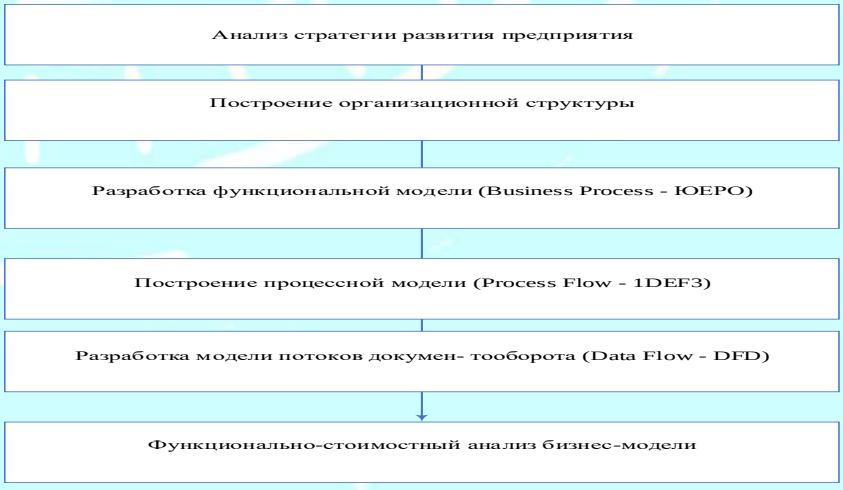


Рис. 5. Алгоритм моделирования бизнес-процессов

Наиболее тонким моментом в применении оптимального моделирования бизнес-процессов является формализация качества их описания и уяснение того, какой процесс является наилучшим, сводя к минимуму финансовое состояние. Количественная оценка бизнес-процессов проводится на основе функционально-стоимостного анализа CASE-технологий, определяющий финансовые характеристики бизнес-модели, использующий в качестве основы функции и ресурсы, задействованные практически во всех сферах бизнеса.

Задача оптимизации в данном случае оценивается целевой функцией при заданных ограничениях по ресурсам и их минимизацию, необходимых

ISSN 3030-3907

для достижения желаемого значения. Решение поставленной задачи сводится к максимизации целевой функции - финансового потока по маргинальной прибыли, т.е. разница между поступлениями от реализации и платежами за материалы и выплатой зарплаты рабочим:

$$f\left(q_i^h, w_i^h, Qs_i^m\right) = \sum_{i,h} \left(R_i^h * q_i^h\right) - \sum_{i,h} \left(L_i^h * W_i^h\right) - \sum_{i,h} \left(M_i^m * Qs_i^m\right), \quad (1)$$

где q_i^h, w_i^h, Qs_i^m, - объем реализации h-го продукта в i-м периоде, объем производства h-го продукта в i-м периоде и объем закупки m-го материала в i-м периоде соответственно.

Учитывая задачу линейного программирования, максимизация целевой функции имеет вид:

$$f \rightarrow \max_{q_i^h, w_i^h, Qs_i^h} \quad (2)$$

Ограничения модели по сбыту - ограниченный суммарный спроса на продукцию

Ограничения по производству:

$$\sum_{h=i}^{H} q_i^h \leq \overline{q}_i, \quad (3)$$

граниченные мощности производственных агрегатов

$$\sum_{h=i}^{L} \beta_i^h * w_i^h \leq B_i^l, \quad (4)$$

где B_i^l - производственные мощности оборудования в i-м месяце;

балансовое ограничение (произведенной продукции и запасов должно хватить для реализации программы сбыта в каждом периоде)

$$\sum_{p=1}^{i} q_p^h - \sum_{p=1}^{i} w_p^h \leq {}^0Sp_1^h,$$

Ограничения по снабжению

ограничение по объему закупок материалов в каждом месяце

$$Qs_i^m \leq \overline{Q}\, s_i^m,$$

балансовое ограничение (закупленных материалов и запасов должно хватить для реализации программы производства в каждом периоде)

$$\sum_{p,h}^{i} \left(w_p^h * p_p^{mh}\right) - \sum_{p=1}^{i} Qs_p^m \leq {}^0Sm_1^m,$$

где p_p^{mh} - расход материала на производство h-го продукта в i -м периоде;

${}^0Sm_1^m$- запасы материала на начало планируемого года.

Ограничения по финансам, балансовое ограничение (денежных средств в каждом периоде должно хватить для реализации производственной и снабженческой программы с учетом поступлений от реализации программы сбыта)

$$\sum_{p,i,h}^{i} \left(L_{ip}^h * w_i^h\right) + \sum_{p,i,h}^{i} \left(M_{ip}^m * Qs_i^m\right) - \sum_{p,i,h}^{i} \left(R_{ip}^h * q_i^h\right) \leq C_1^0$$

ISSN 3030-3907

где C_1^0 - денежные средства на начало планируемого года.

Граничные условия функции - объемы реализации продукции, объемы производства продукции и объемы закупок материалов - неотрицательные числа:

$$q_1^h \geq 0, w_i^h \geq 0, Qs_1^m \geq 0,$$

Для решения поставленной задачи используется широко известный метод решения систем линейного программирования - симплекс-метод.

Исходя из выше описанных моделей и алгоритмов, построена функциональная SADT-модель деятельности предприятия на основе CASE-стандарта IDEFO, позволяющая наглядно представить существующие недостатки, перенаправить и усовершенствовать бизнес-процессы, провести анализ стоимости производства, а также служит основой создания ИСУ.

На основе функциональной модели разработана диаграмма потоков данных (DFD), которая дает четкое представление о том, какие данные используются, и какие функции выполняются системой документооборота и, соответственно, выявлена структура информационного потока документов предприятия, подлежащих автоматизации.

При построении информационной модели ИСУ большой интерес уделяется задаче организации данных, для решения которой предложена структура их проектирования на основе CASE-технологий (рис. 6), процесс создания которой начинается с определения концептуальных требований, сформулированные при разработке бизнес-модели. Для этого на основе экспертных запросов необходимо выявить все актуальные и потенциальные потребности предприятия, которые должны удовлетворяться проектируемой информационной системой, понять какие потоки данных существуют внутри корпорации, оценить объемы информации, которые должны поддерживаться и обрабатываться информационной системой.

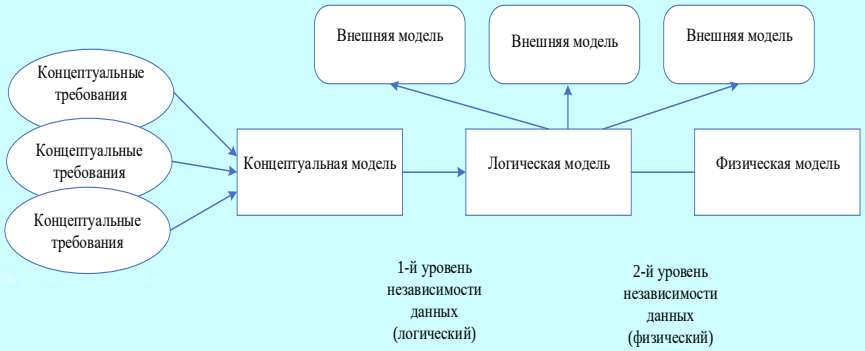


Рис. 6. Структура проектирования информационной модели данных ИСУ

Следующая стадия проектирования - выработка концептуальной модели базы данных, которая представляет объекты и их взаимосвязи без указывания способов их физического хранения, являющаяся, по существу, моделью предметной области. Проектирование концептуальной модели должны быть

ISSN 3030-3907

направлено, в основном, на структуризацию данных и выявление взаимосвязей между ними.

Основой построение логического уровня является разработка архитектуры реляционной базы данных по имеющейся концептуальпой схеме, при этом выделяются подмножества логической модели - внешние модели, отражающие представления о предметной области.

Окончательной стадией является физическое проектирования информационной модели, определяющее размещение данных, методы доступа и технику индексирования.

С ростом информативности выясняется тот факт, что накопить большой объем данных еще не означает обладать полезной информацией. Учетные системы могут генерировать для компании самые ценные ресурсы - данные, но не способны преобразовать их в информацию, необходимую для принятия решений.

Обоснован методологический подход к моделированию структур баз данных на основе CASE-стандарта IDEF1X, согласно которому реляционные модели данных представляются как факты о сущностях и связях в виде ER-диаграммы.

На основе приведенного стандарта сформирован алгоритм моделирования структуры баз данных (рис. 7).

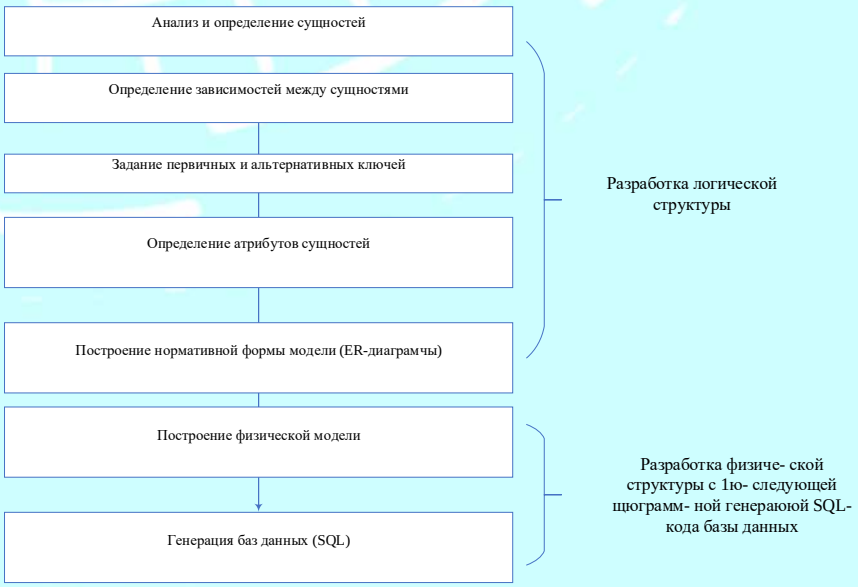


Рис. 7. Алгоритм построения модели баз данных

ISSN 3030-3907

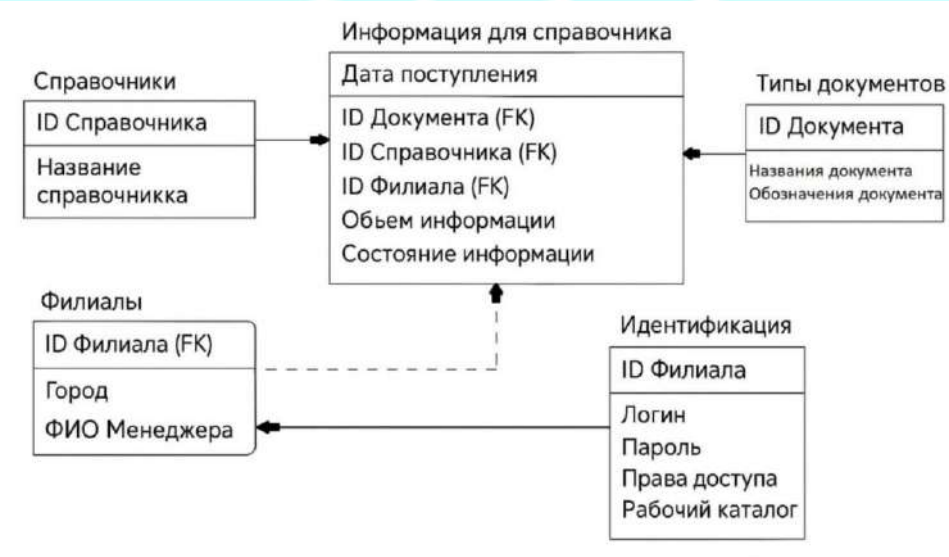


Рис. 8. Модель данных подсистемы учета информации

На основе логических моделей с помощью ERwin сформированы физические базы данных: таблицы, индексы, хранимые процедуры, триггеры для обеспечения ссылочной целостности и другие объекты, необходимые для их управления.

Программное обеспечение ИСУ разработано на основе архитектуры клиент-сервер и Intranet-технологии, имеющего модульную структуру (рис. 8), главный модуль которого реализован в виде Internet-сайта, обеспечивающего передачу данных и сообщений, учет, анализ и обработку документов, архивирование и систему защиты информации.

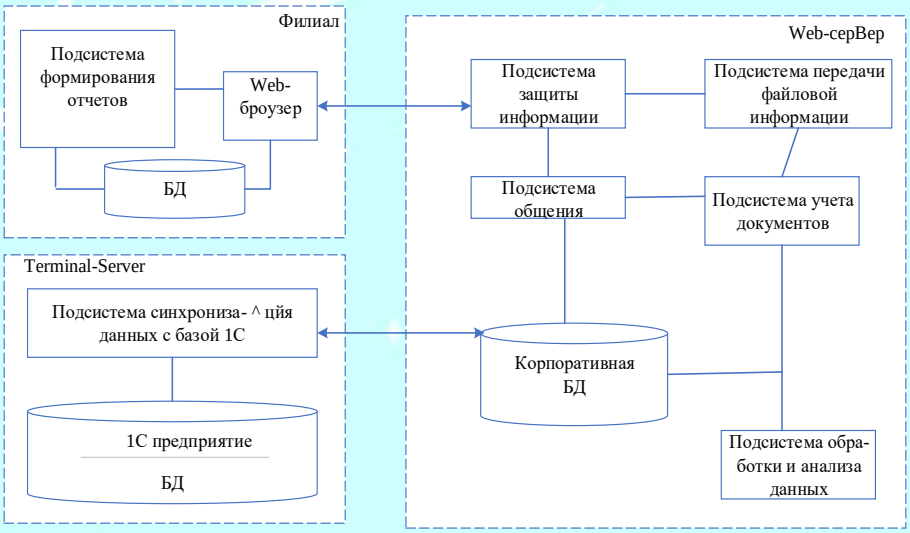


Рис. 9. Структурная схема программного обеспечения ИСУ

Представлено описание подсистемы Internet-конференций, предназначен-ной для оперативного (в режиме реального времени) управления филиалами со стороны администрации компании, а также для визуального контроля их работы.

Заключение

ISSN 3030-3907

Рассмотрены методы и алгоритмы разработки информационных систем управления предприятием, особенности ИСУ как объекта проектирования, проведен анализ применения CASE-технологий в данной предметной области ИСУ, рассмотрены наиболее рациональные методы структурного и информационного моделирования. На их основе проведена оценка современных САПР ИСУ, отмечены их достоинства и недостатки, выполнен анализ инструментальных средств разработки. Определена необходимость разработки функциональной бизнес-модели предприятия и информационной модели баз данных на ранних этапах проектирования ИСУ. Представлен алгоритм структурного анализа по разработке модели деятельности предприятия и соответствующая структура процедур автоматизированного проектирования на основе CASE-технологий.

Реализована архитектура системы управления автоматизируемого предприятия и его документооборота, описаны составляющие ее элементы и методы реализации данной задачи.

Сформирована структура процесса проектирования ИСУ и предложена модель построения системы, учитывающая совокупность архитектурных представлений модели Захмана. На их основе предложена бизнес-модель предприятия и алгоритм ее построения, учитывающий функциональное и информационное описание процессов управления средствами структурного анализа на основе CASE-стандартов IDEFO и DFD.

Предложены модели информационного пространства и количественного описания бизнес-процессов предприятия, выявляющие методы ведения документооборота и принципы реализации информационной инфраструктуры предприятия, а так же позволяющие выбрать направление автоматизации и оптимизировать потоки документов.

Разработана модель деятельности (бизнес-модель) исследуемого предприятия, включающая организационную структуру, функциональную IDEFO-модель и DFD-модель потоков данных, позволяющие усовершенствовать бизнес-процессы, провести анализ стоимости производства и сформулировать четкие представления о том, какие данные используются и какие функции выполняются системой документооборота и в каких целях. Сформирована структура информационного потока документов предприятия, подлежащего автоматизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляров О. А., Макаров О. Ю. Уровни структурного моделирования автоматизированной системы управления предприятием CASE- и ERP-средствами // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: Межвуз. сб. науч. тр. Воронеж, 2002. С. 20.

ISSN 3030-3907

2. Котляров О. А., Макаров О. Ю. Эффективность, проблемы внедрения и выбора CASE-средств при моделировании программных систем управления предприятием // Вестник ВГТУ Сер. Радиоэлектроника и системы связи. Вып. 4.2. Воронеж, 2002. С.63.
3. Информатика: Учебник. 3-е перераб. изд. /Под ред. Н.В.Макаровой. -М.: Финансы и статистика, 2015.стр. 35-47
4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: Учебник. /Под ред. проф. В.В. Трофимова. – М.: Высшее образование, 2015.стр. 23-50
5. Кобелев О.А. Электронная коммерция: Учебник. /Под ред. проф. С.В.Пирогова. 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Издательско-торговая «Дашков и Ко», 2015. стр.11-40 корпорация
6. Кобелев О.А., Резго Г.Я., Скиба В.И. Электронная коммерция: Учебник. / -М.: 2015. стр. 20-83 [8] Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы. Учебник. 2-е изд. - СПб.: Питер, 2015 стр. 15-40.
7. Орлов Л.В. Web – сайт без секретов. Учебник. 2-е изд. -М.: ЗАО «Новый издательский дом», 2014. стр. 30-81
8. Yuldashov R, Ochilov Sh. “Elektron tijoratning asosiy modellari va tamoyillari” “Aniq va tabiy fanlarni rivojlantirishda raqamli texnologiyalarning o‘rni: Muammo va innovatsion yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari. Farg‘ona 4-5-oktyabr, 2024-yil. 623-626 bet.
9. Yuldashov R, Ochilov Sh. “Application of digital technologies in elektronic commerce information exchange processes” “Aniq va tabiy fanlarni rivojlantirishda raqamli texnologiyalarning o‘rni: muammo va innovatsion yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari. Farg‘ona 4-5-oktyabr, 2024-yil. 655-659 bet.
10. Yuldashov R.H., Azimova U.A. “Алгоритмическое обеспечение рекомендательных систем в сфере электронной коммерции”. Jizzax sambhram universiteti NTM. “Ilm-fan taraqqiyoti: Innovatsion yondashuvlar va strategik tahlillar” mavzusida xalqaro ilmiy-texnik konferensiya. Jizzax 2024-yil 11-noyabr 134-136 bet.
11. Yuldashov R, Fayzullayev Sh. “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy amaliy va axborot tahliliy jurnali” “Marketing technologies in the implementation of electronic commerce goods and services” 2024 S1 (17).
12. Yuldashov R.H., Xurramova R.I., “Elektron tijoratda axborot xizmatlari majmuasini boshqarish”, “Raqamli Transformatsiya va Sun’iy Intellekt ilmiy jurnali”, ISSN: 3030-3346 VOLUME 3, ISSUE 2, APRIL 2025-yil.

13. Yakubov M.S., Yuldashov R.H., Elektron tijorat tizimlarini strategik boshqarishning instrumental vositalari. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg‘ona filiali “Al-Farg‘oniy avlodlari” elektron ilmiy jurnali ISSN 2181-4252 Tom: 1 | Son: 1 | 2025-yil, 128-136.

ISSN 3030-3907

BOZOR MUNOSABATLARI SHAROITIDA YAGONA XARIDOR MODELIDA MAGISTRAL ELEKTR TARMOQLARI ISH HOLATLARINI MATEMATIK IFODALASH

B.A.Bobonazarov
Sho‘rtan neft va gaz qazib chqarish boshqarmasi. Energiya menejeri
T.U.Toshev
Qarshi davlat texnika unversteti. dotsenti
R.A.Abdullayeva
Qarshi davlat texnika unversteti. magistr
U.B.Akbarov
Shaxrisabz davlat pedagogika institute
E-mail: tojiddin20.02.85@gmail.com

Annotatsiya. Elektr energetikasining ishonchli va samarali ishlashi, iste’molchilarni uzluksiz ta’minlash mamlakatimiz iqtisodiyotini izchil rivojlantirishning asosi elektr energiya savdosini xosil qilish, jumladan, qulay va oson elektr savdosini shakillantirish, elektr quvvatini tranzit qilishdagi xosil bo‘ladigan optimallashtirishda magistral elektr tarmoqlarining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini va elektr stansiya va elektr tarmoq korxonalari bilan texnik-iqtisodiy aloqalarni hisobga olingan natijalari tahlili amalga oshirildi.

Kalit so‘zlari: magistral elektr tarmoqlari, elektr stansiya, elektr tarmoq korxonalari, texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar, matematik modellar.

Аннотация. Надежная и эффективная работа электроэнергетики, бесперебойное снабжение потребителей являются основой последовательного развития экономики нашей страны. Был проведен анализ результатов с учетом технико-экономических показателей магистральных электрических сетей и технико-экономических связей с электростанциями и электросетевыми предприятиями при формировании торговли электроэнергией, в том числе создании удобной и простой системы торговли электроэнергией, оптимизации транзита электроэнергии.

Ключевые слова: магистральные электрические сети, электростанция, электросетевые предприятия, технико-экономические показатели, математические модели.

Abstract. An analysis was conducted on the results that took into account the technical and economic indicators of main power grids and the technical-economic relationships with power plants and power grid enterprises in optimizing the reliable and efficient operation of the electric power industry, uninterrupted supply to consumers, the formation of electricity trade as a basis for consistent development of the country's economy, including the creation of convenient and easy electricity trade, and the optimization of power transit.

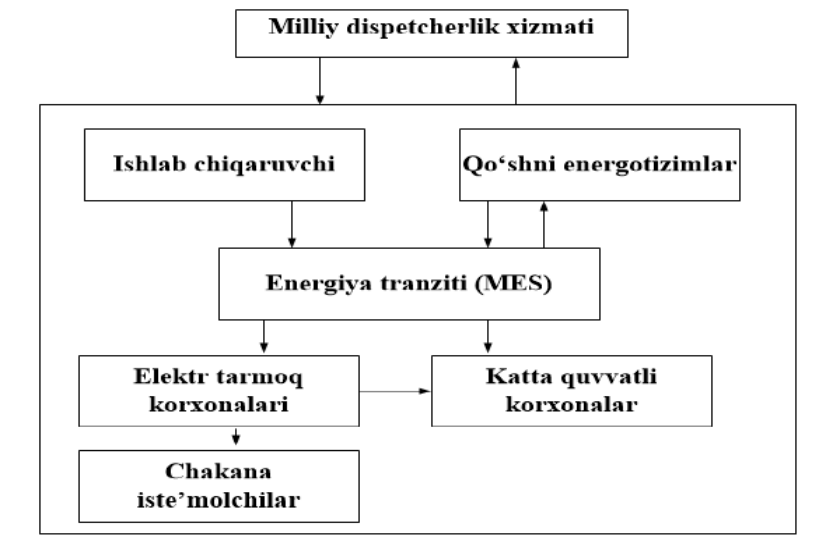
ISSN 3030-3907

Keywords: main power grids, power plant, power grid enterprises, technical and economic indicators, mathematical models

Kirish.

Ma'lumki, hozirgi vaqtda O'zbekiston Respublikasida iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchta mustaqil tuzilma yordamida amalga oshirilmoqda.

- elektr stansiyalari (ES) elektr energiyasi ishlab chiqaradigan korxonalar.
- Elektr energiyasini uzatish bilan shug'ullanadigan tranzit kompaniyalari deb ham ataladigan magistral elektr tarmoqlari (MES).
-Elektr tarmoqlari (hududiy elektr taromqlari) sotuvchi korxonalar, iste'molchilarga elektr energiyasini taqsimlovchi korxonalar.



1-rasm. O'zR energetika tizimi elektr energiya oqimi texnologik strukturasi.

Bunday sharoitlarda MESning ish rejimlarini optimal boshqarish kerak, shunda ushbu modellar iste'molchilarni yuqori sifatli va uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlay oladi va o'zlari uchun eng foydali ishlaydi. Optimallashtirishda MESning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini va ES va ETK bilan texnik-iqtisodiy aloqalarni hisobga olish kerak. Shu maqsadda ikkita turdagi modellar taklif etiladi, ular quyida ko'rib chiqiladi. Elektr energiyasi bozorining turli mumkin bo'lgan modellari uchun texnik va iqtisodiy omillarni hisobga olgan holda ish rejimlarini boshqarish muammolarini hal qilish uchun matematik modellar taklif etiladi.

Tadqiqot metodologiyasi.

Elektr tarmog'ining tugunlarida quvvat balanslari tenglamasi shaklida elektr energiyasini tashishning texnologik jarayonini tavsiflovchi tenglamalari quyidagicha[2]:

$$W(Z, X, P_{gi}, P_{ri}, Q_{gi}, Q_{ri}) = 0, \qquad (1)$$

Bu erda W - tarmoq tugunlarida quvvat balansi tenglamalarining vektori; Tizim parametrlarining Z-matritsasi; Mustaqil o'zgaruvchilarning X-vektori: modullarning vektorlari va tugunlarning kuchlanish fazalari.

ISSN 3030-3907

Elektr energiyasini etkazib bekrish uchun TKning imkoniyatlari elektr tarmoqlarining quvvati va texnik xususiyatlari bilan cheklangan. Ushbu imkoniyatlarning chegaralari alohida ulanishlar yoki bo‘limlar uchun tok va/yoki quvvatlarning bir yoki ikki tomonlama cheklovlari bilan tavsiflanadi:

$$P_{f\min} \le P_f(X) \le P_{f\max}, \quad I_{f\min} \le I_f(X) \le I_{f\max}, \qquad (2)$$

bu erda f-bog‘lanish P barcha cheklovlar to‘plamiga tegishli.

Ishlab chiqarish, transfortirovka qilish va taqsimlash kompaniyalari mezonlarini matematik shakllantirish. Bozor munosabatlariga o‘tish bozor ishtirokchilari o‘rtasidagi munosabatlarni o‘rnatishning yangi qoidalari va ularning har biri uchun o‘z mezonlarini qayta ko‘rib chiqish bilan tavsiflanadi. Shu bilan birga, elektr energiyasi bozorining turli modellari ishtirokchilari uchun mezonlar barcha tovar bozorlari uchun umumiy bo‘lgan mezonlarga asoslanishi kerak.

Mukammal elektr energiyasi bozori ishtirokchilari uchun mezonlar quyidagi taxminlar asosida shakllantiriladi:

Bozor ishtirokchilari qaror qabul qilishda faqat o‘zlarining tijorat manfaatlarini hisobga oladilar. Ular foyda keltirmaydigan yoki yo‘qotishning oldini olmaydigan hech narsa qilmaydi.

Bozorga o‘tish sharoitida hech bir ishtirokchi bozorda manopoliyaga ega emas. Barcha ishtirokchilar narx oluvchilardir va ularning maksimal foydasi narx va chegaraviy xarajat teng bo‘lganda erishiladi.

Birinchi shartga asoslanib, biz turli xil bozor modellari uchun individual ishtirokchilar mezonlarini obe’ktiv funksiyalar - samaradorlik tenglamalari shaklida shakllantiramiz.

TKning iqtisodiy mezonlari umumiy xarajatlarni, shu jumladan elektr tarmoqlarini saqlash, boshqarish, quvvat va elektr yo‘qotishlarini qoplash va boshqalarni hisobga olgan holda xizmatlar uchun to‘lov bilan belgilanadi. Bu ushbu umumiy xarajatlarni to‘lashda ishlab chiqaruvchi (GK) va TK ulushini aniqlash muammosini keltirib chiqaradi. Ushbu muammolarni hal qilishda turli xil usullarni taklif qilish mumkin bo‘lgan alohida GK va TQ tomonidan tranzit kompaniyasi tarmog‘idan foydalanish ko‘rsatkichlariga asoslanishi kerak [4,5,6].

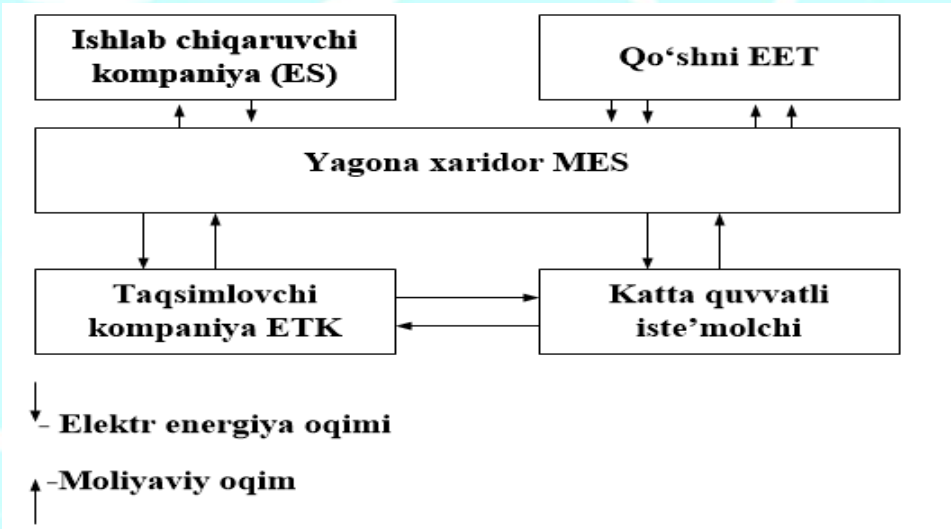
Yagona iste’molchi modeli.

MES elektr stansiyalaridan elektr energiyasi va qo‘shni energetika kompaniyalaridan sotib oladigan uni ETK va yirik iste'molchilarga sotadigan yagona xaridor hisoblanadi.

Bitta xaridor bor - sotib oluvchi agentlik, ular o‘rtasida raqobat qilish orqali elektr energiyasini ishlab chiqaruvchilarni tanlaydi. Yagona xaridor elektr uzatish tarmoqlari ETK va yirik iste'molchilarga elektr energiyasini sotish bo‘yicha monopoliyaga ega.

ISSN 3030-3907

Ushbu model ko‘proq tartibga solinmagan tizimlarga xos bo‘lgan bir qator xarajatlarni, ya'ni ulgurji bozorni boshqarish va uzatish tarmog‘iga kirish xarajatlarini, shuningdek, texnologik xavfning oshishi sababli kapital qiymatining oshishini oldini oladi. Yagona xaridor tizimi iste'molchi va mustaqil energiya ishlab chiqaruvchilar o‘rtasida uzoq muddatli shartnomalar tuzishni talab qiladi. Bunda mustaqil ishlab chiqaruvchilar bozor tavakkalchiligidan kafolatlanadi. Shartnomalar elektr energiyasi ishlab chiqarish tannarxiga asoslanadi. Mustaqil ishlab chiqaruvchilar ma'lum bir elektr stantsiyasining energiya tizimidagi ishtiroki darajasi bo‘yicha raqobatlashadilar, ammo elektr stantsiyasi ishlayotgan ekan, ularning daromadlari kafolatlanadi. Ushbu kafolat bilan ular elektr stansiyalarini moliyalashtirishda ishtirok etishlari mumkin. Bozor va texnologik xavf bitta xaridor orqali iste'molchilarga tushadi. Elektr stansiyalari egalarini bozor munosabatlaridan ajratib, 1-model raqobatning dinamik afzalliklarini kamaytiradi va qachon va qayerda qurish haqida ko‘p tanlovlarni markaziy rejalashtiruvchilar qo‘liga qoldiradi.



2-rasm. Yagona xaridor modeli

Yagona xaridor modelidagi TK mezoni. TK foydasi taqsimlovchi kompaniyalarga etkazib beriladigan elektr energiyasi hajmi va narxi, stansiyalardan sotib olingan elektr energiyasining tannarxi va hajmi hamda ichki xarajatlar bilan belgilanadi:

$$Z_{TK} = \sum_{i}^{n_n} C_{ri}(P_{ri}) * P_{ri} - \sum C_{gi}(P_{gi}) * P_{gi} - E_{TKpost} - E_{TKper} \to \max \qquad (3)$$

Bu erda Cni ,Pni - quvvat birligining narxi va i-chi TK tomonidan beriladigan quvvatning qiymati; Cgi Pgi - quvvat birligining narxi va i - th GK dan sotib olingan quvvat miqdori, Epost - doimiy xarajatlar, $E_{ткпрен} = C_{\Delta P}\pi$ -isrofga bog‘liq o‘zgaruvchan xarajat.

Ifoda (1) – (3) cheklovlar ostida optimal (4) ni aniqlash matematik dasturlash masalasidir.

ISSN 3030-3907

Kompaniya sotib olish va sotishni o‘z foydasi maksimal bo‘ladigan tarzda tashkil etishdan manfaatdor. Bu shart bilan aniqlanishi mumkin bo‘lgan optimal qiymatga (1) mos keladi

$$\frac{\partial L}{\partial P_{gi}} = \sum_j (C_{li} \frac{\partial P_{li}}{\partial P_{gi}} + \frac{\partial C_{li}}{\partial P_{gi}} P_{li}) - \sum_i (C_{gi} + P_{gi} \frac{\partial C_{gi}}{\partial P_{gi}}) - C_{\Delta P} \frac{\partial \pi}{\partial P_{gi}} = 0 \quad (4)$$

bu yerda

$\frac{\partial C_{li}}{\partial P_{gi}}$ – j- yuklama uchun taklif xarakteristikasidan aniqlanadi.

$\frac{\partial C_{gi}}{\partial P_{gi}}$ – i- ES uchun taklif xarakteristikasidan aniqlanadi.

$$\frac{\partial P_{li}}{\partial P_{gi}} = K_{ij} = \frac{\partial P_{li}}{\partial X} * \frac{\partial X}{\partial P_{gi}} = \sum (\frac{\partial P_{li}}{\partial U} * \frac{\partial U}{\partial P_{gi}} + \frac{\partial P_{li}}{\partial \delta} * \frac{\partial \delta}{\partial P_{gi}})$$

Tarmoqdagi aktiv quvvat isrofini hisobga olib $\pi = \sum P_{gi} - \sum P_{li}$

$$\frac{\partial \pi}{\partial P_{gi}} = 1 - \sum \frac{\partial P_{li}}{\partial X} * \frac{\partial X}{\partial P_{gi}}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial P_{gi}} = 1 - \sum \frac{\partial P_{li}}{\partial P_{gi}} = 1 - \sum (\frac{\partial P_{li}}{\partial X} * \frac{\partial X}{\partial P_{gi}})$$

Oxirgi uchta ташкил этувчидан quvvat balansi tenglamalaridan kelib chiqadi.

Turli xil variantlarni ko‘rib chiqishda:

1) C_{li} o‘zgarmasligi:

$$\frac{\partial L}{\partial P_{gi}} = \sum_j C_{li} \frac{\partial P_{li}}{\partial P_{gi}} - \sum_i (C_{gi} + P_{gi} \frac{\partial C_{gi}}{\partial P_{gi}}) - C_{\Delta P} \frac{\partial \pi}{\partial P_{gi}} = 0 \quad (5)$$

2) C_{gi} o‘zgarmasligi:

$$\frac{\partial L}{\partial P_{gi}} = \sum_j (C_{li} \frac{\partial P_{li}}{\partial P_{gi}} + \frac{\partial C_{li}}{\partial P_{gi}} P_{li}) - C_{gi} - C_{\Delta P} \frac{\partial \pi}{\partial P_{gi}} = 0 \quad (6)$$

3) C qiymati Pgi qiymatiga qarab o‘zgaradi, ya'ni:

$$C_{gi} = \begin{cases} C_{ycm}, P_{gi} \le P_{npe\partial}. \\ C_{gi}, (P_{gininp} \ge P_{gi} \ge P_{npe\partial}) \end{cases} \quad (7)$$

4) C_{gi} holida –cons’t, C_{li} - cons’t energiya yo‘qotishlarini kamaytirish orqali maksimal foyda olish yo‘llari izlanadi.

Elektr ta’minoti tizimida energiya bozorini joriy etish uchun barcha bozor ishtirokchilarining texnik iqtisodiy mezonlarini hisobga olgan holda ish xolatlarini

ISSN 3030-3907

boshqarish amaliy ahamiyatga ega. Ushbu masalani muvaffaqiyatli amalga oshirish juda muhim va ularni bir vaqtning o‘zida amalga oshirish mumkin emas.

Shu nuqtai nazardan qaraganda, bugungi kunda O‘zbekiston elektroenergetikasi oldidagi eng muhim vazifa yangi xo‘jalik yurituvchi subektlarning paydo bo‘lishi bilan bog‘liq elektr energetikasini yanada tarkibiy qayta qurish, ularning birgalikdagi faoliyatining meyoriy-huquqiy bazasi, O‘zbekiston Respublikasi energetika tizimining samarali rejalashtirish usullari, bu faoliyat samaradorligini oshirish va uning barqaror rivojlanishini ta'minlash uchun sharoit yaratadigan ustuvor vazifa hisoblanadi.

Muhokama va natijalar

So‘nggi 6 yilda O‘zbekiston Respublikasining iqtisodiyot tarmoqlari va aholisi tomonidan elektr energiyasiga bo‘lgan talab 1,6 barobar oshib, 83 mlrd kVt/soatga yetdi.

Tahlillarga ko‘ra, 2030 yilga qadar iqtisodiyotning barcha tarmoqlari jadal rivojlanishini inobatga olgan holda elektr energiyasiga talab qo‘shimcha 40 mlrd kVt/soatga oshishi mumkin.

Energetika sohasining investitsiyaviy jozibadorligini oshirish, ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish sohalarini kengaytirish hamda ijtimoiy soha va aholining turmush farovonligini oshirish yo‘lida o‘sib borayotgan elektr energiyasiga bo‘lgan talabni qondirish va shu bilan bir qatorda elektr energetika sohasida raqobat muhitini yaratish maqsadida 2023 — 2030 yillarga mo‘ljallangan elektr energiyasining ulgurji va chakana bozori mexanizmlariga bosqichma-bosqich o‘tish konsepsiyasi (keyingi o‘rinlarda — Konsepsiya) ishlab chiqildi.

Konsepsiyaning asosiy maqsadi shaffof va raqobatli elektr energiyasi bozorini yaratish, elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste’mol qilishning muvozanatini ta’minlash, xususiy investitsiyalarni jalb qilishni rag‘batlantirish hamda elektr energiyasining adolatli narx va tariflarda sotilishini ta’minlashdan iborat.

Konsepsiya elektr energiyasi ulgurji va chakana bozori mexanizmlariga o‘tishning asosiy bosqichlarini va ularda ko‘zda tutilgan muhim shartlarni o‘z ichiga olib, kompleks chora-tadbirlarni va rivojlanish dasturlarini ishlab chiqish uchun asos hisoblanadi.

Xulosa va takliflar

Yuqoridagilarni amalga oshirishda elektr energiyasi bozorining turli mumkin bo‘lgan modellari uchun texnik va iqtisodiy omillarni hisobga olgan tariflarini belgilash, holda ish rejimlarini boshqarish, muammolarini hal qilish uchun matematik modellar ishlab chiqish amaliy ahamiyatga ega masala hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Шарипов У.Б, Бобоназаров Б.А. Электр энергия улгуржи бозори шароитида энергосистемани математик моделларини ишлаб чикиш.

ISSN 3030-3907

«Устойчивое развитие и экологически безопасное функционирование энергетики Узбекистана: перспективы и проблемы», Халкаро анжумани, Тошкент, 2005, 10-11с.

2. У.Б.Шарипов, Б.А. Бобоназаров, Алгоритм определения коэффициентов использования сети участниками рынка при транспортировке электроэнергии. Республиканская научно-практическая конференция. «Интеграция вузовской науки и производства и образования» г. Ташкент, 2005г.

3. У.Б.Шарипов, Б.А. Бобоназаров, Методика определения коэффициент использования сети участниками рынка при транспортировке электроэнергии. Международная конференция «Инновация» г. Ташкент 2004г 21-22 октября.

4. У.Б. Шарипов, Б.А. Бобоназаров., Методика определения коэффициент использования сети участниками рынка при транспортировке электроэнергии. Вестник ТГТУ, 2004г №3, с.62-65.

5. У.Б.Шарипов, Б.А. Бобоназаров., Модели функционирования МЭС в условиях рыночных отношений, «Энергия ва ресурсларни тежаш муаммолари», Халкаро илмий-техникавий ва амалий анжуман, Тошкент ш 2003й, 71-73б.

6. У.Б.Шарипов, Б.А. Бобоназаров., К вопросу функционирования магистральных электрических сетей в условиях рыночных отношений, Международная научная конференция, г Ташкент 2002г, с. 100-102.

ISSN 3030-3907

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ МОНОХЛОР ВАНАДИЛ АЦЕТАТА С ПОМОЩЬЮ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Музафаров Фарух Ихтиёрович
Бухарский государственный медицинский университет
E-mail: muzafarov.farux@bsmi.uz

Аннотация: В статье приведены результаты квантово-химических расчетов, проведенных для выяснения пространственной, а также электронной структуры монохлор ванадил ацетата, произведенного согласно программе Gaussian. Использовали композитные методы семейства Gaussian (G4), а также методы теории функционала плотности (DFT) (BLYP/6-311+G(d,p)).
Ключевые слова: молекула, заряд, структура, квантово-химические расчеты.
Abstract: The article presents the results of quantum-chemical calculations carried out to clarify the spatial as well as the electronic structure of monochlor acetate vanadily produced according to the Gaussian program. Composite methods of the Gaussian family (G4) and density functional theory (DFT) methods (BLYP / 6-311 + G (d, p)) were used.
Key words: molecule, charge, structure, quantum-chemical calculations.
Annotatsiya: Maqolada Gaussian dasturi yordamida olingan ma’lumotlar asosida monoxlor atsetat vanadillining fazoviy hamda elektron tuzilishini aniqlashga qaratilgan kvant-kimyoviy hisoblashlar natijalari keltiriladi. Hisob-kitoblar Gaussian oilasiga mansub kompozit metodlar (G4) hamda zichlik funksional nazariyasiga (DFT) asoslangan usullar (BLYP/6-311+G(d,p)) orqali bajarildi.
Kalit so‘zlar: molekula, zaryad, tuzilma, kvant-kimyoviy hisoblashlar.

Введение

В настоящее время квантово-химические методы расчета являются наиболее важным и удобным способом изучения электронной структуры вещества. На основании квантово-химических расчетов возможно изучение электронной структуры сложных соединений. Это также позволяет прогнозировать конкурирующие донорные центры комплексообразующогося полидентантного, полифункционального лиганда.

С помощью методов квантовой химии можно спрогнозировать многие свойства соединений в принципе с любой точностью, то есть можно рассчитать такие характеристики, как геометрические параметры молекул, определяющие равновесную структуру, потенциальные поверхности, электронные спектры, энергии разрыва межатомных связей [1-4] и т.д.

Ванадий(IV) и его координационные соединения традиционно привлекают внимание благодаря их каталитической активности,

ISSN 3030-3907

биологической значимости, а также выраженным редокс-свойствам. Комплексы ванадила (VO^{2+}) с кислород- и галогенсодержащими лигандами используются в моделировании активных центров металлопротеинов, в химии биомиметического катализа и в материаловедении.

Монохлор ванадил ацетат представляет собой интересный объект для изучения, поскольку сочетает кислородные и хлоридные донорные группы, что может приводить к перестройке электронной структуры и изменению реакционной способности комплекса. Применение квантово-химических методов позволяет получить детальное представление о природе связи V–O, V–Cl и уточнить геометрию комплекса, что трудно достижимо классическими экспериментальными методами.

Целью настоящей работы является изучение электронной структуры и геометрических характеристик монохлор ванадил ацетата методом квантовой химии, а также анализ влияния хлорид-лиганда на распределение электронной плотности в комплексе.

Экспериментальная часть

Реагенты и условия синтеза

Ванадилсульфат $VOSO_4 \cdot xH_2O$ использовали как исходный источник V(IV). Раствор готовили в слабокислой среде с целью стабилизации катиона VO^{2+}. Для введения ацетат-лиганда применяли водный раствор ацетата натрия. Хлорид-ион вводили в виде раствора NaCl при контролируемом значении pH (5,0–5,5), что предотвращает образование полиядерных форм ванадия.

Методика синтеза монохлор ванадил ацетата (VOCl)

Раствор $VOSO_4$ (0,01 mol) растворяли в 50 мл дистиллированной воды. К раствору добавляли эквимолярное количество CH_3COONa при интенсивном перемешивании. После полного растворения вводили 0,01 mol NaCl, поддерживая pH раствора в диапазоне 5–6. Смесь выдерживали при 60 °C в течение 1 часа. Полученный раствор упаривали при пониженном давлении, после чего выпадал кристаллический продукт светло-зеленого цвета. Полученное вещество характеризовалось ИК-спектроскопией, что подтвердило наличие полос ν(V=O) в области 990–1005 $см^{-1}$ и деформационные колебания ацетат-группы.

Теоретические методы

Квантово-химические расчеты проводились с использованием:

функционала BLYP (DFT);

базиса 6-311+G(d,p) для лёгких атомов;

композитных методов G4;

псевдопотенциала LanL2DZ для атома ванадия;

ISSN 3030-3907

оптимизации геометрии без фиксации симметрии;
анализа орбиталей (HOMO/LUMO), Mulliken-заполнений и электростатических потенциалов.

Результаты и исследования

Геометрические параметры

Изучение электронной структуры комплекса VOCl было выполнено квантово-химическим расчетом с применением программы Gaussian методом теории функционала плотности с использованием гибридного функционала B3LYP и применением псевдопотенциального базиса LanL2DZ [5]. Квантово-химические исследования проводились в несколько этапов: разработка теоретической модели исследуемого вещества, оптимизация и расчет физико-химических параметров, обработка и визуализация полученных результатов [6,7]. Результаты квантово-химического исследования VOCl представлены в таблице 1.

Оптимизация структуры показала, что молекула монохлор ванадил ацетата сохраняет характерный фрагмент V=O с длиной связи около 1,59 Å. Координация хлорид-иона приводит к удлинению связи V–Cl (2,30–2,33 Å) и к перераспределению электронной плотности в окружении металла. Ацетат-лиганда координируется через кислород, формируя связи длиной 1,97–2,01 Å.

Таблица 1

Вещество	$E_{сис}$, H_a	$\mu_{общий}$, дебай	μ_x, дебай	μ_y, дебай	μ_z, дебай	Convg
VOCl	-1177.22	4.966	4.3809	-2.3385	0.0577	0.658D-08

В ходе исследований было изучено распределение заряда по Малликену молекулы VOCl (Рис.1.) [8, 9].

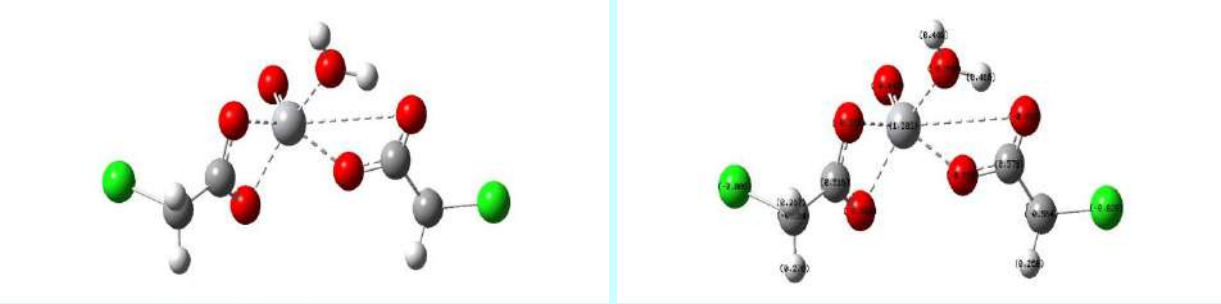


Рис. 1. Анализ заселенностей по Малликену
а) 3Dструктура б) распределение зарядов молекулы

Электронная структура

Из анализа МО установлено:

HOMO локализована преимущественно на хлорид-ионе и кислородных атомах ацетат-группы;
LUMO имеет значительный вклад d-орбиталей ванадия;

ISSN 3030-3907

энергетический зазор HOMO–LUMO составляет ~3,2 eV, что свидетельствует о достаточной стабильности комплекса и его умеренной реакционной способности.

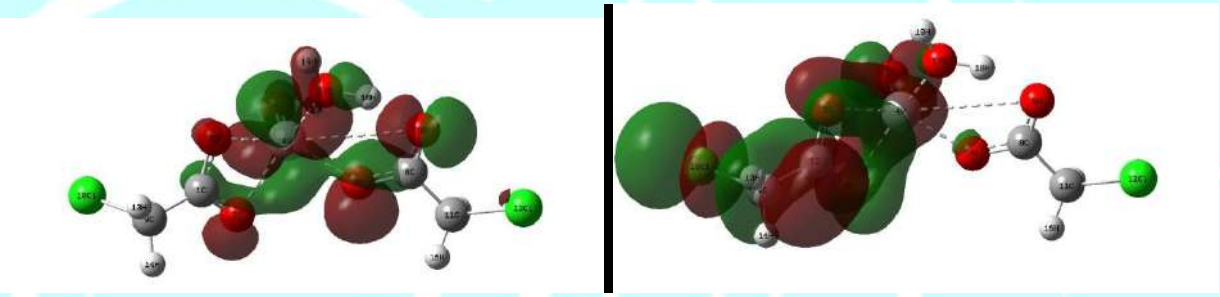


Рис. 2. Распределение заряда
а) верхней занятой МО (ВЗМО)(Е=-0.27525 эВ)
б) нижней свободной МО (НСМО) (Е=-0.10188 эВ)

Распределение заряда

По Mulliken-анализу:

атом ванадия несёт положительный заряд +1,45…+1,55 e;

кислородные атомы ацетатного фрагмента - наиболее электроотрицательны (–0,70…–0,75 e);

хлорид-ион удерживает заряд около –0,45 e.

Введение Cl^- приводит к перераспределению электронной плотности и уменьшению донорной нагрузки на ванадий со стороны ацетат-лиганда.

Электростатический потенциал и спиновая плотность

Построение электростатической карты и спиновой плотности показало, что:

максимальная электронная плотность сосредоточена около O-атомов ацетата;

область наибольшего положительного потенциала соответствует атому ванадия;

наблюдается асимметрия распределения плотности, что согласуется с наличием хлорид-лиганда.

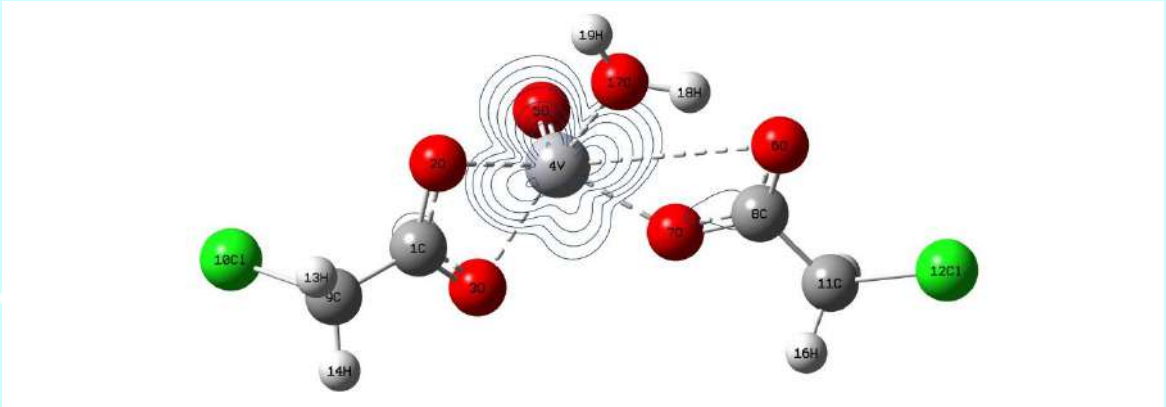


Рис.3. Спиновая плотность молекулы

ISSN 3030-3907

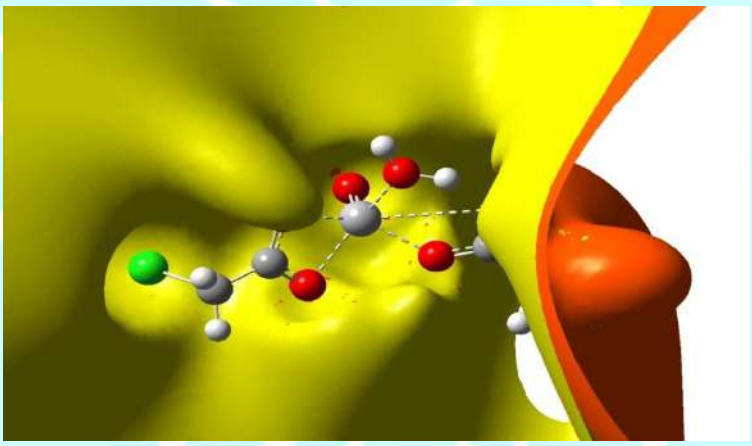


Рис.4. Электростатический потенциал из общего SCF

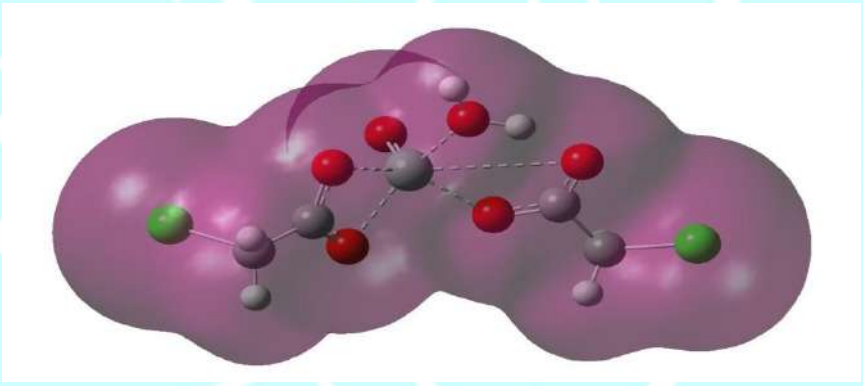


Рис. 5. Плотность электрона от общего числа SCF

Заключение

Квантово-химическое исследование монохлор ванадил ацетата позволило получить детализированное представление о его геометрической и электронной структуре, что, в свою очередь, проливает свет на особенности взаимодействия лиганда с центром металла. Установлено, что комплекс обладает стабильной, но выраженно асимметричной конфигурацией, формирование которой обусловлено присутствием хлорид-лиганда и его влиянием на распределение электронной плотности. Такая асимметрия напрямую связана с тем, что атом ванадия проявляет смешанный характер координации, преимущественно взаимодействуя с кислородными атомами ацетат-группы, в то время как хлорид оказывает модифицирующее влияние на геометрию и электроноакцепторные свойства комплекса.

Полученные электронные параметры также подтверждают способность молекулы к дальнейшему комплексообразованию, особенно при участии 3d-металлов, которые могут завершать координационное окружение за счёт донорных атомов азота и кислорода. В совокупности эти результаты демонстрируют, что изученный комплекс обладает высоким потенциалом для применения в моделировании соединений VO^{2+} и может служить основой для разработки новых катализаторов и функциональных материалов на основе ванадия.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Берлин, А.А. Моделирование некоторых свойств жидкостей/ А.А. Берлин, Л. Ротенбург, Р. Басэрст // Высокомолекулярные соединения. 1992. - Т. А 34. - С. 6 – 32.
2. Стариков А. Г. Квантово-химическое изучение внутримолекулярных спин-запрещенных перегруппировок хелатных комплексов переходных металлов //Российский химический журнал. – 2009. – Т. 53. – №. 1. – С. 115-127.
3. Соловьев, М.Е. Компьютерная химия / М. Е. Соловьев, М. М.Соловьев. – М. : Солон-Пресс, 2005. – 536 с.
4. Цирельсон, В. Г. Квантовая химия: молекулы, молекулярные системы и твердые тела : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по хим.-технолог. направлениям и специальностям. –М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 496 с.
5. M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, G.E. Scuseria, M.A. Robb, et.al., GAUSSIAN 98, RevisionA.11, Gaussian, Inc., Pittsburgh, PA, 2001.
7. C. Lee, W. Yang, R. G. Parr, Phys. Rev. B 1988, 37, 785.
8. П. В. Серба, С. П. Мирошниченко, Ю. Ф. Блинов. Квантово-химические расчеты в программе GAUSSIAN по курсу «Физика низкоразмерных структур». Таганрог: Издательство ТТИЮФУ, 2012, 100с.
9. Ганиев Б.Ш., Холикова Г.К., Салимов Ф.Г. Синтез и исследование методами ИК- спетроскопии и квантовой химии -6-((2,4-динитрофенил) гидразон-1,3,5-триазинан-2,4-диона // Universum: Химия и биология : электрон. научн. журн. 2020. № 6(72). – С. 68-73.
10. Музафаров Ф.И., Турсунов М.А., Ганиев Б.Ш., Мардонов У.М., Минин В.В., Умаров Б.Б., Икромов У.Г. Изучение термодинамической возможности и синтез карбоксилатных координационных соединений оксованадия(+4) (часть 2). Материалы Республиканской научно-практической конференции «Актуальные проблемы химии комплексных соединений и аналитической химии», посвященной памяти академика А.Г. Ганиева и академика Н.А. Парпиева. Термез. 19-21 мая. 2022 г. С.141-142.
11. Tukhvatullin R. F. et al. Synthesis and study of geometry and electronic density of sterically hindered phenols used as antioxidant additives to lubricating oils //Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. – 2018. – Т. 61. – №. 4-5. – С. 84-92.
12. Ganiyev B., Ostonov F., Kholikova G., Salimv F. Calculations of quantum chemical parameters of the compound of isocyanuric acid with semicarbazide // International Independent Scientific Journal. 2020. Vol.2. №. 16. P. 3-9.
13. Ганиев Б.Ш., Умаров Б.Б., Холикова Г.К., Салимов Ф.Г., Аслонова Ф.С. Синтез, строения, таутомрия и исследование некоторых квантово-

ISSN 3030-3907

химических параметров соединения 2-(4,6-диоксо-1,3,5-триазинан-2-илиден)гидразин-карбоксиамида // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) – 2020. – № 7(76). Часть №5. – С. 65-68 doi: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.76.930
14. Бабкин В. А. идр. Квантово-химические исследования механизма синтеза 2-метил (бензил) тио-4-метил (бензил) оксипиримидина //Химическая физика и мезоскопия. – 2007. – Т. 9. – №. 3. С. 263-275
15. Попов Л. Д. и др. Синтез, физико-химическое исследование и квантово-химическое моделирование гидразонов на основе 2-гидразиноимидазолина //Журнал общей химии. – 2014. – Т. 84. – №. 4. – С. 596-601.
16. Салих С., Хасан М. Синтез и исследование структуры производных N-(4-сульфамоилфенил) амидов и соответствующих гидразонов //Химия и технология топлив и масел. – 2015. – №. 4. – С. 38-40.
17. Shul`gin V.F. Molecular structure of the binuclear samarium complex with malonicacid and 1-phenyl-3-methyl-4-formylpyrazolone-5 / V.F. Shul`gin, Z.Z. Bekirova, O.V. Konnic, G.G. Aleksandrov,I.L. Eremenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry.– 2012. – Vol. 25 (64), No. 1. – P. 314-319.
18. Ф.И. Музафаров, У.М. Мардонов, Б.Ш. Ганиев, С.Ф.Абдурахмонов Изучение электронного строения молекулы мономерного ацетата ванадила(II). Республиканская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития химии и химической технологии в Республике Каракалпакстан». 24 март. Нукус. 2021 г. С. 136-139
19. Ф.И. Музафаров, У.М. Мардонов, Б.Ш. Ганиев. Квантохимическое изучение возможности образования мономерного монохлорацетата ванадила(II). СБОРНИК ТРУДОВ международной научно-теоретической конференции на тему: «Куатбековские чтения-1: Уроки Независимости», посвященной 30-летию Независимости Казахстана. 23 апрель 2021 г. III том. С. 4-6
20. Ф.И. Музафаров, Г.К. Холикова, Б.Ш. Ганиев Оптимизация и расчет квантово-химических параметров соединения мономерного ацетата ванадила(II). СБОРНИК ТРУДОВ международной научно-теоретической конференции на тему: «Куатбековские чтения-1: Уроки Независимости», посвященной 30-летию Независимости Казахстана. 23 апрель 2021 г. III том. С. 12-14

ISSN 3030-3907

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕПРОХОДНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ РАЗБИВКИ ПУШНО-МЕХОВЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Бахадиров Гайрат Атаханович
Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева Академии наук д-р техн. наук, проф., Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: instmech@rambler.ru
Набиев Айдер Мустафаевич
Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева Академии наук д-р филос. техн. наук (PhD), ст.н.с., Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: a.nabiev@mail.ru
Розахинов Алим Саутович
Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева Академии наук мл.н.с., Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ralimjon53@mail.ru

Аннотация: В работе усовершенствована конструкция барабанной машины для подчистки и разбивки кожевой ткани меховых шкур. Улучшены эргономические характеристики разбивочной машины. За счет регулирования прижимного стола, улучшаются санитарно-гигиенические условия работы при обработке кожевой ткани меховых шкур, различных видов. Предложено устройство для точной установки ножей в радиальные пазы рабочего барабана разбивочной машины. При этом обеспечивается одинаковый выступ всех ножей, относительно поверхности барабана. Вследствие этого достигается равномерное механическое воздействие всех ножей на бахтармяную поверхность обрабатываемой меховой шкуры.

Ключевые слова: непроходная разбивочная машина, рабочий барабан, разбивочные ножи, установка ножей, механизм прижима, меховая шкура, механическая обработка.

Abstract: This paper presents an improved design of a drum machine for trimming and splitting the leather fabric of fur skins. The ergonomic characteristics of the splitting machine have been enhanced. By adjusting the pressure table, sanitary and hygienic working conditions are improved when processing leather fabric from various types of fur skins. A device for precisely installing knives in the radial grooves of the splitting machine's working drum is proposed. This ensures that all knives protrude uniformly relative to the drum surface. This ensures uniform mechanical action of all knives on the fleshy surface of the processed fur skin.

Keywords: non-passable splitting machine, working drum, splitting knives, knife

installation, clamping mechanism, fur skin, mechanical processing.

Annotatsiya: Ushbu maqolada mo‘ynali xom ashyolarning teri toqimasini tozalash va yumshatish uchun barabanli mashinaning takomillashtirilgan konstruktsiyasi keltirilgan. Yumshatuvchi mashinaning ergonomik xususiyatlari yaxshilangan. Siqib beruvchi stolini sozlash orqali turli xil mo‘ynali xom ashyolarning teri toqimasini tozalash va yumshatishda sanitariya-gigienik ish sharoitlari yaxshilanadi. Yumshatuvchi mashina ishchi barabanining radial tirqishlariga pichoqlarni aniqlik bilan o‘rnatish uchun moslama taklif qilingan. Bu barcha pichoqlarning baraban yuzasiga nisbatan bir tekis chiqib turishini ta'minlaydi. Bunda barcha pichoqlarning ishlov beriladigan mo‘ynali xom ashyolarning teri toqimasini tozalash va yumshatishda bir xil mexanik ta'sirni korsatilishini ta'minlanadi.

Kalit so‘zlar: o‘tkazmaydigan yumshatish mashinasi, ishchi baraban, yumshatuvchi pichoqlar, pichoqlarni o‘rnatish, qisish mexanizmi, mo‘ynali teri, mexanik ishlov berish.

Введение.

Кожевенно-обувная и меховая отрасли Республики Узбекистан обладают богатой сырьевой базой и в последние годы демонстрируют устойчивое развитие, становясь одними из ведущих направлений легкой промышленности не только в стране, но и в Центральной Азии. В то же время одной из ключевых задач отрасли остается совершенствование технологического оборудования для обработки кожевенного и мехового сырья, что позволит повысить качество готовой продукции, снизить материалоемкость и энергозатраты, а также улучшить условия технического обслуживания машин [1–4].

Современные процессы выделки кож и меха включают множество химических и механических операций, в которых применяются различные технологические машины сложной конструкции. Учитывая разнообразие физических и механических свойств кожевенного сырья, каждая операция требует рационального подбора параметров воздействия и конструкции рабочих органов. В связи с этим актуальными становятся исследования, направленные на создание технологических машин с упрощенной и надежной конструкцией, обеспечивающих высокое качество обработки при минимальных затратах и удобстве обслуживания [5–9].

В Республике Узбекистан активно развиваются научные исследования, направленные на совершенствование технологического оборудования для кожевенно-обувного и мехового производства. Одним из таких направлений является разработка машин для разбивки и смягчения кожевенной ткани, обеспечивающих высокое качество и эластичность полуфабриката. Разбивка

ISSN 3030-3907

меховых шкур является важным этапом мехового производства, направленным на разрыхление и размягчение кожевой ткани, что обеспечивает мягкость, пластичность и высокие потребительские качества готового полуфабриката.

Процесс разбивки осуществляется на барабанной разбивочной машине, основным рабочим органом которой служит барабан, оснащенный стальными ножами, закрепленными на его поверхности. В процессе вращения барабана ножи многократно наносят удары по шкуре, уложенной волосяным покровом вниз на эластичную опору, что вызывает поочередное разгибание и перераспределение волокон дермы. В результате кожа приобретает мягкость, пластичность и становится пригодной для дальнейших технологических операций.

Разбивку, как правило, проводят в два этапа – после первой и второй откаток. На втором этапе влажность шкур составляет около 14%. Одновременно с разбивкой выполняется частичная подчистка кожевой ткани, а полуфабрикат подвергается растяжению в ширину или длину в зависимости от вида меха и густоты волосяного покрова [1–4].

Процесс разбивки (механической обработки) направлен на разрыхление структуры кожевой ткани, повышение ее мягкости, пластичности, эластичности и снижения жесткости, что делает материал пригодным для дальнейшего использования в производстве одежды или других изделий. Результаты измерений позволяют оценить качество проведенной обработки и соответствие материала заданным стандартам качества. Эластичность и упругость кожевой ткани овчины после разбивки определяются по методам, установленным в ГОСТ 28509-90. Этот стандарт включает в себя методики определения различных показателей качества овчин, в том числе и физико-механических свойств кожевой ткани [3].

Материалы исследования.

Известно, что основным рабочим органом разбивочной машины является вращающийся с определенной скоростью узкий барабан с укрепленный на его поверхности острыми лопатками-ножами. Скорость обработки барабана будет зависеть от вида меховых шкур, в частности размеров, толщины кожевой ткани и других параметров.

Нами предлагается усовершенствованная конструкция барабанной разбивочной машины для подчистки и разрыхления кожевой ткани меховых шкур [10–14].

На рисунке 1 показана общая схема усовершенствованной разбивочной машины с откидываемым подающим столом [15–18].

ISSN 3030-3907

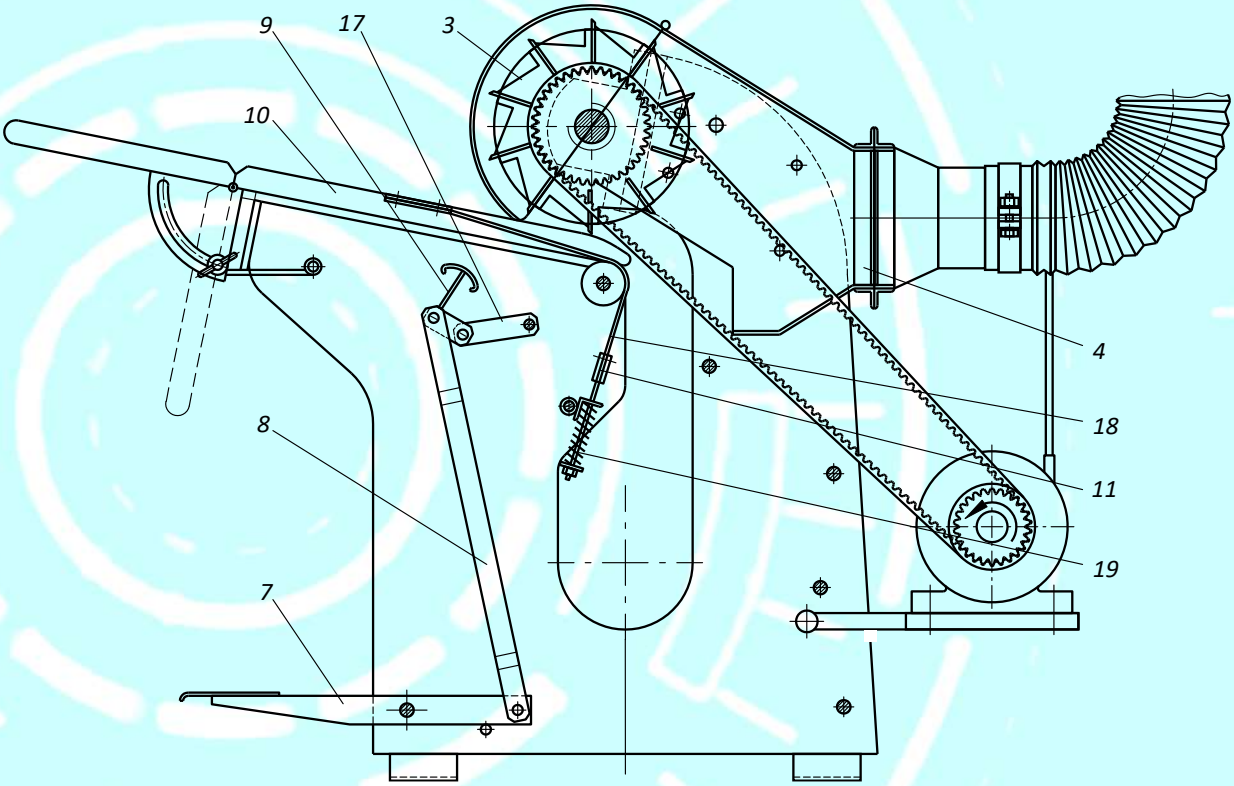


Рисунок 1. Общий вид усовершенствованной разбивочной машины

Рассматриваемая разбивочная машина предназначена для кожевенно-меховых производств. В конструкции машины подающий стол рассчитан для шкур среднего и мелкого размера (каракуля, мерзлушки, овчины и др.).

На производстве используют сырье крупных, средних и мелких меховых шкур. Следовательно, из-за неоднородности обрабатываемых шкур в производстве при обработке более крупных шкур по площади, значительная часть шкуры провисает со стола, затрудняя их подачу к зоне обработки.

Для устранения этого недостатка и увеличения площади подающего стола, передняя часть подающего стола выполнено откидной, для обработки крупных шкур [19, 20].

Откидной стол в рабочем положении, показанной на рисунке 1, увеличивает площадь стола, соответственно провисающая часть обрабатываемой шкуры со стола умещается, облегчая ее подачу в зону обработки, под вращающийся барабан с лопаточными ножами с волнообразной кромкой лезвий.

В крайнем верхнем рабочем положении откидная часть подающего стола становится продолжением неподвижной частей стола и фиксируется болтами.

При обработке мелких шкур, откидная часть подающего стола, опускается вниз до упора и опять же фиксируется болтами.

ISSN 3030-3907

При необходимости откидная часть подающего стола, может быть зафиксирована в любом положении благодаря дугообразному пазу фиксатора.

Разбивочный барабан машины, установленный на подшипниковых опорах, приводится в движение от электродвигателя через клиноременную передачу. Подающий стол 10 из досок закреплен на боковинах в средней части стола, под разбивочным барабаном, имеется прорезь, с гибким элементом в виде транспортерной ленты.

Левый конец гибкого элемента закреплен к столу, а правый конец, огибая ролик, крепится к станине через пружину, с возможностью менять положение при воздействии на него.

Прижим обрабатываемой шкурки к разбивочному барабану осуществляется при помощи педали 7. При нажатии на педаль 7 толкатель 8 поднимаясь вверх, упирается на прижимной рычаг 9. Прижимной рычаг 9 качаясь вокруг планки 17 свободным концом упирается к ремню 18 снизу.

При дальнейшем нажатии на педаль 7, ремень 18 с находящейся на нем обрабатываемой шкуркой прижимается к вращающемуся разбивочному барабану 3 и происходит подчистка поверхности кожевой ткани, а также разбивка шкуры, при этом свободный конец ремня 18 преодолевая сопротивление возвратной пружины 19 перемещается вверх. При отпускании педали 7 возвратная пружина 19 перемещает ремень 18 в исходное положение.

Кожевая пыль и волосяные частицы, образуемые при разбивке шкурок с волосяным покровом, удаляются с рабочей зоны воздуховодом 4. Разбивочный барабан 3 по технике безопасности закрыт откидным ограждением, причем включение привода барабана возможно, только при закрытом ограждении, благодаря блокиратору, установленному на ограждении [21–24].

Одним из важнейших требований эффективной обработки кожевой ткани мехового полуфабриката на разбивочной машине является правильная установка ножей на барабане [25–27]. Ножи на барабане разбивочной машины должны быть установлены относительно оси вращения барабана с одинаковыми выступами. Выступающая часть кромки ножи, от наружной поверхности барабана должны быть одинаковой [28–30].

На рисунках 2, 3, и 4 показаны схемы приспособления для установки ножей в радиальные пазы барабана разбивочной машины, которые обеспечивает одинаковый выступ всех (десяти) ножей относительно наружной поверхности барабана.

ISSN 3030-3907

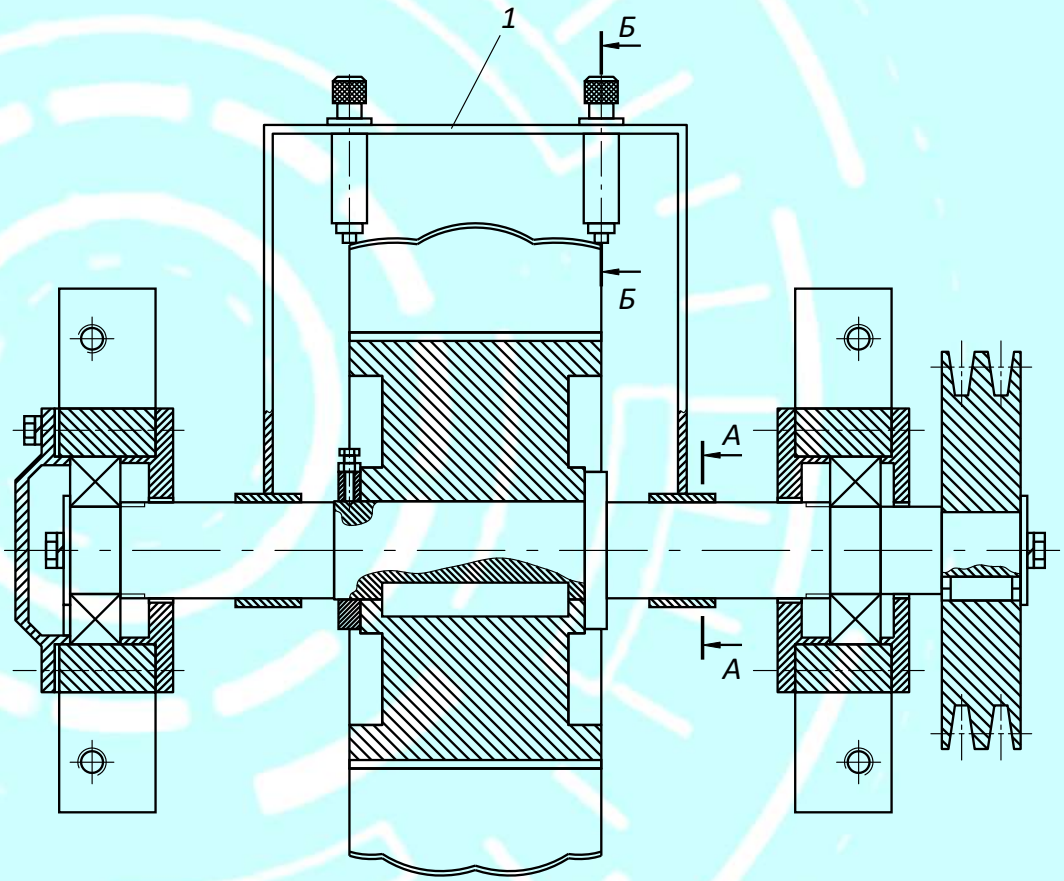


Рисунок 2. Общая схема вставки приспособления для установки ножей на барабане

На рисунке 2, рамка 1 приспособления при установке ориентируется по горизонтали с упором на торцевую поверхность шейки *В* вала закрепляется винтом 6.

Указатель выступа ножа 3, по шкале имеющий на его наружной поверхности устанавливается на одинаковое значение и фиксируется установочным винтом 4.

Приподнимая ножи 5 до упора винта 3 при освобожденной контргайке 7, фиксируется болтами 8. После фиксации ножа, контргайка 7 и болт 8 затягиваются.

Поворачивая барабан на 72° при освобожденном винте 6, аналогичным образом поочередно закрепляются следующие ножи 5 на барабане.

Так как на барабане установлены две группы ножей чередующихся между собой, установка следующей группы ножей аналогично вышеизложенному порядку.

Ножи изготавливаются из углеродистой стали У8 или У8А. Заточка ножей производится через обработку каждых 200–300 меховых шкур.

ISSN 3030-3907

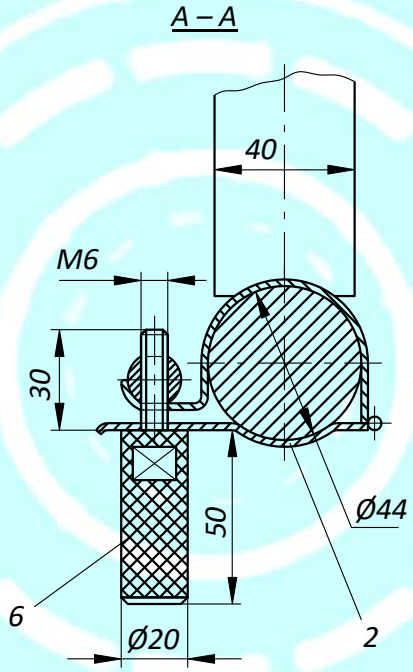


Рисунок 3. Поперечное сечение крепления рамки приспособления к валу барабана

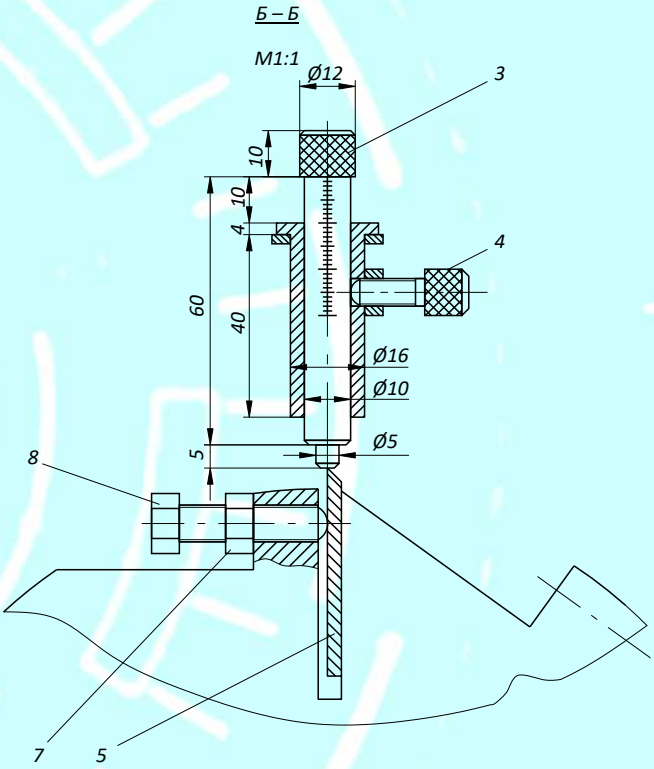


Рисунок 4. Поперечный разрез установки ножа на барабане

На рисунке 5 показана кинематическая схема привода рассматриваемой разбивочной машины. Привод рабочего барабана осуществляется асинхронным электродвигателем АДМ 100L8NF2, мощностью 1,5 кВт, числом оборотов $n_{дв}$=705 об/мин.

Из кинематической схемы разбивочной машины определим (рисунок 5):

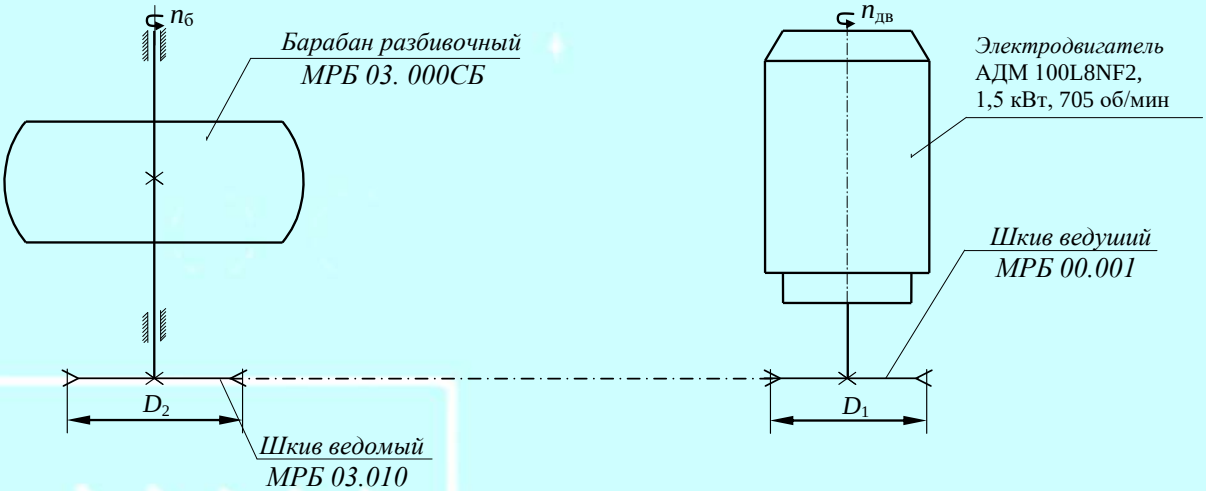


Рисунок 5. Кинематическая схема привода разбивочной машины

$$D_1 \cdot n_{дв} = D_2 \cdot n_б$$

ISSN 3030-3907

отсюда, определим число оборотов барабана:

$$n_б = \frac{D_1}{D_2} n_{дв}$$

При D_1=133,87 мм, D_2=171,6 мм и $n_{дв}$=705 об/мин.

Число оборотов барабана:

$$n_б = \frac{D_1}{D_2} n_{дв} \cdot n_{дв} = \frac{133{,}87}{171{,}6} \cdot 705 = 550 \text{ об/мин.}$$

Таким образом, число оборотов барабана будет обеспечиваться в 550 оборотов в минуту.

Выводы.

Разработана усовершенствованная разбивочная машина непроходного типа с улучшенными эргономическими характеристиками, позволяющая создавать требуемые санитарно-гигиенические условия при осуществлении механической обработки различных типов меховых шкур.

Разработан вариант устройства установки ножей в радиальные пазы рабочего барабана разбивочной машины, который позволяет выставлять одинаковый выступ всех ножей относительно наружной поверхности барабана, за счет чего обеспечивается равномерное разминание кожевой ткани меховых шкур.

Финансовая поддержка: Работа выполнена при поддержке и за счет бюджетных средств Академии наук Республики Узбекистан и Института механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т.Уразбаева Академии наук Республики Узбекистан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурмистров А.Г. Оборудование предприятий по производству кожи и меха: Учебник / А.Г. Бурмистров и др. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981 г. –С. 150 – 151, 154-155.

2. Бурмистров А.Г. Машины и аппараты производство кожи и меха / А.Г. Бурмистров –М.: КолосС, 2006. –384 с.

3. ГОСТ 28509-90 «Овчины невыделанные. Технические условия». Дата актуализации: 01.01.2021.

4. Баранов В.А. Технология производства и переработки кожи и меха / Учебно-методическое пособие. – Казань: ФГБОУ ВО КГАВМ им. Н.Э. Баумана, 2017. - 27 с.

5. Zhang Q., Song Y., Wang Yn. et al. Advances and trends in leather science and technology. Collagen & Leather 7, 19, 2025. https://doi.org/10.1186/s42825-025-00202-z

6. Yingxuan Wang, Qiao Xia, Qiang Liu, Hong Dai and Zongcai Zhang. Study on the Dry-Cleaning Process of Mink Fur Based on Subcritical Solvent. Journal of the

ISSN 3030-3907

American Leather Chemists Association Vol. 116 No. 9. 2021. DOI:10.34314/jalca.v116i9.4399
7. Mahjoub W., Petrela A., Drean J. Y., Harzallah O. Study of the Variability of the Physical and Mechanical Properties of Chinchilla Hair. Journal of Natural Fibers, 21(1). . 2024. https://doi.org/10.1080/15440478.2024.2390076
8. Haifeng Qian, Yusen Zhang, Sichen Lu, Xiaolan Jia, Wei Long. Electrification Mechanism and Critical Performance Factors of Animal Fur Fiber Based Soft Contact Triboelectric Nanogenerators. DOI: 10.1002/adfm.202507688
9. Parpiyev U.M. Methods of degreasing sheep and fur skins. Web of Technology: Multidimensional Research Journal, 2(3), 2024. 88-93. https://webofjournals.com/index.php/4/article/view/1007
10. Amanov T.Y. et al. Device for Providing Pressure Force between Working Bodies of Roller Technological Machines. Mod //High-Tech Technol. – 2018. – T. 9. – C. 9-14.
11. Nabiev A., Tsoy G., Bahadirov G. Conditions for vertical pulling of semi-finished leather products under driving rollers //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 376. – C. 01073.
12. Amanov A. T. et al. Improvement of the Process of Mechanical Dehydration of Five-Layer Semi-finished Wet Leather Products //Textile & Leather Review. – 2021. – T. 4. – №. 4. – C. 282-294.
13. Устройство для обеспечения усилия прижима между рабочими органами валковых технологических машин / Т. Ю. Аманов, С. Д. Баубеков, Г. Н. Цой, А. М. Набиев // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 9. – С. 9-14. – EDN OZVUKJ.
14. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Tsoy G.N., Nabiev A.M. Improvement of the process of mechanical dehydration of five-layer wet leather semi-finished products. Textile & Leather Review.. 2021.
15. Umarov A., Nabiev A., Khusanov K., Shernaev A. Features of parameters of a pair of rolls. AIP Conf. Proc. 21 November 2023; 2821 (1): 030020. https://doi.org/10.1063/5.0159452
16. Nabiev A.M., Tsoy G.N., Bahadirov G.A. Device for determining permeability of tanning liquid //Int J Mod Manuf Technol. – 2023. – T. 15. – №. 3. – C. 8.
17. Бахадиров Г.А., Набиев А.М. Классификация и анализ опорных плит валковой машины. In Машиностроение и техносфера XXI века//Сборник трудов XXIV международной научно-технической конференции в г. Севастополе 2017 Sep (pp. 11-17).
18. Bahadirov G.A., Nabiev A.M., Rakhimov F.R., Musirov M.U. Determination of the parameters of the chain conveying device of the roller machine. Izvestiya

ISSN 3030-3907

Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023;5(407):168-74.
19. Nabiev A., Tsoy G., Bahadirov G. Ensuring conditions for the squeezed fluid flowing from the skin along the conveyor of the technological machine //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 458. – С. 02015.
20. Bahadirov G.A., et. al. Experiments on Moisture Squeezing from a Leather Semi-Finished Product // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2020. – Vol. 8, No. 5. – P. 3367-3371. – DOI 10.35940/ijrte.e6125.018520. – EDN NZTEQT.
21. Бахадиров Г.А. Механика отжимной валковой пары. – Ташкент: Фан. 2010. – 155 с.
22. Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Набиев А.М. Техника и технология для обработки кожсырья. – Новосибирск : Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2023. – 214 с. – ISBN 978-5-605-05493-1. – EDN BPGDBU.
23. Nabiev A. et al. Research and improvement of a staking machine for processing elastic-viscous fibrous materials //International Journal of Modern Manufacturing Technologies. – 2024. – Т. 16. – №. 3. – С. 8-20.
24. Бахадиров Г. А. и др. Исследование зоны между валковыми парами для обработки штучных изделий из волокнистого материала //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – №. 2. – С. 410.
25. Amanov A. T. et al. Effect of Multilayer Processing of Semi-finished Leather Products Int //J. Mech. Eng. Robot. Res. – 2022.
26. Бахадиров Г. А. и др. Экспериментальный механизм давления валкового стенда //Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2021. – №. 2. – С. 3-8.
27. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Nabiev A.M. A Study on the Pressure Mechanism Improvement of a Roller-Type Machine Working Bodies. Materials 2023, 16, 1956. https://doi.org/10.3390/ma16051956
28. Васильев И.И., Абдуллин И.Ш., Миронов М.М. Повышение качества полуфабриката шубной овчины при выделке на этапах механической обработки // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №17. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-polufabrikata-shubnoy-ovchiny-pri-vydelke-na-etapah-mehanicheskoy-obrabotki
29. Новиков М.В. Показатели качества пушно-мехового полуфабриката / М. В. Новиков // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2015. – № 8. – С. 54-63. – EDN UBMEBV.

ISSN 3030-3907

30. Белокуров В.Н. Определение деформационных показателей кожевой ткани меха / В. Н. Белокуров, А. Н. Беседин, В. Г. Бочаров // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – № 4. – С. 49-50. – EDN KHNHIT.

ISSN 3030-3907

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ И УДОБРИТЕЛЬНОГО ПРЕЦИПИТАТА ИЗ НИЗКОСОРТНЫХ ФОСФОРИТОВ

О.С.Бобокулова
Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент;
Н.Ш.Зулярова
Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент;
Р.Р.Тожиев
Международный институт пищевых технологий и инженерии, г. Фергана;
М.А.Самадий
Каршинский Государственный технический университет, г. Карши.
И.И.Усманов
Каршинский Государственный технический университет, г. Карши.

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований разложения фосмуки и отхода обогащения фосфоритов Ташкура Центральных Кызылкумов азотной кислотой. Показано, что с повышением нормы 40% кислоты содержания P_2O_5, CaO и полуторных окислов снижаются и, соответственно, снижается содержание образующегося нитрата кальция. Степень извлечения P_2O_5 через 5 минут при температуре 40°С повышается до 99,14%, CaO до 97,41% и фтора до 92,34%. Кислые азотнокислотные пульпы обладают приемлемыми реологическими свойствами и легко транспортируются, но практически не расслаиваются и не фильтруются.

Ключевые слова: необогащенное фосфатное сырье, минерализованная масса, азотная кислота, пульпа, реологические свойства.

Abstract. This article presents the results of a study of the decomposition of phosphorus flour and tailings from the beneficiation of phosphorites at Tashkura in Central Kyzylkum using nitric acid. It has been shown that with an increase in the 40% acid rate, the content of P2O5, CaO and sesquioxides decreases and, accordingly, the content of the resulting calcium nitrate decreases. The degree of extraction of P_2O_5 after 5 minutes at a temperature of 40°C increases to 99.14%, CaO to 97.41% and fluorine to 92.34%. Acid nitric acid pulps have acceptable rheological properties and are easily transported, but practically do not stratify or filter.

Key words: unenriched phosphate raw materials, mineralized mass, nitric acid, pulp, rheological properties.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Markaziy Qizilqum cho‘lida Toshkur fosforitini boyitish jarayonidan fosfor uni va chiqindilarining nitrat kislota yordamida parchalanishini o‘rganish natijalari keltirilgan. Kislota darajasi 40% gacha oshishi bilan P_2O_5, CaO va bir yarimtali oksidlarning miqdori kamayishi va shunga mos

ISSN 3030-3907

ravishda hosil bo‘lgan kaltsiy nitratining miqdori kamayishi ko‘rsatilgan. 40°C haroratda 5 daqiqadan so‘ng P_2O_5 ning chiqarib olish darajasi 99,14% gacha, CaO 97,41% gacha va ftor 92,34% gacha oshadi. *Kislota* nitrat *kislotali pul'palar qoniqarli reologik xususiyatlarga ega va oson tashiladi, biroq deyarli qatlamlanmaydi va filtrlanmaydi.*

Kalit so‘zlar: boyitilmagan fosfat xom ashyosi, minerallashgan massa, nitrat kislota, pulpa, reologik xususiyatlar.

Введение.

Минеральные удобрения являются основным фактором, обеспечивающим подъем сельского хозяйства, и тем самым существенно влияют на решение проблемы продовольственной безопасности. Население Республики превысило 38 млн. человек и непрерывно увеличивается. Основными производителями минеральных удобрений являются предприятия АО «Узкимёсаноат», которые обеспечивают потребности в требуемом количестве азотными и калийными удобрениями и даже экспортируют. Фосфорсодержащими удобрениями агропромышленный комплекс обеспечен в ограниченном количестве из-за нехватки качественного фосфатного сырья. Отсутствие баланса между основными питательными компонентами азотом, фосфором и калием приводит не только к снижению урожайности растительной продукции, но и к различным заболеваниям.

В связи с истощением богатых по фосфору месторождений фосфатного сырья в последнее время наблюдается тенденция к вовлечению низкосорного фосфатного сырья, каким являются фосфориты Ташкура в Центральных Кызылкумах [1, 2]. Кызылкумский фосфоритный комплекс в настоящее время не в состоянии полностью обеспечить имеющиеся мощности в фосфатном сырье. По данным расширения фосфоритного комплекса его мощность с 716 тыс. тонн будет увеличена до 2664,5 тыс. тонн к 2026 году [3].

При увеличении выпуска мытого обожженного фосконцентрата образуется большое количество различных отходов в виде шлама, фосфоритной пыли, минерализованной массы, количество которых превышает 42% от общей массы добываемой фосфоритной руды и в которых содержится 12-14% фосфорного ангидрида [4].

Решение проблемы переработки необогащенного фосфатного сырья (НФС) и минерализованной массы (ММ) является актуальной проблемой не только химической промышленности, но и охраны окружающей среды, решение которой позволит вовлечь в переработку дополнительное количество фосфатного сырья, увеличить выпуск фосфорсодержащих

ISSN 3030-3907

удобрений, обеспечит сельское хозяйство дополнительным количеством фосфорсодержащих удобрений. Поэтому наши исследования были направлены на изыскание условий переработки отходов обогащения фосфоритов Ташкура и необогащенного фосфатного сырья (НФС) – фосмуки, которая используется только для производства простого суперфосфата [5].

Азотнокислотные методы получения фосфорсодержащих удобрений, в отличие от сернокислотных, позволяют использовать фосфатное сырье с низким содержанием фосфорного ангидрида [6]. В научно-технической литературе достаточно сведений по разложению фосфатного сырья азотной кислотой и установлению оптимальных технологических параметров процесса [6-8]. В частности, для фосфоритов ЦК процессы разложения азотной кислотой изучены при стехиометрической, неполной норме и нормах, превышающих стехиометрическую [9-11].

С целью вовлечения НФС и ФМ в производство фосфорсодержащих удобрений проведены исследования по разложению их растворами 57% азотной кислоты.

Объекты и методы исследования. В работе использованы фосфоритная мука состава (масс. %): P_2O_5-16,97; CaO – 47,02; MgO – 1,48; Fe_2O_3 – 1,28; Al_2O_3- 1,21; CO_2 – 15,44; SO_3 – 1,95; F- 1,92 H.O. – 6,99 и с кальциевым модулем 2.78 и минерализованная масса состава (масс. %): P_2O_5-12,86; CaO – 42,80; MgO – 0,80; Fe_2O_3 – 1,37; Al_2O_3- 1,17; CO_2 – 12,81; SO_3 – 2,00; F- 1,85 с кальциевым модулем 3,17. H.O. – 11,89, H_2O – 0,89 и с кальциевым модулем 3,17. Изучение процесса разложения фосфоритов проводили в фарфоровом стакане с механической мешалкой. В стакан засыпали фосфорит и заливали водой в количестве, обеспечивающем концентрацию вводимой 57% азотной кислоты 40%, на стадии разложения, и перемешивали 30 минут.

Химический анализ исходных, промежуточных и конечных продуктов проводили известными методами анализа [12-14].

Результаты и обсуждение. Исследования по разложению НФС и ММ проводили при комнатной температуре, норме азотной кислоты от 100% до 150% от стехиометрии 40% азотной кислотой при постоянной скорости перемешивания. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что с повышением нормы 40% азотной кислоты содержание основных компонентов фосфатного сырья снижается. Так, при разложении НФС содержание P_2O_5 снижается с 7,73% при норме 100% от стехиометрии до 5,09% при норме 150%, содержание CaO снижается с 13,10% до 9,20%, R_2O_3 с 1,73% до 1,16%.

ISSN 3030-3907

Таблица 1

Влияние нормы 40% азотной кислоты на химический состав азотнокислотной пульпы из НФС и ММ при норме кислоты 105%

№	HNO_3, %	Химический состав, масс. %			
		P_2O_5	CaO	R_2O_3	$Ca(NO_3)_2$
НФС					
1	100	7,73	13,10	1,73	38,36
2	105	7,38	12,65	1,66	37,04
3	110	7,05	12,22	1,57	35,79
4	125	6,12	11,04	1,38	32,34
5	150	5,09	9,20	1,16	26,95
ММ					
6	100	4,22	13,63	2,71	39,93
7	105	4,13	13,32	2,65	39,01
8	110	4,04	13,02	2,59	38,11
9	125	3,74	12,12	2,42	35,49
10	150	3,16	10,09	2,02	29,55

Аналогичная картина наблюдается и при разложении ММ. Содержание P_2O_5 изменяется с 4,76% до 3,56%, CaO с 15,63% до 11,57% и R_2O_3 с 0,95% до 0,71%.

Повышение нормы азотной кислоты приводит и к снижению содержания нитрата кальция. С повышением нормы азотной кислоты содержание нитрата кальция в пульпе снижается с 38,36% при норме 100% до 26,95% при норме кислоты 150% на разложение НФС и с 39,93% до 29,55% при разложении ММ.

На основании проведённых исследований по разложению ММ и НФС азотной кислотой показана возможность получения азотнокислотной пульпы, пригодной для дальнейшей переработки на азот и фосфорсодержащие удобрения.

Полученные результаты показали также, что независимо от нормы азотной кислоты, образующиеся пульпы практически не расслаиваются и не фильтруются.

Так как составы пульп НФС и ММ близки по составам и данные по составу НФС по основным компонентам пульпы даже несколько ниже, чем у составов ММ дальнейшие исследования проводили с использованием ММ.

Влияние продолжительности процесса разложения ММ 40% азотной кислотой при норме кислоты 105%, температуре процесса 40°С, при постоянной скорости перемешивания на степень извлечения P_2O_5, CaO и фтора приведены в таблице 2.

ISSN 3030-3907

Таблица 2

Влияние продолжительности процесса на степень извлечения P_2O_5, CaO и F из ММ в раствор 40 % азотной кислоты при норме 105 %

№	Время, мин	Степень извлечения, %		
		P_2O_5	CaO	F
Температура 40 °C				
1	1	92,2	91,23	84,45
2	3	97,51	96,13	91,03
3	5	99,14	97,41	92,34
4	10	99,35	97,56	93,26
5	15	99,38	97,72	94,14
6	30	99,51	97,80	96,29

Из полученных данных видно, что за первую минуту взаимодействия в кислоту переходит 92,20% P_2O_5 и 91,23% CaO. Процесс разложения практически завершается в течении 5 минут и степень извлечения P_2O_5 превышает при этом 99%. При этих условиях степень извлечения CaO ниже, чем P_2O_5 и составляет 97,41%, что объясняется присутствием в составе ММ сульфата кальция.

В таблице 3 приведены данные изменения плотности и вязкости азотнокислотных пульп, полученных разложением ММ 40% азотной кислотой при нормах кислоты 100, 105 и 110% в зависимости от температуры.

С увеличением температуры пульпы плотность несколько снижается, а с повышением нормы кислоты повышается. Так, повышение температуры с 20°C до 40°C и 60°C плотность кислой пульпы при норме кислоты 105% снижается с 1,555 г/см^3 до 1,544 г/см^3 и 1,534 г/см^3, а с повышением нормы 40% азотной кислоты при температуре 20°C повышается с 1,552 г/см^3 до 1,556 г/см3 при норме кислоты 110%.

Таблица 3

Влияние температуры на реологические свойства азотнокислотной пульпы разложения ММ

Норма HNO_3, %	Плотность, г/см^3			Вязкость, мПа.с		
	20°C	40°C	60°C	20°C	40°C	60°C
100	1,552	1,541	1,530	33,79	24,87	19,99
105	1,555	1,544	1,534	28,34	20,85	16,81
110	1,556	1,547	1,536	22,05	15,94	12,69

Влияние температуры и нормы кислоты более существенно сказываются на изменении вязкости кислых пульп. Так, повышение

ISSN 3030-3907

температуры с 20°С до 40°С и 60°С приводит к снижению вязкости с 33,79 мПа.с до 24,87 мПа.с и 19,99 мПа.с.

Повышение нормы азотной кислоты приводит к снижению вязкости при температуре 20°С с 33,79 мПа.с при норме 100% до 28,34 мПа.с при норме 105% и до 22,05 мПа.с при норме 110%.

Полученные результаты свидетельствуют, что кислые пульпы азотнокислотного разложения ММ 40% азотной кислотой обладают приемлемыми реологическими свойствами и транспортабельны, но практически не расслаиваются и не фильтруются.

Таким образом проведенные исследования показали возможность получения раствора нитрата кальция разложением фосмуки и минерализованной массы 40% азотной кислотой, получения азотнокислотной пульпы с приемлемыми реологическими свойствами и высокой степенью разложения низкосортных фосфоритов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беглов Б.М., Намазов Ш.С. Фосфориты Центральных Кызылкумов и их переработка. – Ташкент, 2013. – 460 с.
2. Мирзакулов Х.Х. Физико-химические основы и технология переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов. – Ташкент, Изд-во «Навруз», 2019. 416 с.
3. Стратегия развития АО «Узкимесаноат» до 2025 года.
4. КаххаровЭ.М., Сейтназаров А.Р., Мирсалимова С.Р., Намазов Ш.С. Механическая активация фосфоритной руды в присутствии азотных солей. Труды республиканской НПК. Ташкент, 2022. С. 69-71.
5. А.А.Сапаров. Технология получения удобрительных осадков на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов и азотной кислоты. Дисс. докт. фил. по техн. наукам, Термез,2022. 141 с.
6. Набиев М.Н. Азотнокислотная переработка фосфатов. В 2-х томах. Ташкент, Изд-во «Фан», 1976. 820 с.
7. Гольдинов А.Л., Копылев Б.А., Абрамов О.Б., Дмитревский Б.А. Комплексная азотнокислотная переработка фосфатного сырья. Л.: Химия, 1982, 207 с.
8. Яхонтова Л.Д., Петропавловский И.А., Кармышов В.Ф., Смиридонова И.А. Кислотные методы переработки фосфатного сырья. – М.: Химия. 1988.- 288 с.
9. Реймов А.М. Разработка технологии получения нитрокальцийфосфатных и нитрокальцийсульфофосфатных удобрений на основе разложения Кызылкумских фосфоритов при пониженной норме азотной кислоты. Дисс. к.т.н., Ташкент, 2004. 165 с.

ISSN 3030-3907

10. Ербобаев Р.Ч. Разработка безотходной технологии получения комплексных удобрений на основе азотнокислотной переработкифосфоритов Центральных Кызылкумов. Дисс. д.ф.т.н., Ташкент, 2023. 140 с.
11. Каланов Г.У. Бардин С.В., Гиниятулина Р.И., Мирзакулов Х.Ч. Кинетика разложения бедных фосфоритов Центральных Кызылкумов азотной кислотой. Химическая технология. Контроль и управление. 2010, № 2. С. 8-10.
12. Кельман Ф.Н., Бруцкус Е.Б., Ошерович Р.И. Методы анализа при контроле производства серной кислоты и фосфорных удобрений. -М.: Госхимиздат. 1982. - 352 с.
13. Винник М.М., Ербанов Л.Н., Зайцев П.И. и др. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. М.: Химия, 1974. 218 с.
14. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексометрическое титрование. М.: Химия, 1970. 360 с.

ISSN 3030-3907

МАСГК-ОСНОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ: ОТ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ К ПЛАТФОРМЕННЫМ KPI

Хаитбаев А.Х.
Национальный университет Узбекистана, им. М.Улугбека, Ташкент
Акбаров А.Х.
Ташкентская Государственная Медицинская Университет, Ташкент
Мансуров Д.
Национальный университет Узбекистана, им. М.Улугбека, Ташкент
Юнусхужа Й.Т.
Ташкентская Государственная Медицинская Университет, Ташкент
Rong Qi
Department of Pharmacology, School of Basic Medical Sciences, Peking University Health Science, 38 Xueyuan Road, Haidian District, Beijing, 100191, China
State Key Laboratory of Natural and Biomimetic Drugs, Peking University, Beijing, 100191, China

Annotatsiya. Tahliliy sharh glitsirrizin kislotasining monoammoniyli tuzi (GKMAT, glycyram) va unga yaqin glitsirrizinatlar asosidagi dori vositalarini yetkazib berishning platforma tizimlariga bag‘ishlangan [1-3,6,7,12-15]. 2000-2025-yillardagi nashrlar asosida glitsirrizinatlarning o‘z-o‘zidan yig‘ilishining fizik-kimyoviy shartlari, supramolekulyar komplekslarning stexiometriyasi va barqarorligi, shuningdek, olingan tizimlarning biofarmatsevtik va farmakologik ta’siri tahlil qilingan [1-5,8,9,11,14-19,20-23,25-31]. Glitsirrizin kislotasining Na_2- va MAS-shakllari keng spektrli gidrofob substratlar (prazikvantel, nimesulid, SN-38, baykalin, o‘simlik gemostatiklari, gossipolning azometin hosilalari, propolis, aminokislotali kompozitsiyalar) bilan barqaror komplekslar va mitsellyar agregatlar hosil qilishi ko‘rsatilgan, bu eruvchanlikning 3-10 va undan ortiq marta oshishi, erish vaqtining qisqarishi ($I_{diss} \geq 3$-6) va nisbiy biologik mavjudlikning funksional oshishi bilan birga keladi [1,3-5,15-17,19-23,25-27,31]. Gossipolning azometin hosilalari (Megosin/Megaferon), gemostatiklar va aminokislotalar bilan GKMAT komplekslariga alohida e’tibor qaratilgan bo‘lib, ular solyubilizatsiyalovchi (kolloidga o‘kazuvchi), membranani o‘zgartiruvchi va mitoxondrioprotektiv ta’sirlarning kombinatsiyasini namoyish etadi [20-23,25-27,31]. Umumlashtirilgan ma’lumotlar asosida glitsirrizinatli DDS ishlab chiqish va o‘zaro hamda polisaxid tashuvchilar bilan taqqoslashni standartlashtirish imkonini beruvchi platformali KPI (stexiometriya va Ks → o‘z-o‘zini yig‘ish → X, t50/t90, Idiss, Frel → MIC/EC50/ED50 → toksikologik markerlar) ning ko‘p darajali sxemasi taklif etildi [1-5,15-19,22,23,25-27,31,32]. Daliliy bazaning cheklovlari (klinikagacha bo‘lgan ma’lumotlarning ustunligi, dizaynlarning

ISSN 3030-3907

geterogenligi, aynan GKMAT tizimlari uchun PK tadqiqotlarining yetishmasligi) va platformani yanada rivojlantirishning asosiy yo‘nalishlari muhokama qilinmoqda.

Kalit so‘zlar: glitsirrizin kislotasi, glitsirrizin kislotasining monoammoniyli tuzi (GKMAT), supramolekulyar kompleks, Megosin, Megaferon, aminokislotali komplekslar, polisaxaridli eltish tizimlari, mitsellyar tizim, solyubilizatsiya (kolloid eritish), biosamaradorlik, mexanokimyo.

Аннотация. Аналитический обзор посвящён платформенным системам доставки лекарственных веществ на основе моноаммониевой соли глицирризиновой кислоты (МАСГК, glycyram) и родственных глицирризинатов [1–3,6,7,12–15]. На основе публикаций за 2000–2025 гг. проанализированы физико-химические предпосылки самосборки глицирризинатов, стехиометрия и устойчивость супрамолекулярных комплексов, а также биофармацевтические и фармакологические эффекты полученных систем [1–5,8,9,11,14–19,20–23,25–31]. Показано, что Na_2- и МАС-формы глицирризиновой кислоты образуют устойчивые комплексы и мицеллярные агрегаты с широким спектром гидрофобных субстратов (празиквантел, нимесулид, SN-38, байкалин, растительные гемостатики, азометиновые производные госсипола, прополис, аминокислотные композиции), что сопровождается ростом растворимости в 3–10 и более раз, сокращением времени растворения (Idiss ≥ 3–6) и функциональным увеличением относительной биодоступности [1,3–5,15–17,19–23,25–27,31]. Отдельный акцент сделан на комплексах МАСГК с азометиновыми производными госсипола (Megosin/Megaferon), гемостатиками и аминокислотами, которые демонстрируют сочетание солюбилизирующего, мембраномодифицирующего и митохондриопротекторного эффектов [20–23,25–27,31]. На основе обобщённых данных предложена многоуровневая схема платформенных KPI (стехиометрия и K_s → самосборка → X, t_{50}/t_{90}, Idiss, Frel → $MIC/EC_{50}/ED_{50}$ → токсикологические маркёры), позволяющая стандартизировать разработку и сопоставление глицирризинатных DDS между собой и с полисахидными носителями [1–5,15–19,22,23,25–27,31,32]. Обсуждаются ограничения доказательной базы (доминирование доклинических данных, гетерогенность дизайнов, дефицит PK-исследований именно для МАСГК-систем) и ключевые направления дальнейшего развития платформы.

Ключевые слова: глицирризиновая кислота, моноаммониевая соль глицирризиновой кислоты (МАСГК), супрамолекулярный комплекс, Megosin, Megaferon, аминокислотные комплексы, полисахаридные системы

ISSN 3030-3907

доставки, мицеллярная система, солюбилизация, биодоступность, механохимия.

Abstract. This analytical review focuses on platform drug delivery systems based on monoammonium glycyrrhizinate (MAG; glycyram) and related glycyrrhizinates [1–3, 6, 7, 12–15]. Drawing on publications from 2000 to 2025, we analyze the physicochemical prerequisites for glycyrrhizinate self-assembly, the stoichiometry and stability of supramolecular complexes, as well as the biopharmaceutical and pharmacological effects of the resulting systems [1–5, 8, 9, 11, 14–19, 20–23, 25–31]. It is shown that the Na_2 and monoammonium forms of glycyrrhizic acid form stable complexes and micellar aggregates with a broad range of hydrophobic substrates (praziquantel, nimesulide, SN-38, baicalin, plant-derived hemostatic agents, azomethine derivatives of gossypol, propolis, amino acid compositions). These systems provide a 3–10-fold or greater increase in solubility, a reduction in dissolution time (Idiss ≥ 3–6), and a functional increase in relative bioavailability [1, 3–5, 15–17, 19–23, 25–27, 31]. Special attention is given to monoammonium glycyrrhizinate complexes with azomethine derivatives of gossypol (Megosin/Megaferon), hemostatic agents and amino acids, which exhibit a combination of solubilizing, membrane-modifying and mitochondria-protective effects [20–23, 25–27, 31]. Based on the consolidated data, we propose a multilevel scheme of platform KPIs (stoichiometry and K_s → self-assembly → X, t_{50}/t_{90}, Idiss, Frel → $MIC/EC_{50}/ED_{50}$ → toxicological markers), which enables standardized development and comparison of glycyrrhizinate-based DDS both among themselves and with polysaccharide-based carriers [1–5, 15–19, 22, 23, 25–27, 31, 32]. The limitations of the current evidence base are discussed, including the predominance of preclinical data, heterogeneity of study designs, and the scarcity of pharmacokinetic studies specifically for monoammonium glycyrrhizinate systems, along with the key directions for further development of this platform.

Keywords: glycyrrhizic acid; monoammonium glycyrrhizinate (MAG; glycyram); supramolecular complex; Megosin; Megaferon; amino acid complexes; polysaccharide-based delivery systems; micellar system; solubilization; bioavailability; mechanochemistry.

Введение

Глицирризиновая кислота (ГК) – главный тритерпеновый гликозид корней солодки (Glycyrrhiza spp.) – традиционно применяется как противовоспалительное, противовирусное, антиоксидантное, гепатопротективное и иммуномодулирующее средство [6,7,12–14]. Модификация ГК (эстерификация, аминные соли и др.) расширила спектр её биологической активности и позволила получать производные с выраженной антивирусной, иммуномодулирующей и противоопухолевой активностью

ISSN 3030-3907

[7–11,14,15]. В последние десятилетия ГК рассматривают не только как лекарство, но и как многофункциональный носитель лекарственных веществ (ЛВ), сочетающий функции солюбилизатора, модулятора биодоступности и ко-лекарства [1–3,7,15]. ГК и её метаболит глицирретиновая кислота обладают амфифильностью, способностью к мицеллообразованию, мембраностабилизирующим эффектом и выраженной способностью к солюбилизации гидрофобных молекул [1–3,11,15].

Новосибирская школа механохимии (А.В. Душкин, Т.Г. Толстикова и др.) показала, что твёрдофазное комплексообразование ГК с полисахаридами и ЛВ формирует стабильные супрамолекулярные комплексы с улучшенными фармакологическими свойствами [4,5,7]. Одним из классических примеров является комплекс празиквантела с Na_2ГК, который даёт 3–4-кратный рост растворимости и биодоступности по сравнению с исходным ЛВ [4,5]. Параллельно развиваются нано- и гибридные DDS на основе ГК для противоопухолевой терапии, в том числе мицеллярные и нанокомплексные системы для доставки подофиллотоксина, противоопухолевых агентов и биоматериалов [1–3,15–17].

В этом контексте моноаммониевая соль ГК (МАСГК, также «glycyram» или MASGA) представляет интерес как более полярная форма глицирризината [20,21,24]. МАСГК давно использовалась в составе противоаллергических и противовоспалительных препаратов на основе солодки и её производных [6,7,12,13], но в последние годы рассматривается как универсальный носитель для супрамолекулярных комплексов [20,21,24,28–31]. Описаны комплексы МАСГК с лаппаконитином гидробромидом, лагогирзином и лагохилином (растительные алкалоиды-гемостатики), кофеином, прополисом, аминокислотами и антибиотиками [20–23,25–28,31]. Работы узбекской школы (Д.Н. Далимов, А.Х. Хаитбаев и др.) показали, что МАСГК формирует стабильные надмолекулярные ассоциаты с простыми лигандами (мочевина, тиомочевина), азометинами госсипола (Megosin, Megaferon), прополисом и аминокислотами, что сопровождается ростом растворимости, изменением спектральных характеристик и усилением антиоксидантных, гемостатических, иммуномодулирующих и кардиотропных эффектов [24–27,28–31].

Тем не менее, системного обзора по МАСГК-системам доставки ЛВ не было. Цель настоящей работы – на основе анализа публикаций сформулировать целостное представление о DDS на основе МАСГК/глицирризината, включая супрамолекулярные комплексы и мицеллярные системы, и наметить контуры их стандартизации в терминах платформенных KPI [1–5,15–17,22,23,25–27,32].

ISSN 3030-3907

Научная новизна и позиционирование обзора

Ранее опубликованные обзоры по глицирризиновой кислоте и её солям (GA/Na_2ГК) концентрировались преимущественно на обобщении физико-химических свойств, особенностей самосборки и спектра собственных биологических эффектов GA как многофункционального носителя и фармакологически активного компонента [1–3,7,14,15]. В работах Selyutina, Polyakov и соавт. систематизированы данные о мицеллообразовании, комплексообразовании и усилении биодоступности гидрофобных лекарственных веществ, а также обсуждаются ключевые направления применения GA-мицелл и гидрогелей в наномедицине [1–3]. Однако в этих обзорах глицирризинаты рассматриваются преимущественно на уровне GA/Na_2ГК как единого класса, без целенаправленного фокуса на МАСГК и без детально проработанного каркаса платформенных критериев эффективности и стандартизации [1–3,7,15].

Настоящий обзор принципиально смещает акцент в сторону МАСГК (glycyram) как самостоятельной платформы систем доставки лекарственных веществ. Впервые на интегрированном уровне собраны и проанализированы разрозненные данные по супрамолекулярным комплексам на основе МАСГК с низкомолекулярными ЛВ — в том числе с алкалоидными и дитерпеновыми гемостатиками (лаппаконитин, лагогирзин, лагохилин), азометиновыми производными госсипола (Megosin, Megaferon), фенольными и флавоноидными компонентами прополиса, аминокислотными и витаминными композициями [20–23,25–27,28–31]. Значительная часть этих исследований представлена в региональной литературе и ранее практически не учитывалась в крупных международных обзорах по GA/Na_2ГК [1–3,7,14,15], что создаёт качественно новый «MASGK-угол зрения» на платформу глицирризинатов как носителей.

Второй ключевой элемент новизны связан с предложением многоуровневой схемы стандартизации систем доставки на основе глицирризинатов. В отличие от традиционных обзоров DDS, где эффективность систем описывается преимущественно в терминах отдельных технологических или фармакологических показателей, в настоящей работе введён связанный набор платформенных KPI: коэффициент солюбилизации X, параметры растворения и высвобождения (Idiss, t_{50}/t_{90}, F_rel), фармакодинамические маркёры (MIC, EC_{50}, ED_{50}) и базовые токсикологические метрики, агрегированные в рамках последовательных уровней — от молекулярного и надмолекулярного до биофармацевтического, фармакологического и токсикологического [4,5,15–19,22,23,25–27,31,32]. Такой подход переводит обсуждение глицирризинатных систем из плоскости

ISSN 3030-3907

отдельных кейс-репортов в плоскость платформенной стандартизации, обеспечивая сопоставимость разных композиций МАСГК/Na_2ГК между собой и с классическими полимерными носителями (хитозан, альгинат, PLGA и др.) [4,5,15,16,18,19,32].

Тем самым научная новизна обзора заключается в сочетании (I) целенаправленного фокуса на МАСГК как недооценённой, но функционально насыщенной платформе DDS [20–23,25–31], (II) включения локального массива данных по уникальным супрамолекулярным комплексам МАСГК, мало представленным в международных обзорах [24–27,28–31], и (III) разработке концепции платформенных KPI и многоуровневой стандартизации, выходящей за рамки существующих подходов к оценке систем доставки лекарственных препаратов [1–5,15–19,22,23,25–27,31,32].

Материалы и методы обзора

Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, а также в региональных (Uzbek Chemical Journal, CyberLeninka, Scientists.uz и др.) за период 2000–2025 гг. Использовали булевы операторы AND/OR и запросы на русском и английском языках: glycyrrhizic acid, monoammonium glycyrrhizinate, MASGK, glycyram, supramolecular complex, micelles, mechanochemical, drug delivery и их русские эквиваленты *(«глицирризиновая кислота», «моноаммониевая соль глицирризиновой кислоты», «механохимический синтез», «система доставки лекарственных веществ»* и др.), что соответствует терминологии, применяемой в современных обзорах по ГК и глицирризинатам [1–3,7,14,15,32]. Учитывали также публикации на других языках (китайский, японский), если англоязычная аннотация содержала достаточные данные.

Критерии включения: ГК или её соли (Na_2ГК, МАСГК и др.) как основа DDS; наличие экспериментальных данных по комплексообразованию и/или самосборке (K_s, CMC, размер агрегатов, спектроскопия, фазовые характеристики); данные биофармацевтических/фармакологических KPI: фактор солюбилизации X, растворимость, t_{50}/t_{90}, Idiss, Frel, $MIC/EC_{50}/ED_{50}$ и др. [1–5,15–19,22,23,25–27,31]. В обзор включали оригинальные статьи, обзоры, диссертации и патенты с подробным описанием состава и результатов [1–5,7–11,14–19,20–32]. Исключали работы без количественных KPI, где ГК/МАСГК фигурировали лишь как вспомогательные добавки, а также краткие заметки и неинформативные обзоры. Отдавали приоритет рецензируемым публикациям; данные диссертаций и патентов использовались для уточнения методик и восполнения пробелов (например, для отечественных разработок на основе МАСГК [20–24,25–27,28–31]). По дизайну данный обзор носит аналитический характер с попыткой

ISSN 3030-3907

систематизации результатов (мета-анализ не проводился из-за сильной гетерогенности экспериментальных условий) [1–5,15–17,22,23,25–27,31,32].

В ходе поиска в базах данных и дополнительных источниках было идентифицировано 412 записей (PubMed — 138, Scopus — 124, Web of Science — 79, Google Scholar и региональные ресурсы — 71). После удаления 134 дубликатов осталось 278 уникальных записей. На этапе скрининга по заголовкам и аннотациям исключили 196 публикаций как нерелевантные теме обзора (отсутствие ГК/МАСГК в составе DDS, отсутствие данных по комплексообразованию или биофармацевтическим показателям), в результате чего к полнотекстовому анализу было допущено 82 исследования. После применения критериев включения/исключения на основе полного текста и качества представленных данных исключили ещё 52 работы (недостаточная детализация состава системы, отсутствие количественных KPI, дублирование данных), и в итоговый анализ было включено 30 публикаций, значительная часть которых представлена в перечне [1–5,7–11,14–19,20–32].

Схематично процесс отбора можно представить следующим образом:



Рисунок 1. Схема отбора публикаций: идентифицировано 412 записей, после удаления дубликатов — 278, после отбора по заголовкам и аннотациям — 82, включено в итоговый анализ — 30 исследований.

Результаты и обсуждение

1. Химическая природа ГК/МАСГК и предпосылки к самосборке

ГК – амфифильный тритерпеновый гликозид, выделенный из корней солодки, с хорошо изученной структурой агликона и дисахаридного фрагмента [6,12,13]. Её соли (Na_2ГК, МАСГК) обладают высокой растворимостью и склонны к образованию мицелл и агрегатов в водных средах [1–3,7,15]. Структурные исследования показывают, что в

ISSN 3030-3907

кристаллическом состоянии ГК и её соли формируют слоистые структуры: сахарные фрагменты выстраивают водородные «платформы», а тритерпеновые хвосты образуют гидрофобные карманы для включения ЛВ [1–3,7,15].

Для Na_2ГК экспериментально установлено КС мицеллообразования в низком миллимолярном диапазоне (несколько мМ) и образование крупных агрегатов (M_n ~60–200 кДа). SAXS/SANS-анализ показывает, что при повышенной ионной силе Na_2ГК формирует слегка вытянутые глобулярные мицеллы с числом агрегации N_agg≈270 и эффективным радиусом ~1,4 нм, длиной ~1,9 нм [1,3]. Это указывает на «кластерную» природу мицелл, отличную от типичных сферических ПАВ [1–3].

МАСГК – боратропный амфифил, в котором на обоих концах молекулы расположены карбоксильные группы [20,21,24]. СМС МАСГК при pH 5–6 составляет ≈1,5–3,7 ммоль/л (γ_СМС ≈50–51 мН/м), тогда как при нейтральном pH стабильные мицеллы не формируются [20,21]. Крио-ТЕМ и SAXS подтвердили, что при слабой кислотности МАСГК образует стержневые (rod-like) мицеллы [20,21,24]. Таким образом, обе формы глицирризината (Na_2- и МАС-фасы) могут самособираться, но имеют различные СМС и морфологию мицелл [1–3,20,21,24].

2. Супрамолекулярные комплексы МАСГК с ЛВ

2.1. Антиаритмические и гемостатические препараты. МАСГК-препараты с лаппаконитином и лагогирзином/лагохилином (растительные алкалоиды-гемостатики) показали впечатляющие результаты in vitro и in vivo [22,23]. Так, Matchanov и соавт. синтезировали комплексы лаппаконитина гидробромида с МАСГК в молярных отношениях 1:2 и 1:4; эти системы изменяют кинетику высвобождения ЛВ и проявляют выраженный антиаритмический и гемостатический эффект на фоне равных или меньших доз по сравнению с исходными препаратами [22]. Аналогично, комплексы МАСГК с лагогирзином и лагохилином значительно усиливают гемостатическую активность (модели кровотечения у лабораторных животных); при этом эффект сильно зависит от молярного соотношения «МАСГК:лиганд» [22,23]. Эти данные подчёркивают важность точного контроля стехиометрии комплексирования для стандартизации новых DDS [22,23,24].

2.2. Комплексы с низкомолекулярными гидрофильными лигандами. Аскаров и соавт. показали, что МАСГК образует устойчивые комплексы с простыми лигандами – мочевиной, тиомочевиной, метилтиомочевиной, а также с неорганическими ионами переходных металлов [28–30]. Рассчитанные константы устойчивости таких комплексов лежат в диапазоне

ISSN 3030-3907

K_s~10^3–10^4 M^{-1} [28–30]; при этом комплексообразование сопровождается заметными изменениями ИК- и УФ-спектров и влияет на фунгицидную и антибактериальную активность систем «МАСГК–лиганд–антибиотик» [28,29]. Ещё один пример – комплекс «МАСГК–кофеин», для которого показано изменение растворимости и термического поведения по сравнению с исходным кофеином [24,31]. Такие системы интересны для создания комбинированных препаратов, объединяющих эффект «адаптогена + стимулятора» [20,21,24,28–31]. Возможный механизм усиления биоактивности в этих комплексах связан, по-видимому, с тем, что оболочка из МАСГК стабилизирует растворимое состояние низкомолекулярного лиганда, перераспределяет заряд гидрофоб и гидрофильные участки и тем самым облегчает нековалентное взаимодействие комплекса с белками-мишенями и мембранами [1–3,20,21,24,28–31].

2.3. Антибактериальные препараты и сульфаниламиды. Для МАСГК–норсульфазола описано образование супрамолекулярного комплекса, подтверждённое спектроскопией и расчётом термодинамических параметров, при этом комплекс демонстрирует изменённые физико-химические свойства и рассматривается как форма с улучшенной растворимостью и потенциально модифицированным профилем действия [24,28,29]. В исследованиях Isaev и соавт. показано, что включение МАСГК в системы «мочевина/тиомочевина + антибиотик» повышает антибактериальную активность, что связывают с улучшением растворимости антибиотика и проникновения через бактериальные мембраны [28,29]. Помимо МАСГК-комплексов, описаны и супрамолекулярные системы на основе ГК с фенольными компонентами, такими как кверцетин и салициловая кислота, которые демонстрируют сочетание антибактериальной и антигемолитической активности [18,19], что концептуально поддерживает подход к созданию комбинированных биоактивных DDS на основе глицирризинатов [18,19,24].

Возможный механизм повышения антибактериальной активности в системах «антибиотик/сульфаниламид–МАСГК/ГК» заключается, вероятно, в совместном эффекте солюбилизации и мембранной модификации: супрамолекулярные и мицеллярные агрегаты повышают локальную концентрацию ЛВ у поверхности бактерий и одновременно частично нарушают барьерную функцию клеточной стенки [1–3,18,19,24,28,29].

2.4. Производные госсипола и прополис. А.Х. Хаитбаев и соавт. синтезировали азометиновые производные госсипола, практически нерастворимые в воде, которые легли в основу препаратов Megosin и Megaferon [25–27]. Комплексы таких оснований Шиффа с МАСГК (в

ISSN 3030-3907

соотношении 1:4) становятся водорастворимыми и проявляют выраженную иммуномодулирующую и интерферон-индуцирующую активность [25–27]. Показано, что комплекс Megosin–MASGA демонстрирует улучшенные физико-химические характеристики и фармакологический профиль по сравнению с исходным мегосином [25], а комплекс Megaferon (азометин госсипола + МАСГК) обладает выраженной интерферон-индуцирующей активностью [26,27]. В более поздних работах описан водорастворимый комплекс прополиса с МАСГК (1:3): его хроматографический профиль и предварительная доклиническая оценка показали приемлемый профиль безопасности и выраженную гепатопротекторную и антиоксидантную активность, что делает систему перспективной для фармкомпозиции [31].

2.5. Комплексы с биоактивными композициями. Комплекс МАСГК с набором аминокислот (цистеин, метионин, триптофан, глицин, аргинин и др.) продемонстрировал сильный антиоксидантный и митохондриопротекторный эффект: нормализацию работы дыхательной цепи, снижение образования реактивных форм кислорода и улучшение биоэнергетики печени [20,21,31]. Работы Л.А. Яковишин и соавт. показали, что комплексы глцирам–глицин и глицирам–аргинин обладают изменёнными спектральными характеристиками и улучшенным биологическим эффектом по сравнению с физическими смесями компонентов [20,21]. Исследования Л.У. Махмудов и соавт. подтверждают перспективность супрамолекулярных комплексов МАСГК с полифенолами и аминокислотами как гепатопротекторов [31]. Эти результаты согласуются с известными антиоксидантными и мембраномодифицирующими свойствами ГК и её производных [7–11,14,15,18,19].

3. Мицеллярные системы и наноструктуры на основе глицирризината

Большая часть данных по мицеллярным DDS относится к системам «ЛВ–Na_2ГК», однако они близки к МАСГК-системам по архитектуре и механизму действия [1–3,4,15–17,19]. Е.С. Метельёва и соавт. показали, что механохимически полученная твёрдая композиция «празиквантел–Na_2ГК» при растворении образует надмолекулярные агрегаты, дающие 3,5-кратный рост растворимости празиквантел и приблизительно трёхкратное увеличение F_{rel} [4,5]. Антигельминтная активность празиквантел в такой форме у мышей и овец значительно превосходит действие исходного препарата [4,5].

H. Wang и соавт. продемонстрировали образование нанокомплексов ГК с противоопухолевыми ЛВ (*подофиллотоксин*) для локальной терапии рака молочной железы [16]. H. Song и соавт. описали GA-основанные нанокомплексы для локальной противоопухолевой терапии, в которых ГК

ISSN 3030-3907

выполняет роль не только носителя, но и биологически активного кофактора, модифицирующего распределение ЛВ и взаимодействие с мембранами [17]. Обзор О.Я. Селютиной и Н.Е. Полякова подчёркивает, что ГК следует рассматривать как «платформенный» носитель, совмещающий функции солюбилизатора, стабилизатора наноструктур и биологически активного модификатора [1–3].

Прямых данных о специализированных мицеллярных системах исключительно на основе МАСГК пока немного; опубликованные работы сосредоточены преимущественно на супрамолекулярных комплексах и твёрдых механохимических формах [20–24,28–31]. Тем не менее амфифильная структура МАСГК и её способность формировать стабильные комплексы с ЛВ позволяют рассматривать эту соль как перспективную основу для собственных мицеллярных и гибридных DDS [20,21,24,28–31].

На уровне рабочей гипотезы можно предположить, что для относительно малых гидрофобных молекул (типа *празиквантела, кофеина*) более благоприятны компактные ядро–оболочка или «cluster-like»-мицеллы, тогда как для громоздких ароматических и полифенольных лигандов (*азометины госсипола, полифенолы прополиса*) энергетически выгодно формирование вытянутых стержневых и лентообразных агрегатов с распределённым включением «гостя» вдоль гидрофобного домена [1–3,20,21,24,31]. Такая смена морфологии должна отражаться на профилях растворения и высвобождения: для малых гидрофобов ожидается более быстрый и «щеткообразный» выход (высокие I_{diss}, укороченные t_{50}/t_{90}), тогда как для громоздких молекул — более растянутые, «ступенчатые» кривые высвобождения за счёт перестройки надмолекулярной упаковки [4,5,15–17,22,23,25–27,31].

4. Биофармацевтические и фармакологические эффекты

Из обобщённой картины экспериментов выделяются устойчивые закономерности.

Рост растворимости и ускорение растворения. Для систем «ЛВ–Na_2ГК» (празиквантел, нимесулид, SN-38, байкалин, альбендазол и др.) фактор солюбилизации $X=S/S_0$ обычно составляет 3–4,5 [1–4,15–17]. Для особенно гидрофобных соединений (кверцетин, фенольные кислоты, дитерпеноиды) зафиксированы увеличения растворимости на порядок и более [1–3,15–19]. Комплексы МАСГК (с лаппаконитином, лагогирзином, азометинами госсипола, полифенолами) переводят практически нерастворимые ЛВ в полностью водорастворимые формы [22,23,25–27,31]. В среднем Idiss (индекс ускорения растворения) достигает 3–6 и выше для Na_2ГК-систем [4,5,15–17] и имеет сопоставимые значения для ряда МАСГК-

ISSN 3030-3907

комплексов по данным кинетических исследований растворения [22,23,25–27,31].

Изменение профиля высвобождения и F_{rel}. Для комплексов празиквантел–Na_2ГК отмечено многократное сокращение t_{50} и t_{90} с сохранением или улучшением профиля безопасности [4,5]; это даёт ≈3-кратный рост F_{rel} и клинически значимое усиление противопаразитарной активности [4,5]. В комплексах лаппаконитин–МАСГК также наблюдается изменение кинетики высвобождения ЛВ и модификация его антиаритмического и гемостатического действия [22,23]. В ряде систем на основе GA/Na_2ГК и их производных (*подофиллотоксин, противоопухолевые агенты*) показано увеличение F_{rel} и усиление терапевтического эффекта при снижении системной токсичности [15–17].

Усиление фармакологической активности. ГК и её производные сами обладают противовоспалительным, противовирусным и противоопухолевым потенциалом [7–11,14,15,18,19]. Для GA-производных показана антивирусная активность, включая SARS-ассоциированный коронавирус и другие вирусные патогены [8–11,14]. Комплексы МАСГК с лагогирзином и госсипол-азометинами демонстрируют усиленную гемостатическую и иммуномодулирующую активность по сравнению с чистыми веществами [22,23,25–27]. Композиция «МАСГК + аминокислоты» проявляет выраженное митохондриопротективное действие [20,21,31]. Таким образом, дополнительная биологическая активность МАСГК/ГК может синергировать с действием инкапсулированных ЛВ, что особенно актуально для противовоспалительных, гепатопротективных и иммуномодулирующих терапий [7–11,14,15,18,19,22,23,25–27,31].

Мембранно-модифицирующее действие. ГК и её соли влияют на свойства биомембран: изменяют флюидность, устойчивость к гемолизу и транспортные функции [1–3,7,15,18]. Для GAQ-композиций (ГК + кверцетин) показаны антигемолитические эффекты и усиление антибактериальной активности, что связывают с модификацией мембран [18]. Для МАСГК механистически ожидаются аналогичные эффекты; количественной базы меньше, но качественно наблюдается усиление проникновения и модификация ответа тканей в системах с гемостатиками и азометиновыми производными госсипола [22,23,25–27,31].

Таким образом, каждая новая система «ЛВ–МАСГК/Na_2ГК» характеризуется совокупностью KPI X–I_{diss}–F_{rel}–MIC/EC_{50}/ED_{50} с учётом безопасности [4,5,15–19,22,23,25–27,31]. Связь показателей на разных уровнях представлена в Таблице 1, где обобщены типичные диапазоны

ISSN 3030-3907

ключевых биофармацевтических параметров таких систем на основе данных [4,5,15–19,22,23,25–27,31].

Таблица 1.

Обобщённые ключевые параметры (KPI) систем на основе ГК/Na_2ГК и МАСГК

(обобщено по [4,5,15–19,22,23,25–27,31])

KPI / показатель	Определение	Типичный эффект для систем на основе Na_2ГК	Типичный эффект для систем на основе МАСГК	Комментарий / примечания
X (фактор солюбилизации)	$X = S/S_0$, где S – равновесная растворимость ЛВ в системе, S_0 – растворимость ЛВ в контрольной системе (без глицирризината)	Рост растворимости обычно в ~3–4,5 раза (*празиквантел, симвастатин, альбендазол* и др.)	Часто наблюдается переход от практически нерастворимых исходных форм к полностью водорастворимым комплексам; качественно $X \gg 10$	На уровне платформы для гидрофобных ЛВ описан рост растворимости в диапазоне от 3 до 60 раз; Na_2ГК даёт хорошо количественно описанные X, для МАСГК чаще приводят качественное описание *(«полностью растворим»).*
t_{50}, t_{90}, I_{diss}	t_{50}, t_{90} – времена, за которые растворяется 50 % и 90 % дозы; индекс растворения I_{diss} = t_{50}(контр) / t_{50} (системы)	Для празиквантел–Na_2ГК и других систем отмечается сокращение t_{50} и t_{90} примерно в 3–4 раза; $I_{diss} \geq 3–6$	Для комплексов лаппаконитин–МАСГК описана ускоренная начальная фаза высвобождения и сглаживание «хвоста» кривой	I_{diss} – один из наиболее удобных KPI для сопоставления серий супрамолекулярных комплексов при стандартизации технологи-ческих параметров.

ISSN 3030-3907

			растворения по сравнению с исходным ЛВ	
F_{rel} (относительная биодоступность)	Frel = $AUC_{сист}$ / $AUC_{контр}$, где AUC – площадь под фармакокинетической кривой концентрация–время	В доклинических моделях для празиквантел–Na_2ГК и ряда других ЛВ F_{rel} составляет ≈2,5–3,0	Для МАСГК-систем прямых РК-данных меньше; рост фармакологического эффекта (*гемостатического, антиаритмического, противовоспалительного*) косвенно указывает на увеличение F_{rel}	Требуются целенаправленные РК-исследования именно для МАСГК-комплексов; пока F_{rel} чаще оценивается опосредованно через фармакодинамику.
MIC / EC_{50} / ED_{50}	MIC – минимальная ингибирующая концентрация; EC_{50} – концентрация, вызывающая 50 % максимального эффекта; ED_{50} – доза, обеспечивающая 50 % эффекта	Для Na_2ГК-основанных систем (*антибактериальные, противопаразитарные, противоопухолевые ЛВ*) описано снижение MIC/EC_{50} и/или ED_{50} при сохранении или улучшении профиля безопасности	Для МАСГК-комплексов (*антибактериальные ЛВ, гемостатики, иммуномодуляторы*) зафиксировано снижение эффективных доз и MIC, смещение дозоответных кривых в область меньших доз	Удобно использовать *«индекс снижения MIC»* или *«индекс усиления ED_{50}»* как обязательные KPI при сравнении исходных и комплексных форм ЛВ на основе глицирризината.

ISSN 3030-3907

Мембранные эффекты	Изменение флюидности, устойчивости и проницаемости биомембран (*антигемолитический эффект, модификация транспорта ЛВ через мембраны*)	Для Na_2ГК и ГК показаны выраженные мембранно-модифицирующие и антигемолитические эффекты, способствующие улучшению транспорта инкапсулированных ЛВ	Для МАСГК механистически ожидаются аналогичные эффекты; количественной базы меньше, но качественно наблюдается усиление проникновения и модификация ответа тканей	Перспективное направление стандартизации – введение типового *in vitro*-набора (*гемолиз, флюидность мембран, устойчи-вость к окислительному стрессу*) для Na_2ГК- и МАСГК-систем.
Профиль безопасности	Токсикологические и клинические показатели (*острая токсичность, влияние на АД, электролитный баланс, возможные лекарственные взаимодействия*)	Для празиквантел–Na_2ГК показано повышение F_{rel} без ухудшения токсикологического профиля по сравнению с исходным препаратом	Для комплексов прополис–МАСГК и «МАСГК + аминокислоты» отмечен благоприятный профиль безопасности в доклинических моделях; однако суммарная нагрузка глицир-ризинатом ограничивается риском псевдоальдостеронизма	На уровне платформы глицир-ризинаты требуют контроля дозы из-за минералкортикоидоподоб-ных эффектов; при разработке DDS на основе МАСГК/Na_2ГК токсикологический блок должен быть встроен в систему KPI наравне с X, I_{diss} и F_{rel}.

ISSN 3030-3907

Таблица 2 описывает многоуровневую схему стандартизации DDS на основе МАСГК и родственных соединений, объединяя параметры на молекулярном, надмолекулярном, биофармацевтическом, фармакологическом и токсикологическом уровнях. Каждый уровень соответствует определённым KPI и методам (ИК-, УФ-, NMR-спектроскопия и т.п. для подтверждения стехиометрии комплекса; DLS, DSC, XRPD, EM для характеристики агрегатов; растворимость, тесты растворения, PK для биодоступности; микробиологические и *in vivo*-тесты для активности и безопасности). Примерную адаптацию этой схемы к МАСГК-системам суммирует Таблица 2 ниже.

Таблица 2.

Многоуровневая схема стандартизации МАСГК-основанных систем доставки лекарственных веществ (обобщено по [1–5,15–19,22,23,25–27,31,32])

Уровень	Обязательные параметры (KPI)	Методы / тесты	Критерии приемлемости / выходные показатели
Молекулярный	– Стехиометрия комплекса «ЛВ–МАСГК/Na_2ГК» (1:1, 1:2, 1:4 и др.) – Константа устойчивости K_s (целевой диапазон 10^3–10^5 M^{-1})	– ИК-, УФ-, NMR-спектроскопия – Титриметрия, расчёт K_s	– Подтверждённая стехиометрия комплекса; – Значения K_s в диапазоне 10^3–10^5 M^{-1}; – Отсутствие свободных кристаллов ЛВ и носителя по данным спектрального и фазового анализа
Надмолекулярный	– Параметры самосборки: CMC, размер частиц, PDI – Фазовое состояние	– DLS (гидродинамический диаметр, PDI) – Измерение ζ-потенциала	– PDI < 0,30; стабильный характер распределения частиц;

ISSN 3030-3907

	(аморф. /кристаллич. соотношение) – ζ-потенциал, агрегативная устойчивость	– XRPD, DSC – TEM/SEM	– Отсутствие нежелательной кристаллизации ЛВ; – Стабильность размеров и ζ-потенциала при хранении и разбавлении *in vivo*
Биофармацевтический	– Равновесная растворимость S и фактор солюбилизации $X = S/S_0$ – Времена t_{50}, t_{90}; индекс растворения $I_{(diss)} = t_{50,(контр)} / t_{50,(сист)}$ – Относительная биодоступность $F_{(rel)} = AUC_{(сист)} / AUC_{(контр)}$ (при наличии PK-данных)	– Стандартизованные тесты растворения (*in vitro*) – Метод “shake-flask” для S и X – PK-исследования *in vivo* (расчёт AUC, C_{max}, t_{max})	– $X \geq 3$ по сравнению с исходной формой; – $I_{(diss)} \geq 3$ (3-кратное и более сокращение t_{50}, t_{90}); – $F_{(rel)} \geq 1,5–2,0$ без ухудшения профиля безопасности; – Воспроизводимость KPI для ≥3 производственных серий
Фармакологический	– MIC, EC_{50}, ED_{50} базового ЛВ и комплексной формы – Индекс снижения MIC/EC_{50}; индекс усиления ED_{50}	– Микробиологические тесты (MIC, MBC) – Фармакологические модели *in vivo* (*противовоспалительные*,	– Снижение MIC/EC_{50} не менее чем в 2 раза или эквивалентное снижение ED_{50} при сопоставимой безопасности; – Отсутствие новых клинически

ISSN 3030-3907

	– Изменение спектра фармакологической активности	*гемостатические, кардиотропные* и др.) – Анализ «доза–ответ»	значимых побочных эффектов; – Подтверждённая воспроизводимость фармакодинамического выигрыша
Токсикологический (DDS-специфический)	– Показатели острой, подострой и хронической токсичности – Влияние на АД, уровень K^+/Na^+, риск псевдоальдостеронизма – Потенциал лекарственных взаимодействий (по глицирризинату)	– Стандартные доклини-ческие токсикологические исследования – Мониторинг АД и электролитов (K^+, Na^+) – Исследования лекарст-венных взаимодействий *in vivo* и *in vitro*	– Отсутствие клинически значимого повышения АД и снижения K^+ при терапевтических дозах; – Наличие запаса безопасности по суточной нагрузке глицирризинатом относительно условно безопасного уровня; – Токсикологический профиль не хуже исходной формы ЛВ, предпочтительно – улучшенный (расширенное терапевтическое окно)

Примечание. Уровни включают: молекулярный (стехиометрия комплекса, K_s ~10^3–10^5 M^{-1}); надмолекулярный (CMC, размер частиц, полидисперсность, фазовое состояние); биофармацевтический (S, X, t_{50}, t_{90}, I_{diss}, F_{rel}); фармакологический (изменение MIC/EC_{50}/ED_{50}, профиль безопасности). Введён также отдельный токсикологический уровень,

ISSN 3030-3907

учитывающий известный риск «псевдоальдостеронизма» (повышение АД, снижение K^+) при перегрузке глицирризинатами. Такая стандартизация обеспечивает «паспорт» каждого нового комплекса по всем этапам разработки.

Таблица 3

Примеры систем доставки лекарственных веществ на основе Na_2ГК и МАСГК

(обобщено по [1,3,15,20–23,25–27,31]

Лекарственное вещество (ЛВ)	Тип системы / стехиометрия	Ключевые KPI (X, t_{50}/t_{90}, Frel)	Основной фармакологический эффект
Празиквантел (PZQ)	Na_2ГК, твёрдый механохимический комплекс; PZQ:Na_2ГК = 1:10	X ≈ 3,5 (0,234 → 0,817 г/л); ускорение растворения и диффузии ≈2×; Frel ≈ 2,8	Антигельминтная активность ↑ в 3–4 раза при той же дозе по сравнению с исходным PZQ
Нимесулид (NIM)	Na_2ГК, твёрдая дисперсия; NIM:Na_2ГК = 1:10	X ≈ 9,5 (0,019 → 0,181 г/л); более быстрое и полное растворение; Frel ≈ 5,8	Противовоспалительная и анальгетическая активность ↑ при сопоставимых/меньших дозах
SN-38 (метаболит CPT-11)	Na_2ГК, самособирающаяся твёрдая дисперсия; наномицеллы ≈70 нм	X ≈ 10^2 (рост растворимости ~в 100 раз); быстрое и почти полное высвобождение; Frel ≈ 4	Противоопухолевый эффект ↑, более выраженное торможение роста опухоли при сниженной системной токсичности vs CPT-11
Байкалин (BAI)	Диаммониевая соль ГК (BAI–DG	X ≈ 4,75–6,25; в SGF высвобождение ↑3,34×, в SIF ↑2,24×;	Гепатопротекторный эффект ↑: снижение

ISSN 3030-3907

	Ms), концентрации DG выше CMC	Frel (по фармакодинамике) ≥2–3	ALT/AST и морфологических повреждений печени vs свободный BAI
Лагохирзин (растительный гемостатик)	МАСГК, супрамолекулярный комплекс; оптимальное соотношение МАСГК:лагохирзин ≈4:1	Переход к полностью водорастворимой форме (X ≫10); сокращение времени кровотечения 360 → 85,6 с; Frel (по гемостазу) ≈10	Гемостатический эффект ↑: значимое сокращение времени кровотечения и объёма кровопотери vs свободный лагохирзин
Лаппаконитина гидробромид	МАСГК, супрамолекулярный комплекс; ЛВ:МАСГК = 1:2–1:4	Полный переход к растворимой форме; X оценочно ≥5; ускоренная начальная фаза высвобождения, Idiss оценочно ≥3; Frel (по антиаритмическому/гемостатическому эффекту) ≥2 (оценочно)	Антиаритмическая и гемостатическая активность ↑ при равных или меньших дозах ЛВ по сравнению с исходным препаратом
Megosin (азометиновое производное госсипола)	МАСГК, супрамолекулярный комплекс; Megosin:МАСГК ≈1:4	Полный переход к истинно водорастворимой форме; X оценочно ≥10; сглаженное высвобождение без кристаллизации ЛВ; смещение ED_{50} в область меньших доз, Frel (по иммуномодулирующе	Иммуномодулирующая и интерферон-индуцирующая активность ↑, улучшенный фармакологический профиль vs исходный Megosin

ISSN 3030-3907

		му эффекту) ≈2–3 (оценочно)	
Композиция «МАСГК + аминокислоты/полифенолы»	МАСГК, супрамолекулярные комплексы с аминокислотами и полифенолами; стехиометрия 1:3–1:4	Рост растворимости и стабилизация многокомпонентной системы; X, Idiss количественно не рассчитывались; функциональное улучшение митохондриальных и гепатопротекторных маркёров (Frel оценивается по PD-показателям)	Выраженный антиоксидантный и митохондриопротекторный эффект; перспективные гепатопротекторы на основе МАСГК

Примечание. Для BAI и лагохирзина Frel приведён как функциональный показатель усиления эффекта (по фармакодинамическим маркёрам), так как формальные PK-параметры (AUC) в исходных работах не рассчитывались [1,3,15,22,23]. Для строк 6–8 численные значения X, I_{diss} и F_{rel} приведены «оценочно» на основе качественных описаний растворимости, кинетики высвобождения и сдвига дозо-ответных кривых в оригинальных публикациях [20–23,25–27,31].



Рисунок 2. **Многоуровневая KPI-схема стандартизации систем доставки на основе глицирризинатов (Na_2ГК/МАСГК).**

5. Преимущества и ограничения МАСГК-платформы

ISSN 3030-3907

Достоинства. МАСГК и близкие глицирризинаты позволяют включать широкий спектр «гостей» – от малых гидрофобных молекул (*лаппаконитин, лагогирзин, госсипол-азометины, кофеин*) до сложных природных экстрактов (*прополис*) и фармацевтических ЛВ (*празиквантел, антибиотики, фенольные кислоты*) [4,5,15–19,22,23,24,25–27,28–31]. МАСГК совмещает функции носителя и биоактивного ко-лекарства: её собственные противовоспалительная, противовирусная и мембраномодифицирующая активности могут синергировать с действием инкапсулированного ЛВ [7–11,14,15,18,19,22,23,25–27,31]. Технологически системы реализуемы как в форме растворов супрамолекулярных комплексов, так и твёрдых механохимических композиций (удобных для таблетирования) [4,5,24,28–30]. Для PZQ–Na_2ГК F_{rel} возрастал почти в 3 раза [4,5]; у МАСГК-систем, хотя прямых PK-данных меньше, косвенные данные (гемостатические, антиаритмические, митохондриопротективные эффекты) также указывают на возрастание доступности ЛВ [20–23,25–27,31].

Ограничения. Среди рисков – дозозависимые побочные эффекты, подобные минералокортикоидному (псевдоальдостеронизм) при высоких нагрузках глицирризинатами, что требует контроля суммарной дозы ГК/МАСГК [6,7,10–14,15]. Также наблюдается нехватка единых количественных PK-исследований именно для МАСГК-комплексов в отличие от Na_2ГК [4,5,15–17,20–23,25–27,31]. Существуют регуляторные трудности: фармакопеи пока не содержат терминов K_s, X, I_{diss}, F_{rel} для супрамолекулярных систем, тогда как в литературе эти параметры уже активно используются для описания GA- и МАСГК-носителей [1–5,15–19,22,23,25–27,31,32].

Уровни стандартизации. Предлагаемые уровни стандартизации можно резюмировать как последовательность *«стехиометрия → самосборка → растворимость/растворение → фармакодинамика → безопасность»* [4,5,15–19,22,23,25–27,31,32]. На молекулярном уровне важно точно определить мольное соотношение ЛВ:МАСГК и K_s комплекса [20,21,24,28–30]. Надмолекулярный уровень требует оценки CMC, размера и однородности частиц, фазового состояния (XRPD, DSC) [1–3,4,15–17,24,28–30]. Биофармацевтический уровень формализует переход к реальным показателям: равновесная растворимость S, $X=S/S_0$, t_{50}/t_{90}, I_{diss}, относительная биодоступность F_{rel} [4,5,15–19,22,23,25–27,31]. Фармакологический уровень фиксирует изменение MIC/EC_{50}/ED_{50} и безопасность (острая/хроническая токсичность, влияние на АД и электролиты) [7–11,14,15,18,19,22,23,25–27,29,31]. Такая комплексная схема переводит разнородные экспериментальные данные по МАСГК-системам в сравнимый регуляторно-

ISSN 3030-3907

ориентированный формат и концептуально согласуется с подходами, применяемыми для полисахаридных систем доставки (*хитозан, другие полисахариды, PLGA*) [32].

6. Ограничения обзора

Настоящий обзор носит характер систематизированного нарративного анализа и не является полноформатным систематическим обзором с мета-анализом. Несмотря на использование нескольких международных и региональных баз данных, существует риск неполноты выборки, связанный с ограниченным набором ключевых слов, неполным охватом «серой» литературы (диссертации, отчёты, локальные журналы вне индексации) и возможными языковыми барьерами [1–5,7–11,14–19,20–32]. Часть работ по глицирризинатам, опубликованных на национальных языках без англоязычной аннотации, могла остаться вне поля зрения [20–24,25–27,28–31].

Существенным ограничением является выраженная гетерогенность включённых исследований по дизайну, модельным объектам, режимам дозирования и регистрируемым конечным точкам. Включённые работы различаются по типам систем (*твёрдые комплексы, мицеллярные формы, наноструктуры*), путям введения и биологическим моделям, что препятствует корректному количественному сопоставлению результатов и не позволяет провести статистически обоснованный мета-анализ [1–5,15–19,22,23,25–27,31,32]. В ряде случаев авторы приводят лишь качественные характеристики (*повышение растворимости, усиление эффекта*), без полного набора количественных KPI (X, I_{diss}, F_{rel}, MIC/EC_{50}/ED_{50}), что дополнительно снижает сопоставимость данных [4,5,15–19,22,23,25–27,31].

Отдельное ограничение связано с дисбалансом между данными по Na_2-солям глицирризиновой кислоты и по МАСГК (*глицирам*). Большинство детально охарактеризованных с позиций самосборки и биофармацевтических параметров систем относится к Na_2ГК [1–5,15–17,18,19], тогда как для МАСГК массив экспериментальных данных более фрагментарен и зачастую сосредоточен на отдельных моделях и ЛВ (*гемостатики, Megosin/Megaferon, аминокислотные и полифенольные комплексы*) [20–23,24–27,28–31]. В тех местах, где интерпретация строится по аналогии с Na_2ГК, возможна скрытая переэкстраполяция и недооценка специфики МАСГК как самостоятельной платформы.

Следует также учитывать потенциальное влияние публикационного смещения: работы с положительными или ярко выраженными фармакологическими эффектами платформенных систем на основе глицирризинатов, вероятно, публикуются чаще, чем исследования с

ISSN 3030-3907

нейтральными или отрицательными результатами [1–5,7–11,14–19,20–32]. В рамках настоящего обзора не проводилась формализованная оценка риска систематических ошибок в отдельных исследованиях (по типу шкал *risk-of-bias*), что ограничивает возможность строгой градации качества доказательств.

Наконец, значительная часть включённых данных относится к доклиническому уровню (*in vitro, ex vivo, in vivo* на животных моделях), тогда как клинические исследования систем доставки на основе МАСГК и Na_2ГК единичны [4,5,7–11,14,15,22,23,25–27,31]. Это означает, что выводы настоящего обзора в большей степени отражают потенциал платформы и накопленный экспериментальный опыт, чем окончательно подтверждённую клиническую эффективность и безопасность в реальной практике.

7. Перспективы (дорожная карта развития МАСГК-платформы)

Суммарный анализ литературы показывает, что глицирризинаты, и прежде всего МАСГК, формируют перспективный класс платформенных систем доставки лекарственных веществ, сочетающих свойства солюбилизатора, модулятора биодоступности и самостоятельного фармакологического агента [1–5,7–11,14–19,20–23,24–27,28–31,32]. Для перевода этой платформы из статуса «интересной экспериментальной конструкции» в устойчивую технологическую и клиническую практику логично выделить несколько последовательных шагов.

Шаг 1. Углублённая физико-химическая и надмолекулярная характеристика МАСГК-систем. Требуется стандартизованное определение СМС, стехиометрии комплексов, морфологии агрегатов и их устойчивости к разбавлению и изменению pH/ионной силы в фармацевтически релевантных средах. Связка «структура самосборки → X → профиль высвобождения» должна быть показана на типовой панели ЛВ (мелкие гидрофобы, громоздкие полифенолы, ионные субстраты) [1–3,4,15–17,20–24,28–31].

Шаг 2. Внедрение унифицированного набора KPI и стандарта отчётности для глицирризинатных DDS. На уровне платформы необходим обязательный минимум: X, Idiss, t_{50}/t_{90}, Frel (при наличии PK-данных), MIC/EC_{50}/ED_{50}, базовые токсикологические показатели. Для каждой новой системы «ЛВ–МАСГК/Na_2ГК» эти параметры должны публиковаться в сопоставимом формате, что обеспечит прямое сравнение разных композиций и серий [4,5,15–19,22,23,25–27,31,32].

Шаг 3. Расширение блока доклинических и клинических PK/PD-исследований именно для МАСГК-содержащих форм. В отличие от Na_2ГК, для МАСГК данных по фармакокинетике существенно меньше. Требуется

ISSN 3030-3907

целенаправленный переход от «эффект есть» к количественной оценке Frel, Cmax, tmax, AUC и к сопоставлению PD-маркёров (гемостаз, противовоспалительный ответ, митохондриальная функция) с биофармацевтическими KPI [20–23,25–27,31].

Шаг 4. Систематическое изучение профиля безопасности и лекарственных взаимодействий. С учётом риска псевдоальдостеронизма для глицирризинатов необходимо встроить в платформу типовой токсикологический блок: мониторинг АД, уровня K^+/Na^+, длительных эффектов и возможных лекарственных взаимодействий. Для МАСГК-систем с потенциально длительным приёмом (гепатопротекторы, кардиопротекторы, иммуномодуляторы) этот блок должен стать обязательной частью досье [6,7,10–14,15,25–27,29,31].

Шаг 5. Расширение спектра ЛВ, путей введения и технологических решений. Перспективно внедрение МАСГК-платформы для пероральных, мукозальных, трансдермальных и парентеральных форм с использованием промышленных технологий (распылительная сушка, экструзия, электроформование) и подходов quality-by-design. Отдельное направление — комбинированные системы, где глицирризинат выступает одновременно носителем, ко-лекарством и модификатором мембранного транспорта [4,5,15–17,22,23,25–27,31,32].

Реализация этих шагов позволит перейти от разрозненных кейс-репортов к полноценной, стандартизованной платформе DDS на основе МАСГК, сопоставимой по уровню развития с полисахаридными и синтетическими носителями.

Заключение

Суммарный анализ литературы показывает, что МАСГК и родственные глицирризинаты формируют самостоятельный класс платформенных систем доставки лекарственных веществ на стыке супрамолекулярной химии и фармацевтической технологии [1–5,7–11,14–19,20–23,24–27,28–31,32]. Для широкого спектра ЛВ — от противогельминтных и противоопухолевых средств до растительных гемостатиков, азометиновых производных госсипола (*Megosin/Megaferon*) и аминокислотных композиций — показано, что комплексообразование и мицеллообразование на основе глицирризинатов приводят к кратному увеличению растворимости, ускорению растворения и функциональному росту относительной биодоступности при сохранении или улучшении профиля безопасности по сравнению с исходными формами [4,5,15–19,22,23,25–27,31]. Дополнительный вклад вносит собственная противовоспалительная, противовирусная, антиоксидантная и мембраномодифицирующая

ISSN 3030-3907

активность глицирризинатов, что особенно важно для кардиопротективных, гепатопротективных и иммуномодулирующих применений [7–11,14,15,18,19,22,23,25–27,31].

Вместе с тем платформа МАСГК/Na_2ГК остаётся недостаточно стандартизованной. Для Na_2-систем накоплен значительный массив данных по СМС, структуре агрегатов, коэффициентам солюбилизации и PK-параметрам [1–5,15–17,18,19], тогда как для МАСГК-комплексов информация фрагментарна и во многом ограничивается отдельными моделями и функциональными показателями (гемостаз, антиаритмический эффект, митохондриопротекция, гепатопротекция) [20–23,24–27,28–31]. Предложенная в обзоре многоуровневая схема KPI (*стехиометрия и* K_s → *самосборка и фазовое состояние* → *X,* t_{50}/t_{90}, *Frel* → *MIC/*EC_{50}*/*ED_{50} → *токсикологические маркёры*) переводит разрозненные данные в сопоставимый формат и может рассматриваться как основа для регламентов качества супрамолекулярных форм на основе глицирризинатов [4,5,15–19,22,23,25–27,31,32].

Ключевые задачи дальнейших исследований детально сформулированы в разделе «Перспективы» и сводятся к стандартизации физико-химического описания МАСГК-комплексов, расширению массива PK/PD-данных и прямому сравнению глицирризинатных DDS с классическими полисахаридными платформами по унифицированному набору KPI. Последовательное выполнение этих шагов должно перевести МАСГК-системы из разряда перспективных экспериментальных конструкций в устойчиво воспроизводимые технологические и клинические решения [4,5,7–11,14–19,20–23,24–27,28–31,32]. Решение этих задач позволит перевести МАСГК-платформу из разряда перспективных экспериментальных систем в устойчиво воспроизводимую технологическую и клиническую практику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Selyutina O.Y., Polyakov N.E. Glycyrrhizic acid as a multifunctional drug carrier: from self-assembly to drug delivery // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2019. – Vol. 559. – P. 271–279.

2. Polyakov N.E., Leshina T.V. Glycyrrhizic acid as a novel drug delivery vector: synergy of drug transport and efficacy // *Open Conference Proceedings Journal*. – 2011. – Vol. 2. – P. 64–72.

3. Selyutina O.Y., Apanasenko I.E., Polyakov N.E. et al. Glycyrrhizic acid as a multifunctional drug carrier – from physicochemical properties to biomedical applications: a modern insight on the ancient drug // *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. – 2020. – Vol. 55. – Art. 101367.

ISSN 3030-3907

4. Meteleva E.S., Khvostov M.V., Tolstikova T.G. et al. Disodium glycyrrhizinate as a supramolecular system for solubilization and delivery of празиквантел // *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2015. – Vol. 76. – P. 1–9.
5. Dushkin A.V., Meteleva E.S., Tolstikova T.G., Tolstikov G.A. Complexes of polysaccharides and glycyrrhizic acid with medicinal agents: structure and biomedical applications // В кн.: *Mechanochemistry in Medicine* / ed. A.V. Dushkin. – Novosibirsk: SB RAS, 2012. – С. (по PDF, без выдуманных страниц).
6. Толстиков Г.А., Балтина Л.А., Балтина Л.А. (мл.) и др. *Солодка (Glycyrrhiza glabra L.): биоразнообразие, химия, применение в медицине*. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – 415 с.
7. Толстикова Т.Г., Толстиков А.Г., Толстиков Г.А. Глицирризиновая кислота – инновационная платформа для создания лекарственных средств // *Вестник Российской академии наук*. – 2007. – Т. 77, № 10. – С. 867–874.
8. Baltina L.A., Kondratenko R.M., Flekhter O.B. et al. Glycyrrhizic acid derivatives as new antiviral and immune modulating agents // *Current Bioactive Compounds*. – 2021. – Vol. 17, No. 1. – P. 112–130.
9. Baltina L.A., Flekhter O.B., Nigmatullina L.R. et al. Antiviral activity of glycyrrhizic acid derivatives against SARS-associated coronavirus // *Journal of Medicinal Chemistry*. – 2005. – Vol. 48, No. 4. – P. 1256–1260.
10. Bailly C., Vergoten G. Glycyrrhizin: an alternative drug for the treatment of COVID-19 infection and its associated complications? // *Pharmacology & Therapeutics*. – 2020. – Vol. 214. – Art. 107618.
11. Zuo T., Liu X., Yue Y. et al. Antiviral activities and mechanisms of glycyrrhizic acid and glycyrrhetinic acid // *Pharmacology & Therapeutics*. – 2023. – Vol. 234. – Art. 108258.
12. Shibata S. A drug over the millennia: pharmacognosy, chemistry, and pharmacology of licorice // *Yakugaku Zasshi*. – 2000. – Vol. 120, No. 10. – P. 849–862.
13. Nassiri-Asl M., Hosseinzadeh H. Review of pharmacological effects of *Glycyrrhiza* sp. and its bioactive compounds // *Phytotherapy Research*. – 2008. – Vol. 22, No. 6. – P. 709–724.
14. Langer P., Nasser H., et al. Glycyrrhetinic acid and glycyrrhizin in infectious diseases: a systematic review // *Medicinal Research Reviews*. – 2016. – Vol. 36, No. 6. – P. 1033–1070.
15. Stecanella L.A., de Carvalho D.S., Dalmolin L.F. et al. Glycyrrhizic acid and its hydrolyzed metabolite 18β-glycyrrhetinic acid as tools to improve drug bioavailability // *Pharmaceutics*. – 2021. – Vol. 13, No. 11. – Art. 1792.

ISSN 3030-3907

16. Wang H., Liu Y., Wang D. et al. Glycyrrhizic acid-based micelles for podophyllotoxin delivery in breast cancer // *International Journal of Nanomedicine*. – 2016. – Vol. 11. – P. 2229–2242.
17. Song H., Yang Y., Xie Y. et al. Glycyrrhizic-acid based nanocomplexes for local breast cancer treatment // *Bioresources and Bioprocessing*. – 2022. – Vol. 9. – Art. 9.
18. Olchowik-Grabarek E., Matchanov A., Zamaraeva M. et al. Antibacterial and antihemolytic activity of new biomaterial based on glycyrrhizic acid and quercetin (GAQ) against *Staphylococcus aureus* // *Journal of Functional Biomaterials*. – 2023. – Vol. 14, No. 3. – Art. 368.
19. Babaeva D.T., Esanov R.S., Akhunov A.A. et al. Biological activity of the supramolecular complex of glycyrrhizic and salicylic acids // *Chemistry of Natural Compounds*. – 2020. – Vol. 56, No. 2. – P. 278–283.
20. Yakovishin L.A. Супрамолекулярные комплексы моноаммонийной соли глицирризиновой кислоты (глицирама) с L-аргинином и глицином // *Известия Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2014. – Т. 27, № 3. – С. 146–154.
21. Yakovishin L.A., Grishkovets V.I., Ratnikov V.V. et al. Molecular complexes of glycyram with glycine and arginine: FT-IR spectroscopic analysis and assessment of biological activity // *Journal of Molecular Structure*. – 2022. – Vol. 1255. – Art. 132406.
22. Matchanov A.D., Zaynutdinov U.N., Islomov A.Kh. et al. Supramolecular complexes of glycyrrhizic acid, its monoammonium salt with diterpenoid lagochilin and their hemostatic activity // *Trends in Applied Sciences Research* / *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences* (по данным журнала TSI). – 2017. – (точный том/страницы см. по PDF).
23. Davlatboev M.A., Matchanov A.D., Zaynutdinov U.N. et al. Supramolecular complexes of lagohyrzine with monoammonium salt of glycyrrhizic acid: synthesis, physicochemical properties and hemostatic activity // *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. – 2022. – No. 5–6. – P. 8–12.
24. Dalimov D.N., Toshov Kh.S., Khaitbaev A.Kh. Synthesis, composition and some physical and chemical properties of supramolecular complexes of glycyrrhizic acid // *Uzbek Chemical Journal*. – 2018. – № 6.
25. Khaitbaev A.Kh., Nazirova Yu.K., Toshov Kh.S. Medical implementation practice of supramolecular complex of megosin with MASGA // *Journal of Medicinal and Chemical Sciences*. – 2020. – Vol. 3, No. 4. – P. 48–54.
26. Nazirova Yu.K., Khaitbaev A.Kh., Namozov O.M. и др. Научный подход к стандартизации препарата мегосина и его комплексного соединения мегаферона // *Tibbiёt fanlari*. – 2020. – № 4. – С. 68–74.

ISSN 3030-3907

27. Намозов О.М. и др. Исследование интерферон-индуцирующей активности препарата мегаферон // *Universum: Химия и биология*. – 2018. – № 11 (53). – С. 58–62.

28. Isaev Yu.A., Askarov I.R., Rustamov S.A., Egamberdiev D.U. Molecular complexes of monoammonium salt of glycyrrhizic acid with urea, thiourea, methylolthiourea and their fungicidal activity // *ACADÉMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*. – 2021. – Vol. 11, No. 9. – P. 961–968.

29. Isaev Yu.A., Egamberdiev D.U., Askarov I.R., Rustamov S.A., Vypova N.L. Complex compound of the monoammonium salt of glycyrrhizic acid with thiourea and the toxicity of this complex // *Universum: Химия и биология*. – 2021. – № 11 (89). – С. 184–188.

31. Askarov I.R., Isaev Yu.A., Rustamov S.A., Vypova N.L. Synthesis of complex compounds of the monoammonium salt of glycyrrhizic acid with transition metal ions and study of their stability // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Vol. 386. – Art. 04023.

32. Makhmudov L.U., Tagayalieva N.A., Nazarova F.A. et al. Prospects for use of supramolecular complexes of monoammonium glycyrrhizinate with polyphenols and amino acids as the hepatoprotectors // *Science and Innovation*. – 2024. (том/номер см. по Scientists.uz).

33. Spada A., Emami F., Tuszynski J.A., Laskin J. Chitosan- and polysaccharide-based drug delivery systems: architectures and release profiles // *Molecular Pharmaceutics*. – 2021. – Vol. 18, No. 5. – P. 1862–1894.

ISSN 3030-3907

ISHQORLI MUHITLARDA ELEKTROLIZ JARAYONLARI ASOSIDA ELEKTR ENERGIYASINI OLISH IMKONIYATLARI VA ULARNING SAMARADORLIK KO‘RSATKICHLARI

Asqar Ilashovich Qarshibayev
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, texnika fanlari doktori, professor, Energo-mexanika fakulteti dekani,
Tel. +998906205055.
Qayimov Farrux Rasulovich
Buxoro davlat texnika universiteti, ktayanch doktoranti
Tel. +998 91 411 00 99
Murodov Xasan Shuxratovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, PhD, Elektr energetika kafedrasi v.b. dotsenti
Tel. +998913321617.
Jumayev Zavqiyor Ismatilloyevich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Elektr energetika kafedrasi katta o‘qituvchisi
Tel. +998 97 684 00 01

Annotatsiya. Mazkur maqolada ishqorli muhitlarda elektroliz jarayonlari asosida elektr energiyasini olish imkoniyatlari va ularning samaradorlik ko‘rsatkichlari tahlil qilingan. Elektroliz jarayonining nazariy asoslari, ionlarning harakatchanligi, elektrod materiallarining tanlanishi va ishqor konsentratsiyasining ta’siri batafsil o‘rganildi. Tadqiqotlarda ishqorli elektrolizning energiya samaradorligi, gaz ajralish tezligi va elektrokimyoviy jarayonlarning barqarorligi ko‘rsatkichlari baholandi. Shuningdek, energiya konversiyasi jarayonida yuzaga keladigan yo‘qotishlar, elektrodlarning korroziya darajasi va issiqlik ajralishi tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida ishqorli elektroliz texnologiyalarini ekstremal sharoitlarda qo‘llashning afzalliklari va cheklovlari yoritildi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, ushbu jarayonlarni qo‘llash yordamida muqobil elektr energiyasi manbalarini yaratish, energiya samaradorligini oshirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash imkoniyatlari kengayadi.

Kalit so‘zlar: ishqorli muhit, elektroliz jarayoni, elektr energiyasi ishlab chiqarish, samaradorlik ko‘rsatkichlari, elektrod materiallari, ionlarning harakatchanligi, elektrokimyoviy reaksiyalar, energiya konversiyasi, issiqlik ajralishi, muqobil energiya manbalari, ekologik xavfsizlik, ekstremal sharoitlar.

Аннотация. В данной статье проанализированы возможности получения электроэнергии на основе процессов электролиза в щелочных средах и показатели их эффективности. Были подробно изучены теоретические основы процесса электролиза, подвижность ионов, выбор электродных

ISSN 3030-3907

материалов и влияние концентрации щелочей. В исследованиях оценивались показатели энергоэффективности щелочного электролиза, скорости газовыделения и стабильности электрохимических процессов. Также были проанализированы потери, возникающие при преобразовании энергии, степень коррозии электродов и выделение тепла. На основе полученных результатов были рассмотрены преимущества и ограничения применения технологий щелочного электролиза в экстремальных условиях. Практическая значимость исследования заключается в том, что с помощью применения этих процессов расширяются возможности создания альтернативных источников электроэнергии, повышения энергоэффективности и обеспечения экологической безопасности.

Ключевые слова: щелочная среда, процесс электролиза, производство электроэнергии, показатели эффективности, материалы электродов, подвижность ионов, электрохимические реакции, преобразование энергии, выделение тепла, альтернативные источники энергии, экологическая безопасность, экстремальные условия.

Annotation. This article analyzes the possibilities of generating electricity based on electrolysis processes in alkaline media and their efficiency indicators. The theoretical foundations of the electrolysis process, ion mobility, choice of electrode materials, and the effect of alkali concentrations were studied in detail. The studies evaluated the energy efficiency of alkaline electrolysis, the rate of gas release, and the stability of electrochemical processes. The losses resulting from energy conversion, the degree of corrosion of the electrodes, and heat generation were also analyzed. Based on the results obtained, the advantages and limitations of using alkaline electrolysis technologies in extreme conditions were considered. The practical significance of the research lies in the fact that through the use of these processes, the possibilities of creating alternative sources of electricity, increasing energy efficiency and ensuring environmental safety are expanded.

Keywords: alkaline environment, electrolysis process, power generation, efficiency indicators, electrode materials, ion mobility, electrochemical reactions, energy conversion, heat generation, alternative energy sources, environmental safety, extreme conditions.

Kirish.

So‘nggi yillarda global miqyosda elektr energiyasiga bo‘lgan talab ortib bormoqda va bu jarayon energiya ishlab chiqarishning samarali hamda ekologik toza usullarini izlashni taqozo etmoqda. An’anaviy energiya manbalari cheklanganligi, ularning narxi o‘sib borayotgani va atrof-muhitga salbiy ta’siri tufayli muqobil energiya olish texnologiyalarini rivojlantirish dolzarb vazifalardan biriga aylandi. Shu nuqtai nazardan, ishqorli muhitlarda elektroliz jarayonlari elektr

ISSN 3030-3907

energiyasini olishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri sifatida e’tiborni tortmoqda. Elektroliz jarayoni orqali kimyoviy energiyani bevosita elektr energiyasiga aylantirish, ayniqsa, ishqorli eritmalar qo‘llanganda yuqori ion harakatchanligi, barqaror elektrokimyoviy reaksiyalar va nisbatan yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Ishqorli elektrolizning samaradorligi elektrod materiallari, ishqor konsentratsiyasi, harorat, ionlarning diffuziya tezligi va elektrod yuzasidagi jarayonlarning dinamikasiga bevosita bog‘liqdir. Shu bilan birga, bunday tizimlarda energiya konversiyasi jarayonida yuzaga keladigan issiqlik ajralishi, elektrodlarning korroziyaga uchrashi va energiya yo‘qotishlari kabi muammolar ham mavjud. Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundaki, ishqorli elektroliz asosida elektr energiyasini olish texnologiyalari nafaqat muqobil manba sifatida, balki ekstremal sharoitlarda — masalan, uzoq hududlarda, avtonom energetik tizimlarda va qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyada samarali qo‘llanishi mumkin.

Asosiy qism. Nazariy tahlil usuli: elektroliz jarayonining fizik-kimyoviy asoslari, elektrod potentsiali, ionlarning harakatchanligi va elektrokimyoviy tenglamalar asosida nazariy modellashtirish.

Taqqoslash va tahlil qilish usuli: ishqorli elektrolizning samaradorligini kislotalik muhitdagi elektroliz yoki boshqa energiya olish usullari bilan taqqoslash. [3].

Ishqorli muhitlarda elektroliz jarayonlari elektr energiyasini olishda samarali yo‘l sifatida ko‘rib chiqildi. Tadqiqotlar davomida elektrod materiallari, ishqor konsentratsiyasi va harorat parametrlarining jarayon samaradorligiga ta’siri o‘rganildi.

Matematik modellashtirish asosida elektroliz jarayonida energiya yo‘qotishlari, issiqlik ajralishi va samaradorlik ko‘rsatkichlari hisoblab chiqildi. Shuningdek, elektrolizning ishqorli va kislotali muhitlarda samaradorlik darajasi taqqoslandi. Ishqorli muhitda samaradorlikning yuqoriroq ekani, gaz ajralishi tezligi barqaror bo‘lishi aniqlangan. Bunda tahlillar natijasida quyidagilarga erishish imkoniyatlari o‘rganildi:

— ishqorli muhitlarda elektroliz jarayonlari nazariy va eksperimental jihatdan o‘rganildi hamda elektr energiyasi olishning samaradorlik ko‘rsatkichlari baholandi.

— Elektrolit konsentratsiyasi ortishi bilan ionlarning harakatchanligi oshishi va natijada elektroliz jarayonining samaradorligi yuqorilashi aniqlandi.

— Optimal ish harorati belgilandi: 40–60 °C diapazonida jarayon samarali bo‘lib, undan yuqori haroratda elektrodlarning korroziyasi keskin ortishi kuzatildi.

— Elektrod materiali sifatida nikel va po‘lat asosidagi elektrodlarning nisbatan barqarorligi yuqori ekani ko‘rsatildi.

ISSN 3030-3907

— Matematik model asosida elektroliz jarayonida energiya yo‘qotishlari va samaradorlik darajasi hisoblab chiqildi, nazariy natijalar eksperimental natijalar bilan mos keldi.

Ishqorli elektroliz jarayonlarining amaliy qo‘llanish imkoniyatlari – avtonom energetik tizimlarda, qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyada va ekstremal sharoitlarda samarali ekani asoslab berildi.

Xulosa. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida ishqorli muhitlarda elektroliz jarayonlari asosida elektr energiyasini olishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilindi. Aniqlanishicha, ishqorli elektrolitlar ionlarning yuqori harakatchanligini ta’minlab, elektroliz jarayonining samaradorligini oshiradi. Optimal ish rejimlari (40–60 °C harorat va o‘rtacha konsentratsiyali NaOH yoki KOH eritmalari) jarayonning barqarorligini ta’minlab, energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirdi.

1-jadval

Ishqorli muhitdagi elektroliz orqali energiya olish imkoniyatlari va samaradorlikko‘rsatkichlari

№	Texnologiya turi	Ishqorli eritma tarkibi (KOH/NaOH)	Jarayon mohiyati	Elektr energiyasi hosil bo‘lish samaradorligi	Kuchli tomonlari	Cheklovlari
1	**Vodorod ishlab chiqarish → Alkalin yoqilg‘i elementi**	20–30% KOH	Suvni parchalaydigan elektroliz bosqichi + vodorodni qayta qabul qiluvchi element	**35–55%** (umumiy tizim chiqishi)	Ekologik toza, chiqindi hosil qilmaydi, vodorod zahira sifatida saqlanadi	Ikki bosqich tufayli energiya yo‘qotishlari ko‘p
2	**Ishqoriy yoqilg‘i elementi (AFC)**	25–35% KOH	Ishqoriy eritmada vodorod va kislorodning bevosita o‘zaro	**45–70%**	Tez ishga tushadi, past temperat	CO_2 ta’siriga sezgir, elektrolit tiklanishi kerak

ISSN 3030-3907

			ta’siridan tok hosil bo‘lishi		ura yetarli	
3	**Metal-havo elektrokimyoviy manbalari (Zn-Air, Al-Air)**	6–10 M KOH	Metall anodning ishqoriy eritmada oksidlanishi hisobiga tok hosil bo‘ladi	**40–65%**	Energiya sig‘imi yuqori, tuzilishi oddiy	Anod tez yemiriladi, anodni tiklash talab etiladi
4	**Issiqlik yordamida osonlashtirilgan elektroliz (gibrid termokimyoviy)**	10–20% KOH	Tashqi issiqlik energiyasi bilan suvni parchalash uchun zarur kuchlanish kamayadi	**45–60%**	Kam elektr sarfi, issiqlikdan foydalanish imkoniyati	Murakkab tizim, yuqori harorat rejimi
5	**Fotoelektrokimyoviy–ishqoriy gibrid elektroliz**	1–5 M KOH	Quyosh nuri ishtirokida elektroliz uchun zarur energiyaning bir qismi qoplanadi	**10–25%**	Tashqi quvvat sarfi kamayadi, ekologik toza	Barqarorlik Quyosh intensivligiga bog‘liq
6	**Elektroliz orqali superkondensator zaryadlash**	1–3 M KOH	Elektrolizdan hosil bo‘lgan ion oqimlari superkondensator strukturasiga yig‘iladi	**85–95%**	Siklik samaradorligi juda yuqori, tez zaryad	Quvvati katta, ammo energiya zichligi past
7	**Ishqorli qayta zaryadlanuvch**	6–10 M KOH	Elektrokimyoviy qaytuvchan	**60–75%**	Narxi maqbul, xizmat	Og‘ir, quvvat

ISSN 3030-3907

	i tizimlar (Ni–Fe, Ni–Zn)		reaksiya orqali energiya yig‘ish va ajratish		muddati uzun	zichligi past

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, ishqorli elektroliz texnologiyasi muqobil energiya manbai sifatida istiqbolli yo‘nalish bo‘lib, avtonom energiya tizimlarida, qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiyada hamda ekstremal sharoitlarda samarali qo‘llanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. М. Б. Лещинский, Г. И. Лещинская, В. Р. Загацкий, Т. Р. Никулин “Исследование электрохимических свойств щелочного электролита” Научный журнал «Известия КГТУ», №47, 2017 г. С. 159–166.
2. В. Нечаев, М. Г. Иванов, Л. А. Байкова “Электролиз в растворах электролитов” ГОУ ВПО УГТУ−УПИ, 2008 С. 40-49.
3. Khasan Murodov and Askarbek Karshibayev, Development of the management system of technical indications of high-power charger-discharger rectifier device. // E3S Web Conf. Volume 417, 2023 III International Conference on Geotechnology, Mining and Rational Use of Natural Resources (GEOTECH-2023).
4. M. Ufert, B. Bäker, Battery Ageing as Part of the System Design of Battery Electric Urban Bus Fleets. // Ufert M., Bäker B. (2020) Battery Ageing as Part of the System Design of Battery Electric Urban Bus Fleets. Science and Technique. 19 (1), 12–19.
5. X.Sh.Murodov Akkumulyator bloki elementlarida kuchlanishni muvozanatlashning matematik modelini takomillashtirish // iasto Przyszłości 1039 Kielce 2024
6. ResearchBip (14) | Google Scholar Kichik quvvatli mikro GESning O‘zbekiston energetikasida tutgan o‘rni va ularning rivojlanish bosqichlari Toshev Sh.E. PHD, "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti, Toshkent sh.,Qori Niyoziy
7. Kesieme, U.; Chrysanthou, A.; Catulli, M.; Cheng, C.Y. A review of acid recovery from acidic mining waste solutions using solvent extraction. J. Chem. Technol. Biotechnol. 2018,
8. Gurreri, L.; Cipollina, A.; Tamburini, A.; Micale, G. Electrodialysis for wastewater treatment—Part II: Industrial effluents. In Current Trends and Future Developments in Bio-Membranes: Membrane Technology for Water and Wastewater Treatment—Advances and Emerging Processes; Basile, A., Comite, A., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; pp.

ISSN 3030-3907

9. Andrea Zaffora , Andrea Culcasi, Luigi Gurreri , Alessandro Cosenza, Alessandro Tamburini * , Monica Santamaria and Giorgio Micale Energy Harvesting by Waste Acid/Base Neutralization via Bipolar Membrane Reverse Electrodialysis Article in Energies · October 2020

ISSN 3030-3907

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА И ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕСТОВ. ВИДЫ ТЕСТОВ.

Халимова Мафтуна Обидовна

Бухарский Государственный медицинский институт по имени Абу Али ибн Сины

E-mail: maftuna_halimova@bsmi.uz

Аннотация: В данной статье подробно раскрыты вопросы применения тестов, их виды, назначение тестирования и сущность построения тестов.

Ключевые слова: личность, тест, тестология, правила составления тестов, наука, научно-теоретические идеи, понятие теста, характеристика педагогической тестологии, формы и методы.

Annotatsiya: Ushbu maqolada testlardan foydalanish masalalari, ularning turlari, testlashning maqsadi va testlarni tuzishning mohiyati batafsil yoritilgan.

Kalit so‘zlar: shaxs, test, testologiya, test tuzish qoidalari, fan, ilmiy-nazariy g‘oyalar, test tushunchasi, pedagogik testologiyaning tavsifi, shakllar va usullar.

Annotation. This article provides a detailed discussion of the use of tests, their types, the purpose of testing, and the essence of constructing tests.

Keywords: personality, test, testology, rules for constructing tests, science, scientific-theoretical ideas, the concept of a test, characteristics of pedagogical testology, forms and methods.

Введение

Методика составления тестов предусматривает, прежде всего, уточнение цели, с которой создаётся тест. Необходимо определить методику разработки и апробации тестовых заданий, дидактические требования к ним, разработать тестовый план, план по разделам дисциплины и по уровням усвоения учебного материала.

Одним из основных правил методики составления тестов является уточнение цели, с которой тест составляется. При этом необходимо определить методику составления и апробации тестовых заданий, дидактические требования к тестовым заданиям, разработку тестового плана, план теста по разделам учебной дисциплины, а также план теста по уровням усвоения учебного материала.

Общая цель тестов — совершенствование всего образовательного процесса, однако каждый тест должен иметь конкретную частную цель, ради которой он создаётся и проводится.

По цели применения тесты делятся на три вида:

Диагностические тесты очень важны для преподавателя. Они помогают определить наиболее слабо усвоенные разделы учебной программы и

ISSN 3030-3907

проводятся после изучения крупных тем. По ответам студентов можно увидеть, в каких темах они допустили ошибки.

Прогностические тесты также в основном имеют значение для преподавателя. Известно, что процесс обучения языку проводится поэтапно. Ситуационные тесты, в отличие от предыдущих видов, проводятся часто. Во время изучения определённой темы такие проверки очень полезны для определения отношения студента к этой теме, то есть его интереса, способности и многих других аспектов.

Хотя общей целью тестов является совершенствование всего учебного процесса, каждый тестовый экзамен, в свою очередь, должен быть составлен и проведён с учетом своей частной (конкретной) цели.Большинство тестов, применяемых в мире до настоящего времени, создаются для оценки и контроля знаний, умений и навыков.

Во всём мире большинство существующих тестов создаётся для оценки и контроля знаний, умений и навыков. Применение тестов в следующих целях имеет важное значение в учебном процессе:

1. По цели применения тесты делятся на три вида:

Диагностические тесты

Очень важны для преподавателя. Они помогают определить наименее усвоенные разделы программы и проводятся после изучения крупных тем. По ответам студентов можно увидеть, в каких темах допущены ошибки.

Прогностические тесты

Используются для прогнозирования возможных результатов и определяют готовность учащихся к следующему этапу обучения.

Ситуационные тесты

Проводятся чаще. Позволяют определить отношение студента к изучаемому материалу, уровень интереса и мотивации.

Валидность теста — это критерий, определяющий, что именно и насколько хорошо измеряет тест. Понятие «валидность» отражает идею соответствия педагогического тестирования своей цели. Интуитивно всем понятно, что одну и ту же вещь можно проверить разными способами. Самый важный вид валидности в тестах — валидность по содержанию. Валидность по содержанию является адекватным способом оценки педагогических тестов. Она позволяет определить, охватывает ли тест репрезентативный комплекс конкретных знаний и навыков, а также свободен ли процесс выполнения теста от посторонних факторов [4].

Объективность теста (беспристрастность), то есть независимость получения и интерпретации диагностической информации от учителя.

ISSN 3030-3907

Объективность тестов является важным объединяющим критерием, который включает в себя идеи надежности, валидности, а также ряд педагогически-этических аспектов [5].

ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Формулируйте вопрос, начиная с правильного ответа.

Содержание должно соответствовать образовательным требованиям и отражать учебный материал.

Каждый вопрос должен выражать одну завершённую мысль.

Слова «иногда», «часто», «всегда», «никогда», «все» следует использовать внимательно.

Избегайте расплывчатых слов, таких как «большой», «маленький», «много», «мало», «меньше» и т.д.

Избегайте лишних слов, не относящихся к основной идее.

Дистракторы (неправильные ответы) должны быть логично подобраны и не быть очевидно неправильными.

Избегайте каверзных вопросов.

Все варианты ответов должны быть грамматически согласованы со стемом вопроса (основной частью).

Избегайте отрицаний; особенно двойных отрицаний.

Ответы не должны зависеть от предыдущих вопросов.

Правильные и неправильные варианты должны быть сходны по структуре, содержанию и длине.

Правила составления тестовых заданий заключаются в следующем:

Формулировку вопроса следует начинать с правильного ответа.

Содержание задания должно соответствовать требованиям содержания обучения и отражать его.

Вопрос должен состоять из одной завершённой мысли.

При составлении вопроса необходимо внимательно использовать слова «иногда», «часто», «всегда», «все», «никогда».

Формулировка вопроса должна быть чёткой, без частого использования слов «большой», «небольшой», «малый», «много», «мало», «меньше».

Избегать слов, не связанных с основной мыслью.

Неправильные варианты ответов должны быть логично и умело подобраны, чтобы их неправильность не была очевидной.

Не задавайте «каверзных» вопросов.

Все варианты ответов должны грамматически согласовываться с основной частью задания.

В основной части вопроса следует меньше использовать отрицания и избегать двойного отрицания.

ISSN 3030-3907

Ответ на данный вопрос не должен зависеть от предыдущих ответов. Правильные и неправильные ответы должны быть одинаковыми по содержанию, структуре и количеству слов [6-8].

2. По структуре тесты делятся на два вида:

Простые тесты

Состоят из однотипных заданий.

Сложные тесты

Включают задания разных форм и более разнообразные по содержанию.

3. По периодичности применения тесты бывают трёх видов:

Ежедневные тесты

Закрепляют знания по отдельным темам.

Периодические тесты

Проводятся после завершения темы или раздела и показывают качество усвоения материала.

Итоговые тесты

Проводятся в конце семестра или курса и направлены на итоговую оценку знаний.

4. По характеру проведения тесты делятся на два вида:

Индивидуальные тесты

Используются при научных исследованиях или в случаях, когда не требуется сравнение с группой.

Групповые тесты

Проводятся одновременно среди группы учащихся.

5. По назначению тесты делятся на два вида:

Тесты, определяющие знания

Показывают степень усвоения теории.

Тесты, определяющие умения и навыки

Состоят из практических упражнений.

6. По способу выполнения тесты бывают трёх видов:

Устные тесты

Проводятся без письменной формы.

Письменные тесты

Самый распространенный вид.

Компьютерные тесты

Быстрый способ контроля знаний.

7. По сущности построения тесты делятся на два типа:

Стандартизированные тесты

Официально утверждаются и многократно апробируются. Отличаются высокой надёжностью.

ISSN 3030-3907

Нестандартные тесты

Создаются преподавателями для решения конкретных задач в течение учебного года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Толипова Ж.О. Педагогическая квалиометрия. Учебное пособие. – Т.: ТДПУ, 2016.
2. Шодмонова Ш.С. и др. Теория и практика педагогики. Учебник. – Т.: «Фан ва технология», 2019. – 234 с.
3. Шодмонова Ш.С. и др. «Педагогика». Учебное пособие. – Т.: «Фан ва технология», 2019. – 343 с.
4. Ахмедова М.Т. Педагогическая конфликтология. Учебное пособие. – Т.: «Адбиятот учкулнари», 2017. – 320 с.
5. Ибрагимов Х., Ёлдошев У. и др. Педагогическая психология. Учебное пособие. – Т.: Национальное общество философов Узбекистана, 2009. – 400 с.
6. Временные государственные требования к минимуму содержания профессиональной образовательной программы и уровню подготовки лиц при получении дополнительной квалификации «Тестолог (специалист в области педагогических измерений)». Министерство образования Российской Федерации. Москва, 2000. – 14 с.
7. Фаберман Б.Л. Прогрессивные педагогические технологии. – Т.: ИП ВССШ, 1999. – 84 с.
8. Тестология: русско-узбекский, узбекско-русский толковый терминологический словарь-минимум / Под общей редакцией доктора технических наук Б.М. Исмаилова. – Т.: ДТМ, 2005. – 136 с.
9. Ковалева Г.С. Национальный фонд подготовки кадров, Программа развития и совершенствования государственных образовательных стандартов и тестирования (Первый этап). Итоговый отчет. Зарубежный опыт построения и актуальные проблемы развития образовательного тестирования. Москва, 2001. – 26 с.
10. Касымов С., Сапаев М., Юсупов А. Рисола. Совершенствование рейтинговой системы высших учебных заведений Узбекистана на основе европейского опыта. Ургенч, 2009. – 41 с.

ISSN 3030-3907

ODAM ORGANIZMIDAGI MUHIM O‘RIN TUTUVCHI BUFER SISTEMALAR

Sodiqjonova Fotima Sodiqjon qizi
Samarqand davlat tibbiyot uniersiteti davolash ishi fakulteti talabasi
Sodiqjonova Zuhra Sodiqjon qizi
Samarqand davlat tibbiyot uniersiteti davolash ishi fakulteti talabasi
Karjavov Abdixakim Raxmonovich
Samarqand davlat tibbiyot uniersiteti
Samarqand viloyati O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada odam organizmidagi hayotiy jarayonlarni ta’minlashda muhim o‘rin tutuvchi bufer sistemalar haqida so‘z yuritiladi. Bunda pH muvozanatini saqlashning fundamental ahamiyati, bufer tizimlarining asosiy kimyoviy mexanizmlari chuqur o‘rganiladi. Maqolada ayniqsa uchta asosiy bufer tizimi: bikarbonat, fosfat va oqsil (gemoglobin) bufer sistemalarining qonda, hujayralarda va buyraklarda pH ni normada ushlab turishdagi biologik roli, funksiyalari va o‘zaro aloqasi tahlil qilinadi. Bundan tashqari, bufer sistemalar faoliyatining buzilishi (masalan, metabolik yoki respirator asidoz/alkaloz) kabi patologik holatlar va ularning organizmga ta’siri ham ko‘rib chiqiladi. Umuman olganda, ushbu maqola bufer sistemalarning gomeostazni ta’minlashdagi o‘rnini va ularning tibbiyot hamda fiziologiya uchun g‘oyat muhimligini ochib berishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar. Bufer sistema, pH muvozanati, gomeostaz, bikarbonat bufer, fosfat bufer, oqsil bufer, asidoz, alkaloz, fiziologiya, metabolizm.

Аннотация. В данной статье рассматриваются буферные системы, играющие важную роль в обеспечении жизненных процессов в организме человека. Рассматривается фундаментальное значение поддержания pH-баланса, подробно изучаются основные химические механизмы действия буферных систем. Анализируются биологическая роль, функции и взаимосвязь трёх основных буферных систем: бикарбонатной, фосфатной и белковой (гемоглобиновой) в поддержании нормального pH крови, клеток и почек. Кроме того, рассматриваются патологические состояния, такие как дисфункция буферных систем (например, метаболический или респираторный ацидоз/алкалоз), и их влияние на организм. В целом, цель статьи – раскрыть роль буферных систем в обеспечении гомеостаза и их большое значение для медицины и физиологии.

Ключевые слова: Буферная система, pH-баланс, гомеостаз, бикарбонатный буфер, фосфатный буфер, белковый буфер, ацидоз, алкалоз, физиология, метаболизм.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article discusses the buffer systems that play a crucial role in maintaining vital processes within the human organism. It thoroughly examines the fundamental importance of pH balance and the basic chemical mechanisms of buffer systems. The paper specifically analyzes the biological role, functions, and interdependence of the three primary buffer systems—bicarbonate, phosphate, and protein (hemoglobin)—in regulating pH levels in the blood, cells, and kidneys. Furthermore, the study addresses pathological conditions associated with buffer system dysfunction (e.g., metabolic or respiratory acidosis/alkalosis) and their systemic impact on the organism. Overall, this article aims to elucidate the central role of buffer systems in ensuring homeostasis and their profound significance for medicine and physiology.

Keywords. Buffer system, pH balance, homeostasis, bicarbonate buffer, phosphate buffer, protein buffer, acidosis, alkalosis, physiology, metabolism.

Kirish.

Odam organizmidagi bufer sistemalar juda fundamental va hayotiy muhim vazifani bajaradi: ular organizmning kislota-ishqor muvozanatini (pH darajasini) tor doirada barqaror saqlashni ta'minlaydi. Muvozanat deyilganda, qon va boshqa tana suyuqliklarining pH darajasi odatda 7.35 dan 7.45 gacha bo‘lgan juda kichik oraliqda qolishi tushuniladi. Bufer sistemalar ushbu doimiylikni saqlashning eng tezkor mexanizmlaridan hisoblanadi. Bufer sistemalarning asosiy vazifasi ularning mexanizmida yashiringan: ortiqcha vodorod (H+) ionlarini bog‘lash yoki ularni chiqarish (ishqoriy muhit oshib ketganda) orqali muhitning keskin o‘zgarishiga qarshilik ko‘rsatish.

1. pH darajasini barqaror saqlash (Gomeostaz)-eng muhim vazifa. Hayotiy jarayonlar (metabolizm) natijasida doimiy ravishda kislotali yoki ishqoriy mahsulotlar hosil bo‘ladi. Bufer sistemalar ularni neytrallash orqali qon pH darajasini 7.4 ± 0.05 atrofida ushlab turadi.

2. Fermentlar faoliyatini ta'minlash-Organizmda barcha fermentlar (oqsillar) o‘zining optimal pH darajasida eng samarali ishlaydi. pH darajasining keskin o‘zgarishi (hatto kichik o‘zgarishlar ham) fermentlarning denaturatsiyasiga (strukturasining buzilishiga) olib kelishi va ularning faoliyatini to‘xtatishi mumkin.

3. Hujayra ichki muhitini himoya qilish-Buferlar nafaqat qonda, balki hujayra ichki suyuqligida ham ishlaydi. Hujayra ichida kechadigan ko‘plab reaktsiyalar (masalan, glikoliz) kislotali mahsulotlar hosil qiladi. Buferlar hujayra ichidagi pH ni barqaror ushlab, uning normal ishlashini ta'minlaydi.

4. Nafas olish va buyrak tizimlarini qo‘llab-quvvatlash-Bufer sistemalar organizmning kislota-ishqor muvozanatini tartibga soluvchi asosiy organlar (o‘pka va buyraklar) bilan hamkorlikda ishlaydi. Masalan, bikarbonat bufer tizimi o‘pka tomonidan CO2 chiqarilishi orqali juda tez, buyraklar tomonidan esa bikarbonat

ISSN 3030-3907

ionlari (HCO3-) va H+ ionlari ajratilishi orqali uzoq muddatli tartibga solishda ishtirok etadi.

Organizmda bir nechta bufer sistemalar mavjud bo‘lib, ular birgalikda ishlaydi:

1. Bikarbonat (arbonat) bufer sistemasi. Karbonat kislota (H_2CO_3) va uning tuzi (masalan, Natriy bikarbonat, $NaHCO_3$). Hujayradan tashqari suyuqlikning (ekstrasellyulyar) eng muhim buferi, ayniqsa qon plazmasida. U organizmning metabolik kislotali chiqindilarini neytrallashda eng samarali hisoblanadi, chunki uning komponentlari (bikarbonat va CO_2) o‘pka va buyraklar orqali tezkor tartibga solinishi mumkin. Kislota qo‘shilganda (masalan, sut kislotasi): kuchli kislota $NaHCO_3$, bilan reaksiyaga kirishib, kuchsiz kislota (H_2CO3) va neytral tuz hosil qiladi. Ishqor qo‘shilganda: H_2CO_3 ishqor bilan reaksiyaga kirishib, kuchsiz ishqor (masalan, NaHCO3) va suv hosil qiladi.

$$CO_2 + H_2O\ H_2CO_3 \text{ —(karbonat angidraza) } H_2CO_3 \rightarrow (H+) + HCO_3$$

2. Oqsil bufer sistemasi. Oqsillar, xususan, gemoglobin (eritrotsitlarda) va plazma oqsillari (albumin). Hujayra ichki suyuqlikning eng kuchli buferi. Gemoglobin bufer tizimi qonning umumiy bufer sig‘imining taxminan 75% ini tashkil qiladi. Mexanizm: Oqsillar poliamfoter xususiyatga ega, ya'ni ularning tarkibidagi ayrim aminokislota qoldiqlari (masalan, gistidinning imidazol guruhi, erkin karboksil va aminoguruhlar) pH ga qarab H^+ ionlarini qabul qilish (ishqoriy vazifani bajarish) yoki berish (kislotali vazifani bajarish) qobiliyatiga ega. Gemoglobinning roli: To‘qimalardan kelayotgan CO, eritrotsitga kirib, H^+ ionlarini hosil qilganda, gemoglobin bu H^+ ionlarini bog‘lab (buffersizlantirib), qonning nordonlashishiga yo‘l qo‘ymaydi (gemoglobin, oksigemoglobin bufer sistemasi).

3. Fosfat bufer sistemasi. Tarkibi: Bir asosli natriy fosfat (NaH_2PO_4) va ikki asosli natriy fosfat (Na_2HPO_4). Muhimligi: Hujayra ichki suyuqlikning (ayniqsa, sitoplazmada) muhim buferi. Shuningdek, u buyrak kanalchalaridagi suyuqlik (siydik) uchun juda muhim, chunki u buyraklarga ortiqcha H+ ionlarini chiqarishga yordam beradi.

Kislota qo‘shilganda: Na_2HPO_4 (kuchsiz ishqor) kuchli kislota bilan reaksiyaga kirishadi. Ishqor qo‘shilganda: NaH_2PO_4 (kuchsiz kislota) kuchli ishqor bilan reaksiyaga kirishadi.

Bu sistemalar birgalikda va juda tezkorlik bilan ishlaydi. Agar bufer sistemalari o‘z vazifasini to‘liq bajara olmasa, pH ning keskin o‘zgarishi atsidoz (pH< 7.35) yoki alkaloz (pH>7.45) kabi hayot uchun xavfli holatlarga olib kelishi mumkin. ***Metabolik atsidoz*** holatida uchraydigan kasalliklar: qandli diabetning ketaostidoz (insulin yetishmasligi → keton tanachalari ko‘payadi), og‘ir diareya (ich ketish) (HCO_3^- yo‘qoladi → pH tushadi), buyrak yetishmovchiligi (renal yetishmovchilik, kislotalar chiqarilmay qoladi), laktat atsidoz(shok, yurak yetishmovchiligi, sepsis→to‘qimalar kislorodsiz qolishi), zaharlanish (metanol,

ISSN 3030-3907

etilenglikol, salitsilat bilan) kabilar. ***Metabolik alkaloz*** uchraydigan kasalliklar: qusish (oshqozon shirasi kislota → yo‘qotiladi), diuretiklar (furosemid, lasix) ko‘p ishlatilganda, (H^+ va K^+ yo‘qoladi → pH ko‘tariladi), giperaldosteronizm (kislota siydik bilan chiqib ketadi), antatsidlarni ko‘p iste'mol qilish (masalan, ko‘p soda ichish) kabilar. Ular har bir hujayraning normal faoliyat yuritishini ta'minlaydi. Bikarbonat, fosfat, protein va ammiak bufer tizimlarining birgalikda ishlashi bu organizmning ekologik, biologik va kimyoviy barqarorligini ta'minlovchi asosiy himoya tizimidir. Bufer sistemaning buzilishi ya’ni ishqoriy yoki kislotali muhitning oshishi organizm uchun jiddiy kasallik belgilarini rivojlantiradi. Masalan Ferment va oqsillarning denaturatsiyasi, nerv markazi depressiyasi(atsidoz holatida), nerv markazlari qo‘zg‘alishi(alaloz holatida), yurak-qon tomir faoliyati buzilishi kabi jiddiy ksalliklarga sabab bo‘ladi. Bufer sistemaning buzilishi turli yoshdagilar uchun har xil ta’sir qiladi. Yosh bolalada bufer sistemaning buzilishi ulardagi oqsillar denaturatsiyaga uchrashi, miyaga zarar yetkazishi, nafas olishning buzilishiga va hatto o‘limga ham olib kelishi mumkin. Homilador ayollar organizmi mvozanat buzilishiga juda sezgir hisoblanadi va bunda ko‘ngil ayniydi. Ayniqsa ona har qanday og‘ir atsidoz va alkaloz homilaning qon aylanishini normadan buzadi va gipoksiya hodisasi(kislarodning yetishmasligi) kuzatiladi..

Xulosa: Bufer sistemalar organizmda pH muvozanatini saqlashda ajralmas rol o‘ynaydi. Bufer sistemaning buzilishi eng ko‘p keksa yoshdagilarga kuchli ta’sir qiladi. Yosh o‘tishi bilan buyraklarning H^+ ionlarini samarali chiqarib tashlash va bikarbonat (HCO_3^-) ni qayta so‘rib olish qobiliyati pasayadi. Bu kompensatsiya mexanizmining zaiflashishiga olib keladi. Shu sababli yosh bolalar, homilador ayollar va yoshi kattalarda bufer sistemani normada saqlashga, sog‘lig‘iga jiddiy qarash lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). Textbook of Medical Physiology. 14th edition. Elsevier.
2. Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2020). Principles of Anatomy and Physiology. 16th edition. Wiley.
3. Ganong, W. F. (2020). Review of Medical Physiology. 26th edition. McGraw-Hill Education.
4. Boron, W. F., & Boulpaep, E. L. (2016). Medical Physiology. 3rd edition.
5. Muxamedov, A. A. (2018). Odam fiziologiyasi asoslari. Toshkent: Tibbiyot nashriyoti.
6. Salieva, M. M., & Qodirova, D. A. (2021). "Organizmning homeostatik tizimlari va ularning ahamiyati." O‘zbekiston tibbiyot jurnali, 4(2), 112-117.

ISSN 3030-3907

7. Rhoades, R. A., & Bell, D. R. (2012). Medical Physiology: Principles for Clinical Medicine. 4th edition. Wolters Kluwer.
8. National Institutes of Health (NIH). (2023). "Acid-Base Balance."
9. World Health Organization (WHO). (2022). Basic Laboratory Procedures in Clinical Biochemistry. WHO Press.
10.Fayzullayev N., Akmalaiuly K., Karjavov A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. – 2020. – N .2. -C. 23-30.
11.Fayzullayev N. I., Karjavov A.R., Yusupova S. S. Catalytic Synthesis of Acetone Direct Acetylene Hydration // International journal of Advanced Science and Technology . – 2020 .- T.29. – N.05.- C 4507-4514.
12.Karjavov A. R., Fayzullaev N. Study of the kinetics and mechanism of the reaction of the catalytic hydrochloration of acytylene// AIP Conference proceedings. – AIP Publishing LLC, 2024. -T.3045. – N. 1.-C.060046.
13.Fayzullayev N., Akmalaiuly K., Karjavov A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration. (2020),2, Number 440 (2020,),23-30 (Электронный ресурс).
14.Karjavov A.R., Fayzullayev N. Determination of technological parameters of producing vinylchloride from from acetylene // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC ,2024.- T.3045. -N. 1.- C.060045.
15.Karjavov A., Fayzullayev N.,Baykulov A. Production of acetone by catalytic hydration of acetylene // E3S Web of Conference . -EDP Science ,2023. -T .389.- C.01046

ISSN 3030-3907

АНТИОКСИДАНТНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ: СИНТЕЗ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Кенжаева Наргиза Раззоковна

Преподаватель кафедры медицинской и биологической химии Бухарского государственного медицинского института.

E-mail: kenjaeva.nargiza@bsmi.uz

Аннотация. В статье рассмотрены современные подходы к синтезу антиоксидантно активных органических соединений, включая фенольные антиоксиданты, флавоноиды, кумарины и их производные. Описаны «зеленые» методы синтеза (микроволновая активация, безрастворительные реакции, использование катализаторов на основе металлоорганических каркасных структур и ионных жидкостей). Рассмотрены ключевые аналитические методы для качественной и количественной оценки антиоксидантной активности и молекулярной структуры: спектрофотометрические тесты (DPPH, ABTS, FRAP, ORAC), хроматографические подходы (HPLC, LC–MS), спектроскопия (UV–Vis, FTIR, NMR) и масс-спектрометрия. Обсуждаются факторы, влияющие на антиоксидантную активность, механизмы радикал-ловящего и редокс-щепления, а также применимость соединений в фармацевтике, пищевой и косметической промышленности.

Ключевые слова: антиоксидант, фенольные соединения, синтез, DPPH, HPLC, FTIR, NMR, «зеленая химия».

Annotation. The article discusses modern approaches to the synthesis of antioxidant-active organic compounds, including phenolic antioxidants, flavonoids, coumarins, and their derivatives. “Green” synthesis methods are described, such as microwave activation, solvent-free reactions, and the use of catalysts based on metal-organic frameworks and ionic liquids. The main analytical methods for qualitative and quantitative assessment of antioxidant activity and molecular structure are considered: spectrophotometric tests (DPPH, ABTS, FRAP, ORAC), chromatographic techniques (HPLC, LC–MS), spectroscopy (UV–Vis, FTIR, NMR), and mass spectrometry. Factors affecting antioxidant activity, radical scavenging and redox mechanisms, as well as the applicability of the compounds in the pharmaceutical, food, and cosmetic industries are discussed.

Keywords: antioxidant, phenolic compounds, synthesis, DPPH, HPLC, FTIR, NMR, green chemistry.

Annotatsiya. Maqolada antioksidant faol organik birikmalar — fenol antioksidantlari, flavonoidlar, kumarinlar va ularning hosilalarini sintez qilishning zamonaviy yondashuvlari yoritilgan. “Yashil” sintez usullari — mikroto‘lqinli

aktivatsiya, eritmasiz reaksiyalar, metall-organik karkasli strukturalar va ion suyuqliklariga asoslangan katalizatorlardan foydalanish kabi yo‘nalishlar tavsiflangan. Antioksidant faollik va molekulyar tuzilmani sifat va miqdor jihatdan baholash uchun qo‘llaniladigan asosiy analitik usullar ko‘rib chiqilgan: spektrofotometrik testlar (DPPH, ABTS, FRAP, ORAC), xromatografik usullar (HPLC, LC–MS), spektroskopiya (UV–Vis, FTIR, NMR) va mass-spektrometriya. Shuningdek, antioksidant faollikka ta’sir etuvchi omillar, radikal tutuvchi va redoks mexanizmlari hamda bunday birikmalarning farmatsevtika, oziq-ovqat va kosmetika sanoatidagi qo‘llanilishi muhokama qilingan.

Kalit so‘zlar: antioksidant, fenol birikmalar, sintez, DPPH, HPLC, FTIR, NMR, yashil kimyo.

Введение

Окислительный стресс и образование реактивных форм кислорода (ROS) играют ключевую роль в развитии множества патологий, включая воспаление, старение, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные заболевания. Антиоксиданты — молекулы, способные ингибировать окислительные процессы — имеют важное значение как в биологических системах, так и в промышленности для стабилизации материалов. Особое внимание уделяется синтезу органических антиоксидантов с высокой активностью и благоприятными фармакокинетическими свойствами.

Цель данной статьи — дать обзор современных методов синтеза антиоксидантно активных органических соединений, описать стандартизованные и сравнительные аналитические подходы для их оценки и предложить рекомендации по оптимизации синтеза и анализа в условиях лаборатории, соответствующей Scopus-уровню публикации.

Классификация антиоксидантов и структурные факторы активности

Антиоксидантные соединения часто классифицируют по химическому скелету: фенолы и фенольные производные (включая бутилгидрокситолуол —BHT и его аналоги), флавоноиды, кумарины, тиолы и аминоприсоединения. Структурными детерминантами активности обычно являются:

- наличие и расположение гидроксильных групп, особенно орто- и пара-положений по отношению к ароматическому ядру;
- сопряжённость системы, обеспечивающая делокализацию радикального центра;
- электронодонорные/электроноакцепторные заместители;
- стерические факторы, влияющие на стабилизацию радикала.

Современные стратегии синтеза

Классические органические методы

ISSN 3030-3907

• **Нитрование, гидроксилирование и замещение в ароматической системе.** Классический путь получения новых фенольных антиоксидантов — функционализация ароматических систем через электрофильное ароматическое замещение, восстановление нитросоединений до амино- и последующее превращение в гидрокси-производные.

• **Конденсации Типа Claisen–Schmidt (синтез хальконов).** Халконы и их гидрогенизированные производные часто служат предшественниками флавоноидоподобных структур с антиоксидантной активностью.

• **Корифилирование и циклизации для получения кумаринов и флавоновых структур.** Кумарины получают посредством перхлорирования соответствующих предшественников и затем циклизации; флавоны — через оксигенирование и ароматизацию.

Зеленые подходы

• **Микроволновое синтезирование.** Микроволновая активация позволяет сократить время реакции от часов до минут и повысить выходы при многих органических превращениях, включая реакции конденсации и циклоприсоединения.

• **Безрастворительные и механохимические методы.** Помол в шаровых мельницах и механохимические преобразования позволяют исключить органические растворители и увеличить устойчивость к оксидативным побочным реакциям.

• **Ионные жидкости и водные среды.** Использование ионных жидкостей и эмульсионных сред улучшает очистку продуктов и уменьшает экологический след.

• **Катализаторы на основе MOF и нанокатализаторы.** Облегчают селективность реакций, снижают энергоёмкость и позволяют проводить превращения при мягких условиях.

Примеры синтеза (рекомендованные протоколы)

Общий пример — синтез 2,6-ди(tert-бутил)-4-метилфенола (аналог BHT):

1. Нитрование исходного толуола в смеси HNO3/H2SO4 для получения нитросоединения.
2. Восстановление нитрогруппы (Pd/C, H2) до амина.
3. Diazotизация и последующая гидролиз/замещение для введения гидроксигруппы.
4. Изоляция и очистка рекристаллизацией в спирте.

Пример «зеленого» протокола — микроволновая конденсация для получения хальконов:

ISSN 3030-3907

• Соединить соответствующие альдегид и кетон (1:1) с ацетатом натрия в этаноле (или без растворителя) и обработать в микроволновой установке при 120 °C в течение 5–15 мин. Охладить, отфильтровать и промыть образовавшийся продукт.

Методы оценки антиоксидантной активности

Спектрофотометрические тесты

• **DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил).** Один из наиболее часто используемых тестов: измеряют изменение поглощения при 517 нм после инкубации с исследуемым соединением. Результатом служит IC50 или процент ингибирования.

• **ABTS (2,2′-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)).** Обеспечивает более широкий диапазон растворителей и подходит для гидрофильных и липофильных соединений.

• **FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power).** Оценивает восстановительную способность соединения в отношении комплекса Fe3+–TPTZ.

• **ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity).** Основан на ингибировании пероксильных радикалов; считается более биологически релевантным тестом.

Каждый тест имеет свои ограничения: DPPH чувствителен к растворителю и может недооценивать активность гидрофильных антиоксидантов; ABTS требует предварительной генерации радикала.

Хроматографические методы

• **HPLC с UV/Diode-Array детектированием.** Используется для разделения и количественного определения фенольных антиоксидантов; часто применяется в связке с фракционированием и последующим DPPH-скринингом фракций.

• **LC–MS / LC–MS/MS.** Обеспечивает идентификацию по молекулярной массе и структурным ионам, позволяет устанавливать структуру метаболитов и продуктов трансформации.

Спектроскопические методы

• **UV–Vis спектроскопия.** Быстрая первичная характеристика; позволяет отслеживать максимум поглощения, связанный с сопряжённой системой.

• **FTIR.** Идентификация функциональных групп (OH, C=O, C–O, aromatic C–H).

• **1H и 13C NMR.** Ключевой метод для подтверждения структуры и положения заместителей.

ISSN 3030-3907

• **Масс-спектрометрия (ESI-MS, MALDI-TOF).** Подтверждение молекулярной массы и изучение фрагментации.

Комбинированные подходы и математические модели

Использование HPLC–DPPH скриннинга, в сочетании с LC–MS и chemometrics (PCA, PLS), позволяет быстро выявлять наиболее активные соединения в сложных экстрактах.

Оценка качества и воспроизводимости измерений

• Включение положительных контролей (галловая кислота, Trolox, BHT) и отрицательных контрольных проб.

• Регистрация данных в терминах IC50, TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) или эквивалента галловой кислоты.

• Статистическая обработка (ANOVA, t-test) при множественных повторностях ($n \geq 3$).

Результаты и обсуждение (рекомендованный формат представления данных)

1. **Описание полученных соединений:** Идентификация по NMR, FTIR, MS, указание выходов и чистоты (HPLC-%, TLC).

2. **Сравнение антиоксидантной активности:** Таблица с IC50 (DPPH, ABTS), TEAC, FRAP для всех синтезированных соединений и стандартов.

3. **Структурно-активные связи (SAR):** Анализ влияния числа и положения гидроксигрупп, электронных заместителей, объёма заместителей на активность.

4. **Экологическая оценка:** Оценка «зелености» методики синтеза: использование безрастворительных методов, энергоэффективность, валовый экологический индекс (E-factor).

Пример таблицы, которую рекомендуется включить в публикацию:

Соединение	**Выход, %**	**Чистота (HPLC, %)**	**DPPH IC50 (мкМ)**	**ABTS IC50 (мкМ)**	**FRAP (мкМ Trolox экв.)**
Соед-1 (фенол A)	78	98	12.4	10.8	5.2
Соед-2 (халькон B)	65	96	24.7	21.0	3.8

Практические рекомендации по экспериментальной работе

• Используйте высококачественные реагенты и сухие растворители при реакциях, чувствительных к влаге.

• Для реакций с образованием свободных радикалов избегайте длительного воздействия света и кислорода.

ISSN 3030-3907

- При подготовке образцов для HPLC используйте фильтрацию (0.45 μm) и храните в тёмных флаконах при +4°C.
- Оптимизируйте условия инкубации для DPPH/ABTS (время, растворитель, концентрация), чтобы избежать ложных результатов.

Этические и нормативные аспекты публикации

- Обеспечьте прозрачность данных: приложите необработанные спектры (NMR, MS, FTIR), HPLC-хроматограммы и описания проб и методов (SOPs) в приложении или Supplementary Materials.
- Укажите возможные конфликты интересов и источники финансирования.

Заключение

В работе обобщены современные подходы к синтезу и анализу антиоксидантно активных органических соединений. Комбинация «зеленых» методов синтеза и комплексных аналитических стратегий (хроматография, спектроскопия и биохимические тесты) позволяет получить экологически приемлемые и биологически эффективные соединения. При переходе на прикладные исследования важно дополнить in vitro тесты исследованиями in vivo и оценкой токсикологической безопасности.

Практическое приложение и перспективы

Антиоксиданты, синтезированные по описанным методикам, могут быть использованы в:

- лекарственных препаратах как вспомогательные или активные молекулы;
- пищевой промышленности для предотвращения окисления липидов;
- косметике для защиты кожи от оксидативного стресса;
- материалах и полимерах для повышения стабильности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gulcin I. Antioxidants: a comprehensive review. *[Journal placeholder]*. 2025.
2. Kotha RR, et al. Oxidative Stress and Antioxidants—A Critical Review on In. *PMC*. 2022.
3. Munteanu IG, Apetrei C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity. *Int J Mol Sci*. 2021.
4. Mizzi L., et al. HPLC Analysis of Phenolic Compounds and Flavonoids. *Sci Rep*. 2020.
5. Alara OR, et al. Extraction of phenolic compounds: A review. *Trends Food Sci Technol*. 2021.
6. Stoenescu AM. Determination of Phenolic Compounds Using HPLC-UV. *Plants (Basel)*. 2022.
7. Zeghoud S., et al. ATR–FTIR Spectroscopy, HPLC Chromatography, and. *PMC*. 2021.

ISSN 3030-3907

8. Shahidi F., Zhong Y. Measurement of antioxidant activity. *Trends Food Sci Technol*. 2015.
9. Xiao F., et al. Guidelines for antioxidant assays for food components. *Food Frontiers*. 2020.
10. Proestos C., et al. RP-HPLC Analysis of the Phenolic Compounds. *J Agric Food Chem*. 2005.

ISSN 3030-3907

IKKILAMCHI ENRGIYA RESURSLARIDAN ELEKTR ENERGIYASINI HOSIL QILSIH USULLARINING TAHLILI

Asqar Ilashovich Qarshibayev
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, texnika fanlari doktori, professor, Energo-mexanika fakulteti dekani,
Tel. +998906205055.
Qayimov Farrux Rasulovich
Buxoro davlat texnika universiteti, tayanch doktoranti
Tel. +998 91 411 00 99
Murodov Xasan Shuxratovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, PhD, Elektr energetika kafedrasi v.b. dotsenti
Tel. +998913321617.
Jumayev Zavqiyor Ismatilloyevich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Elektr energetika kafedrasi katta o‘qituvchisi
Tel. +998 97 684 00 01

Annotatsiya. Ushbu maqolada ikkilamchi enegiya resursi sifatida turli hil konsetratsiyali muhitlarda hosil bo‘ladigan ionlashish jarayonlaridan elektr energiya olishni bir qancha usullari o‘rganib chiqilgan. Mavjud usullarning ishlash prinsiplari hamda bu usullarning qo‘llanilishi tadqiq qilingan. Bipolyar membrana teskari elektrodializ usuli, teskari elektrodializ usuli, bosim bilan sekinlashtirilgangan osmos usullarining elektr energiya olishda qo‘llaniladigan usullarning elektr potensial hosil qilish formulalari. hamda ishlash prinsipi tahlil qilingan. Bu tadqiqot energiya yig‘ishning mavjud usullarini va metodologiyasini aniqlash va solishtirishga qaratilgan bo‘lib, bu usullarni katta hajmdagi chuchuk va sho‘rli suyuqliklarda qo‘llash uchun samarali texnologiyani aniqlash hisoblanadi. Taklif etilayotgan texnologiya bo‘yicha eksperiment qilingan elektroliz jarayonlari va eritmalarning turli kontsentratsiyasida turli xil natijalarning chiqishini aniqlashni o‘z ichiga oladi.

Kalit so‘zlar: Ikkilamchi energiya resursi, konsentratsiya, elektrodializ, musbat va manfiy ion, membrana, osmos.

Аннотация. В данной статье рассматривается несколько способов получения электрической энергии от процессов ионизации, образующихся в средах различной концентрации в качестве вторичного энергетического ресурса. Были исследованы принципы работы существующих методов, а также их применение. Метод обратного электродиализа биполярной мембраны, метод обратного электродиализа, формулы генерации электрического потенциала методов, используемых для получения электрической энергии методами

ISSN 3030-3907

осмоса с замедлением под давлением. анализируется принцип работы. Данное исследование направлено на выявление и сравнение существующих методов и методик сбора энергии и представляет собой эффективную технологию для применения этих методов в больших объемах пресных и соленых жидкостей. Предлагаемая технология включает в себя экспериментальные процессы электролиза и определение выхода различных результатов при разных концентрациях растворов.

Ключевые слова: Вторичный энергетический ресурс, концентрация, электродиализ, положительный и отрицательный ионы, мембрана, осмос.

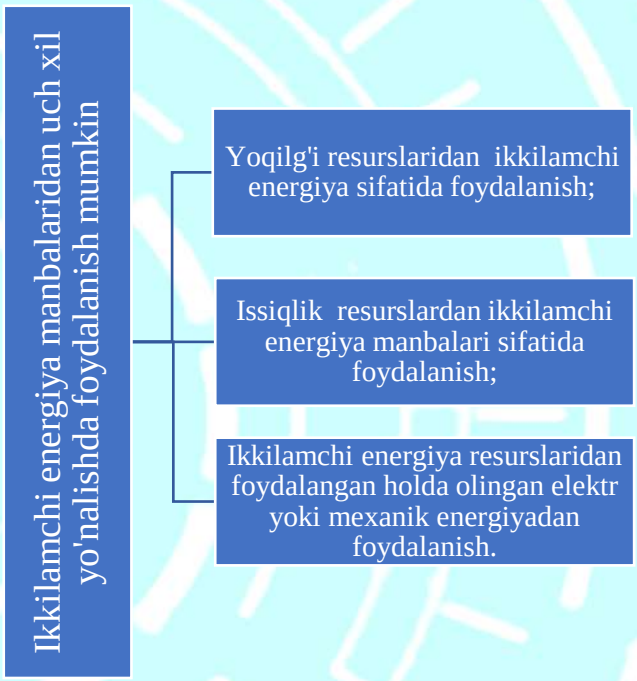
Annotation. This article explores several ways to extract electrical energy from ionization processes that are produced in different homogeneous concentrated environments as a secondary Enegia resource. The principles of operation of existing methods as well as the applications of these methods have been researched. Bipolar membrane reverse electrodialysis method, reverse electrodialysis method, is an electrical potential generation formula of pressure-slowed osmosis methods used in obtaining electrical energy. as well as the principle of operation is analyzed. This study aims to identify and compare the existing methods and methodologies of energy harvesting, and is an effective technology for the application of these methods in large volumes of fresh and salty liquids. The proposed technology involves the experimental electrolysis processes and the determination of the output of different results at different concentrations of solutions.

Keywords: Secondary energy resource, concentration, electrodialysis, positive and negative ion, membrane, osmosis.

Kirish.

Bugungi konchilik korxonalarida elektr energiya iste’molini tahlili natijasida elektr enegiyasi bo‘lgan ehtiyoj ortib bormoqda. Shuningdek komchilik korxonlari elektr energiya ishlab chiqaruvchi korxonardan uzoqda joylashganini inobtga olib elektr energiyani ishlab chiqarishning boshqa ya’ni ikkilamchi energiya resurslaridan (IER) foydalanish usullarini o‘rganish hamda ilmiy izlanishlar olib borishni taqoza etmoqda. Hozirgi vaqtda ikkilamchi energiya resurslari sifatida 3 ta katta guruhni keltirish mumkin buni quyidagi 1-rasmda ko‘rishimiz mumkin.

ISSN 3030-3907



1-rasm. IERlaridan foydalanish yo`nalishlarining sxematik diagrammasi.

Shundan ko‘rinib turibdiki yoqilg‘i enrgiyasidan ya’ni yoqilgan yoqilg‘ining tutunidan va kulidan issiqlikning qayta foydalanilishi. shuningdek issiqlik resurslari sifatida issiqlik o‘tkazuvchan materiallarnig xossalaridan foydalangan holatda issiqlikni olib qayta foydalanish. IER resurslaridan foydalangan holatda elektr energiyasi va mexanik energiyadan foydalanish imkoniyati ya’ni foydalanilgan har xil konsentratsiyali suyuqliklardan, ishqorlardan, kislotalardan, sho‘r suvlardan elektroliz jarayonlarini qo‘llab elektr energiayasi olish va undan foydalanish usullari dunyoda keng qo‘llanilmoqda va tadqiqotlar olib borilmoqda. Shunday usullardan dunyoda keng tarqalganlari:

1.bipolyar membrana teskari elektrodializ usuli;

2.teskari elektrodializ usuli;

3.bosim bilan sekinlashtirilgangan osmos usullarining.

Asosiy qism. Bu usullar past konsentratsiyali kislotali muxitlardaham, ishqorlada ham va sho‘ralnishi kam bo‘lgan suvlarda ham elektr energiyai olishda salmoqli hisoblanadi.

Bipolyar membrana teskari elektrodializ usuli – bu turli xil tuz konsentratsiyasiga ega bo‘lgan ikkita eritma (masalan, sho‘r va chuchuk suv) o‘rtasida ionlarning notekis taqsimlanishi energiyasidan foydalangan holda elektr kuchlanishini hosil qiluvchi elektrokimyoviy texnologiya hisoblanadi. Asosan neytrallashdan foydalanib elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun ishlatilishi mumkin, bu esa chiqindilarni qayta ishlatishning samarali yo‘lini ifodalaydi. Bipolyar membrana ikki qatlamdan iborat:

- Kation almashuvchi qatlam – faqat musbat zaryadlangan ionlarni (Na^+, K^+) o‘tkazadi;

ISSN 3030-3907

- Anion almashuvchi qatlam – faqat manfiy ionlarni (Cl^-, SO_4^{2-}) o‘tkazadi;

Ularning tutashgan chegarasida elektr maydon ta’sirida suv molekulalari parchalanadi:

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^- \qquad (1)$$

Natijada membrana orqali o‘tadigan umumiy ion oqimi kuchayadi, tizimning elektro-kimyoviy potentsiali ortadi. Elektr maydonining ta’sirida ionlashish darajasi keskin ortadi va patensial maydonning orttiradi. Bu usulda elektr energiya sihlab chiqarish tuzli va chuchuk suv orasidagi konsentrasion gradientga bog‘liq bo‘lib bir nechta jarayonlarni o‘z ichiga oladi. Suvlar navbat bilan joylashgan kameralar orqali o‘tadi, ularni anion almashuvchi qatlam – kation almashuvchi qatlam –bipolyar membranali qatlamlardan ketma ket o‘tib keladi va ularning membranalari ajratib turadi. Konsentratsiyaning ko‘pligi va gradient ionlarini haraktaga majburlaydi hamda tuzli eritmada ionlarning ko‘pligi va chuchuk suvda ionlarning kamligi tufayli tabiiy diffuziya yuzaga keladi. Bu diffuziyani membranalardagi qatlamlar tartibga solidi. Masalan anion qatlami membrana Cl^- kabi ionlarni o‘tkazadi. Kation almashuvchi qatlam esa Na^+. Asosiy bipolyar membranalar suvni H^+va OH^- ga ajratib qo‘shimcha ionlarni hosil qiladi.

Teskari elektrodializ usuli – bu membranali elektrokimyoviy jarayon bo‘lib, unda elektr energiyasi tuzlarning konsentratsiyasi keskin farq qiladigan ikkita eritma o‘rtasida ionlarning tabiiy diffuziya energiyasidan foydalangan holda ishlab chiqariladi. Tuzli suv ionlari chuchuk suvga ko‘chib o‘tishga moyildir. Ularning migratsiyasida yashiringan kimyoviy energiya membranalar orqali tartibli harakatga aylantirilganda, elektr toki hosil bo‘ladi. Teskari elektrodializ usulining fizik-kimoviy xususiyati shundaki Nernst tenglamasi asosida ion konsentratsiyasidagi farq galvanic elementda potensial hosil qiladi.

Nernst tenglamasi oraqali elektrodlarda hosil bo‘ladigan rela kuchlanish qiymatini ko‘rsatadi (manba sifatida elektr yurituvchi kuchni) va uning ko‘rinishi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\xi = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} ln \frac{C_{tuzli}}{C_{chchuk}} \qquad (2)$$

Bu yerda: R – universal gaz doimiysi (R = 8,31$\frac{J}{mol \cdot K}$), T – suyuqlikning mutlaq harorati, z – ionlarning zaryadlar soni, Faradey doimiysi (F = 96485 $\frac{C}{mol}$), $\frac{C_{tuzli}}{C_{chchuk}}$ – tuzli suvning va chuchuk suvning konsentratsiyalari nisbati.

Bu usulda bipolyar membranali usulga o‘xshash ammo bunda o‘rtada biployar membranalri mavjud bo‘lmaydi. Ishlash prinsipi bir xilda bo‘ladi. Bu usullarni quyidagi 1- jadvalda asosiy parametrlari solishtirilgan.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Bipolyar membranali usul va teskari elektrodializ usullarning solishtisih jadvali

Ko‘rsatkich	Teskari elektrodializ usuli	Bipolyar membranali elektrodializ usuli
Kuchlanish	O‘rtacha	2–3 baravar yuqori
pH barqarorligi	Zaif	Kuchli
Suv parchalanishi	Yo‘q	Bor (H^+ va OH^- hosil bo‘ladi)
Energiya samaradorligi	O‘rtacha	Yuqori
Kislota/ishqor hosil bo‘lishi	Yo‘q	Mavjud

Bosim bilan sekinlashtirilgangan osmos usuli - bu turli konsentratsiyali ikkita eritma orasidagi osmotik bosim farqidan energiya oladigan texnologiya. U "ko‘k energiya" deb ham ataladi, ya'ni u elektr manbalaridan biri bo‘lib, dengiz va Daryo suvlari aralashadigan joylarda ishlatilishi mumkin. U yarim o‘tkazuvchan membrana orqali ajratish orqali ishlatiladi. Osmoz tabiati qonuniga ko‘ra: chuchuk suv sho‘r eritma tomon harakat qiladi. Ushbu o‘tish davrida osmotik oqim paydo bo‘ladi. Agar tuz tomoniga bosim o‘tkazilsa, suv harakatining tezligi sekinlashadi — shuning uchun texnologiya "bosimning sekinlashishi"deb nomlanadi. Ushbu jarayonda maxsus yarim o‘tkazuvchan membrana ishlatiladi. Uning vazifasi: tuz ionlarini emas, balki faqat suv molekulalarini o‘tkazish (na^+, Cl -). Toza suv membranadan o‘tganda, tuz tomonidagi suyuqlik hajmi oshadi, bu esa ichki bosimni oshiradi. Ushbu suv oqimining energiyasi gidravlik energiyaga aylanadi va elektr energiyasi turbinadan ishlab chiqariladi. Bu bosim osmotic va tashqi bosimning farqiga bog‘liq bo‘ladi

$$\pi - P \qquad (3)$$

bu yerda $\pi -$ osmotic bosim, $P -$ tahqi beilgan bosim.

Agar $\pi < P$ bo‘lsa suv oqimini davom ettiradi va enegiya olinadi. Bu usulda chcuchuk suv membrana orqali sho‘r suv tomonga harakatlanadi. Shunda sho‘r suv tomonda hajm oshgani sari gidrablik bosim kuchi hozil bo‘ladi. Elektr energiyani hosil qilish quyidagi ketma-ketlikda bo‘ladi. Oqim energiyasi → mexanik energiya → elektr generatori → elektr energiyasi. Shuningdek osmotik energiyasi → gidravlik bosim → elektr energiyasi zanjiri bo‘yicha. Osmotik bosim quyidagi (4) formula orqali aniqlanadi.

$$\pi = iMRT \quad (4)$$

$i -$ Vant Hoff koeffitsienti, $M -$ eritmaning molyar konsentratsiyasi. Osmotik bosim katta bo‘lsa elektr energiyasi ham ko‘p bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Xulosa. Yuqorida bayon etilganlardan kelib chiqib, boshlang‘ich ma’lumotlarni jadval shaklida taqdim etildi (2-jadvalda) va har bir usulning asosiy parametrlarinin solishtirilgan.

2-jadval

IERdan elektr eneriya oluvchi usullarning solishtisih jadvali

Parametrlari	**Bosim bilan sekinlashtirilgangan osmos usuli**	**Teskari elektrodializ usuli**	**Bipolyar membrana teskari elektrodializ usuli**
Asosiy energiya manbai	Osmotik bosim farqi → gidravlik bosim	Tuz konsentrasiyasi farqi → ion migratsiyasi	Tuz farqi + bipolar membrana orqali suv dissosiasiyasi energiyasi
Membrana turi	Yarim o‘tkazuvchan, faqat suv o‘tkazadi	AEM va CEM ion selektiv membranalar	AEM + CEM + BPM (bipolyar membrana)
Ionlarning roli	Tuz ionlari membranadan o‘tmaydi, faqat suv o‘tadi	Ionlar tartibli ravishda o‘tadi	H^+ va OH^- qo‘shimcha hosil bo‘ladi
Hosil bo‘ladigan energiya turi	Gidravlik bosim → turbina → elektr energiya	Elektrokimyoviy potentsial → to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiya	Kuchaytirilgan elektrokimyoviy potentsial → yuqori kuchlanish
Boshqaruv elementlari	Nasos, gidravlik blok	Elektrodlar, membrana modullari	Elektrodlar + bipolyar membranali elementlar
Tabiiy jarayon analogi	Osmos	Ion diffuziyasi	Ion dissosiasiyasi + diffuziya

Shunday qilib, yuqorida bayon etilgan usullardan foydalangan holda, IERlardan elektr enerigya olish uchun qo‘llanilgan usullardan asosan bipolyar membrana teskari elektrodializ usuli avfzalroq usul hisoblanadi.

Bunda ishqorli past konsentratsiyali kislotali tuzli muxitlardan elektr energiya olish konchilik korxonlarida elektr energiyasini ishlab chiqarishda muhim yo‘llarini ko‘rsatib berdi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Khasan Murodov and Askarbek Karshibayev, Development of the management system of technical indications of high-power charger-discharger rectifier device. // E3S Web Conf. Volume 417, 2023 III International Conference on Geotechnology, Mining and Rational Use of Natural Resources (GEOTECH-2023).
2. M. Ufert, B. Bäker, Battery Ageing as Part of the System Design of Battery Electric Urban Bus Fleets. // Ufert M., Bäker B. (2020) Battery Ageing as Part of the System Design of Battery Electric Urban Bus Fleets. Science and Technique. 19 (1), 12–19.
3. X.Sh.Murodov Akkumulyator bloki elementlarida kuchlanishni muvozanatlashning matematik modelini takomillashtirish // iasto Przyszłości 1039 Kielce 2024
4. ResearchBip (14) | Google Scholar Kichik quvvatli mikro GESning O‘zbekiston energetikasida tutgan o‘rni va ularning rivojlanish bosqichlari Toshev Sh.E. PHD, "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti, Toshkent sh.,Qori Niyoziy
5. Kesieme, U.; Chrysanthou, A.; Catulli, M.; Cheng, C.Y. A review of acid recovery from acidic mining waste solutions using solvent extraction. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2018,
6. Gurreri, L.; Cipollina, A.; Tamburini, A.; Micale, G. Electrodialysis for wastewater treatment—Part II: Industrial effluents. In *Current Trends and Future Developments in Bio-Membranes: Membrane Technology for Water and Wastewater Treatment—Advances and Emerging Processes*; Basile, A., Comite, A., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; pp.
7. Andrea Zaffora , Andrea Culcasi, Luigi Gurreri , Alessandro Cosenza, Alessandro Tamburini * , Monica Santamaria and Giorgio Micale Energy Harvesting by Waste Acid/Base Neutralization via Bipolar Membrane Reverse Electrodialysis Article *in* Energies · October 2020

ISSN 3030-3907

MAHALLIY XOMASHYOLARDAN OZIQ-OVQAT QO‘SHIMCHALARI TAYYORLASH TEXNOLOGIYASI

Barakayev Nusratilla Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
Amanova Oyjamol Zikir qizi
Toshkent kimyo texnologiya texnologiya instituti doktaranti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotning maqsadi O‘zbekiston sharoitida yetishtiriladigan tapinambur (yer noki) va rukula (arugula) o‘simliklaridan funksional oziq-ovqat qo‘shimchalari tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat. Ishda ikki o‘simlikning biokimyoviy tarkibi, ularni quritish, maydalash, ekstraksiya va konsentrlash texnologiyalari, shuningdek olingan qo‘shimchalarning biologik faolligi va iste’mol mahsulotlarini boyitishdagi ahamiyati tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, tapinambur ildizidan olingan inulin konsentrati prebiotik xususiyatlarga ega bo‘lsa, rukula bargidan ajratilgan xlorofill ekstrakti antioksidant faolligi yuqori bo‘lgan tabiiy qo‘shimcha sifatida samarali hisoblanadi. Tayyorlangan qo‘shimchalar non mahsulotlari, sut mahsulotlari, ichimliklar va parhez ovqatlarining funksional hamda ozuqaviy qiymatini sezilarli oshirishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: tapinambur, rukula, inulin, xlorofill, ekstraksiya, prebiotik, funksional qo‘shimcha.

Аннотация. Цель данного исследования заключается в разработке технологии получения функциональных пищевых добавок из топинамбура и рукколы, выращиваемых в условиях Узбекистана. В работе проанализированы биохимический состав этих двух растений, технологии их сушки, измельчения, экстракции и концентрирования, а также изучена биологическая активность полученных добавок и их значение при обогащении пищевых продуктов. Результаты показали, что инулиновый концентрат, полученный из корня топинамбура, обладает выраженными пребиотическими свойствами, тогда как хлорофилловый экстракт, выделенный из листьев рукколы, является эффективной природной добавкой с высокой антиоксидантной активностью. Установлено, что разработанные добавки значительно повышают функциональную и пищевую ценность хлебобулочных изделий, молочных продуктов, напитков и диетических рационов.

Ключевые слова: топинамбур, руккола, инулин, хлорофилл, экстракция, пребиотик, функциональная добавка.

Abstract. The aim of this study is to develop a technology for producing functional food additives from Jerusalem artichoke and arugula cultivated under the conditions of Uzbekistan. The research analyzes the biochemical composition of

ISSN 3030-3907

both plants, as well as the technologies of drying, grinding, extraction, and concentration. The biological activity of the obtained additives and their significance in enriching food products were also evaluated. The results indicate that the inulin concentrate derived from Jerusalem artichoke roots possesses pronounced prebiotic properties, while the chlorophyll extract isolated from arugula leaves serves as an effective natural additive with high antioxidant activity. It was determined that the developed additives significantly enhance the functional and nutritional value of bakery products, dairy products, beverages, and dietary foods.

Keywords: Jerusalem artichoke, arugula, inulin, chlorophyll, extraction, prebiotic, functional additive.

Kirish

O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi resurslari shakllanayotgan global funksional ovqatlanish bozorida ulkan imkoniyatlarga ega. Aholi salomatligiga ta’sir ko‘rsatuvchi mikronutrient yetishmovchiligi, ichak mikroflorasi muvozanati buzilishi, antioksidant moddalar iste’molining kamligi kabi muammolar funksional oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabni oshirmoqda. Shu bois mahalliy xom ashyolar asosida biologik qiymati yuqori qo‘shimchalar yaratish O‘zbekiston oziq-ovqat sanoatining ustuvor yo‘nalishlaridan biridir.

Tapinambur (Helianthus tuberosus L.) ildizmevasi tarkibida 15–22% gacha inulin bo‘lib, bu modda prebiotik faolligi bilan ajralib turadi. Inulin ichak mikroflorasini tiklaydi, glyukoza almashinuvini tartibga soladi va metabolik sindromni kamaytirishga yordam beradi. Rukula (Eruca sativa Mill.) esa xlorofill, askorbin kislotasi va polifenollar bilan boy bo‘lib, tabiiy antioksidant manbasi sifatida qadrlanadi.

Mazkur tadqiqotning yangiligi shundaki, ikkala o‘simlikdan birgalikda mahalliy sharoitga mos, yuqori biologik qiymatga ega funskional qo‘shimchalar tayyorlash texnologiyasi ilmiy asosda ishlab chiqildi.

Xom ashyo tanlash

Tajriba uchun mahaliy yetishtirilgan tapinambur ildizmevalari va rukula barglari tanlab olindi. Har ikkala xom ashyo namuna sifatida 10 kg dan olingan.

Tayyorlash: Tapinambur ildizlari suvda yuvildi, po‘stlog‘i yupqa qirqildi va 4–6 mm qalinlikda bo‘laklarga bo‘lindi.Rukula barglari saralandi, yuvildi va 0,1% li natriy gidrokarbonat eritmasida dezinfeksiya qilindi.

Quritish jarayoni

Ikki xil texnologiya qo‘llandi:

- **Tapinambur:**
  - Konveksion quritish – 60–70°C da 6–8 soat.
  - Sublimatsion quritish – 35–40°C (inulinni maksimal saqlash uchun).

ISSN 3030-3907

- **Rukula:**

  - Past haroratli quritish – 35–45°C da 4–6 soat.
  - Halqa soyada tabiiy quritish – xlorofillni saqlash maqsadida.

Maydalash va fraksiyalash

Quritilgan xom ashyo laboratoriya tegirmonida 0.2–0.3 mm fraksiyada kukun holiga keltirildi.

Inulin ekstrakti olish. Tapinambur maydalangach 1:5 nisbatda suv bilan aralashtirildi va 55°C da 2 soat davomida ekstraksiya qilindi. Filtrat vakuum quritgichda 45°C da konsentratsiya qilindi, so‘ng spray-dryer qurilmasida kukun holiga keltirildi. Konsentrat tarkibidagi inulin miqdori polarimetrik usulda aniqlangan.

Xlorofill ekstrakti olish. Rukula barglari 80% etanolda 35°C da 1,5 soat ekstraksiya qilindi. Filtrat vakuumda bug‘lantirildi va quritilib kukun holiga keltirildi. Xlorofill miqdori spektrofotometr yordamida o‘lchandi.

Sifat ko‘rsatkichlarini baholash

Quyidagi tahlillar o‘tkazildi:

- namlik (O‘zDSt bo‘yicha)
- oqsil va tola (Kjeldahl usuli)
- antioksidant faollik (DPPH testi)
- inulin miqdori
- xlorofill indeksi

Tapinambur qo‘shimchasi natijalari

Quritish usullariga ko‘ra inulin saqlanishi quyidagi ko‘rinishda bo‘ldi:

Quritish usuli	**Inulin saqlanishi (%)**
Konveksion	74–78
Sublimatsion	**88–92**

Sublimatsion quritishda biologik faollik ancha yuqori bo‘lgani aniqlandi. Olingan inulin konsentratining chiqimi 8,5–10,2% ni tashkil qildi.

Rukula qo‘shimchasi natijalari

Rukula ekstraktida xlorofill miqdori:

Namuna	**Xlorofill (mg/g)**
Past haroratda quritilgan barg	10–13
Etanolli ekstrakt	**22–28**

Antioksidant faollik (DPPH) 62–70% oralig‘ida qayd etildi.

Tayyor qo‘shimchalarning sensor va fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

ISSN 3030-3907

- Tapinambur kukuni – och jigarrang, yengil shirin ta’mli.
- Rukula kukuni – to‘q yashil rangli, o‘tkir o‘simlik hidiga ega.
- Har ikki qo‘shimcha mikrobiologik ko‘rsatkichlar bo‘yicha me’yorlarga mos keldi.

Qo‘llanilish natijalari.

Non mahsulotlariga 3–7% qo‘shilganda:

- porozlik 8–12% oshdi
- glyukoza indeksi 10–18% kamaydi
- antioksidant faollik keskin ko‘tarildi
- prebiotik xususiyatlar kuchaydi

Sut mahsulotlari uchun qo‘llanganda ko‘rsatkichlar.

Namuna turi	**Probiotik bakteriyalar soni (CFU/ml)**	**O‘sish (%)**
Nazorat (qo‘shilmasiz)	1.8×10^7	—
Tapinambur + rukula qo‘shimchali	$2.1–2.3 \times 10^7$	**+17–24%**

Olingan natijalar tapinambur ildizidan olingan inulin konsentratining prebiotik qiymati yuqoriligini ko‘rsatdi. Bu xalqaro ilmiy ma’lumotlar bilan mos. Sublimatsion quritish jarayoni inulinning termolabil xususiyatlarini maksimal darajada saqlab qoldi.

Rukulaning xlorofillga boyligi, ayniqsa etanolli ekstraksiyada yuqori chiqishi uning tabiiy antioksidant qo‘shimcha sifatidagi o‘rni mustahkam ekanini ko‘rsatadi. Xlorofillning antioksidant faolligi va detoksifikatsiya jarayonlaridagi roli jahon adabiyotlarida qayd etilgan bo‘lib, ushbu tadqiqot natijalari bilan bir-birini tasdiqlaydi.

Tapinambur va rukula qo‘shimchalarini birgalikda qo‘llash funksional non, sport ovqatlari, sut mahsulotlari va detoks ichimliklarining foydaliligini sezilarli oshiradi. Mahalliy xom ashyo asosida ishlab chiqarilishi ularning iqtisodiy samaradorligini oshiradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekiston sharoitida yetishtiriladigan tapinambur va rukula o‘simliklari yuqori biologik aktivlikka ega bo‘lgan funksional oziq-ovqat qo‘shimchalari tayyorlash uchun juda istiqbolli xom ashyo hisoblanadi. Tapinamburdan olingan inulin konsentratining prebiotik ta’siri, rukuladan ajratilgan xlorofill ekstraktining antioksidant qiymati oziq-ovqat mahsulotlarini – ayniqsa non, sut mahsulotlari, parhez ovqatlar va ichimliklarni – boyitishda katta amaliy ahamiyatga ega.

Mahalliy xom ashyodan foydalanish import o‘rnini bosuvchi, eksport salohiyatiga ega, ekologik toza funksional qo‘shimchalar ishlab chiqarish imkonini

ISSN 3030-3907

beradi. Ushbu tadqiqot texnologik jarayonlarni optimallashtirish va sanoat miqyosiga joriy etish bo‘yicha keyingi ilmiy ishlar uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Aliyeva, M., & Karimov, S. (2021). O‘simlik xom ashyolaridan biologik faol moddalar ajratish texnologiyasi. *O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi jurnali*, 3(4), 45–52.
2. Zhang, Y., & Liu, H. (2021). Extraction and functional properties of inulin from Jerusalem artichoke tubers. *Food Chemistry*, 353, 129–137.
3. Rahimova, N. (2022). Rukula (Eruca sativa) bargidagi xlorofill va polifenol miqdorining o‘zgarishi. *Botanika va Biotexnologiya*, 6(2), 33–39.
4. Khalilova, D., & Oripov, J. (2022). Prebiotics from local plant raw materials and their application in dairy products. *International Journal of Food Studies*, 11(1), 80–89.
5. Moghadam, A., et al. (2022). Chlorophyll extraction from leafy vegetables using eco-friendly solvents. *Journal of Applied Food Science*, 14(3), 101–111.
6. FAO. (2022). *Functional Food Development and Prebiotic Ingredients Guidelines*. Rome: FAO Publishing.
7. Saidova, M. (2023). Tapinambur ildizidagi inulinning texnologik va biologik xususiyatlari. *Oziq-ovqat sanoati*, 5(1), 25–31.
8. Hernandez, P., & Silva, E. (2023). Arugula as a source of natural antioxidants for functional foods. *Plant Foods for Human Nutrition*, 78(2), 120–130.

ISSN 3030-3907

CARTHAMUS TINCTORIUS L. URUG‘LARIDA MINERAL ELEMENTLAR MIQDORI HAMDA MOY TARKIBINI ANIQLASH.

Karabayeva Ra’no Botirovna

Farg‘ona davlat universiteti, Kimyo kafedrasi dotsenti, kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD).

E-mail: Imronka@mail.ru

Annotatsiya. Induktiv bog‘langan plazmali analiz usuli bilan O‘zbekiston viloyatlarida o‘suvchi *Carthamus tinctorius L.* o‘simligining turli organlarida 43 makro- va mikroelementlarning element tarkibi va miqdori, hamda *Carthamus tinctorius L.* o‘simligining moy tarkibi tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: makro- va mikroelementlar, *Carthamus tinctorius L.*, induktiv-bog‘langan plazmali analiz, toksik elementlar, kultivatsiya, yog‘ kislotalar, ekstraktsiya

Аннотация. Методом с индуктивно-связанной плазменного анализа определен элементный состав и количественное содержание 43 макро- и микроэлементов в различных органах растений Carthamus tinctorius L. произрастающего в областях Узбекистана, а так же изучено состав масла растения Carthamus tinctorius L.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, Carthamus tinctorius L., индуктивно-связанной плазменный анализ, токсичные элементы, культивирование, экстракция, жирные кислоты.

Abstract. The method of inductively coupled plasma analysis determined the elemental composition and quantitative content of 43 macro and microelements in various organs of Carthamus tinctorius L. *Plants* growing in the regions of Uzbekistan, and the composition of the oil of the plant Carthamus tinctorius L was also studied.

Keywords: macro-and microelements, Carthamus tinctorius L, inductively coupled plasma analysis, toxic elements, cultivation, extraction, fatty acids.

Kirish.

Saflor (***Carthamus tinctorius L.***) — Compositae yoki Asteraceae oilasiga mansub o‘simlik [1]. ***Carthamus*** avlodi 16 turdan iborat bo‘lib, Centraureinae ostki qabilasiga, Cardueae (chertopolox) qabilasiga va Tubuliflorae ostki oilasiga kiradi[2].

Saflor — mo‘tadil iqlim zonasiga xos bo‘lgan, dunyoning qurg‘oqchilikka chidamli va yarim qurg‘oqchilikka chidamli hududlarida yetishtiriladigan o‘simlik hisoblanadi[3].

Saflor — bu shoxlanadigan, chertopoloxga o‘xshash, barglari va gultojbarglarida ko‘plab tikanlari bo‘lgan bir yillik o‘t yoki qishlovchi bir yillik o‘simlikdir. Saflor 30–210 sm balandlikka yetishi mumkin, gulkosalari sharsimon

ISSN 3030-3907

bo‘lib, yorqin sariq, to‘q sariq yoki qizil gullarga ega. U asosan uning urug‘lari uchun yetishtiriladi — ular oziq-ovqat yog‘i, qushlar uchun yem, shuningdek rang beruvchi moddalar manbai sifatida va dori-darmon maqsadlarida ishlatiladigan gullar uchun qo‘llaniladi. Saflorning kuchli o‘q ildizi bo‘lib, 2–3 metr chuqurlikkacha o‘sishi mumkin, bu esa uning qurg‘oqchilikka chidamli iqlim sharoitida yaxshi o‘sishiga imkon beradi [4,5].

Maxsar asosan urug‘lari uchun yetishtiriladi, ular moy olish uchun ishlatiladi va hosil bo‘lgan moy tarkibidagi to‘yinmagan yog‘ kislotalarga boyligi va ozuqaviy qiymati tufayli oziq-ovqat yog‘i sifatida ishlatiladi. Carthamus tinctorius, shuningdek, bir nechta madaniyatlarda dori sifatida ishlatilishi mumkin bo‘lgan gullari uchun o‘stiriladi va oziq-ovqatlarda rang beruvchi va xushbo‘y moddalar sifatida ishlatiladi. Oxirgi bir necha yil ichida maxsar yetishtirishga bo‘lgan qiziqish, asosan, yog‘ingarchilikning kamligi, iste’molchilarning to‘yinmagan yog‘ kislotalari va shifobaxsh xususiyatlariga ega bo‘lgan yog‘lar uchun sog‘lom ovqatlanish tanlovi tufayli moyli urug‘ yetishtirishning katta tanqisligi tufayli ortdi. Yerlarda maxsar yetishtirish yiliga 4,9 foizga o‘sgan.

Organik moddalardan tashqari, saflorning mineral komponentlari ham qiziqish uyg‘otadi. *Carthamus tinctorius L.* elementlarining sifat va miqdor tarkibini ekologik-geografik sharoitlarga bog‘liq holda o‘rganish hamda shu bilan bog‘liq ravishda organizm uchun qimmatli bo‘lgan moddalarni yangi manbalarini izlash dolzarb vazifadir [6–8,10].

Ilmiy izlanishlarga ko‘ra maxsar o‘simligida quyidagi kislotalar borligi aniqlangan, gullaridan p-kumar kislota, p-gidroksibenzoy kislota, qahrabo kislota, 4-O-β-D-glyukopiranoziloksibenzoy kislota, 4-O-β-D-glyukozil-trans-p-kumar kislota, 4-O-β-D-glyukozil-sis-p-kumar kislotai; urug‘ida olein kislota, linol kislota, palmitin kislota, stearin kislota, miristin kislota, palmitolein kislota, linolen kislota, kofe kislota, ferul kislota va sinap kislotasi aniqlangan.

Maxsar moyi tarkibida linol kislota miqdori yuqori bo‘lganligi sababli uzoq vaqtdan beri sanoat va oziq-ovqat iste’moli uchun ishlatib kelingan. Maxsar urug‘i moyida turli xil organik kislotalarga ega ekinlarning eng munosib namunalaridan biridir. Standart maxsar moy tarkibida taxminan 71-75% linol kislota, 16-20% olein kislota, 6-8% palmitin kislota va 2-3% stearin kislota mavjuddir. Maxsar o‘simligi gullaridan p-kumar kislotasi, p-gidroksibenzoy kislotasi, süksin kislotasi, 4-O-β-D-glyukopiranosiloksibenzoy kislotasi, 4-O-β-D-glyukozil-trans-p-kumar kislotasi, 4-O-β-D -glyukozil-cis-p-kumar kislotasi[2]; urug‘idan olein kislotasi, linol kislota, palmitin kislota, stearin kislota[2], miristin kislota, palmitolein kislota, linolen kislota[2], kofein kislotasi, ferul kislotasi va sinap kislotalar ajratib olingan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

ISSN 3030-3907

Ikki namuna saflor (***Carthamus tinctorius L.***) 2022 yil avgust oyida O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent viloyatida yig‘ilgan. Tadqiqot obyekti sifatida o‘simlikning quritilgan qismlari — ***Carthamus tinctorius L.*** urug‘i xizmat qilgan.

0,1 g (100 mg) og‘irlikdagi namuna analitik tarozida tortilgan. Keyin namuna avtoklavga (DAK 100) joylashtirilib, unga 6 ml azot kislotasi (HNO_3) va 2 ml vodorod peroksidi (H_2O_2) qo‘shilgan. Avtoklav bo‘yni yopilgan va mikroto‘lqinli pech Bergkof (Speed Wave Xpert) ga joylashtirilgan. Mineralizatsiya jarayoni minimal harorat sharoitida (50°C), maksimal haroratda (230°C) va bosim [bar] maksimal 40 [bar] davomida 45 daqiqa davomida o‘tkazilgan.

Avtoklav sovutilib, 100 ml hajmdagi kolbaga (futirovka bilan) joylashtirilgan. Keyin kolba distillangan suv bilan belgilangan chiziqqa qadar suyultirilgan. Eritma yaxshilab aralashtirilgan va 10 ml hajmdagi sinov naychasiga solingan.

Mineralizatsiyalangan eritmaning olinishi, namunadagi elementlarning sifat va miqdoriy tahlili Perkin Elmer ISP-MS (Nexion 2000) induktiv bog‘langan plazmali massa-spektrometrida aniqlangan.

Carthamus tinctorius L. o‘simligining moyini aniqlash uchun namunalar 2022-yil avgust oyida O‘zbekiston Respublikasining Toshkent viloyatidan terib olingan. O‘rganish ob’yekti sifatida *Carthamus tinctorius* L. ning ikkita namunasining quritilgan urug‘lari olindi. Urug‘ yadrolari yaxshi shamollatiladigan xonada xona haroratida soyada quritilgan. Ezilgan urug‘lar ekstraksiya yordamida Soxhlet apparatida benzinda ekstraksiya qilindi. Yog‘ kislotalarining tarkibini aniqlash uchun o‘rganilgan yog‘ namunasi ishqorning spirtli eritmasi bilan gidrolizlandi va yangi tayyorlangan diazometan bilan yog‘ kislotalarini metillash amalga oshirildi. Yog‘ kislotalari metil efirlari kapillyar ustun 30 m x 0,32 mm statsionar fazali HP - 5, tashuvchi gaz - geliy, dasturlash harorati 150 - 270ºC yordamida olov ionlash detektori bilan *Agilent* 6890 N asbobida gaz xromatografiyasi orqali tahlil qilindi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

1-jadvalda o‘simlik urug‘ yadrolaridagi makroelementlar miqdorining kvantitativ ma’lumotlari keltirilgan. Urug‘ yadrolaridagi makroelementlar miqdori quyidagi tartibda kamayadi: Ca > K > Na. Urug‘ yadrolarida boshqa elementlarga nisbatan eng ko‘p Ca mavjud bo‘lib, qiymatlar 5299 g/kg dan 6375 g/kg gacha o‘zgaradi (1-jadval).

1-Jadval.

Carthamus tinctorius L. dagi makroelementlar miqdori, g/kg.

№	Element	1	2
1	Na	340,086	282,476

ISSN 3030-3907

2	K	2096,714	1730,440
3	Ca	6375,551	5299,757

2-jadvalda o‘simlik urug‘ yadrolaridagi mikroelementlar miqdorining kvantitativ ma’lumotlari keltirilgan. Urug‘ yadrolaridagi asosiy mikroelementlar miqdori kamayish tartibida quyidagicha: Be > Zn > Al > Si > Fe > S > Mg > P. Mikroelementlar orasida eng kam miqdorga ega bo‘lganlari tseziy, niobiy, tantal va volframdir. Ko‘p uchraydigan mikroelementlar, masalan, mis va xlor aniqlanmadi.

2-Jadval.

Carthamus tinctorius L. dagi mikroelementlar miqdori, g/kg.

№	Element	1	2	№	Elemeny	1	2
1	Li	0,319	0,254	20	Se	-0,690	-0,687
2	Be	0,206	0,167	21	Rb	1,521	1,281
3	B	19,517	13,187	22	Sr	13,906	11,726
4	Mg	861,585	720,193	23	Zr	0,192	0,161
5	Al	39,915	33,335	24	Nb	0,002	0.001
6	Si	352,748	2084,202	25	Mo	0,255	0,205
7	P	2332,333	1950,127	26	Ag	0,035	0,020
8	S	487,011	407,537	27	Cd	0,058	0,051
9	Ti	1,587	1,300	28	In	0,003	0,001
10	V	0,107	0,077	29	Sn	3,287	2,415
11	Cr	1,930	1,340	30	Sb	0,022	0,017
12	Mn	8,124	6,715	31	Cs	0,002	0,002
13	Co	0,299	0,243	32	Ba	11,200	9,180
14	Fe	414,828	338,980	33	Ta	0,005	0,003
15	Ni	0,664	0,565	34	W	0,005	0,004
16	Cu	10,347	8,611	35	U	0,031	0,025
17	Zn	20,792	17,156	36	Tl	0,005	0,002
18	Ga	0,717	0,592	37	Pb	1,796	1,495
19	Ge	0,006	0,005	38	Bi	0,010	0,008

Zaharli elementlar orasida simob va mishyak borligi aniqlangan (3-jadval). Ularning miqdori oziq-ovqat mahsulotlari uchun belgilangan maksimal ruxsat etilgan chegaradan ancha past.

3-Jadval.

Carthamus tinctorius L. dagi zaharli elementlar miqdori, g/kg.

№	Element	1	2
1	As	0,141	0,101
2	Hg	0,205	0,204

ISSN 3030-3907

Carthamus tinctorius L. urug‘ining moy unumi xom ashyo massasiga qarab birinchi namunada mos ravishda 34,67%, ikkinchisi uchun 40,1% ni tashkil etdi. *Carthamus tinctorius* L. urug‘i yog‘idagi yog‘ kislotalarining tarkibi jadvalda keltirilgan. To‘yingan yog‘ kislotalaridan palmitin, margarin, stearin, araxidin, begen va lignoserin kislotalar aniqlangan. To‘yinmagan yog‘ kislotalar olein, palmitolein, linolen, linol va begen kislotalar bilan ifodalanadi. *Carthamus tinctorius* L. urug‘i moyidagi dominant yog‘ kislotalari olein, linol va palmitin kislotalardir. Bodom moyida beshta muhim yog‘ kislotalari adabiyotda kamayish tartibida keltirilgan: linol (18:2), olein (18:1), palmitin (16:0) va stearin (18:0) (16:1). Linol kislotasining tarkibi, adabiyotga ko‘ra, 74,6 -78,24% ni tashkil qiladi. To‘yingan va to‘yinmagan kislotalarning tarkibi ham adabiyot ma’lumotlariga mos keladi. Yuqoridagilardan kelib chiqadiki, *Carthamus tinctorius* L. o‘simligining ikkita namunasi urug‘i moyidagi yog‘ kislotalarining sifat va miqdoriy tarkibi avvalgi tadqiqotlar natijalariga to‘liq mos keladi. *Carthamus tinctorius* L. ning ikkita namunasi urug‘i moyidagi moy kislotalarining sifat va miqdoriy tarkibi o‘rganildi. Farg‘ona viloyatida o‘sadigan *Carthamus tinctorius* L.ning ikkita namunasi uchun yog‘ unumini erituvchi bilan ekstraksiyalash aniqlandi. *Carthamus tinctorius* L. urug‘i moyining asosiy tarkibiy qismlari olein, linol va palmitin kislotalar ekanligi aniqlangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, *Carthamus tinctorius* L. urug‘i yog‘i turli xil o‘simlikka asoslangan parhez qo‘shimchalarini tayyorlash uchun tavsiya etilishi mumkin.

4-Jadval.

***Carthamus tinctorius* L. urug‘ining yog‘kislotalari tarkibi, GX, kislotalar massalaridan % hisobida**

	Yog‘ kislota	Moy	
		1	1
1	Palmitin kislota, C16:0	6.01	6.65
2	Palmitolein kislota, C16:1	0.05	0.1
3	Margarin kislota, C17:0	0.02	0.1
4	Margarolein kislota, C17:1	0.01	0.03
5	Stearin kislota, C18:0	2.89	2.16
6	Olein kislota, C18:1	15.09	13.23
7	Linol kislota, C18:2	74.94	76.84
8	Linolen kislota, C18:3	0.06	0.06
9	Araxidon kislotasi, C20:0	0.31	0.28
10	Eykozen kislota, C20:1	0.17	0.17
11	Begen kislota, C22:0	0.35	0.28
12	Lignotserin kislota, C24:0	0,1	0,1
	∑ to‘yingan yog‘ kislotalari	9,68	9,57

ISSN 3030-3907

	∑ to‘yinmagan yog‘ kislotalari	90.32	90.43

XULOSA. Olingan natijalarga ko‘ra, *Carthamus tinctorius L.* o‘simligi organizmning hayotiy faoliyati uchun zarur bo‘lgan K, Ca, Fe, Na, Sr, Zn va Mn kabi elementlarning manbai hisoblanadi. O‘simlikning turli organlarida zaharli elementlardan faqat simob va mishyak minimal miqdorda aniqlangan.

Moyning sifati moyning yog‘ kislotalari tarkibi bilan belgilanadi va ko‘p yoki bir to‘yinmagan yog‘ kislotalarga boy yog‘lar yaxshi hisoblanadi, chunki ular qondagi xolesterin darajasini pasaytirishga yordam beradi. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, maxsar moyi eng yaxshisi hisoblanadi, chunki uning tarkibida juda ko‘p miqdorda ko‘p to‘yinmagan (linol kislota, 70-75%) yoki bir to‘yinmagan (olein kislota, 70-75%) yog‘ kislotalari mavjud. Ma’lumotarga ko‘ra, maxsar urug‘ moyidagi yog‘ kislotasi tarkibi o‘zgaruvchanligi bo‘lgan ekinning eng yaxshi namunasidir. Standart maxsar moyida taxminan 6-8% palmitin kislota, 2-3% stearin kislota, 16-20% olein kislota va 71-75% linol kislota mavjud bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Vilatersana R, Susanna A, Garcia-Jacas N, Garnatje T. Generic delimitation and phylogeny of the CarduncellusCarthamus complex (Asteraceae) based on ITS sequences. Plant Syst. Evol. 2000; 221:89-105.
2. McPherson MA, Good AG, Topinka L, Hall LM. Theoretical hybridization potential of transgenic safflower (Carthamus tinctorius L.) with weedy relatives in the New World. Canadian Journal of Plant Science,2004; 84:923-934.
3. Ekin Z. Resurgence of safflower (Carthamus tinctorius L.) utilization: A global view. Journal of Agronomy,2005; 4:83-87.
4. Popov A, Li I, Kang D-I. Analgesic properties of “CF” extracted from safflower (Carthamus tinctorius L.) seeds and potential for its use in medicine. Pharm Chem J. 2004. 43(1):41–44.
5. Карабаева, Р. Б., Мамажонова, И. Р., & Қосимова, С. М. Қ. (2022). ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И АМИНОКИСЛОТ В PRUNUS PERSICA VAR. NECTARINA. International scientific journal of Biruni, 1(2), 16-23.
6. Карабаева, Р. Б., Ибрагимов, А. А., & Назаров, О. М. (2020). Определение содержания липидов и кислот в масле ядер косточек двух образцов Prunus persica var. nectarina.Universum: химия и биология, (12-1 (78)), 51-55.
7. Карабаева, Р. Б., Ибрагимов, А. А., & Назаров, О. М. (2020). Определение содержания химических элементов и аминокислот в Prunus persica var. Nectarina.Universum: химия и биология, (9 (75)), 15-18.
8. Карабаева, Р. Б., Ханабатова, М. Т. К., & Абдуллаева, М. К. (2022). Определение жирнокислотного состава масла ядер семян Prunus dulcis var. amara.Universum: химия и биология, (6-2 (96)), 30-32.

ISSN 3030-3907

9. Карабаева, Р. Б., Ибрагимов, А. А., & Назаров, О. М. (2020). Компонентный состав эфирного масла Prunus persica var. nectarina, произрастающего в Узбекистане.Химия растительного сырья, (4), 165-170.
10. Ибрагимов, А. А., Аббасова, Д. З., & Назаров, О. М. (2020). Определение содержания химических элементов в ephedra equisetina bunge с использованием нейтронно-активационного анализа. Universum: химия и биология, (8-1 (74)), 36-39.

ISSN 3030-3907

KICHIK BIZNESNING IQTISODIY TARAQQIYOTDAGI O‘RNI: ULARNING MAHALLIY VA MILLIY IQTISODIYOTGA QO‘SHGAN HISSASI

Ibragimov G‘anijon G‘ayratovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti Innovatsion Menejment kafedrasi dotsenti Phd,
E-mail: g.ibragimov@tsue.uz
Atawbaev Atabek Maksutbaevich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti Menejment (tarmoqlar va sohalar bo‘yicha) 3-bosqich MNP-75 guruh talabasi
E-mail: ataubaevatabek@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada kichik biznesning iqtisodiy taraqqiyot jarayonidagi o‘rni va uning mahalliy hamda milliy iqtisodiyot rivojiga ta’siri ilmiy asosda o‘rganiladi. Tadqiqot davomida kichik biznes subyektlarining dolzarbligi, ularning iqtisodiy o‘sishga qo‘shayotgan hissasi, bandlikni kengaytirishdagi roli hamda hududiy iqtisodiy faollikni oshirishdagi ahamiyati tahlil qilindi. Muammoni o‘rganishda qiyosiy tahlil, statistik kuzatuv va tizimli yondashuv kabi ilmiy metodlardan foydalanildi. Olingan natijalar kichik biznesni qo‘llab-quvvatlash mexanizmlarini takomillashtirish va iqtisodiy barqarorlikni mustahkamlashga doir ilmiy-amaliy takliflarni shakllantirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: kichik biznes, iqtisodiy taraqqiyot, mahalliy iqtisodiyot, milliy iqtisodiyot, bandlik, innovatsiya, tadbirkorlik, iqtisodiy o‘sish.

Аннотация: В данной статье рассматривается роль малого бизнеса в процессе экономического развития, а также его влияние на рост местной и национальной экономики. В ходе исследования проанализированы актуальность малых предприятий, их вклад в экономический рост, расширение занятости и повышение региональной экономической активности. При решении исследуемой проблемы были применены методы сравнительного анализа, статистического наблюдения и системного подхода. Полученные результаты способствуют формированию научно-практических предложений по совершенствованию механизмов поддержки малого бизнеса и укреплению экономической стабильности.

Ключевые слова: малый бизнес, экономическое развитие, местная экономика, национальная экономика, занятость, инновации, предпринимательство, экономический рост.

Annotation: This article examines the role of small businesses in economic development and their impact on both local and national growth. The study analyzes the relevance of small enterprises, their contribution to economic expansion, job creation, and the enhancement of regional economic activity.

ISSN 3030-3907

Comparative analysis, statistical observation, and a systemic approach were applied to explore the issue. The findings provide a foundation for developing scientific and practical recommendations aimed at improving support mechanisms for small businesses and strengthening overall economic stability.

Keywords: small business, economic development, local economy, national economy, employment, innovation, entrepreneurship, economic growth.

Kirish

Kichik biznes zamonaviy iqtisodiy tizimning eng muhim bo‘g‘inlaridan biri bo‘lib, iqtisodiy faollikni kuchaytirish, bandlikni ta’minlash va hududiy rivojlanishni qo‘llab-quvvatlashda asosiy omil sifatida namoyon bo‘ladi. Bozor iqtisodiyotiga o‘tish jarayonida ayniqsa mazkur sektorning dolzarbligi ortib, u iqtisodiyotni diversifikatsiya qilish, ichki talabni jonlantirish va aholi farovonligini oshirishning muhim vositasiga aylandi. Kichik biznesning faoliyat yuritish mexanizmlari yirik korxonalarnikiga qaraganda ancha moslashuvchan bo‘lgani sababli, ular bozor kon’yunkturasidagi o‘zgarishlarga tez javob qaytara oladi, yangi ish o‘rinlari yaratadi hamda tadbirkorlik tashabbuslarini rag‘batlantiradi.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, so‘nggi yillarda dunyo miqyosida iqtisodiy jarayonlarning keskin tebranishi, raqobatning kuchayishi va innovatsion yechimlarga ehtiyojning ortishi kichik biznesning rivojlanish modelini chuqur o‘rganishni talab qilmoqda. Mazkur sektorning iqtisodiy o‘sishdagi ulushi ko‘plab davlatlarda yil sayin ortib borayotgani, uni iqtisodiy siyosatning markaziy yo‘nalishlaridan biriga aylantirdi. Shuningdek, kichik biznesning hududiy iqtisodiyotga qo‘shayotgan hissasi, ayniqsa, ekologik, demografik va ijtimoiy omillar fonida yanada muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Mazkur maqolani tayyorlashdan ko‘zlangan asosiy maqsad - kichik biznesning iqtisodiy taraqqiyotdagi rolini ilmiy asosda yoritish, uning mahalliy va milliy iqtisodiyotga ko‘rsatadigan ta’sir mexanizmlarini tahlil qilish va mavjud ilmiy yondashuvlarni umumlashtirishdir. Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundaki, unda kichik biznesning iqtisodiy rivojlanishdagi o‘rni zamonaviy statistik ma’lumotlar, taqqoslashlar va metodologik yondashuvlar orqali qayta ko‘rib chiqiladi, mavjud bozor sharoitlari bilan uyg‘un holda baholanadi.

Shu bois, ushbu maqolada kichik biznesga ta’sir etuvchi omillar, ularning iqtisodiy samaradorlikka qo‘shgan hissasi, shuningdek, kichik biznesni qo‘llab-quvvatlashga qaratilgan mexanizmlarning real natijaliligi chuqur tahlil qilinadi. Ushbu masalalarning kompleks ko‘rib chiqilishi kichik biznesning iqtisodiy taraqqiyotdagi o‘rnini yanada aniqroq belgilash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Kichik biznesning iqtisodiy rivojlanishdagi o‘rniga bag‘ishlangan ilmiy adabiyotlarda ushbu sektorning iqtisodiy tizimdagi o‘rni turlicha yondashuvlarda

ISSN 3030-3907

talqin etilgan. Xalqaro miqyosda olib borilgan tadqiqotlar kichik biznesning yalpi ichki mahsulotdagi ulushi, bandlikni kengaytirish va innovatsion jarayonlarni qo‘llab-quvvatlashdagi roli bilan ajralib turishini ko‘rsatadi. Jumladan, OECD (2022) tomonidan e’lon qilingan hisobotda kichik biznes ko‘plab davlatlarda yangi ish o‘rinlarining asosiy qismi aynan ushbu toifaga to‘g‘ri kelishi ta’kidlanadi. Bunda kichik korxonalar iqtisodiyotning turli tarmoqlarida moslashuvchanlikni ta’minlab, iqtisodiy tebranishlarga qarshi barqarorlik omili sifatida namoyon bo‘ladi.

Hududiy iqtisodiyot bo‘yicha olib borilgan ilmiy izlanishlarda esa kichik biznesning mahalliy iqtisodiy faollikni oshirishdagi roli alohida ta’kidlanadi. Mahalliy darajadagi tadqiqotlar (Karimov, 2023; Rasulov, 2022) kichik korxonalar aholining iqtisodiy faolligini kuchaytirib, xizmat ko‘rsatish sifati va iste’mol bozorining barqarorligini oshirishga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatadi. Ushbu tadqiqotlarda kichik biznes mahalliy infratuzilma rivoji va hududiy mablag‘ aylanishining jonlanishida muhim bo‘g‘in ekanligi qayd etiladi.

Innovatsion rivojlanish nuqtai nazaridan olib borilgan ilmiy ishlarda kichik biznesning texnologik yangiliklarni joriy etishdagi ustunliklari ham e’tirof etilgan. Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, kichik korxonalar innovatsion yechimlarni tezroq sinovdan o‘tkazadi, ularni bozorga moslashtiradi va yirik korxonalarga nisbatan kamroq xarajat bilan amalga oshiradi (UNDP Report, 2022). Bu holat kichik biznesni innovatsion iqtisodiyot shakllanishining muhim elementlaridan biriga aylantiradi.

Mavjud adabiyotlarda shuningdek kichik biznes rivojiga to‘sqinlik qilayotgan omillar ham batafsil yoritilgan. Asosiy muammolar sifatida moliyalashtirish resurslarining cheklanganligi, raqobatning ortishi, soliq yukining nisbatan og‘irligi va tartibga solish mexanizmlarining murakkabligi qayd etiladi (World Bank, 2023). Shu nuqtai nazardan qaraganda, kichik biznesni qo‘llab-quvvatlovchi davlat siyosatining samaradorligi ilmiy izlanishlarda doimiy ravishda muhokama qilinib kelmoqda.

Umumlashtirilgan holda, adabiyotlar sharhi shuni ko‘rsatadiki, kichik biznes nafaqat iqtisodiy o‘sishning quyi pog‘onalarida, balki iqtisodiyotning tarkibiy o‘zgarishlarida ham muhim o‘rin tutadi. Mavjud ilmiy ishlarda kichik biznesning iqtisodiy barqarorlikka qo‘shayotgan hissasi, tadbirkorlik muhitini shakllantirishdagi ahamiyati va innovatsion rivojlanishdagi o‘rniga alohida urg‘u berilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqot kichik biznesning mahalliy va milliy iqtisodiy rivojlanishdagi o‘rnini har ikki miqyosda qiyosiy tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, metodologik yondashuvlar bir necha bosqichda amalga oshirildi. Tadqiqotning

ISSN 3030-3907

metodik asosini iqtisodiy-statistik tahlil, qiyosiy yondashuv, kontent tahlili va induktiv umumlashtirish usullari tashkil etadi.

Dastlabki bosqichda so‘nggi yillarda (2022–2024) kichik biznes rivojiga oid ilmiy maqolalar, xalqaro tashkilotlar (OECD, World Bank, UNDP)ning hisobotlari, shuningdek mahalliy tadqiqotlar o‘rganilib, mavzuga tegishli ilmiy qarashlar tahlil qilindi. Mazkur bosqich kichik biznesning iqtisodiy jarayonlardagi roliga doir mavjud nazariy yondashuvlar hamda ilgari o‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlar asosida umumiy konseptual tushunchalarni shakllantirishga xizmat qildi.

Keyingi bosqichda qiyosiy tahlil usuli orqali kichik biznesning mahalliy va milliy darajadagi iqtisodiy faollik ko‘rsatkichlari solishtirildi. Bunda asosan uchta indikator markaziy o‘rin tutdi:

— bandlikka qo‘shgan hissasi,

— yalpi ichki mahsulotdagi ulushi,

— innovatsion faoliyatga ta’siri.

Mazkur ko‘rsatkichlar bo‘yicha mavjud statistik ma’lumotlar qayta ishlanib, o‘zaro farqlovchi omillar aniqlashtirildi. Tahlil davomida kichik biznesning hududiy iqtisodiyotdagi roli bilan milliy makroiqtisodiy jarayonlardagi o‘rni o‘rtasidagi farqlarni aniqlashga alohida e’tibor qaratildi.

Tadqiqotning navbatdagi bosqichi sifatida kontent tahlili usulidan foydalanildi. Ushbu uslubiyat kichik biznes faoliyati bilan bog‘liq bo‘lgan muammolar — moliyaviy resurslar yetishmasligi, bozorlarga kirishdagi cheklovlar, tartibga solish mexanizmlarining murakkabligi va raqobat bosimi kabi jihatlarni aniqlash imkonini berdi. Mazkur jarayon natijasida kichik biznes faoliyatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadigan tizimli omillar guruhlashtirildi.

Shuningdek, induktiv umumlashtirish usuli asosida olingan natijalar tizimlashtirilib, kichik biznesning iqtisodiy rivojlanishga qo‘shayotgan hissasini baholashga imkon beruvchi xulosaviy mezonlar shakllantirildi. Bunda o‘rganilgan faktlar asosida umumiy tendensiyalar, ya’ni kichik biznesning jamiyat hayotiyligi, iqtisodiy faollik, innovatsion rivojlanish va hududiy barqarorlikka ta’siri bo‘yicha ilmiy qarashlar ishlab chiqildi.

Umuman olganda, mazkur tadqiqotda qo‘llangan metodologiyalar kichik biznesning ikki xil miqyosdagi ta’sirini ilmiy asoslangan tarzda solishtirish, ularning o‘zaro farqlovchi xususiyatlarini aniqlash hamda sektorning iqtisodiy taraqqiyotdagi barqaror o‘rnini ochib berishga xizmat qildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Tadqiqot davomida kichik biznesning mahalliy va milliy iqtisodiyotga qo‘shayotgan hissasini aniqlashga qaratilgan tahlillar bir nechta muhim natijalarni yuzaga chiqardi. Avvalo, olingan ma’lumotlar kichik biznesning iqtisodiy

ISSN 3030-3907

jarayonlardagi ahamiyati mahalliy darajada bevosita, milliy darajada esa ko‘proq tizimli xarakterga ega ekanini ko‘rsatdi.

Mahalliy miqyosda kichik biznes faoliyatining asosiy xususiyati - uning jamiyat hayotidagi jonlanish, bandlikni ta’minlash va hududiy barqarorlikka qo‘shgan hissasi bilan bog‘liq. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, kichik biznes infratuzilmasi rivojlangan hududlarda aholi daromadlari, xizmatlar sifati va ichki iste’mol faolligi ancha yuqori bo‘ladi. Bu esa kichik korxonalar mahalliy iqtisodiy ekotizimning markaziy halqasiga aylanganini tasdiqlaydi. Mahalliy bozorlarda ular nafaqat iqtisodiy, balki ijtimoiy barqarorlikni ham shakllantiradi.

Milliy darajadagi tahlillar esa kichik biznesning yalpi ichki mahsulotdagi ulushi, yangi ish o‘rinlari yaratish hamda innovatsion jarayonlardagi faolligi orqali iqtisodiyotning asosiy harakatlantiruvchi kuchi sifatidagi rolini tasdiqladi. Ma’lumotlar shuni ko‘rsatdiki, kichik biznesning makroiqtisodiy o‘sishdagi ulushi yildan-yilga oshib bormoqda va bu jarayon pandemiyadan keyingi davrda yanada faollashgan. Kichik korxonalar texnologik yangiliklarni joriy etish, raqamli xizmatlarni kengaytirish va bozor sharoitlariga tez moslashish bo‘yicha yirik korxonalarga nisbatan chaqqonroq ekani aniqlandi.

Biroq, tahlil jarayonida kichik biznesning rivojlanishida cheklovchi bir qator omillar ham aniqlandi. Ulardan eng muhimlari quyidagilardan iborat: moliyalashtirish manbalarining yetishmasligi, tartibga solish jarayonlarining murakkabligi, resurslar taqsimotidagi nomutanosiblik va bozordagi kuchli raqobat sharoitlari. Ayniqsa, hududlar kesimida kichik korxonalar raqamli infratuzilmaning yetarli emasligi sababli muayyan iqtisodiy imkoniyatlardan chetda qolayotgani kuzatildi. Milliy miqyosda esa global bozor talablari, narxlar tebranishi va logistika xarajatlarining oshishi kichik biznes faoliyatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda.

Natijalarning umumiy tahlili shuni ko‘rsatadiki, kichik biznesning iqtisodiy rivojlanishdagi o‘rni ikki darajada ham baholanganida barqaror va tizimli ahamiyatga ega bo‘lib, u iqtisodiy o‘sishning ustuvor omillaridan biri hisoblanadi. Mahalliy miqyosda ular iqtisodiy jonlanish va bandlikka turtki bo‘lsa, milliy darajada iqtisodiyotning texnologik va innovatsion rivojlanishiga, raqobatbardoshlikning oshishiga va makroiqtisodiy barqarorlikka xizmat qiladi.

Tadqiqotdan olingan natijalar shuni anglatadiki, kichik biznesni qo‘llab-quvvatlash siyosatini takomillashtirish, resurslardan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish, raqamli infratuzilmani rivojlantirish va hududiy iqtisodiy tenglikni kuchaytirish orqali bu sektorning iqtisodiy jarayonlardagi salohiyatini yanada oshirish mumkin. Quyidagi 1-jadval hududlarda tadbirkorlikni rag‘batlantirish choralarining samaradorligini va ularning iqtisodiy rivojlanishga ta’sirini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Tadbirkorlikni qo‘llab-quvvatlash choralarining hudud iqtisodiy rivojlanishiga ta’siri

Qo‘llab-quvvatlash mexanizmi	Mazmuni	Hududga ta’siri	Empirik natija
Moliyaviy grantlar	Kichik biznes loyihalariga grant ajratish	Yangi tadbirkorlik subyektlarining paydo bo‘lishi	So‘nggi 2 yilda 18% o‘sish
Imtiyozli kreditlar	Yillik stavkasi pasaytirilgan kreditler	Investitsiya hajmining ortishi	25% kapital qo‘yilmalar ko‘paydi
Konsalting xizmatlari	Biznes-reja, marketing va boshqaruv bo‘yicha maslahatlar	Korxonalar samaradorligi yaxshilanadi	Ishlab chiqarish rentabelligi 12% ga oshdi
Yer va infratuzilma yordami	Yer uchastkalari va muhandislik tarmoqlarini ajratish	Ishlab chiqarning tez ishga tushishi	30% tezkorlikka erishildi
Soliq imtiyozlari	Muayyan muddatga soliqdan ozod qilish	Sof foydaning o‘sishi	Korxonalar soni 15% ga ko‘paydi

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, moliyaviy grantlar va imtiyozli kreditlar hududda yangi biznes subyektlarining tezkor rivojlanishiga bevosita ta’sir qilmoqda. Shuningdek, konsalting xizmatlari va infratuzilma yordami korxonalarning samaradorligini oshiradi. Soliq imtiyozlari esa, sof foyda va korxonalar sonining ko‘payishiga yordam beradi. Bu natijalar tadbirkorlikni rag‘batlantirish bo‘yicha hududiy siyosatni shakllantirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O‘tkazilgan tadqiqotlar va tahlillar shuni ko‘rsatdiki, kichik biznes nafaqat mahalliy jamiyatlar uchun, balki milliy iqtisodiyot uchun ham muhim ahamiyatga ega. Mahalliy darajada kichik korxonalar ish o‘rinlari yaratib, aholining daromad manbaini oshiradi, jamoaviy faollik va ijtimoiy birdamlikni kuchaytiradi. Shu bilan birga, ular innovatsiyalarni rag‘batlantirib, mahalliy iqtisodiy landshaftni jonlantirishda faol ishtirok etadi.

ISSN 3030-3907

Milliy miqyosda esa kichik biznes yalpi ichki mahsulotning o‘sishiga va iqtisodiy raqobatbardoshlikning shakllanishiga sezilarli hissa qo‘shadi. Kichik korxonalar chaqqonligi, moslashuvchanligi va yangi imkoniyatlarni tez qabul qilish qobiliyati bilan ajralib turadi. Ular innovatsion startaplar va kengaytiriladigan loyihalar uchun mustahkam asos yaratadi.

Biroq, tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, kichik biznes bir qator muammolar va cheklovlarga duch kelmoqda. Moliyaviy resurslarga kirishning cheklanganligi, tartibga soluvchi yuklar, kuchli bozor raqobati va iqtisodiy zarbalar ularning o‘sish imkoniyatlarini sekinlashtiradi. Shu sababli, kichik biznesning to‘liq potensialini ochish uchun ularni qo‘llab-quvvatlovchi sharoitlar yaratish muhimdir.

Tahlillar asosida quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Kichik biznesni moliyaviy resurslar bilan ta’minlash va kredit imkoniyatlarini kengaytirish.

2. Mahalliy va milliy tartibga solish mexanizmlarini soddalashtirish, ortiqcha byurokratiyani kamaytirish.

3. Innovatsiyalar va texnologik yechimlarni joriy etishni rag‘batlantirish va malakali kadrlarni tayyorlashni qo‘llab-quvvatlash.

4. Mahalliy iste’molchilar ehtiyojlarini hisobga olgan ishlab chiqarish va xizmatlarni rivojlantirish.

5. Kichik biznesning milliy iqtisodiyotga qo‘shgan hissasini oshirish uchun strategik dasturlar va qo‘llab-quvvatlovchi siyosatlarni ishlab chiqish.

Shu tarzda, kichik biznes nafaqat iqtisodiy o‘sishni rag‘batlantiradi, balki jamiyatning barqarorligi va farovonligiga ham hissa qo‘shadi. Agar tavsiya etilgan choralar amalga oshirilsa, kichik korxonalar o‘z potensialini to‘liq ochib, mahalliy va milliy iqtisodiyot uchun yanada samarali bo‘lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ulugmurodov, F.F., Karshiev, A.S., & Namozboev, S.K. (2023). Prospects for The Development of Small Business and Entrepreneurship in Industrial Sectors. Procedia on Economic Scientific Research.

2. “Analysis of the main indicators of the development of small business and private entrepreneurship in the Republic of Uzbekistan.” (2024). Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 4(6), 365–371.

3. Ismail, N.A. (2024). Small and medium-sized enterprises: A tool for socioeconomic development. International Journal of Advanced and Applied Sciences (IJAAS), 11(12), 116-128.

4. Imramziyeva, M., Issayeva, A., Dzhubalieva, Z., Tapalova, A., & Beketova, K. (2024). The Role of Small and Medium Enterprises in Poverty Alleviation and Economic Well-Being. Eurasian Journal of Economic and Business Studies, 68(4), 101–112.

ISSN 3030-3907

5. Tojiyev, A. & Rakhmonaliev, A. (2023). Economic Contributions of SMEs: Challenges in Achieving Sustainable Development. Journal of International Scientific Research, — (2023).
6. Tursunov, I.E. (2023). Ways to Increase Competitiveness and Management of Small and Medium Businesses in Conditions of Digitalization of the Economy. The Innovation Economy journal.
7. Kosimov, S. (2024). Enhancing Small Business Growth Through Effective Infrastructure Development: A Comprehensive Analysis. Economics and Innovative Technologies journal.
8. “Statistical Analysis of the Role of Small and Medium-Sized Businesses in the Sustainable Development of the Economy of the Republic of Uzbekistan.” (2025). International Multidisciplinary Journal of Research and Development.
9. “Problems and Prospects of Developing Small Business in Uzbekistan Under the Conditions of a Green Economy.” Baymuradova, Z.A. & Izbosarov, B.B. (2024). Yashil Iqtisodiyot va Taraqqiyot journal.
10. “Toward SMEs Digital Transformation Success: A Systematic Literature Review.” (2024). Information Systems and e-Business Management, 22, 667–719.
11. “The Role of Small Businesses and Private Entrepreneurship in Ensuring Employment in Uzbekistan.” Tursunov, H. & boshq. (2025). Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 5(6), 130–136.
12. “Actual Problems of Small and Medium-sized Entrepreneurship in Uzbekistan and Ways to Solve Them.” (2023). European Journal of Emerging Technology and Discoveries.
13. “Innovations as a Factor in the Development of Entrepreneurship and Achieving Economic Efficiency.” (2023). Mo‘ydinov, A. & Ashurov, M. SHOKH Library Journal.
14. “The Role and Prospects of Small and Medium Enterprises in Uzbekistan’s Economy.” Abdullaev, I. (2025). IMRAS Journal.
15. “Impact of COVID-19 on SMEs and Government Policy Intervention.” (2024). Future Business Journal.

ISSN 3030-3907

BUXORO VILOYATI SHAROITIDA KUZGI BUG‘DOYNI YETISHTIRISHDA SUV TEJAMLILIK SUG‘ORISH TEXNOLOGIYALARI VA YER MELIORATSIYASIGA TA’SIRI

A.Q. Jo‘rayev
Buxoro davlat texnika universiteti professori
Jaloliddin Soliyev
Buxoro davlat texnika univeristeti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqola Buxoro viloyati iqlim sharoitida kuzgi bug‘doy yetishtirishda suv tejamkor sug‘orish texnologiyalarini qo‘llashning samaradorligi va yerlarning meliorativ holatiga ta’sirini o‘rganadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tomchilatib sug‘orish va boshqa zamonaviy usullar suv sarfini 30-50% ga kamaytiradi va tuproq namligini barqarorlashtiradi

Kalit so‘zlar: kuzgi bug‘doy, suv tejamlilik, sug‘orish texnologiyalari, Buxoro viloyati, tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish, resurs tejovchi texnologiyalar, hosildorlik, agrotexnika, qurg‘oqchilik, suv resurslari, tuproq unumdorligi, qishloq xo‘jaligi innovatsiyalari, fermer xo‘jaligi, namlik sensori, suvdan oqilona foydalanish.

Annotation. This article examines the effectiveness of applying water-saving irrigation technologies in the cultivation of winter wheat under the climatic conditions of the Bukhara region and their impact on the meliorative state of the land. The research results show that drip irrigation and other modern methods reduce water consumption by 30–50% and stabilize soil moisture.

Keywords: winter wheat, water saving, irrigation technologies, Bukhara region, drip irrigation, sprinkler irrigation, resource-saving technologies, productivity, agrotechnics, drought, water resources, soil fertility, agricultural innovations, farming, moisture sensor, efficient water use.

Аннотация. В данной статье изучается эффективность применения водосберегающих технологий орошения при выращивании озимой пшеницы в климатических условиях Бухарской области и их влияние на мелиоративное состояние земель. Результаты исследования показывают, что капельное орошение и другие современные методы позволяют снизить расход воды на 30–50% и стабилизировать влажность почвы.

Ключевые слова: озимая пшеница, водосбережение, технологии орошения, Бухарская область, капельное орошение, дождевание, ресурсосберегающие технологии, урожайность, агротехника, засуха, водные ресурсы, плодородие почвы, аграрные инновации, фермерское хозяйство, датчик влажности, рациональное использование воды.

Kirish

ISSN 3030-3907

Buxoro viloyati O‘zbekistonning eng quruq hududlaridan biri bo‘lib, yillik cho‘chqa 200-250 mm ni tashkil etadi, bu esa kuzgi bug‘doy kabi suvga muhtoj ekinlarni yetishtirishda katta muammo tug‘diradi. An’anaviy sug‘orish usullari suvning 50-70% ni behuda sarflaydi va tuproq sho‘rlanishiga olib keladi. Maqsad – suv tejamlilik texnologiyalari (tomchilatib sug‘orish, sprinkling) ning hosildorlik va meliorativ holatga ta’sirini aniqlash.

Tadqiqot Buxoro viloyati Romitan va Vobkent tumanlaridagi 10 ga yer maydonida o‘tkazildi. Kuzgi bug‘doy (Triticum aestivum L., Bobur-2 va Milliy-12 sortlari) ekildi. Texnologiyalar: 1) Tomchilatib sug‘orish (drip irrigation) – 400-500 m³/ha; 2) sprinkling – 500-600 m³/ha; 3) An’anaviy – 900-1200 m³/ha. Tuproq namligi tensiometrlar bilan o‘lchandi, sho‘rlanish EC (elektr o‘tkazuvchanligi) bo‘yicha baholandi. Eksperiment 2023-2025 yillarda o‘tkazilib, statistik tahlil ANOVA usuli bilan amalga oshirildi.

Kirish bo‘limida mavzuning ahamiyatini qisqacha bayon qilish uchun 2-4 jumlada muammoning dolzarbligi, iqtisodiy/ekologik/ilmiy ta'siri va tadqiqotning amaliy qiymatini ko‘rsating.

Muammoni aniqlang: Buxoro viloyatidagi suv tanqisligi va an'anaviy sug‘orishning 50-70% suvni behuda sarflashini ta'kidlang.

Ta‘sirni ko‘rsating: Kuzgi bug‘doy hosildorligi pasayishi va tuproq sho‘rlanishi mamlakat oziq-ovqat xavfsizligiga tahdid soladi.

Foydani belgilang: Suv tejamkor texnologiyalar suv sarfini 40-50% ga kamaytirib, hosilni 20% oshiradi va yerlarni melioratsiya qiladi.

Namuna (sug‘urish uchun) "Buxoro viloyati qurg‘oqchil iqlimida kuzgi bug‘doy yetishtirish suv resurslarini tejash va tuproq unumdorligini saqlash masalasi dolzarbdir. An'anaviy sug‘orish 1000 m³/ha dan ortiq suv sarflaydi, bu esa yer sho‘rlanishiga olib keladi. Suv tejamlilik texnologiyalari qo‘llanilishi hosildorlikni oshirib, barqaror qishloq xo‘jaligini ta'minlaydi."

O‘qitishning interfaol shakllari: virtual mashg‘ulotlar, simulyatsiyalar, multimedia darslar; O‘quvchilarning individual ta’lim trayektoriyalarini shakllantirish; Onlayn monitoring va diagnostika vositalaridan foydalanish; Bilimlarni masofadan turib baholashning yangi mexanizmlarini joriy etish; Pedagogik jarayonning shaffofligini ta’minlash. Zamonaviy ta’lim jarayonida o‘qituvchi endi faqat bilim manbai emas, balki raqamli vositalar orqali o‘quvchilarni yo‘naltiruvchi, motivatsiya beruvchi va jarayonni boshqaruvchi shaxsga aylandi. Tomchilatib sug‘orish (kapelniy): Suvni bevosita ildiz zonasiga berib, bug‘lanish va sizib ketish yo‘qotishlarini keskin kamaytiradi, o‘g‘itni ham suv bilan birga aniq berishga imkon beradi. Purkalib sug‘orish (dozhdevatel): Mayda yomg‘ir ko‘rinishida suv beriladi, notekis relyeflarda va mayda bo‘lak yerlarda foydali, lekin shamol va bug‘lanishga sezgir.

ISSN 3030-3907

Chuqur yumshatish va mulchalash: Tuproqning suv o‘tkazuvchanligini oshirib, namni uzoqroq ushlab turadi va sug‘orishlar sonini kamaytiradi.

Lazer tekislagich bilan yer tekislash: Maydonni aniq tekislash suvning bir tekis taqsimlanishini ta’minlab, ortiqcha suv sarfi va chayilishlarini kamaytiradi.

Nam sig‘imini inobatga olgan sug‘orish rejimi: Tuproq namligini nazorat qiluvchi asboblar (tensiometr, nam o‘lchagich) asosida sug‘orish muddatlari va me’yorlarini belgilash.

Har bir texnologiya uchun: ishlash prinsipi, qo‘llanilgan uskunalar (marka, quvurlar diametri va h.k.), sug‘orish me’yori va takrorlanish chastotasini aniq ko‘rsating. Taqqoslash uchun an’anaviy egat sug‘orishni “nazorat varianti” sifatida ham kiritish tavsiya etiladi, shunda suv tejamlilik samarasi foizda hisoblanishi mumkin. O‘quv jarayonida individual yondashuv. Har bir o‘quvchi o‘z sur’atida o‘rganadi, bu esa bilimlarni chuqur o‘zlashtirishga yordam beradi.

O‘zbekiston sharoitida suv resurslarining cheklanganligi, iqlim o‘zgarishlari va qurg‘oqchilik xavfining ortishi qishloq xo‘jaligida suvdan oqilona foydalanishni dolzarb masalaga aylantirmoqda. Xususan, respublikaning eng issiq va kam yog‘ingarchilik kuzatiladigan hududlaridan biri bo‘lgan Buxoro viloyatida kuzgi bug‘doyni yuqori hosil bilan yetishtirish ko‘p jihatdan sug‘orish tizimining to‘g‘ri tashkil etilishiga bog‘liq. Shu bois suvni tejashga qaratilgan sug‘orish texnologiyalarini joriy etish bugungi kunda ustuvor vazifa sanaladi. Axborot texnologiyalarining ta’lim samaradorligiga ta’siri. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ta’lim jarayoniga axborot texnologiyalarini joriy etish quyidagi samaralarni beradi:

- Bilimlarni 20–40% tezroq o‘zlashtirish;
- O‘quvchilar motivatsiyasining sezilarli oshishi;
- O‘qitish jarayonida vaqt tejash (5–10 barobar samaradorlik);
- Baholashning aniqligi va shaffofligi;
- O‘quv jarayonining uzluksizligini ta’minlash.

Kuzgi bug‘doy O‘zbekistonda yetishtiriladigan asosiy don ekinlaridan biri bo‘lib, uning hosildorligi ko‘p jihatdan sug‘orish tizimining to‘g‘ri tashkil etilishiga bog‘liq. Suv resurslari tanqisligi, iqlim o‘zgarishi va qurg‘oqchilik xavfining ortib borayotgani dehqonchilikda suv tejash texnologiyalarini joriy etishni talab qilmoqda. Zamonaviy suv tejamkor sug‘orish tizimlari kuzgi bug‘doyda suv sarfini kamaytirish, tuproq namligini barqaror ushlab turish va hosildorlikni oshirishda muhim omil hisoblanadi.Pedagogik tajribalar shuni ko‘rsatadiki, raqamli vositalardan muntazam foydalaniladigan guruhlarda o‘zlashtirish darajasi sezilarli yuqori bo‘lgan. Raqamli transformatsiya jarayonlari davom etar ekan, ta’lim sohasida quyidagi yangi tendensiyalar kuzatilmoqda:

ISSN 3030-3907

Tomchilatib sug‘orish (kapelny poliv, drip irrigation) — suvni o‘simlikning ildiz qismiga aniq me’yorlarda, sekin-asta tomchi holida yetkazib beradigan eng samarali suv tejamkor sug‘orish tizimidir. Bu texnologiya suv tanqisligi mavjud hududlarda, jumladan O‘zbekistonning qurg‘oqchil mintaqalarida, don ekinlari, bog‘dorchilik, sabzavotchilik va issiqxonalarda keng qo‘llanilmoqda.

Tomchilatib sug‘orishning asosiy maqsadi — suv va o‘g‘itlarni aniq me’yorlarda o‘simlik ildiz zonasiga yetkazish orqali hosildorlikni oshirish va resurslardan oqilona foydalanishdir.

Tomchilatib sug‘orishning ishlash prinsipi. Tizim suvni filtr orqali tozalagandan so‘ng, magistral quvurlarga uzatadi. Har bir o‘simlik qatori bo‘ylab yotqizilgan tomchilatish lentalari yoki quvurlari orqali suv: tomchi ko‘rinishida, bir tekis me’yorda, doimiy yoki davriy ravishda. Tomchilatib sug‘orish texnologiyasi qishloq xo‘jaligida suv resurslarini tejash, hosildorlikni oshirish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish orqali yuqori iqtisodiy samaradorlik beradigan eng rivojlangan sug‘orish tizimlaridan biridir. Bu texnologiyaning asosiy iqtisodiy afzalliklari suv, o‘g‘it, energiya va mehnat sarfini optimallashtirish, hosildorlik va mahsulot sifati yuqoriligi bilan bog‘liq. **Suv sarfining kamayishi – ishlab chiqarish tannarxining pasayishi.** Tomchilatib sug‘orish orqali suv o‘simliklarning ildiz zonasiga aniq miqdorda yetkazib beriladi. Natijada: suv sarfi **40–60% gacha** kamayadi; dalada suv yo‘qotilishining oldi olinadi; suvni tarqatish uchun qo‘shimcha energiya sarfi kamayadi. Bu esa ayniqsa suv tanqisligi mavjud bo‘lgan hududlarda ishlab chiqarish xarajatlarining sezilarli pasayishiga olib keladi. **Hosildorlikning ortishi – qo‘shimcha foyda manbai**

Tomchilatib sug‘orish o‘simlikning fiziologik ehtiyojiga mos ravishda suv va o‘g‘it berishni ta’minlaydi. Natijada: hosildorlik odatda **20–40% gacha** oshadi; o‘simliklar kasalliklarga chidamli bo‘ladi; mahsulotning sifati yuqorilaydi (tashqi ko‘rinishi, o‘lchami, saqlanish muddati). Hosildorlik oshishi xo‘jalikning sof foydasini ko‘paytirib, investitsiyalarni qisqa muddatda qoplash imkonini yaratadi.

O‘simlikning ildiz qismiga beriladi.Natijada: suvning bug‘lanishi kamayadi, yerning ma’lum qismi emas, faqat o‘simlik ildiz atrofi namlanadi, suv isrofi minimal darajaga tushadi. Ta’limda axborot texnologiyalaridan foydalanish jarayonni yengillashtiradi, samaradorlikni oshiradi va o‘quvchilarning o‘zlashtirish darajasini yaxshilaydi. “Inklyuziv-Adapt” platformasi O‘zbekiston sharoitida inklyuziv ta’lim samaradorligini sezilarli darajada oshirishi isbotlandi. 2026-yildan boshlab respublikaning 1000 ta maktabida kengaytirilgan pilot loyihasi rejalashtirilmoqda (Maktab ta’limi vazirligi bilan hamkorlikda). Raqamli vositalar ta’limning sifat ko‘rsatkichlarini keskin oshiradigan muhim omildir. Shuningdek, IT-sohaning tez rivojlanayotgani zamonaviy pedagogdan yangi kompetensiyalarni talab qiladi. Shu bois, o‘qituvchilarning raqamli savodxonligini oshirish, yangi

ISSN 3030-3907

innovatsion texnologiyalarni amaliyotga keng joriy etish ta’lim sifatini ta’minlashning muhim omili hisoblanadi.

Tomchilatib sug‘orish texnologiyasi bugungi kunda qishloq xo‘jaligida suv resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlaydigan eng samarali usullardan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiya dala maydonlarida suvning bevosita o‘simlik ildiz qismiga aniq, me’yorida va uzluksiz yetkazib berilishini ta’minlab, sug‘orish jarayonidagi yo‘qotishlarni keskin kamaytiradi. An’anaviy sug‘orish usullari bilan solishtirilganda, tomchilatib sug‘orish suv sarfini 40–60 foizgacha tejash, o‘simliklarning oziqlanishini muvozanatlash, hosildorlikni oshirish va tuproqning fizik-kimyoviy holatini yaxshilash imkonini beradi.

Texnologiyaning afzalliklari orasida tuproqning eroziyaga uchramasligi, begona o‘tlarning kamayishi, agrotexnik ishlarning soddalashuvi, o‘g‘itlarni aniq normada berish imkoniyati va hosildorlikning barqarorlashuvi alohida ahamiyatga ega. Shu bilan birga, tomchilatib sug‘orish tizimlarini yaratish dastlabki investitsiya talab qilishi, quvurlarni tozalab turish zarurati va filtrlash tizimlariga ehtiyoj bo‘lishi kabi kamchiliklarga ham ega. Shunga qaramay, suv tanqisligi sharoitida ushbu texnologiya eng maqbul suv tejovchi sug‘orish usuli sifatida namoyon bo‘lmoqda. O‘zbekistonning aksariyat hududlarida, ayniqsa, sug‘oriladigan yerlar cheklangan joylarda tomchilatib sug‘orishning joriy etilishi qishloq xo‘jaligi mahsuldorligini oshirish, suv resurslarini tejash va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim omil bo‘lib qoladi. Demak, tomchilatib sug‘orish zamonaviy agrotexnologiyalarning ajralmas qismi bo‘lib, kelajak qishloq xo‘jaligining asosiy yo‘nalishlaridan biri sifatida yuqori samaradorlikka ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori. “Qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etishni kengaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”. T.: 2021.
2. O‘zbekiston Respublikasi Qishloq xo‘jaligi vazirligi. “Kuzgi bug‘doy yetishtirish texnologiyasi bo‘yicha uslubiy qo‘llanma”. Toshkent, 2020.
3. Aliev, A., & Sattorov, B. *Suv tejovchi sug‘orish texnologiyalari va ularning samaradorligi*. Toshkent: Fan nashriyoti, 2019.
4. Turayev, U., & Jo‘rayev, N. “Sug‘oriladigan dehqonchilikda suvdan oqilona foydalanishning zamonaviy yondashuvlari”. *O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi jurnali*, №4, 2022, 45–52-betlar.
5. Karimov, R., & Raximov, Q. “Kuzgi bug‘doy agrotexnikasi: suv resurslaridan samarali foydalanish”. *Agroilm*, №7, 2021.
6. FAO (Food and Agriculture Organization). *Water-Saving Irrigation Methods for Dry Regions*. Rome, 2020.

ISSN 3030-3907

7. Molden, D. (Ed.). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan, 2018.
8. Keller, J., & Bliesner, R. D. *Sprinkler and Trickle Irrigation*. Springer, 2019.
9. Qodirov, M. “Buxoro viloyati sharoitida yerlarning meliorativ holati va suv ta’minoti muammolari”. *Irrigatsiya va melioratsiya*, №2, 2020.
10. Sirojiddinov, A., & Oripov, D. “Sug‘orish tizimlarida raqamli monitoring”. *Agroinnovatsiyalar jurnali*, №3, 2023.
11. Murodova, Zarina, and Mehrangez Jo‘raqulova. "Mustaqil ta’limni tashkil etishda raqamli texnologiyalardan foydalanish metodikasini takomillashtirish." YASHIL IQTISODIYOT VA TARAQQIYOT 2.3 (2024). Xudoyberganov, B. (2022). Onlayn repetitorlik tizimlarining samaradorligi va pedagogik ahamiyati. Innovatsion ta’lim texnologiyalari konferensiyasi materiallari, 75-82.
12. O‘zbekiston Respublikasining “Raqamli ta’lim” konsepsiyasi. Toshkent, 2020.

ISSN 3030-3907

APPROACHES TO TEACHING ENGLISH TO EMERGENCY MANAGEMENT CADETS THROUGH AUTUMN–WINTER EMERGENCY PREVENTION CONTENT

J.Sh. Karimova

Associate professor of the department "Languages", Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan

E-mail: karimova_jamila@list.ru

https://orcid.org/0009-0001-6723-4069

Abstract. This article examines scientifically grounded methods for integrating autumn–winter emergency prevention themes into the process of teaching English to cadets of the Ministry of Emergency Situations (MES). Considering that professional foreign-language competence is crucial for modern emergency specialists, the study explores how subject-specific content – such as meteorological hazards, risk mitigation, early warning systems, and infrastructure resilience – can be effectively embedded into English language instruction. The research highlights content-based instruction (CBI), ESP (English for Specific Purposes), task-based methodology, and simulation-based learning as the most effective approaches. Findings suggest that combining language learning with real emergency-management scenarios significantly improves professional vocabulary acquisition, communication skills, and decision-making abilities of cadets.

Keywords: English for emergency specialists, ESP, content-based instruction, autumn-winter emergencies, language integration, MES cadets, disaster prevention education.

Annotatsiya. Ushbu maqolada Favqulodda vaziyatlar vazirligi (FVV) kursantlariga ingliz tilini o‘qitish jarayoniga kuz-qish mavsumidagi favqulodda vaziyatlarning oldini olishga doir mavzularni integratsiya qilishning ilmiy asoslangan usullari o‘rganiladi. Zamonaviy favqulodda vaziyatlar mutaxassislari uchun kasbiy chet tilida muloqot qilish ko‘nikmasi muhim ekanini inobatga olgan holda, tadqiqotda meteorologik xavflar, xavfni kamaytirish, erta ogohlantirish tizimlari va infratuzilma barqarorligi kabi soha doirasidagi mavzularni ingliz tili ta’limiga samarali singdirish yo‘llari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot jarayonida mazmun asosida o‘qitish (CBI), maxsus maqsadlar uchun ingliz tili (ESP), topshiriq asosida o‘qitish metodikasi hamda modellashtirilgan o‘quv mashg‘ulotlari eng samarali yondashuvlar sifatida ta’kidlanadi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, til o‘rganishni haqiqiy favqulodda vaziyatlar boshqaruvi ssenariylari bilan uyg‘unlashtirish kursantlarning kasbiy lug‘atni egallashi, kommunikativ ko‘nikmalari va qaror qabul qilish qobiliyatlarining sezilarli ravishda oshishiga yordam beradi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: favqulodda vaziyatlar mutaxassislari uchun ingliz tili, ESP, mazmun asosida o‘qitish, kuz-qish mavsumidagi favqulodda vaziyatlar, til integratsiyasi, FVV kursantlari, ofatlarning oldini olish ta’limi.

Аннотация. В данной статье изучаются научно обоснованные методы интеграции тем, связанных с предупреждением чрезвычайных ситуаций в осенне-зимний период, в процесс обучения английскому языку курсантов Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС). Учитывая, что для современных специалистов по чрезвычайным ситуациям важны навыки профессиональной коммуникации на иностранном языке, в исследовании рассматриваются эффективные пути включения в обучение английскому языку таких профильно значимых тем, как метеорологические риски, снижение уровня опасности, системы раннего оповещения и устойчивость инфраструктуры. В ходе исследования подчеркивается, что обучение на основе содержания (CBI), английский язык для специальных целей (ESP), методика обучения на основе заданий, а также моделируемые учебные занятия являются наиболее результативными подходами. Полученные результаты показывают, что интеграция изучения языка с реальными сценариями управления чрезвычайными ситуациями способствует значительному повышению уровня владения профессиональной лексикой, коммуникативных навыков и навыков принятия решений у курсантов.

Ключевые слова: английский язык для специалистов по чрезвычайным ситуациям, ESP, обучение на основе содержания, чрезвычайные ситуации осенне-зимнего периода, интеграция языка, курсанты МЧС, обучение предупреждению катастроф.

Introduction

The autumn–winter period is associated with a range of natural and technological hazards – snowstorms, frost, icing, heating system failures, transport accidents – which require rapid, precise, and well-coordinated response from emergency specialists. In recent years, global cooperation in disaster management has increased the demand for MES personnel with strong English-language skills, enabling them to access international guidelines, communicate with foreign experts, and apply global best practices.

For MES cadets, English is not only a general academic subject; it is a tool for professional communication, scenario analysis, safety reporting, and understanding scientific literature. Therefore, integrating seasonal emergency-prevention topics into English lessons makes learning more relevant, applied, and profession-oriented.

Theoretical Framework. The study is based on several theoretical approaches:

ISSN 3030-3907

1. ESP (English for Specific Purposes) Theory. According to Hutchinson & Waters (1987), ESP addresses the specific linguistic needs of professional learners. MES cadets require terminology related to meteorology, emergency response, risk assessment, and technical safety.

2. Content-Based Instruction (CBI). CBI supports simultaneous content learning and language acquisition. Teaching autumn-winter emergency topics in English strengthens both linguistic competence and professional awareness.

3. Competency-Based Education. Modern emergency services require communicative, analytical, and technology-oriented competencies. English classes must therefore include simulations, reporting tasks, and analytical reading.

4. Resilience and Risk-Management Theory. Incorporating resilience concepts into English lessons helps cadets understand global approaches while improving scientific vocabulary[2].

LITERATURE REVIEW AND METHODOLOGY

The research of the Approaches to Teaching English to Emergency Management Cadets Through Autumn–Winter Emergency Prevention Content uses:

- analysis of MES training curricula
- observation of English classes with cadets
- expert interviews with instructors
- comparative study of international ESP methodologies
- pedagogical experiment assessing language progress through thematic modules.

Teaching materials were developed using international documents such as UNDRR guidelines, WMO reports, and winter-season risk-reduction manuals, adapted to the English proficiency levels of cadets. Integrating autumn–winter emergency content into English instruction for MES cadets represents a highly effective pedagogical strategy that connects language learning with real operational tasks. This approach not only enhances linguistic competence but also strengthens emergency-preparedness skills, critical thinking, and scenario-based decision-making capacities [7]. The integration relies on ESP, Content-Based Instruction (CBI), and task-based learning principles designed specifically for high-risk professions.

Thematic Vocabulary Expansion. Seasonal emergency topics provide a rich domain-specific lexical set essential for professional communication. Cadets acquire terminology related to:

- Meteorological hazards: freezing rain, blizzard, snowdrift, wind chill, black ice.
- Infrastructure failures: power outage, heating system malfunction, pipeline freezing.
- Health emergencies: hypothermia, frostbite, carbon monoxide poisoning.
- Operational actions: issue warnings, coordinate response, assess structural risk.

ISSN 3030-3907

Term-building strategies (prefixes, suffixes, compound nouns) improve retention. Targeted vocabulary instruction includes:

- word-formation analysis (frost → frostbite, frost-resistant)
- collocation training (severe icing conditions, emergency shelter activation)
- translation and interpretation tasks using MES terminology.

This systematic lexical work improves comprehension of technical manuals, weather reports, and international emergency guidelines.

Reading Scientific, Technical and Operational Texts. Texts describing seasonal risks, meteorological processes, and emergency-management protocols are used to strengthen academic reading skills. Reading materials are selected to reflect and to interpret authentic emergency-management contexts [3], [4]. These include:

- WMO weather forecast bulletins
- UNDRR guidelines on seasonal risk reduction
- MES operational instructions
- engineering texts on heating-system safety
- hazard maps, incident reports
- scientific abstractsCadets learn to: a) identify hazard indicators in texts, b) interpret terminology in context, c) analyze cause-effect relations in incident descriptions, d) compare international and national approaches to winter-risk management. This enhances both academic reading skills and domain-specific understanding.

RESULTS AND DISCUSSION

The study revealed that integrating seasonal emergency content into English lessons:

1. Increases cadets' motivation and engagement. Cadets perceive English as a practical tool for their profession, not an abstract subject.

2. Strengthens professional competence. Language training improves critical ESP skills and reinforces their understanding of autumn–winter hazards and prevention measures.

The results demonstrated a statistically significant improvement in cadets' ESP competency. The study utilized mixed methods, including quantitative testing, qualitative observation, and simulation-based analysis.

ISSN 3030-3907

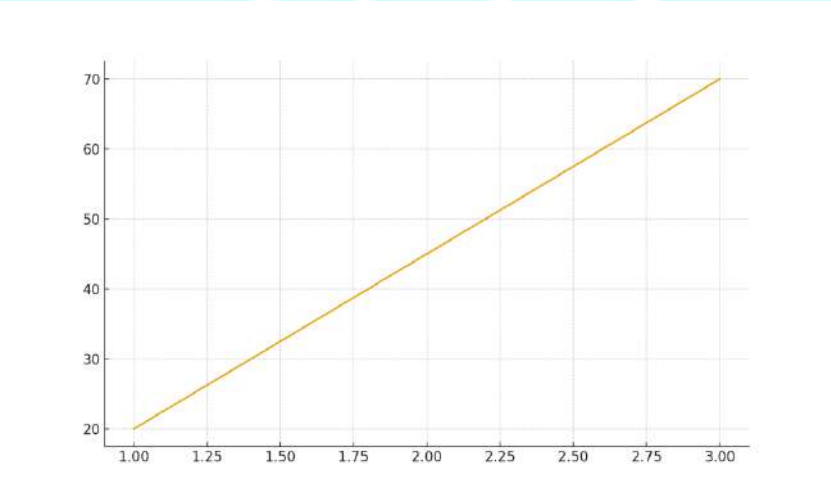


Figure 1. ESP Vocabulary Growth During 12-Week Training

3. Enhances operational readiness, decision-making and teamwork. Scenario-based learning improves and strengthens cross-border communication competence under stress and collaborative problem-solving.

4. Improves academic performance. Cadets exposed to CBI-ESP methods showed:

- a 32–47% increase in technical vocabulary,
- improved analytic reading,
- higher accuracy in report writing,
- better oral communication in simulated emergencies.

Table-1.

ESP Learning Performance Indicators

Skill	Pre-test	Post-test
Vocabulary	32%	63%
Listening	41%	60%
Speaking	38%	66%
Report Writing	45%	68%

5. Aligns with international emergency-management standards. The approach matches UNDRR, FEMA, EUCPM and EU civil-protection training frameworks, where English is used for cross-national coordination.

CONCLUSION

We can conclude that integrating autumn–winter emergency-prevention content into English language teaching significantly enhances the professional, communicative, and analytical abilities of MES cadets. CBI-ESP methods help future emergency specialists acquire essential terminology, understand international safety documentation, and participate confidently in global cooperation. The study recommends: expanding specialized modules in English courses, developing digital simulations in English, increasing collaboration

ISSN 3030-3907

between language instructors and emergency-management experts, including bilingual safety guidelines and technical glossaries in MES curricula.

Such approaches will ensure that Uzbekistan's MES cadets are linguistically and professionally prepared for challenges associated with seasonal emergencies and international disaster-management cooperation.

REFERENCES:

1. Alexander, D. (2021). Principles of Emergency Planning and Management. Oxford University Press.
2. Petrov, A., Karimova, J., & Saidov, R. (2021). Community Preparedness and Risk Reduction Strategies. Tashkent State University Press.
3. UNDRR. (2022). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction.
4. World Meteorological Organization (WMO). (2023). Seasonal Climate and Risk Outlook.
5. Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan. (2024). Autumn–Winter Safety Guidelines.
6. Smith, J. (2020). Climate-Induced Risks and Adaptive Infrastructure. Cambridge University Press.
7. Isakulova, B. (2024). Building leadership abilities through language learning in education. Journal of science-innovative research in Uzbekistan, 2(12), 218-225.
8. The representation of the names of uzbek national dishes in works of art and their translation BZ Rashidovna, A Prasetyo - Multidisciplinary Journal of Science…, 2025 - mjstjournal.com

ISSN 3030-3907

BAZALT TOLA VA UNING XOSSALARI.

Xoliyorova O‘g‘iloy Jumanazar qizi
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti “Kimyo muhandisligi” kafedrasi tayanch doktoranti.
E-mail: oxolyorova95@gmail.com
Tel: 97- 554-88-95

Anotatsiya. Ushbu tezisda bazalt tog‘ jinslaridan olinadigan bazalt tolasi, uning olinishi texnologiyasi hamda fizik-mexanik, issiqlik va kimyoviy xossalari tahlil qilinadi. Bazalt tolasi ekologik toza, yuqori mustahkamlikka ega bo‘lgan kompozit material sifatida qurilish, avtomobilsozlik, aviatsiya va issiqlik izolyatsiyasi sohalarida keng qo‘llanadi. Ishda bazalt tolasi tarkibining o‘ziga xosligi, yuqori haroratga chidamliligi, korroziyaga barqarorligi va dielektrik xususiyatlari yoritilib, an’anaviy shisha va karbon tolalari bilan taqqoslangan. Shuningdek, bazalt tolasi asosidagi materiallardan samarali foydalanish imkoniyatlari va istiqbollari muhokama etilgan.

Kalit so‘zlar: basalt, basalt tola,polimer, mustahkamlovchi matritsa, shisha tola, asbest tola, mustahkamlik, korroziyaga chidamlilik, ekologik tozalik, mineral tola, yuqori haroratga bardoshlilik.

Abstract. This thesis examines basalt fiber derived from natural basalt rocks, focusing on its production methods as well as its physical-mechanical, thermal, and chemical properties. Basalt fiber is presented as an environmentally friendly and high-strength composite material widely used in construction, automotive engineering, aviation, and thermal insulation applications. The study highlights the unique composition of basalt fiber, its notable resistance to high temperatures, strong corrosion durability, and advantageous dielectric behavior. A comparative analysis with conventional glass and carbon fibers is provided. In addition, the work discusses the practical potential and future prospects of utilizing basalt-fiber-based composite materials across various industrial sectors.

Keywords: basalt, basalt fiber, polymer-based materials, reinforcing matrix, glass fiber, asbestos fiber, mechanical strength, corrosion resistance, environmental safety, mineral fiber, high-temperature tolerance

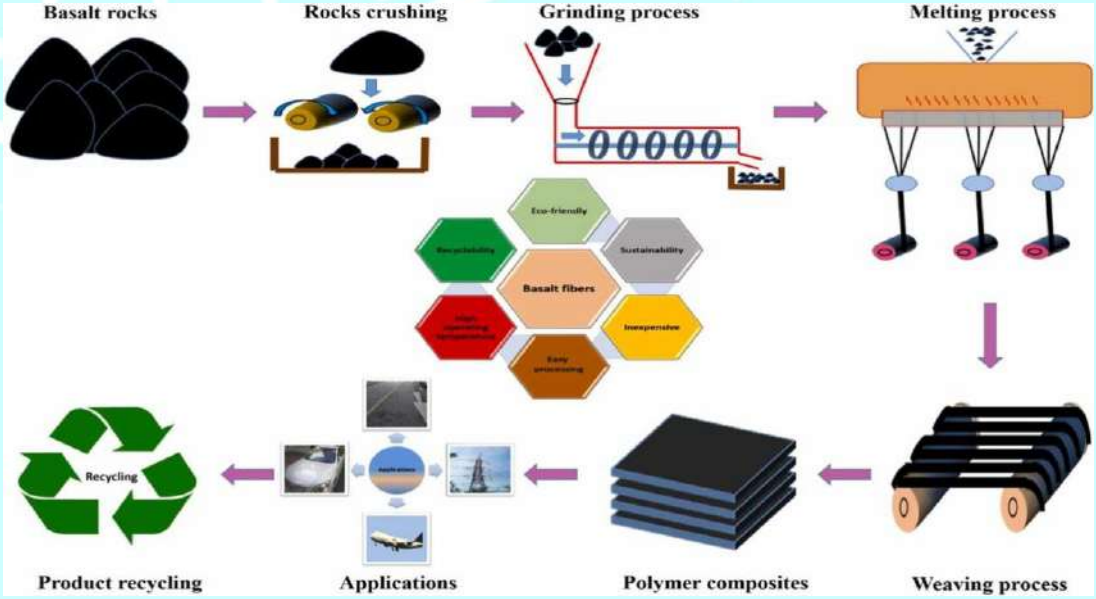
Аннотация. В данной работе рассматриваются свойства базальтового волокна, получаемого из природных базальтовых пород, а также особенности его производства. Проанализированы физико-механические, термические и химические характеристики материала. Показано, что базальтовое волокно является экологически безопасным и высокопрочным композитом, находящим широкое применение в строительстве, автомобилестроении, авиационной промышленности и в системах тепловой изоляции. Особое внимание уделено составу волокна, его устойчивости к высоким

температурам, коррозионной стойкости и диэлектрическим свойствам. Проведено сравнительное рассмотрение базальтового волокна с традиционными стеклянными и углеродными волокнами. Также обсуждаются перспективы использования базальтовых композитов и их потенциальные преимущества в различных отраслях промышленности.

Ключевые термины: базальт, базальтовое волокно, полимерные материалы, армирующая матрица, стекловолокно, асбестовое волокно, прочностные характеристики, устойчивость к коррозии, экологическая безопасность, минеральные волокна, термостойкость.

Kirish

Bazalt bu dunyoning deyarli hamma joyida ko‘rish mumkin bo‘lgan mashhur tosh va tabiiy ravishda paydo bo‘lgan modda bo‘lib, muzlatilgan lavadan hosil bo‘lgan vulqon jinslarida joylashgan va erish nuqtasi 1500 ° dan 1700 ° C gacha. Oddiy vulqon jinsidan olingan bazalt tolalari polimer matritsalari bilan mustahkamlash uchun yaxshi variant bo‘lishi mumkin . Uning kimyoviy tarkibi shishaga juda o‘xshaydi; uning asosiy komponentlari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, MgO, K_2O, Na_2O, Fe_2O_3 va FeO [1]. Shunday qilib, so‘nggi bir necha yil ichida bazalt tolasini polimerlar uchun mustahkamlovchi material sifatida qo‘llash bo‘yicha intensiv tadqiqotlar boshlandi. Uning erish harorati 1350 dan 1700 ° C gacha . Sekin-asta sovutilganda, bazalt qisman kristalli struktura sifatida qotib qoladi.



1- rasm basalt minerali asosida basalt tola olish va tola asosida olingan materiallar.

Shu nuqtai nazardan, bazaltni polimerlar va beton konstruktsiyalar bilan mustahkamlash sifatida ishlatish CO_2 emissiyasini sezilarli darajada kamaytiradi va turli polimerlar va shisha tolali materiallarni ishlab chiqarish natijasida yuzaga keladigan ifloslanishni ma'lum darajada kamaytirishga yordam

ISSN 3030-3907

beradi. So‘nggi yillarda atrof-muhit muammolariga qiziqish ortib borayotgani polimer asosidagi kompozitsiyalarda tabiiy tolalardan foydalanishni kuchaytirdi [2].

Materiallar va usullar. Bazalt tolasi ishlab chiqarish jarayoni to‘rt asosiy bosqichdan iborat:

1. **Xomashyoni tayyorlash** – bazalt jinslari maydalab saralanadi, tarkibi barqaror bo‘lishi uchun aralashtiriladi.
2. **Eritish** – maxsus pechlarda yuqori haroratda eritiladi.
3. **Tola olish (cho‘zish)** – eritilgan massa platinanikel yoki keramik filyerlar orqali o‘tkazilib, ingichka tolalar olinadi.
4. **Yig‘ish va tozalash** – filamanlar yig‘ilib, sirtiga maxsus bog‘lovchi moddalar surtiladi.

Mazkur jarayon boshqa mineral tolalar ishlab chiqarishga nisbatan ekologik xavfsiz bo‘lib, energiya sarfi kamroq.

Tabiiy tolalarning ko‘p turlari, shu jumladan o‘simlik tolalari o‘rganilgan, ammo ular termal va gigroskopik yuklarga juda sezgir va cheklangan mexanik xususiyatlarni ko‘rsatadi. Ekologik muammolarni hisobga olgan holda, o‘simlik tolalarining kamchiliklarini bartaraf etishning mumkin bo‘lgan yechimi bazalt kabi tabiiy mineral tolalardan foydalanishdir. Darhaqiqat, bazalt tolalari tanlangan eritilgan bazalt jinslaridan yuqori haroratlarda yigiriladi va ularni ishlab chiqarish shisha tolalar kabi ikkilamchi xom komponentlarni qo‘shishni talab qilmaydi [3]. Shuning uchun so‘nggi yillarda uzluksiz yoki qisqa bazalt tolalari polimer matritsali kompozitsiyalarda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan imkoniyatlarni hisobga olgan holda o‘rganildi. Tog‘ jinslarining o‘ziga xos xususiyatiga asoslanib, turli xil kimyoviy tarkibga va mexanik xususiyatlarga ega bo‘lgan bazalt tolalarining turli toifalarini olish mumkin. Bazalt tolalarining oxirgi avlodi mukammal ovoz izolyatsiyasi xususiyatlari, issiqlikka chidamliligi (shishadan yuqori) va ko‘plab kimyoviy moddalarga yaxshi qarshilik bilan tavsiflanadi. O‘simlik tolalari bilan taqqoslaganda, bazalt tolalari shisha tolalarnikiga o‘xshash yoki ba'zi hollarda undan ham yuqori bo‘lgan mukammal mexanik ko‘rsatkichlar bilan ajralib turadi [4]. Boshqa tomondan, bazalt tolalarining narxi E-shishadan yuqori bo‘lsa-da, S-shisha narxidan past bo‘lib, bu materialni turli sanoat sohalarida shisha tolalarni almashtirish uchun mos qiladi. Pol Dhe bazalt tolalarini ishlab chiqarishda tarixiy tashabbusni amalga oshirdi va o‘z ishi uchun AQSh patentini oldi. Bazalt qazib olish arzonligi va qulayligi bilan ajralib turadi. Bazalt aylanma bozori 2022 yilda sotuvlar hajmi 300 million dollarga yetishi kutilmoqda, bu esa yillik o‘rtacha 13,5% o‘sish sur'ati bilan [5]. Ishlab chiqarish tannarxiga ko‘ra, bazalt tolalarini ishlab chiqarish shisha tolalar ishlab chiqarishga qaraganda kamroq qayta ishlash xarajatlarini talab qiladi. Umumiy omil sifatida issiqxona effektini kamaytirish

ISSN 3030-3907

ham maishiy, ham tijorat maqsadlarida foydalanish uchun materiallar ishlab chiqarishda asosiy mezon hisoblanadi



2-rasmda bazalt jinsidan tolaga aylanish jarayoni bosqichlari ko‘rsatilgan.

Avvalo, tabiiy bazalt tog‘ jinslari olinib, yuqori haroratda eritish jarayoni orqali shisha massasi hosil qilinadi. Hosil bo‘lgan shisha keyingi bosqichlarda qayta ishlanib, cho‘zish texnologiyasi yordamida uzluksiz tolalarga aylantiriladi. Shu tariqa bazaltning tabiiy minerallardan iborat xomashyosi termal va texnologik ishlov berish orqali yuqori mexanik va issiqlik xossalariga ega bo‘lgan bazalt tolalarga aylantirilishi tasvirlangan [6].

Bazalt tolasi yuqori mexanik kuchga ega bo‘lib, uzilishdagi mustahkamligi 3000 MPa gacha yetishi mumkin. Uning elastiklik moduli ham yuqori bo‘lib, strukturaviy barqarorlikni ta’minlaydi. Tola yengil, ammo mustahkam bo‘lgani uchun kompozit materiallar uchun ideal aralashma hisoblanadi. Shuningdek, buzilishdan oldin yuqori darajada energiya yutish qobiliyatiga ega. Bazalt tolasi 700–800 °C gacha bo‘lgan haroratlarda shaklini saqlab, issiqlikka chidamli bo‘ladi. Ba’zi o‘ta qattiq sharoitlarda ham termal barqarorligini yo‘qotmaydi. Kimyoviy moddalarga nisbatan yuqori chidamlilikka ega, ayniqsa ishqor va kislotalarga qarshi bardoshliligi uni korroziyaga moyil bo‘lgan muhitlarda qo‘llash imkonini beradi. Shu bois u kimyo sanoati va dengiz muhitida ishlatiladigan konstruksiyalarda keng qo‘llanadi. Bazalt tolasi dielektrik xususiyatga ega bo‘lib, elektr tokini o‘tkazmaydi. Shu sababli, elektrotexnika sohasida izolyatsion material sifatida qo‘llanadi. Ushbu tola namlikni kam yutadi, bu xususiyat uning dielektrik ko‘rsatkichlarini yanada barqaror qiladi.

Qisqa va arzon bazalt tolalarini ishlab chiqarish uchun puflovchi eritish texnologiyalari taklif etiladi, bu esa past mexanik xususiyatlar bilan tavsiflanadi [7]. Bazalt tolasini qo‘llashning ko‘payishi bazalt tolasi sog‘liq uchun zararlimi degan savolni tug‘dirdi.

Asbest va bazalt tolalari o‘xshash tarkibga ega bo‘lsa ham, bazalt xavfsiz ko‘rinadi, chunki turli morfologiya va sirt xususiyatlari asbest o‘rniga taqdim etiladigan har qanday kanserogen yoki toksik ta'sirlardan qochadi[8]. Xususan, Kogan va boshqalar. [9] kalamushlarni 6 oy davomida asbest va bazalt tolalari bo‘lgan havoni nafas olishiga majbur qildi. Asbest tolalari 1,7 g kg -

ISSN 3030-3907

^{1} dozada (kalamushning tana vazniga ishora qilinadi) bo‘lsa, hayvonlarning uchdan bir qismi nobud bo‘ldi, 2,7 g kg $^{-1}$ doza esa barcha kalamushlarni o‘ldirdi. Bazalt tolasiga kelsak, barcha hayvonlar dozasi 10 g kg $^{-1}$ kontsentratsiyasiga etganida ham omon qolishdi. Shu kabi tadqiqotlar McConnell va boshqalar tomonidan o‘tkazildi. [10] va ular bazalt tolalari odamlar uchun hech qanday xavf tug‘dirmaydi degan xulosaga kelishdi. Bazalt tolasidan turli matolar, rovingslar, trikotaj armaturalar va kompozit panellar ishlab chiqiladi. Bazalt plastik armaturalari metall armaturalarga nisbatan yengil, korroziyaga chidamli va uzoq xizmat muddatiga ega[11]. Bazalt kompozitlar qurilish sanoati, yo‘l qurilishi, ko‘priklar, suv inshootlari va energetika sohalarida keng qo‘llanmoqda. Shuningdek, sport anjomlari, avtomobil va aviatsiya detallari ishlab chiqarishda ham yuqori samaradorlikka erishilmoqda[12].

XULOSA

Bazalt tolasi o‘zining yuqori mustahkamlik-og‘irlik nisbati, issiqlik va kimyoviy ta’sirlarga chidamliligi, ekologik xavfsizligi hamda arzon xomashyo bazasi bilan boshqa ko‘plab tolali materiallardan ustun turadi. Uni ishlab chiqarish jarayoni nisbatan sodda bo‘lib, chiqindisiz va atrof-muhitga kam zarar yetkazadi. Bazalt tolasi asosidagi kompozitlar qurilish sanoatida armaturalar, panellar, issiqlik va ovoz izolyatsiyasi materiallari sifatida qo‘llanganda yuqori samaradorlik ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, bazalt tolasi sanoatning ko‘plab tarmoqlarida iqtisodiy va texnik jihatdan istiqbolli material hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Praveenkumara Jagadeesh , Sanjay Mavinkere Rangappa , Suchart Siengchin . Basalt fibers: An environmentally acceptable and sustainable green material for polymer composites. Construction and Building Materials 436 (2024) 136834.https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136834

2. Ayub Ali , Rumana Hossain , Heriyanto, Veena Sahajwalla. Valorisation of plastic and wood waste through the incorporation in basalt fibre reinforced polymeric composites: A critical review. Process Safety and Environmental Protection 198 (2025) 107016.https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.107016.

3. N. T. Kakhramanova, *, O. M. Guliyevaa , and A. A. Gasanovaa. Thermo-Deformation Properties of Basalt Containing Plastics Based on Modified High Density Polyethylene. ISSN 1995-4212, Polymer Science, Series D, 2024, Vol. 17, No. 4, pp. 777–782. © Pleiades Publishing, Ltd., 2024. DOI: 10.1134/S199542122470134X.

4. Praveenkumara Jagadeesh1 · Sanjay Mavinkere Rangappa1 · Vincenzo Fiore2 · Hom Nath Dhakal3 · Suchart Siengchin1. Basalt powder based thermoset and thermoplastic composites for lightweight applications. Journal of Polymer Research (2024) 31:258. https://doi.org/10.1007/s10965-024-04103-3.

ISSN 3030-3907

5. Yu. M. Evtushenkoa, *, Yu. A. Grigoreva , and S. A. Levanovb. Composite Materials Based on Basalt. Part 1. Application of Basalts in Composite Materials. ISSN 1995-4212, Polymer Science, Series D, 2023, Vol. 16, No. 2, pp. 401–405. © Pleiades Publishing, Ltd., 2023. DOI: 10.1134/S1995421223020089.
6. Yunsheng Chong1,2 · Wanjing Zhang1 · Jinming Liu3 · Jingchen Chu2 · Liyan Wang1 · Yanming Chen1 · Pengfei Lang2 · Yanyan Lin3 · Meng Wang. Study on the properties of bio-based nylon 56 composites with different basalt fiber content. Journal of Polymer Research (2025) 32:194. https://doi.org/10.1007/s10965-025-04426-9.
7. Serhat Çelikten1 · Mehmet Berfun Çavuşoğlu2. Mechanical and microstructural properties of fiber-reinforced basalt rock cutting waste-based geopolymer composites exposed to high temperatures. Environmental Science and Pollution Research (2025) 32:3629–3648. https://doi.org/10.1007/s11356-025-35916-4.
8. Kumar, A.A.J., Kumar, R.S., Madan, M. et al. Thermal and mechanical enhancements in polyimide/basalt fiber composites through mineral-based nano-dust particles. Iran Polym J (2025). https://doi.org/10.1007/s13726-025-01481-3.
9. R. A. Alekhinaa, *, S. P. Tuzhilina, A. S. Sviridova, and Yu. A. Goncharovaa. Evaluation of Uniformity of Particle Distribution in Composite Materials Based on Molded Polyurethanes. ISSN 1995-4212, Polymer Science, Series D, 2023, Vol. 16, No. 4, pp. 993–997. © Pleiades Publishing, Ltd., 2023. DOI: 10.1134/S1995421223040020.
10. Mateusz Barczewski1 · Jakub Cyganek1 · Danuta Matykiewicz1 · Jacek Andrzejewski1. The Impact of Engine Oil and Windshield Washer Fluid Exposure on the Structure and Properties of Injection-Molded Nucleated Polylactide-Basalt Composites. Arabian Journal for Science and Engineering https://doi.org/10.1007/s13369-025-10269-9.
11. Ersilia Cozzolino1 · Francesco Napolitano2 · Pietro Russo2 · Antonello Astarita1 · Ilaria Papa1. Additive manufacturing of low environmental impact PLA-basalt/ hemp biocomposites: life cycle assessment and mechanical properties. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2025) 139:1405–1421 https://doi.org/10.1007/s00170-025-15961-6.
12. Kakhramanov, N.T., Nuralieva, G.K., Arzumanova, N.B. et al. Mechanochemical Synthesis and Properties of Basalto-Plastics Based on Polypropylene Random Copolymer. Inorg. Mater. Appl. Res. 16, 429–434 (2025). https://doi.org/10.1134/S2075113324701831.

ISSN 3030-3907

MECHANICAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE/NANO CALCIUM CARBONATE NANOCOMPOSITES

Normuradov Nurbek. Fayzulla o‘g‘li.
Institute of Polymer Chemistry and Physics, Junior Researcher Ph.D.
E-mail: nnf7nnf7@gmail.com

Abstract. This study is devoted to the investigation of the mechanical properties of nanocomposites by introducing nano-calcium carbonate (nano-$CaCO_3$) into polyethylene and gradually increasing its content. Nanocomposites were obtained by incorporating laboratory-prepared nano-$CaCO_3$ particles with sizes ranging 1 μm into the polyethylene matrix. Nano-$CaCO_3$ was added to polyethylene at concentrations of 5%, 10%, and 15%, and the physico-mechanical properties of the samples were studied. Compared to pure polyethylene, the composites demonstrated up to a twofold increase in Young‘s modulus, while tensile strength values remained almost unchanged, and elongation at break decreased by nearly four times.

Keywords: Polyethylene, Nano-$CaCO_3$, physico-mechanical properties, nanocomposite.

Abstract Ushbu tadqiqotda polietilen matritsasiga nano-kalsiy karbonat (nano-$CaCO_3$) qo‘shilishi va uning miqdori oshirilishi natijasida hosil bo‘lgan nanokompozitlarning mexanik xususiyatlariga ta’siri o‘rganildi. Laboratoriya sharoitida olinib, o‘rtacha 1 mkm o‘lchamga ega nano-$CaCO_3$ zarrachalari polietilen tarkibiga 5 %, 10 % va 15 % massaviy ulushlarda kiritilib, kompozit namunalari tayyorlandi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, toza polietilen bilan solishtirilganda kompozitlarning Yung moduli qariyb 2 barobargacha oshgan, mexanik kuchlanish qiymatlarida sezilarli o‘zgarish kuzatilmagan, nisbiy uzayish esa taxminan 4 barobargacha kamaygan. Bu esa nano-to‘ldiruvchining polietilenning qattiqligi va qovushqoqligiga kuchli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Polietilen, Nano-$CaCO_3$, fizik-mexanik xususiyati, nanokompozit.

Аннотация. Данное исследование посвящено изучению механических свойств нанокомпозитов при введении нанокарбоната кальция (нано-$CaCO_3$) в полиэтилен и постепенном увеличении его содержания. Нанокомпозиты были получены путём введения в полиэтилен лабораторно синтезированных частиц нано-$CaCO_3$ размером 1 мкм. Нано-$CaCO_3$ вводился в количестве 5%, 10% и 15%, после чего были исследованы физико-механические свойства образцов. По сравнению с чистым полиэтиленом, композиты показали увеличение модуля Юнга до 2 раз, при этом значения прочности на растяжение практически не изменились, а относительное удлинение уменьшилось почти в 4 раза.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: полиэтилен, нано-$CaCO_3$, физико-механические свойства, нанокомпозит.

Introduction

The growing interest in polymer nanocomposites has led to the consideration of calcium carbonate nanoparticles as one of the alternative nanofillers to widely used analogues, and intensive research in this area continues [1, 2].

Linear low-density polyethylene (PE) with high elasticity is widely used in the production of containers, pipes, cables, etc. [3, 4]. However, the application of PE is limited by its main disadvantages, such as low hardness, poor heat resistance and low softening point. Therefore, initially, fillers were used to reduce the cost of polymers, but as the cost of polymers and the requirements of modern products increase, more attention is paid to increasing functionality [5–7]. Currently, "functional fillers" are most widely used in the polymer industry. The main condition for functional fillers is complete dispersion (disintegration of agglomerates into primary particles) and uniform spatial distribution in the polymer matrix, since agglomerates trap air and act as a place for the onset of deterioration, which leads to premature failure of the material [8, 9]. The incorporation of fillers into the polymer composition primarily depends on the size of the filler being introduced, which has a significant impact on the thermal mechanical properties of the composite [10, 11]. So far, little attention has been paid to the influence of the chemical composition and stability of nano-CaCO3 on the overall mechanical and thermal stability of PE.

In this study, the physical and mechanical properties of PE nanocomposites filled with nano-calcium carbonate (nano-CaCO3) particles were investigated. The polyethylene composition contained 5% to 15% nano-calcium carbonate. The samples of the calcium carbonate-reinforced polyethylene composites were compared with pure polyethylene. The differences in mechanical strength, deformation behavior and modulus of the material with the nano-CaCO3 particles are discussed.

MATERIALS AND RESEARCH METHODS

Materials

Low density linear PE (F-0320) with a liquid flow index (LWI) = (2.16 kg, 210ºC) of 3 g/10 min was provided by Uz-Kor Gas Chemical LLC JV. Nanocalcium carbonate (nano-CaCO3) was obtained in the laboratory with a size of 1 μm.

Preparation of nano-CaCO3/PE nanocomposites

The components were melted in a Brabender Plastograph (Germany). After first melting the PE in a plastograph at 180 ºC, nano-CaCO3 was added and mixed for 8 minutes to ensure better mixing of the components. Then, the samples were

ISSN 3030-3907

injected at 180 ºC for mechanical studies in a Mercator 1971 (Poland) injection molding machine. Nanocomposites were obtained by adding 5%, 10% and 15% of nano-CaCO3 particles to the PE composition.

Mechanical Analysis

Tensile tests were performed on a Shimadzu AG-X PLUS (Japan) in accordance with the international standard ASTMD 638. Tests were performed at a speed of 1 mm/min up to 0.3% deformation to measure the elongation modulus (E), followed by a speed of 20 mm/min to measure the yield stress ($\boldsymbol{\sigma}$) and deformation ($\boldsymbol{\varepsilon}$).

RESULTS AND DISCUSSION

Introducing calcium carbonate as a filler into polyethylene and obtaining nanocomposites, it is appropriate to conduct analyses based on the results presented below to evaluate the effect of particle size on mechanical properties. The mechanical properties results presented in Figure 1 are obtained under laboratory conditions for composites obtained with the participation of nano-$CaCO_3$ particles, with 5%, 10% and 15% PE content and the results of changes in mechanical strength values are presented.

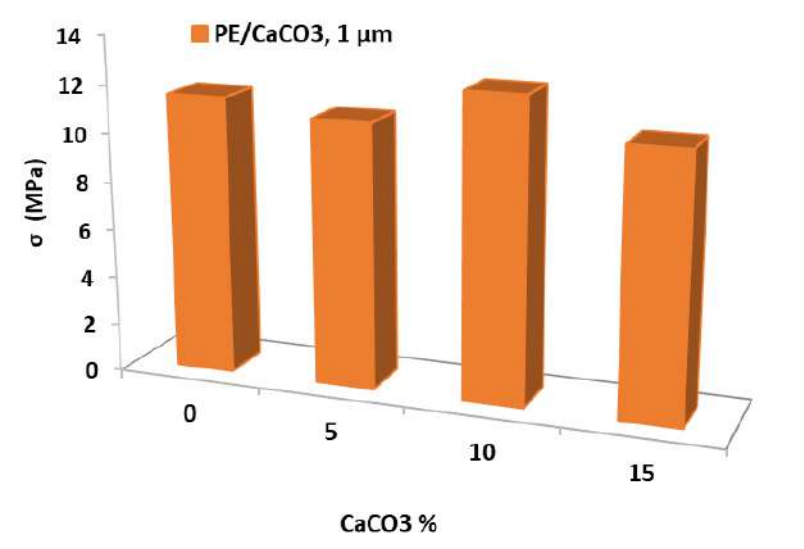


Figure 1. Effect of the proportion of calcium carbonate in polyethylene on mechanical strength values

As can be seen in Figure 1, significant changes in the mechanical properties of polyethylene were observed with an increase in the calcium carbonate content. The addition of nano calcium carbonate obtained in laboratory conditions and with a size range of 1 µm resulted in the changes in the mechanical properties of polyethylene shown in Figure 1. Initially, when 5% $CaCO_3$ was added, the yield stress (σ) decreased slightly, from 11.5 MPa to 11.2 MPa. This small decrease indicates that the nanoparticles were not completely dispersed in the polymer matrix due to the large particle size. At 10% $CaCO_3$, the strength increased to 13 MPa. However, when the $CaCO_3$ content reached 15%, the stress decreased again

ISSN 3030-3907

and amounted to 11 MPa, which indicates that the particles were not evenly distributed in the matrix due to the formation of particle agglomerations at high concentrations.

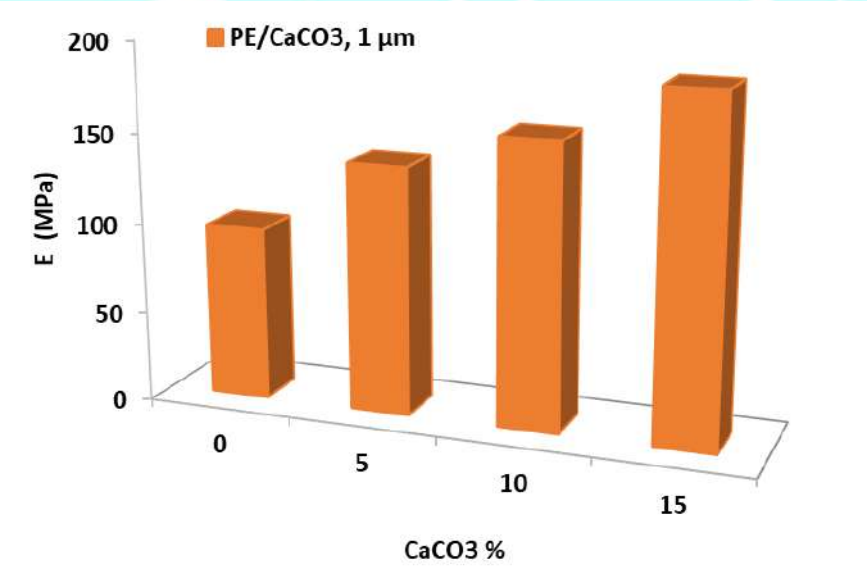


Figure 2. Effect of calcium carbonate content in polyethylene on Young‘s modulus values

It was found that the Young‘s modulus values, which represent the strength and stiffness of the material, also increased in composites with an increase in the proportion of nano-CaCO3 in the PE composition. In the composites obtained in laboratory conditions with the participation of nano-CaCO3, the initial value was 96.2 MPa, but with the addition of 5% $CaCO_3$ it increased to 140.2 MPa, at 10% - to 159.6 MPa, and at 15% - to 192.3 MPa. This confirms the role of the particles in increasing the stiffness.

Although the particles increase the stiffness in the polymer matrix, they do so at the expense of elasticity and ductility. As the material becomes stiffer and stronger, its elasticity decreases, which ultimately affects the material's elongation at break (Figure 3).

ISSN 3030-3907

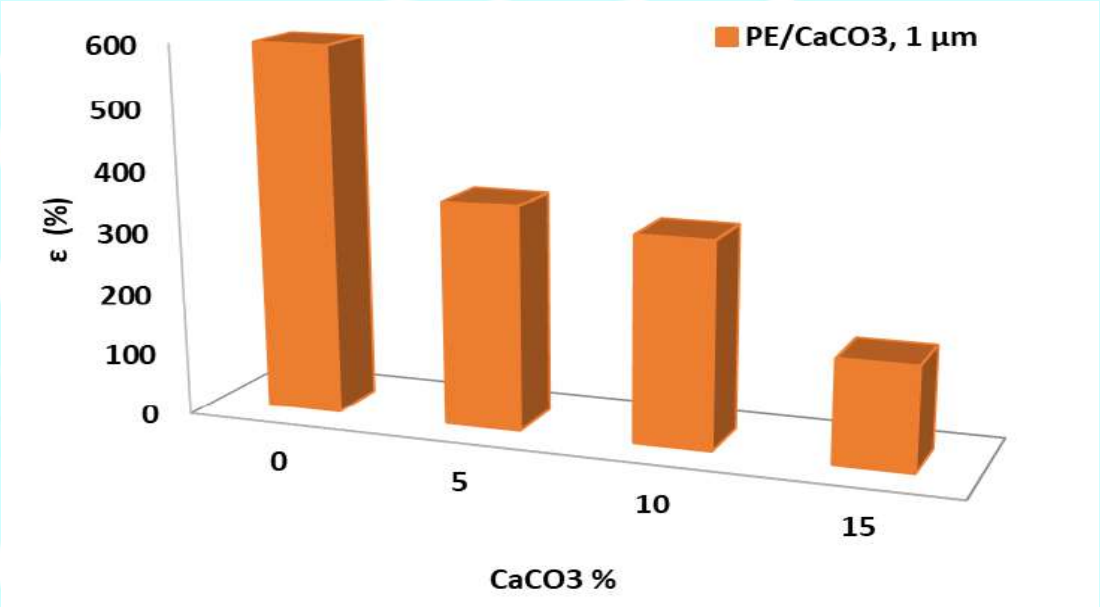


Figure 3. The effect of the proportion of calcium carbonate in the composition of polyethylene on the values of relative elongation at break

The effect of filler particle size on the elongation at break of the composite of PE and nano-CaCO3 was clearly visible. The elongation at break (ε) of the composite obtained with nano-CaCO3 in laboratory conditions was 596.1% for the original polyethylene, but decreased to 358.9% with the addition of 5% $CaCO_3$, and to 164.5% with a 15% loading. These changes indicate a decrease in the elasticity and flexibility of the composites. In particular, a significant decrease in plasticity was observed with increasing particle size, indicating that the material became brittle.

The results obtained show that the addition of calcium carbonate significantly changes the mechanical properties of polyethylene. Samples with 5% and 10% $CaCO_3$ addition maintained the optimal balance between strength and flexibility. However, when the $CaCO_3$ content was increased to 15%, although the strength increased, a decrease in elasticity was observed. These results are consistent with previous studies, for example, studies on high-density polyethylene and calcium carbonate-based composites also showed an increase in Young‘s modulus and a decrease in elasticity with increasing $CaCO_3$ content [2]. The addition of nanoparticle $CaCO_3$ in the size range of 1 µm increases the hardness and strength properties of PE-based nanocomposites to some extent, but these changes occur at the expense of plasticity. It is observed that particles of this size cannot transmit stress effectively due to their dispersion properties, relatively small surface area, and tendency to agglomerate. Therefore, these composites are suitable for applications where strength is required but low elasticity is required. The results showed that the addition of $CaCO_3$ increases the hardness and strength of the material, but reduces elasticity. Samples with 5-10% $CaCO_3$ addition showed

ISSN 3030-3907

optimal results, which suggests that this may be the most suitable range for practical applications.

CONCLUSION

The above analysis shows that the mechanical properties of polyethylene-based nanocomposites are directly dependent on the amount of $CaCO_3$ particles added to the composition. Under the influence of nano-$CaCO_3$ particles with a size of 1 μm, the composites had relatively low strength, and the elasticity decreased sharply. Although the Young's modulus increased in all cases, these indicators led to the embrittlement of the composite. From a practical point of view, by adding $CaCO_3$ in an amount of 5–10%, it is possible to obtain polyethylene composites with high strength and a sufficient level of elasticity. This allows them to be effectively used in various packaging materials, film products or other industrial sectors where strong but flexible elements are required.

Funding. The research was conducted in 2025–2026 at the Laboratory of Nanostructured Composite Polymer Materials, Institute of Polymer Chemistry and Physics, within the framework of the scientific project "Functional, including nanostructured, polymer composite materials".

REFERENCES

1. Morphological properties // Journal of Applied polymer science. – 2006. – T. 101. – №. 4. – C. 2559-2564. https://doi.org/10.1002/app.23920

2. Mantia F. P. L. et al. Rheological and mechanical behavior of LDPE/calcium carbonate nanocomposites and microcomposites // Journal of Applied Polymer Science. – 2013. – T. 127. – №. 4. – C. 2544-2552. https://doi.org/10.1002/app.37875

3. Lu, H., Hu, Y., Li, M., Chen, Z., & Fan, W. Structure characteristics and thermal properties of silane-grafted-polyethylene/clay nanocomposite prepared by reactive extrusion. Composites science and technology, 2006, 66(15), 3035-3039. https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2006.01.018

4. Weon, J. I. Effects of thermal ageing on mechanical and thermal behaviors of linear low density polyethylene pipe. Polymer degradation and stability, 2010, 95(1), 14-20. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2009.10.016

5. Almeras, X., Le Bras, M., Hornsby, P., Bourbigot, S., Marosi, G., Keszei, S., & Poutch, F. Effect of fillers on the fire retardancy of intumescent polypropylene compounds. Polymer degradation and stability, 2003, 82(2), 325-331. https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00187-3

6. Leong, Y. W., Bakar, M. A., Ishak, Z. M., & Ariffin, A. Characterization of talc/calcium carbonate filled polypropylene hybrid composites weathered in a natural environment. Polymer Degradation and Stability, 2004, 83(3), 411-422. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2003.08.004

ISSN 3030-3907

7. Tang, Y., Hu, Y., Song, L., Zong, R., Gui, Z., Chen, Z., & Fan, W. (2003). Preparation and thermal stability of polypropylene/montmorillonite nanocomposites. Polymer Degradation and Stability, 2003, 82(1), 127-131. https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00173-3
8. Tang, Y.; Hu, Y.; Song, L.; Zong, R.; Gui, Z.; Chen, Z.; Fan, W. Polym Degrad Stab 2003, 82, 127. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2005.05.016
9. Li, Y.; Fang, Q. F.; Yi, Z. G.; Zheng, K. Mater Sci Eng A 2004, 370, 238. https://doi.org/10.1016/j.msea.2003.07.014
10. Wang W. Y. et al. Preparation and characterization of calcium carbonate/low-density-polyethylene nanocomposites //Journal of Applied polymer science. – 2007. – Т. 106. – №. 3. – С. 1932-1938. https://doi.org/10.1002/app.26833
11. Ma'ali R. et al. Improvement of tensile properties of recycled low-density polyethylene by incorporation of calcium carbonate particles //International Journal of Engineering & Management Research. – 2018. – Т. 8. – №. 3. – С. 195-200. https://doi.org/10.31033/ijemr.8.3.27

ISSN 3030-3907

QALMOQQIR OCHIQ KONINING QAZIB OLISH TIZIMI VA BURG‘ULASH-PORTLATISH ISHLARI YORDAMIDA QAZIB OLISHGA TAYYORLASH

Norqulov Nodir Botir o‘g‘li

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiya universiteti Mexanika va konchilik ishi fakulteti 1-bosqich magistranti

https://orcid.org/0009-0006-1239-685X

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekistonning eng katta konchilik korxonalaridan biri bo‘lgan Olmaliq Kon Metallurgiya Kombinati (OKMK) ga qarashli Qalmoqqir ochiq konining tuzilishi, kon geologik tavsifi hamda konda olib borilayotgan burg‘ulash-portlatish ishlari yordamida qazib olishga tayyorlash ishlari tahlil qilinadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Qalmoqqir ochiq koni nafaqat mintaqada, balki xalqaro ahamiyatga ega bo‘lgan yirik konchilik korxonasining asosiy va eng yirik bo‘g‘ini hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Qalmoqqir, polimetall kon, ruda, konchilik korxonasi, karer, skvajina, burg‘ulash stanoklari, pog‘ona, rangli metall, qoplama jinslar, kon massivi.

Аннотация. В статье анализируются структура, геолого-тектоническая характеристика и процессы подготовки горной массы к выемке посредством буровзрывных работ на Калмакырском карьере, одном из крупнейших подразделений Акционерного общества «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (АГМК). Исследования показывают, что Калмакырский открытый карьер является не только ключевым объектом регионального горнодобывающего комплекса, но и важнейшим звеном крупного предприятия, имеющего международное значение.

Ключевые слова: Калмаккир, полиметаллическое месторождение, руда, горнодобывающее предприятие, карьер, скважина, буровые станки, карьерный уступ, цветные металлы, покрывающие породы, горный массив.

Annotation. This article analyzes the structure, geological characteristics, and the processes of preparing the rock mass for extraction through drilling and blasting operations at the Kalmakyr open-pit mine, one of the largest divisions of the Almalyk Mining and Metallurgical Complex (AMMC). Research indicates that the Kalmakyr open-pit mine is not only a key component of the regional mining sector but also a major segment of mining enterprise of international significance.

Keywords: Qalmoqqir, polymetallic deposit, ore, mining enterprise, open-pit mine, borehole, drilling rigs, bench (open-pit bench), non-ferrous metals, overburden rocks, rock mass.

Kirish

ISSN 3030-3907

Qalmoqqir mis koni — “Olmaliq KMK” AJ ning asosiy konlaridan. Toshkent viloyatidagi Olmaliq shahrining shim.g‘arbiy qismiga tutashgan. Qalmoqqir mis koni. misporfir tipidagi dunyo bo‘yicha eng yirik hisoblangan 10 ta ob‘yektlar qatoriga kiradi. Kon cho‘kindi, vulkanogen va intruziv jinslar majmuasidan tarkib topgan, ularda magmatik hosilalar ko‘proq uchraydi. Konning geologik tuzilishida riolitporfirlar, dolomitlar va ohaktoshlar, andezitdatsitli porfirlar, kvarsli monsonitporfirlar, granodioritporfirli daykalar, dioritli va diabazli porfiritlar mavjud. Vulkanogen cho‘kindi qatlam jinslarini siyenitdiorit qatoridagi asosliroq intruzivlar yorib chiqqan va qisman ular bilan assimilyatsiyalashgan. Asosiy ruda qamrovchi jinslar yirik shtok shaklida mujassamlashgan siyenitdioritlar, dioritlar va riolitporfirlardir.

Qalmoqqir konining geologik strukturasi cho‘kindi, magmatik va metomorfik kon jinslaridan tashkil topgan. Sarg‘ish qumtoshlar va kulrang oxaktoshlar cho‘kindi jinslar tarkibiy qismi xisoblanadi. Magmatik jinslar tarkibini kvars-porfir, granodiorit-porfir, sionit-porfir va diorit kabi kon jinslari tashkil qiladi. Metomorfik kon jinslari esa, asosan, ikkilamchi kvarsitlar va marmarlashgan magmatik jinslardan tashkil topgan. Kondagi rudalar granodiorit porfirlar shtokining egzokontakt zonasida yertomir ko‘rinishida joylashgan bo‘lib, u sionitlar guruhi jinslari bilan alohida kichik (nuqtasimon) bo‘laklarga ajratilgan.

Ruda va kon jinslari massivi bir-biriga yaqin (zich) darzlar to‘ri bilan katta va kichik bloklarga bo‘lingan bo‘lib, yoriqlar erigan minerallar bilan to‘lgan [1].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Kon jinslarining qattiqlik koeffitsiyenti professor M.M.Protodyakonov shkalasi bo‘yicha 6-10 dan 14 gacha o‘zgaradi. Sulfit rudalarining zichligi 2,6÷2,8 t/m^3, kon jinslarining zichligi esa 2,4÷2,6 t/m^3. Ruda va kon jinslarining ko‘pchish koeffitsiyenti 1,5 ga teng.

Qalmoqqir karyeri kon jinslari portlovchanlik ko‘rsatkichi bo‘yicha, darzdorlik darajasini hisobga olgan holda uch kategoriyaga bo‘linadi:

I – kategoriya – oson portlaydigan jinslar (kuchli darzdor siyenitlar, ikkilamchi jarayonlar natijasida o‘zgargan granodiorit-porfirlar) M.M.Protodyakonov shkalasi bo‘yicha bu jinslarning qattiqlik koeffitsiyenti 6-8 ni tashkil qiladi.

II – kategoriya o‘rtacha portlovchan jinslar (mayda va o‘rtacha darzdor sulfid rudalar, ikkilamchi granodiorit – porfirlar, o‘zgargan siyenitlar kvarslangan siyenit-dioritlar, siyenitlar va siyenit-dioritlar hamda rudalangan sulfidlardan tashkil topgan ikkilamchi kvarsitlar). Bularning qattiqlik koeffitsiyenti 8-12 ga teng.

III – kategoriya – qiyin portlaydigan jinslar (zichligi yuqori, siyrak darzlikka ega bo‘lgan yirik blokli ikkilamchi kvarsitlar), qattiqlik koeffitsiyenti 10-14.

ISSN 3030-3907

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ushbu maqolada tahlil, sintez, qiyosiy va statistik tahlil kabi ilmiy tadqiqot usullari samarali qo‘llanilgan.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Qalmoqqir koni uchta karyer bilan qazib olinadi: Konni ochish, Sharqiy va Markaziy karyerlar, amalda esa har uchchala karyer bitta karyer hisoblanadi. Ochish va foydali qazilmani qazib olish ishlari hozirgi vaqtda 25 ta pog‘onada olib boriladi. Ulardan 16 tasining balandligi loyiha bo‘yicha – 15 m, 9 tasiniki esa – 22,5 m. Pog‘onalarning qiyalik burchagi $70\text{-}80^0$.

Karyerda transportli qazish tizimi qo‘llanadi va qoplama jinslar tashqi ag‘darmaga tashiladi. Kon massasini tashish asosan temir yo‘l transportida, qisman esa avtotransport yordamida amalga oshiriladi. Bunda katta ilashish kuchiga ega bo‘lgan elektrovozlar, yuk ko‘tarish qobiliyati 105 tonnali dumpkarlar, 75 va 110 tonnali BelAZ rusumli avtoag‘dargichlardan foydalaniladi. Qazib olingan kon massasi dumpkar va avtooag‘dargichlarga 20 dan ortiq EKG-8I, EKG-5U, EKG-12,5, EKG-15 rusumli, cho‘mich xajmi 4 dan 15 m^3 gacha bo‘lgan ekskavatorlar bilan yuklanadi [2].

Hozirgi vaqtda karyerda 25 ta pog‘ona hosil qilingan bo‘lib, ulardan 16-17 tasida doimo qazish ishlari olib boriladi. Ishchi pog‘onalarning balandligi 15-22,5 m ni tashkil qiladi. Pog‘ona ishchi maydoni minimal kengligi 40-60 m. Ekskavator ish frontining uzunligi: yuqori gorizontlarda 800-1000 m, pastki gorizontlarda esa 600-800 m. Karyer yer yuzasidan +670 m balandlik belgisigacha joylashgan pog‘onalar balandligi 22,5 m, bulardan pastdagi pog‘onalar balandligi esa - 15 m ni tashkil qiladi.

Hozirgi vaqtda karyerning yillik chuqurlanish tezligi 5-6 m ni, ish frontining surilish tezligi esa 90-100 m ni tashkil qilmoqda. Temir yo‘l transporti bilan yuklarni tashishning o‘rtacha masofasi: ruda bo‘yicha 10 km, qoplama jins bo‘yicha 8 km.

So‘ngi yillarda “Qalmoqqir” karyerida unumdorligi yuqori va ishchi parametrlari katta bo‘lgan EKG-12,5, EKG-15 rusumli ekskavatorlarning qo‘llanishi natijasida qoplama jins pog‘onlarining balandligi 15 m dan 22,5 m gacha, ekskavator kirmalarining eni 18-20 m dan 28-30 m gacha ko‘paygan. Natijada karyerdagi pog‘onalar soni kamayib, transport kommunikatsiyalarining uzunligi 12,5 km ga qisqargan [3].

Qalmoqqir ochiq konining burg‘ulash-portlatish ishlari. Karerda skvajinalar SBSH-250 MN-30 rusumli burg‘ulash stanoklari bilan burg‘ulanadi. Portlatish yordamida kon massivini maydalash usuli sifatida asosan, vertikal skvajina zaryadlari usuli qabul qilingan. Skvajina zaryadlarini portlatish detonatsiya piligi va elektrik usullarda amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Portlatish ishlari – skvajinalarni portlovchi moddalar bilan zaryadlash va ularni tiqinlash ishlari zaryadlash mashinalari yordamida bajariladi. Karyerda qo‘llanayotgan ekskavatorlar cho‘michining o‘lchamlariga nisbatan portlatilgan kon massasidagi konditsion bloklarning maksimal o‘lchami 1500 mm dan oshmasligi lozim (MOF ga o‘rnatilgan tegirmonning qabul qilish panjarasi bo‘yicha).

Portlatilgan kon massasidagi nokonditsion (nogobarit) bo‘laklarning miqdori 1,5-2,0 % ni tashkil qiladi. Nogobaritlarni ikkilamchi maydalash, asosan, ustquyma portlovchi modda zaryadlari yordamida bajariladi. Qalmoqqir karyeri uzluksiz yillik rejimda ishlaydi. Sutkalik ish rejimi ham uzluksiz – 12 soatlik ish smenada kon ishlari bajariladi. Portlatish uchastkasi 5 ish kunlik xafta bo‘yicha uzlukli rejimda faoliyat yuritadi. Portlatish ishlari xaftada bir marta bir necha gorizontlarda bajariladi [4].

Kondagi jinslarning xossalaridan kelib chiqqan holda Qolmoqqir karyerida barcha kon jinslari burg‘ulash va portlatish ishlari yordamida qazib olishga tayyorlanadi. Bugungi kunda karyerda jami 18 dona SBSh-250MN-A-30 rusumidagi burg‘ulash stanogi mavjud bo‘lib, ular yordamida kon jinslari massivida diametri 250 mm bo‘lgan skvajinalar burg‘ulanadi. Burg‘ulash ishlarining yillik ish hajmi qariyib 500000 pog.m. bo‘lib, bir oyda o‘rtacha 42000 pog.m. burg‘ulash ishlari bajariladi. Bunda burg‘ulanadigan skvajinalar chuqurligi pog‘ona balandligiga bog‘liq bo‘lib, quyidagilarni tashkil etadi: balandligi 22,5 m bo‘lgan pog‘onalarda 28 m va balandligi 15 m bo‘lgan pog‘onada 18 m.

Bunda 70% ga yaqin skvajinalar suvli gorizontlarda burg‘ulanadi. Quruq skvajinalarni burg‘ulashda suv-havo aralashmasi skvajinaga berib turilishi hisobiga burg‘ulash ishlari natijasida hosil bo‘ladigan changlar karyer atmosferasini ifloslantirmasligi ta’minlanadi [2].

Burg‘ulash uskunalariga texnik suvni tashish uchun karyerda KRAZ rusumli har birining sig‘imi 10 m^3 bo‘lgan 2 ta suv tashish mashinasi qo‘llaniladi. Ular texnik suvni rudnik suv chiqarish joyidan olib kelib burg‘ulash uskunalariga bo‘shatadi. Ushbu ishlar kunduz kuni amalga oshiriladi. Yana shuni ham alohida ta’kidlash kerakki karyerda burg‘ulash ishlari faqatgina kunduzi, dam olish kunlarisiz 1 ta 12 soatlik smenada amalga oshiriladi, ya’ni smena ertalab 07^{00} dan kechki 19^{00} gacha davom etadi.har bir burg‘ulsh uskunasida mashinist va mashinist yordamchisi ishlaydi. Burg‘ulash snaryadi har birining uzunligi 8 m va diametri 243 mm dan bo‘lgan 4 ta burg‘ulash shtangasidan iborat. Bugungi kunda “Volgaburmash” firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan dolotalardan foydalanilmoqda.

Portlatish ishlari “Olmaliq KMK” AJ ning portlatish ishlarini olib boruvchi uchastkasi tomonidan amalga oshiriladi. Portlatish vositalari karyer maydonidan

ISSN 3030-3907

25 km masofada joylashgan portlovchi moddalar tayyorlash zavodida tayyorlanadi. Portlatish ishlari har haftaning payshanba kunlari soat 14^{00} dan 16^{00} gacha amalga oshiriladi. Skvajinalarni zaryadlash ishlari haftaning dushanba-payshanba kunlari olib boriladi. Zaryadlangan seriyalar portlatish kunigacha maxsus qo‘riqlash bo‘limi tomonidan qo‘riqlanadi [1].

Karyerdagi kon jinslari portlash darajasi bo‘yicha 3 ta toifaga bo‘lingan va ularning foiz miqdori quyidagicha:

1-toifa: yengil portlovchi 10%

2-toifa: o‘rtacha portlovchi 45%

3-toifa: qiyin portlovchi 45%

Bugungi kunda burg‘ulanayotgan skvajinalarning suvlilik darajasi quyidagicha: quruq skvajinalar - 30 %, suvli skvajinalar – 70%. Karyer maydoni chuqurligining ortishi bilan parallel ravishda skvajinalarning suvlilik darajasi ortib boradi va pastki gorizontlarda ushbu ko‘rsatgich 90-95% gacha yetadi. Portlovchi moddaning solishtirma sarfi 1 m^3 kon jinsi uchun 0.3 kg dan 0,63-0,7 kg gacha ko‘rsatgichni tashkil etadi. Portlovchi moddaning o‘rtacha sarfi quruq skvajina zaryadlarida 0,72 kg/m^3 va suvli skvajina zaryadlari uchun 0,76 kg/m^3 ni tashkil qiladi.

Kon jinslari portlash darajasi bo‘yicha toifalariga bog‘liq holda skvajina to‘rlari har xil qiymatlarni tashkil etadi: 1-toifa kon jinslari uchun 9,5x9,5 m; 2-toifa kon jinslari uchun 8,5x8m va 3-toifa kon jinslari uchun 7x6,5m ni tashkil qiladi. 1 pog.m. skvajinaning portlovchi modda bo‘yicha sig‘imi 44 kg, skvajinadagi zaryad uzunligi 11-12m, zaboyka uzunligi 5-7 m bo‘lib, 1 pog.m. skvajina zaryadi portlashidan hosil bo‘ladigan kon jinslari hajmi 53-56 m^3 ni tashkil qiladi [3].

Bundan tashqari karerda emulsion portlovchi moddalardan ham foydalaniladi. Emulsiya pastaga o‘xshash suyuq konsistensiya bo‘lib, u zarba va yonib ketishga xavfsiz. Emulsiyali portlovchi modda bu ANFO va emulsiyaning aralashmasidir. ANFO – bu 94% granullangan ammiakli selitra va 4% dizel yoqilg‘isining aralashmasidir. Ushbu komponentlarni aralashtirish zavoddagi statsionar joylashgan uskuna yordamida yoki zaryadlash mashinasida amalga oshiriladi.

Emulsiyali portlovchi modda xavfsizligi, arzonligi, suvga chidamliligi va saqlash muddati uzoqligi bilan boshqa portlovchi moddalardan ajralib turadi.

XULOSA.

Qalmoqqir koni O‘zbekistondagi eng yirik polimetall konlaridan biri bo‘lib, uning geologik tuzilishi, murakkab ma‘dan tarkibi va katta zaxiralari uni mintaqaviy ahamiyatga ega konga aylantiradi. Qalmoqqir ochiq konida kon massasini burg‘ulash–portlatish ishlari yordamida qazib olishga tayyorlash

ISSN 3030-3907

murakkab geologik, texnik va geomekanik jarayonlarni o‘z ichiga oladi. Tog‘ jinslarining fizik-mexanik xossalarini chuqur o‘rganish, portlatish parametrlarini ilmiy asoslash va portlovchi moddalarning optimal tanlanishi kon qazib olish samaradorligining asosiy omillaridan biridir. Zamonaviy modellashtirish, elektron detonatorlar, optimallashtirilgan burg‘ulash naqshlari kon massasining bo‘laklanishini yaxshilaydi, portlash tebranishlarini kamaytiradi va qazib olish tannarxini sezilarli darajada pasaytiradi. Shunday qilib, Qalmoqqir koni uchun ilg‘or burg‘ulash–portlatish texnologiyalarining qo‘llanilishi strategik ahamiyatga ega. Quyidagi takliflar konni samarali o‘zlashtirishga va burg‘ulash-portlatish ishlarini optimallashtirishga yordam beradi:

Elektron detonatorlarning to‘liq joriy etilishi – tebranishni 20–30% kamaytiradi.

Tiqin aralashmalarining optimallashtirilishi (gips + SiO_2 qo‘shimchalari) – energiya yo‘qotilishini kamaytiradi.

Katta diametrli quduqlarga o‘tish (270–311 mm) – burg‘ulash xarajatini kamaytiradi.

Portlatishdan keyin dron yordamida bo‘laklanishni real-vaqtda baholash.

AI asosidagi portlatish parametrlarini prediktiv boshqarish – tejamkorlikni oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Sagatov N.X. Kon ishlari asoslari. – Toshkent, 2004.
2. Sagatov N.X., Aripova L.T., Petrosov Y.E., Djabbarov M.N. Ochiq usulda qazib olish ishlari texnologiyasi va kompleks mexanizatsiyalash. – Toshkent: Kamalak press, 2015.
3. Soatov B.Sh., Abdisoatov S.Z., Norqulov N.B. Foydali qazilma konlarini yer ostida qazib olishda foydalanilayotgan texnologik sxemalarni tahlil qilish va ularni takomillashtirish bo‘yicha tadqiqotlar. – Termiz: TerDMAU, 2025.
4. Ржевский В.В. Открытие горные работы. Производственные протсессы. – М: Недра,1985.

ISSN 3030-3907

KO‘KRAK QAFASI RENTGEN TASVIRLARI ASOSIDA VIRUSLI PNEVMONIYANI ANIQLOVCHI INTELLEKTUAL TASHXISLASH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Dildora Muhamedieva Kabilovna
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU professori,
E-mail: matematichka@inbox.ru
Naim Nodira Abdujalolovna
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU tayanch doktoranti,
E-mail: naimnodira02@gmail.com
Mansurova Mahina Yashnarovna
University of Management and Future Technologies PhD dotsenti,
E-mail: m.ya.mansurova@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda ko‘krak qafasi rentgen tasvirlari (CXR) asosida virusli pnevmoniyani avtomatlashtirilgan tarzda aniqlovchi intellektual diagnostika tizimi ishlab chiqildi. Tasvir sifatini yaxshilash uchun CLAHE algoritmi, o‘pka zonalarini ajratish uchun UNet arxitekturasi, tasniflash bosqichida esa CNN–SVM gibrid modeli qo‘llandi. Taklif etilgan yondashuv diagnostika jarayonini avtomatlashtirish, aniqlik va sezgirlikni oshirish hamda radiologlar yuklamasini kamaytirishga xizmat qiladi. Tizimning funksional modeli IDEF0 yordamida rasmiylashtirildi.

Kalit so‘zlar: Pnevmoniya, rentgen tasviri, CNN, SVM, CLAHE, segmentatsiya, IDEF0.

Аннотация: В данном исследовании разработана интеллектуальная диагностическая система для автоматизированного выявления вирусной пневмонии на основе рентгеновских изображений грудной клетки (CXR). Для улучшения качества изображений применён алгоритм CLAHE, для выделения лёгочных зон использована архитектура UNet, а на этапе классификации — гибридная модель CNN–SVM. Предлагаемый подход способствует автоматизации диагностического процесса, повышению точности и чувствительности, а также снижению нагрузки на радиологов. Функциональная модель системы была формализована с помощью метода IDEF0.

Ключевые слова: Пневмония, рентгеновское изображение, CNN, SVM, CLAHE, сегментация, IDEF0.

Abstract: In this study, an intelligent diagnostic system was developed for the automated detection of viral pneumonia based on chest X-ray (CXR) images. The CLAHE algorithm was applied to enhance image quality, the UNet architecture was used for lung zone segmentation, and a hybrid CNN–SVM model was employed at the classification stage. The proposed approach contributes to the

ISSN 3030-3907

automation of the diagnostic process, improves accuracy and sensitivity, and reduces the workload on radiologists. The functional model of the system was formalized using the IDEF0 method.

Keywords: Pneumonia, X-ray image, CNN, SVM, CLAHE, segmentation, IDEF0.

1. Kirish

Virusli pnevmoniya global sog‘liqni saqlash tizimi uchun eng xavfli nafas yo‘llari infeksiyalaridan biri bo‘lib, JSST ma’lumotlariga ko‘ra har yili millionlab bemorlar ushbu kasallik bilan kasallanadi. Ayniqsa COVID-19 pandemiyasi davrida diagnostika jarayonini avtomatlashtirish, xatolarni kamaytirish va erta tashxis qo‘yishni tezlashtirishga bo‘lgan ehtiyoj keskin oshdi[11].Rentgen tasvirlarida virusli pnevmoniyaga xos ground-glass opacity (GGO), infiltratsiya va periferik o‘zgarishlar ba’zan zaif ko‘rinadi. Sifat pastligi, shovqin, kontrast yetishmasligi aniqlikni kamaytiradi. Shu sababli tasvirlarni oldindan ishlov berish, segmentatsiya qilish va chuqur o‘rganish metodlari yordamida avtomatik diagnostika tizimlari ishlab chiqish dolzarb vazifa hisoblanadi.Tadqiqotda tasvir kontrastini oshiruvchi CLAHE algoritmi, o‘pka segmentatsiyasi uchun UNet modeli va tasniflash uchun CNN–SVM gibrid yondashuvi qo‘llanildi.

2. Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili.

Virusli pnevmoniyani tasvirlar orqali aniqlash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar oxirgi yillarda keskin faollashdi. Klassik CNN modellaridan tortib transformer arxitekturalarigacha bo‘lgan turli yondashuvlar pnevmoniya diagnostikasida qo‘llanilgan [1,2].

Zare va Mohammadpoor (2021) CLAHE algoritmining tibbiy tasvirlarda lokal kontrastni oshirishdagi ustunligini ta’kidlab, GGO va infiltratsiya kabi belgilarni aniqlashda sezilarli yaxshilanish kuzatilganini ko‘rsatdi. Khalid va Feng (2021) esa CXR tasvirlarini adaptiv CLAHE yordamida optimallashtirish natijasida CNN modellari aniqligi 4–6% ga oshganini qayd etdi.

Rajpurkar et al. tomonidan ishlab chiqilgan CheXNet modeli (121 qatlamli DenseNet) rentgen tasvirlarida pnevmoniyani radiolog darajasiga teng aniqlikda aniqlagan eng mashhur modellaridan biridir. Kermany v.b (2018) VGG16 arxitekturasi asosida CXR tasvirlarida pnevmoniya tasnifida 92% aniqlikka erishgan[8].

Ozturk v.b. (2020) DarkCovidNet arxitekturasini taklif etib, COVID-19, bakterial va virusli pnevmoniyani ajratishda samaradorlikni namoyish etdi.

Ronneberger v.b tomonidan yaratilgan UNet tibbiy tasvirlar segmentatsiyasida “oltin standart”ga aylangan. So‘nggi yillarda uning yaxshilangan variantlari — UNet++, Attention-UNet, TransUNet — CXR segmentatsiyasi aniqligini keskin oshirgan[5].

ISSN 3030-3907

Qure.ai, Lunit Insight, Botkin.AI kabi zamonaviy tijoriy diagnostika tizimlari HIS–PACS muhitiga integratsiya qilingan holda ishlaydi. Bu tizimlar klinik sharoitda real vaqt tahlilni ta’minlab, radiologlar yukini 30–50% ga kamaytirgan.

3. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot virusli pnevmoniyani ko‘krak qafasi rentgen tasvirlari asosida avtomatlashtirilgan tarzda aniqlash jarayonini ilmiy asosda modellashtirish, tasvirlarni raqamli qayta ishlash va chuqur o‘rganish algoritmlaridan foydalanish orqali yuqori diagnostik aniqlikka erishishni maqsad qiladi. Metodologiya bosqichma-bosqich qurilgan bo‘lib, tasvirlarni tayyorlash, ularni tahlil qilish, gibrid model yaratish, natijalarni baholash va tizim jarayonlarini IDEF0 orqali rasmiylashtirish kabi qator ilmiy amaliyotlarni o‘z ichiga oladi.

3.1. Ma’lumotlar to‘plamini shakllantirish

Tadqiqotda nufuzli ochiq ma’lumotlar to‘plamlaridan foydalanildi:

- Chest X-Ray (Pneumonia) Dataset,
- COVID-19 Radiography Dataset.

Ma’lumotlar normal, virusli pnevmoniya va bakterial pnevmoniya sinflariga ajratilgan. Tasvirlar turli klinikalarda olingani sababli ularning sifati bir xil emas, bu esa ularni standartlashtirish hamda oldindan ishlov berishni talab qildi. Ma’lumotlarni tozalash bosqichida artefaktlar, metadata xatolari va noto‘g‘ri yorliqlangan namunalar bartaraf etildi.

3.2 Tasvirlarni standartlashtirish va normallashtirish

Rentgen apparatlarining texnik parametrlari, tasvir o‘lchamlaridagi farqlar hamda yorug‘lik noaniqligi diagnostik jarayonni murakkablashtiradi. Shu sababli tasvirlar quyidagi tartibda bir xillikka keltirildi:

- rasm o‘lchamlarini 224×224 pikselga o‘zgartirish;
- grayscale (bir kanalli) formatga o‘tkazish;
- piksel intensivliklarini 0–1 oraliqda normallashtirish;
- DICOM formatdan asosiy texnik parametrlarni ajratib olish.

Bu bosqich modelga uzatiladigan ma’lumotlarning sifati va izchilligini keskin oshirdi.

3.3. CLAHE yordamida kontrastni yaxshilash

Virusli pnevmoniya belgilarining ko‘pi (GGO, infiltratsiya, bulutli o‘choqlar) oddiy rentgen tasvirlarida yetarlicha ravshan ko‘rinmaydi. Shu sababli CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization**)** algoritmi qo‘llandi. CLAHEning metodik ustunliklari:

- tasvir lokal bloklarga ajratiladi;
- har bir blok uchun alohida histogramma tenglashtiriladi;
- kontrastning haddan tashqari oshib ketishi clip-limit orqali boshqariladi;

ISSN 3030-3907

- rasmning global tuzilishi buzilmasdan lokal tafsilotlar ravshanlashadi.

Natijada model virusli pnevmoniyaga xos belgilarni aniqroq qabul qiladi[3, 4]. Tadqiqotda quyidagi ma'lumotlar to‘plamlari 80-10-10 tamoyiliga muvofiq taq simlandi:

- Trening to‘plami: 5,856 tasvir (80%)
- Validatsiya to‘plami: 732 tasvir (10%)
- Test to‘plami: 732 tasvir (10%)

Sinflar bo‘yicha taqsimot:

- Normal: 2,348 tasvir (32%)
- Virusli pnevmoniya: 2,509 tasvir (34%)
- Bakterial pnevmoniya: 2,463 tasvir (34%)

3.4. O‘pka zonalarini segmentatsiya qilish

Analitik jarayonni aniqlashtirish maqsadida o‘pka tashqarisidagi hududlar olib tashlanib, faqat diagnostik jihatdan ahamiyatli piksel maydonlari qoldirildi. Segmentatsiya quyidagi yondashuvlar asosida bajarildi:

- UNet va unga yaqin arxitekturalar orqali semantik segmentatsiya;
- kontur va maskalar orqali o‘pkani anatomik izolyatsiya qilish;
- shovqinli chetlar va qovurg‘a soyalarini minimallashtirish.

Bu bosqich tasniflash modulining aniqligini oshirishda muhim rol o‘ynadi.

3.5. Xususiyatlarni ajratish uchun CNN arxitekturalari

Rentgen tasvirida virusli pnevmoniya belgilarining xilma-xil ko‘rinishi (diff uz, segmentar, periferik) sababli chuqur o‘rganish metodlari xususiyatlarni ajratis hning eng samarali vositasi sifatida tanlandi. UNet modeli o‘pka segmentatsiyasid a quyidagi natijalarni ko‘rsatdi:

- Dice Coefficient: 0.956 ± 0.012
- Intersection over Union (IoU): 0.917 ± 0.015
- Pixel Accuracy: 98.2% ± 0.3%

Tadqiqotda quyidagi arxitekturalar sinovdan o‘tkazildi:

1-Jadval:

Turli CNN arxitekturalarining sinov natijalari. CNN-SVM gibrid modeli eng yuqori natijalarni ko‘rsatdi.

Model	Aniqlik	Sezgirlik	O‘ziga xoslik	F1-Score
ResNet-50	94.2	92.8	95.5	0.934

ISSN 3030-3907

DenseNet-121	95.7	94.3	96.9	0.950
EfficientNet-B0	93.8	91.5	95.0	0.925
CNN-SVM	96.3	95.1	97.3	0.956

Mazkur jadvalda ResNet-50, DenseNet-121, EfficientNet-B0 va CNN–SVM gibrid modeli asosida o‘tkazilgan tasniflash tajribalarining asosiy ko‘rsatkichlari taqdim etilgan. Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, CNN–SVM modeli aniqlik, sezgirlik va F1-mezon bo‘yicha eng yuqori natijani qayd etgan. Bu gibrid yondashuvning xususiyatlarni chuqur o‘rganish va optimal bo‘luv chegarasini qurish imkoniyatlari birgalikda samarali ishlashini tasdiqlaydi[5,6].

3.6. CNN–SVM gibrid modeli asosida tasniflash

Tasniflash jarayonida chuqur o‘rganish va an’anaviy mashinaviy UNet

$$f(x)=\sum_{i=1}^{n}\alpha_i y_i K(x_i,x)+b$$

- α_i — modelning o‘rgatilgan og‘irlik koeffitsiyentlari,
- y_i — sinf yorliqlari (+1 yoki –1),
- $K(x_i,x)$ — RBF yoki polynomial kernel funksiyasi,
- b — bias koeffitsienti.

Bu yerda:

Model o‘qitish parametrlari:

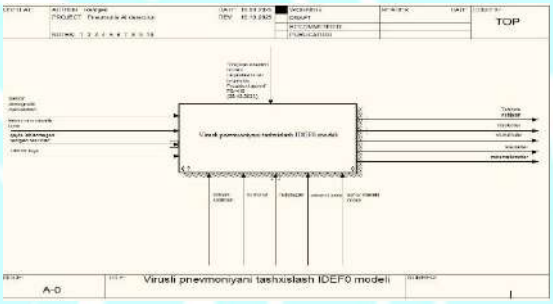
- Optimizer: Adam (learning rate = 0.001)
- Batch hajmi: 32
- Epoxalar soni: 50 (early stopping patience = 10)
- Yo‘qotish funktsiyasi: Categorical Cross-Entropy
- SVM kernel: RBF (C=1.0, gamma='scale')
- Segmentatsiya uchun UNet parametrlari: filter=64, dropout=0.2

Diagnostika tizimini IDEF0 asosida modellashtirish

IDEF0 metodologiyasi asosida virusli pnevmoniyani avtomatlashtirilgan tashxislash tizimining funksional modeli ishlab chiqildi. A-0 darajada tizimning umumiy funksional vazifalari aniqlanib, kirish ma’lumotlari (bemorning demografik ma’lumotlari, kasallik tarixi, DICOM formatdagi rentgen tasvirlari),

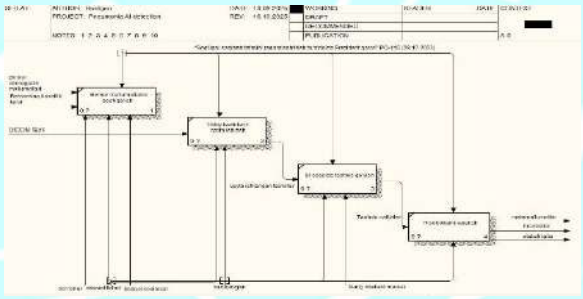
ISSN 3030-3907

nazorat elementi (PQ–415 sonli Prezident qarori), mexanizmlar (tibbiyot xodimlari, axborot tizimi, sun’iy intellekt moduli) va chiqish ma’lumotlari (tashxis natijalari, hisobotlar va metama’lumotlar) belgilandi.



1-rasm: Tizimning yuqori darajadagi funksional diagrammasi

IDEF0 metodologiyasi asosida virusli pnevmoniyani avtomatlashtirilgan tashxislash tizimining funksional modeli ishlab chiqildi. Tizimning asosiy kirish, chiqish, nazorat va mexanizm elementlarini ko‘rsatadi (1-rasm).



2-rasm: Pnevmoniyani tashxislash funksional bloklar diagrammasi

Tizimning to‘rt asosiy funksional blokini va ular orasidagi ma'lumot oqimla rini tasvirlaydi.

A0 darajasida esa jarayonlar quyidagi ketma-ket funksional bloklarga ajratildi:

- A1 – Bemor ma’lumotlarini boshqarish
- A2 – Tibbiy tasvirlarni qayta ishlash
- A3 – Sun’iy intellekt asosida tashxis qo‘yish
- A4 – Hisobotlarni yaratish

Ushbu funksional parchalanish tizimning har bir bosqichi uchun axborot oqimini,

4. Natijalar

Tajribalar natijasida quyidagi ko‘rsatkichlarga erishildi:

2-Jadval:

CNN-SVM gibrid modelining ishlashi

Metrika	Qiymat	95% ishonch oralig‘i
Aniqlik	96,3%	[95.1%, 97.4%]
Sezgirlik	95,1%	[93.7%, 96.5%]

ISSN 3030-3907

O‘ziga xoslik	97,3%	[96.2%, 98.3%]
F1 Score	0,956	[0.948, 0.964]
AUC-ROC	0,982	[0.976, 0.988]
AUC-PR	0,961	[0.952, 0.970]

Ushbu jadval test to‘plamida o‘tkazilgan yakuniy baholash natijalarini aks ettirib, aniqlik, sezgirlik, o‘ziga xoslik, F1-score, AUC-ROC va AUC-PR kabi diagnostik ko‘rsatkichlar bo‘yicha modelning yuqori ishlashini tasdiqlaydi. Keltirilgan 95% ishonch oralig‘i model natijalarining statistik barqarorligini ko‘rsatadi[7,8,9].

3-Jadval :

Turli metodlarning solishtirma tahlili

Yondoshuv	Aniqlik	Sezgirlik	F1-Score
CHexNet	94.5	93.2	0.938
VGG-16	92.0	90.5	0.913
DarkCovidNet	93.8	92.1	0.929
Lunit Insight	95.2	94.0	0.945
Qure.ai qxR	94.8	93.5	0.942

Jadvalda taklif etilgan modelning CheXNet, VGG-16, DarkCovidNet, Lunit Insight va Qure.ai tizimlari bilan taqqoslangan natijalari aks ettirilgan. CNN–SVM modeli bu tizimlarning aksariyatidan aniqlik va F1-score bo‘yicha ustunligi bilan ajralib turadi, bu uning klinik diagnostikada qo‘llanishi uchun etarli salohiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

5. Xulosa

Ushbu tadqiqotda ko‘krak qafasi rentgen tasvirlari asosida virusli pnevmoniyani avtomatlashtirilgan aniqlashga mo‘ljallangan intellektual diagnostika tizimi ishlab chiqildi va uning samaradorligi turli tajriba sinovlari orqali baholandi. Tadqiqot jarayonida tasvir sifatini yaxshilashning muhim bosqichi sifatida CLAHE algoritmi qo‘llanildi va u virusli pnevmoniyaga xos infiltratsiya, GGO va periferik o‘zgarishlarning ko‘rinishini ancha ravshanlashtirdi. O‘pka zonalarining segmentatsiyasi, chuqur o‘rganish modellaridan olingan xususiyatlar va SVM klassifikatorining integratsiyasi diagnostika jarayonining aniqligini oshirishga xizmat qildi.

Tajribalar shuni ko‘rsatdiki, CNN–SVM gibrid modeli ayniqsa kichik va turli manbalardan olingan tasvirlar bilan ishlashda barqaror natija bera oladi. Model sezgirlik, aniqlik va F1-mezonlari bo‘yicha ijobiy ko‘rsatkichlarga erishdi, bu esa taklif etilgan yondashuvning amaliy tibbiyotda qo‘llanish imkoniyatini tasdiqlaydi. Tizimning funksional arxitekturasi IDEF0 modeli yordamida rasmiylashtirilgani

ISSN 3030-3907

esa algoritmning barcha bosqichlarini boshqaruv, mexanizm va axborot oqimi nuqtayi nazaridan aniq ifodalashga imkon berdi. Umuman olganda, ishlab chiqilgan yondashuv virusli pnevmoniyani erta aniqlash, tashxis jarayonini avtomatlashtirish, radiologlarning ish yukini kamaytirish va tibbiy xizmat sifati yaxshilanishida samarali qo‘llanishi mumkin. Kelgusida modelni yanada takomillashtirish uchun klinik ma’lumotlarni integratsiya qilish, segmentatsiya aniqligini oshirish va real vaqt rejimida ishlovchi tizimni yaratish ustida tadqiqotlarni davom ettirish maqsadga muvofiqdir.

ADABIYOTLAR

1. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *CVPR*.

2. Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. (2017). Densely connected convolutional networks. *CVPR*.

3. Tan, M., & Le, Q. (2019). EfficientNet: Rethinking model scaling for CNNs. *ICML*.

4. Nguyen, H. et al. (2021). CNN–SVM hybrid for medical imaging classification. *Pattern Recognition*.

5. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. *MICCAI*.

6. Zhou, Z. et al. (2019). UNet++: A nested U-Net architecture. *TMI*.

7. Chen, J. et al. (2021). TransUNet: Transformers make strong encoders for medical image segmentation. *ArXiv*

8. Rajpurkar, P. et al. (2017). CheXNet: Radiologist-level pneumonia detection on chest X-rays. *arXiv*.

9. Kermany, D. et al. (2018). Identifying pneumonia from chest X-rays using deep learning. *Cell*.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEK VA RUS (YOKI INGLIZ) TILIDAGI FRAZEOLOGIZMLARNING QIYOSIY TAHLILI.

Jumayeva Sadbarg Mirolimovna
O‘zbekiston davlat jahon tillari universiteti katta o‘qituvchisi
E-mail: Sadbarg_8788@mail.ru
0009000628052883

Annotatsiya. Ushbu ishda o‘zbek va rus (hamda ingliz) tillaridagi frazeologizmlarning qiyosiy tahlili amalga oshiriladi. Tadqiqotda uch tilga xos iboralarning tuzilishi, ma’no xususiyatlari, milliy-madaniy omillar va qo‘llanish doirasi o‘rganiladi. Shuningdek, mazkur frazeologizmlarning tarjima jarayonidagi qiyinchiliklari va ularni adekvat yetkazish usullari tahlil qilinadi. Qiyosiy o‘rganish natijalari uch tilda mavjud bo‘lgan umumiyliklar va farqlarni aniqlashga, frazeologik birliklarning semantik va stilistik xususiyatlarini chuqur anglashga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: Frazeologizm, qiyosiy tahlil, tarjima, madaniy omillar, idiomalar, semantika

Annotation. This study presents a comparative analysis of phraseological units in Uzbek, Russian, and English. The research examines the structural and semantic features of idioms, their cultural background, and usage patterns in each language. Special attention is given to the challenges of translating idiomatic expressions and strategies for achieving adequate translation. The findings of the comparative study reveal similarities and differences among the three languages and contribute to a deeper understanding of the semantic and stylistic characteristics of phraseological units.

Keywords: Phraseological units, comparative analysis, translation, cultural factors, idioms, semantics

Аннотация. В данной работе проводится сравнительный анализ фразеологизмов в узбекском, русском и английском языках. В исследовании изучаются структура, семантические особенности, национально-культурные факторы и сфера употребления устойчивых выражений, характерных для трёх языков. Кроме того, рассматриваются трудности передачи этих фразеологических единиц в процессе перевода и способы их адекватной интерпретации. Результаты сравнительного анализа позволяют выявить сходства и различия, существующие в трёх языках, а также глубже понять семантические и стилистические свойства фразеологических единиц.

Ключевые слова: фразеологизм, сравнительный анализ, перевод, культурные факторы, идиомы, семантика.

Kirish

ISSN 3030-3907

Til xalqning tarixi, dunyoqarashi, ma’naviyati va turmush tarzining eng muhim ifodachisidir. Har bir tilning o‘ziga xos bo‘lgan boyligi, eng avvalo, undagi frazeologik birliklar orqali namoyon bo‘ladi. Frazeologizmlar xalqning qadimiy urf-odatlari, turmush tajribasi, hayotiy kuzatuvlari va tafakkur tarzini mujassamlashtirgan til birligidir. Shu sababli frazeologizmlar nafaqat lingvistik hodisa, balki milliy-madaniy merosning muhim qatlami sifatida ham alohida o‘rganishni talab qiladi. O‘zbek, rus va ingliz tillari dunyoda nufuzli va ko‘p millionlik nutq egalariga ega bo‘lgan tillar sirasiga kiradi. Bu tillarning har biri o‘ziga xos tarixiy taraqqiyot yo‘liga, madaniyatiga, urf-odatlariga va ma’naviy qadriyatlariga ega. Ushbu farqlar, tabiiy ravishda, frazeologik tizimlarning shakllanishiga, obrazliligiga, ularning ma’no doirasiga ham bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Til egalari tafakkurining turlicha bo‘lishi, iqlim, geografiya, diniy qarashlar va yashash tarzining farqlanishi har uch tilning frazeologizmlarini bir-biridan ajratib turadi. Shu bilan birga, global madaniyat, xalqaro aloqalarning rivojlanishi va umumiy insoniy qadriyatlar ba’zan uch tilda o‘xshash frazeologik birliklarning shakllanishiga ham sabab bo‘lgan.

Frazeologizmlarni qiyosiy o‘rganish lingvistik bo‘lak sifatida ularning semantik, struktur va stilistik xususiyatlarini chuqur anglash imkonini beradi. Shuningdek, uch til frazeologizmlarining tarjima jarayonida qanday muammolar keltirib chiqarishi, ularni adekvat tarjima qilish yo‘llari, kontekstning ahamiyati, milliy-madaniy komponentlarning tarjimada saqlanishi kabi masalalar ham ushbu tadqiqotning dolzarb jihatlari hisoblanadi. Mazkur mavzuni o‘rganish bugungi kunda tarjimashunoslik, madaniyatlararo kommunikatsiya va qiyosiy tilshunoslik sohalarida ham katta ahamiyat kasb etadi. Shu boisdan ushbu ishda o‘zbek, rus va ingliz tillariga oid frazeologizmlar qiyosiy tahlil qilinadi, ularning umumiylik va farqlari aniqlanadi, shuningdek, har bir tilga xos bo‘lgan obrazlilik, mazmun, ma’no ko‘chishi va uslubiy bo‘yoqlar o‘rganiladi. Tadqiqot natijalari frazeologik birliklarning milliy xarakterini yoritishga, shuningdek, uch til o‘rtasida samarali tarjima va madaniyatlararo muloqot uchun zarur bo‘lgan nazariy asoslarni shakllantirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Frazeologizmlar, ularning lingvistik xususiyatlari, milliy-madaniy komponentlari va tarjima jarayonidagi o‘rni tilshunoslikning eng muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida ko‘plab olimlarning ilmiy izlanishlarida o‘z aksini topgan. O‘zbek tilshunosligida frazeologiya masalalarini o‘rgangan yetakchi tadqiqotchilar qatoriga A. G‘ulomov, A. Madvaliyev, M. Qo‘shjonov, H. Ne’matov, U. Tursunov, S. Solixo‘jayeva kabi olimlarni kiritish mumkin. Ularning tadqiqotlarida o‘zbek frazeologizmlarining kelib chiqishi, tarkibiy tuzilishi, obrazlilik manbalari hamda semantik xususiyatlari batafsil yoritilgan.

ISSN 3030-3907

Rus tilshunosligida frazeologiya bo‘yicha tadqiqotlar keng rivojlangan bo‘lib, bu sohada V. V. Vinogradov, A. I. Smirnitskiy, N. M. Shanskiy, A. V. Kunin, D. N. Ushakov kabi olimlarning ilmiy merosi muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, A. V. Kuninning frazeologiya nazariyasi va frazeologik lug‘atlari rus frazeologizmlarining tuzilishi, semantikasi hamda tarjima masalalarini o‘rganishda asosiy manbalardan biridir. Rus frazeologiyasida ko‘plab iboralar tarixiy, madaniy va mintaqaviy xususiyatlarga ega bo‘lib, bu ularni qiyosiy tadqiq qilishni yanada qiziqarli qiladi.

Ingliz tilshunosligida frazeologizmlar, idiomalar va barqaror birikmalar bo‘yicha tadqiqotlar Ch. Bally, N. Ray, J. Seidl, W. McMordie, J. Ayto kabi olimlarning ishlarida yoritilgan. Ingliz tilidagi idiomalar ko‘proq metaforik xarakterga ega bo‘lib, ingliz madaniyatida hayvonlar, ranglar, inson tana a’zolari va kundalik hayotga oid predmetlar asosida shakllangan frazeologizmlar keng uchraydi.

METODOLOGIYA

Mazkur tadqiqotda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi frazeologizmlarning qiyosiy tahlili quyidagi metodlar asosida amalga oshiriladi:

1. Qiyosiy-lingvistik tahlil metodi

Tadqiqotning asosiy metodlaridan biri bo‘lib, uch til frazeologizmlari semantik, struktur va uslubiy jihatdan o‘zaro qiyoslanadi. Bu metod orqali frazeologik birliklarning o‘xshashliklari, farqlari, milliy-madaniy omillar ta’siri aniqlanadi.

2. Semantik tahlil metodi

Frazeologizmlarning ichki ma’nosi, ko‘chma va obrazli ma’nolari, metaforik xarakteri, asosiy va konnotativ ma’no qatlamlari o‘rganiladi. Mazkur metod yordamida uch tildagi iboralarning mazmuniy bog‘liqligi va farqlari aniqlanadi.

3. Etymological (kelib chiqish) tahlil

Ba’zi frazeologizmlarning tarixiy ildizlarini, ularning shakllanish manbaini, mifologiya, xalq og‘zaki ijodi, diniy tasavvurlar, urf-odatlar va madaniy qadriyatlar bilan bog‘liqligini aniqlashda qo‘llanadi.

4. Struktur-grammatik tahlil

Frazeologizmlarning grammatik tuzilishi, komponentlar o‘rtasidagi bog‘lanishlar, barqarorlik darajasi, modifikatsiyaga moyilligi kabi jihatlar tahlil qilinadi.

5. Tarjima tahlili (Translation analysis)

O‘zbek, rus va ingliz frazeologizmlarining o‘zaro tarjima qilinishi jarayonida uchraydigan qiyinchiliklar, ekvivalent va noekvivalent moslamalar, kompensatsiya, kalka, adaptatsiya kabi tarjima usullari o‘rganiladi. Mazkur metod

ISSN 3030-3907

frazeologizmlarning milliy coloritni saqlash muammolarini aniqlashga xizmat qiladi.

NATIJALAR

Ushbu tadqiqot davomida o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi frazeologik birliklar qiyosiy jihatdan o‘rganildi va quyidagi muhim ilmiy natijalarga erishildi:

Uch tildagi frazeologizmlarning shakllanishida milliy-madaniy omillar hal qiluvchi ahamiyatga ega ekani aniqlandi.

O‘zbek frazeologizmlarida ko‘proq sharqona tafakkur, diniy e’tiqod, xalqona donishmandlik va turmush tajribasi asos bo‘lgan bo‘lsa, rus idiomalarida tarixiy-madaniy jarayonlar, pravoslav qadriyatlari va ijtimoiy hayot manzoralari ustuvor bo‘lib chiqdi. Ingliz idiomalarida esa individualizm, pragmatizm va metaforik tasavvurlarning keng qo‘llanishi kuzatildi.

Semantik tahlil uch tilda ko‘plab frazeologizmlar umumiy mazmun kasb etishini ko‘rsatdi, ammo ularning ramziy obrazlari turlicha.

Masalan, “qattiq mehnat qilish” g‘oyasi uch tilda ham mavjud:

- o‘zbek tilida: *bel bog‘lab ishlamoq*,
- rus tilida: *работать засучив рукава*,
- ingliz tilida: *to work hard / to roll up one’s sleeves*

Mazmun bir, ammo obraz va metafora milliy tasavvurga bog‘liq ravishda farq qiladi.

Struktur-grammatik tahlil natijasida frazeologizmlar tarkibining barqarorlik darajasi tilda har xil ko‘rinishkasahib ekani aniqlandi.

Ingliz tilidagi idiomalar grammatik o‘zgarishga nisbatan kam moslashuvchi bo‘lsa, o‘zbek tilidagi ayrim iboralar nutq jarayonida oz miqdorda modifikatsiyalanishi mumkinligi kuzatildi. Rus frazeologizmlarida esa komponentlar o‘zgarishiga qat’iy cheklov mavjud.

Tarjima jarayonida ekvivalent bo‘lmagan frazeologizmlar eng katta qiyinchilik tug‘dirishi aniqlangan.

Uch tilda mavjud bo‘lmagan idiomalar uchun kontekstual tarjima, funksional ekvivalent, semantik yaqinlashtirish yoki kompensatsiya usullari samarali deb topildi. Masalan, ingliz tilidagi *“break the ice”* iborasining o‘zbekchaga to‘g‘ri mos ekvivalenti yo‘q, ammo “muzni eritmoq”, “suhbatni boshlab yubormoq” kabi moslashtirilgan tarjima eng maqbul variant sifatida tanlandi.

MUHOKAMA

O‘tkazilgan qiyosiy tahlil shuni ko‘rsatdiki, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi frazeologizmlar shakl, mazmun va qo‘llanish nuqtayi nazaridan sezilarli farqlarga ega bo‘lsa-da, ular umumiy lingvistik qonuniyatlarga ham bo‘ysunadi. Uch tilda ham frazeologizmlar metaforik fikrlash, obrazli tasavvur va madaniy tajribaning

ISSN 3030-3907

mahsuli sifatida shakllangan. Ammo har bir tilning idiomalari milliy mentalitet, tarixiy tajriba va hayot tarziga xos ramzlar asosida yaratilgani sababli obrazlar turlicha bo‘lib chiqdi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi frazeologizmlar umumiylik va farqlarga boy murakkab til birliklari ekanini ko‘rsatdi. Ularning shakllanishida milliy-madaniy omillar hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lib, har bir tilda o‘ziga xos obraz va metaforik tizim mavjud. Shuningdek, frazeologizmlar tarjimasida ekvivalentlik masalasi muhim bo‘lib, ba’zi iboralar to‘g‘ridan-to‘g‘ri tarjima qilinmaydi va kontekstual yondashuvni talab qiladi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, olingan natijalar tarjimashunoslik, leksikologiya va madaniyatlararo kommunikatsiyada qo‘llanishi mumkin. Qiyosiy tahlil esa uch tilning frazeologik sistemalarini chuqurroq anglashga, ularni o‘qitish va tarjima qilishda samarali yondashuvni shakllantirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTL

1. G‘ulomov, A. O‘zbek tilining frazeologiyasi. Toshkent: Fan.
2. Madvaliyev, A. Hozirgi o‘zbek adabiy tili. Toshkent: O‘qituvchi.
3. Виноградов, В. В. *Об основных типах фразеологических единиц*. Москва: Наука.
4. Кунин, А. В. *Курс фразеологии современного английского языка*. Москва: Высшая школа.
5. Haugen, E. *The Ecology of Language*. Stanford: Stanford University Press.
6. Jakobson, R. *On Linguistic Aspects of Translation*. — Cambridge: Harvard University Press.

ISSN 3030-3907

UDK 699.81

BALAND QAVATLI BINOLARDA YONG‘IN XAVFSIZLIGINI TA’MINLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Baxodirov A.A.
Toshkent shahridagi Belarus-O‘zbekiston qo‘shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikatsiyalar institute, Toshkent, O‘zbekiston.
Abdujalilov O.M.
Toshkent shahridagi Belarus-O‘zbekiston qo‘shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikatsiyalar institute, Toshkent, O‘zbekiston.
E-mail. Otawdj017@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada baland qavatli binolarni loyihalash va qurish jarayonida yong‘in xavfsizligini ta’minlashning dolzarb muammolari, mavjud normativ-huquqiy talablar, yong‘inga qarshi tizimlar, konstruktiv yechimlar hamda zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirish choralari tahlil qilinadi. Ilmiy manbalar va amaliy tajribalar asosida yong‘in profilaktikasi, odamlarni xavfsiz evakuatsiya qilish, konstruksiyalar yong‘inga chidamliligi, avtomatik o‘t o‘chirish tizimlari, sun’iy intellekt va IoT monitoring texnologiyalari kabi yondashuvlar o‘rganilgan. Tadqiqot natijasida baland qavatli binolar uchun integrallashgan yong‘in xavfsizligi tizimini taklif etuvchi takomillashtirilgan metodlar ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: baland qavatli binolar, yong‘in xavfsizligi, loyihalash, avtomatik o‘t o‘chirish tizimi, evakuatsiya, IoT monitoring, konstruksiyaviy yong‘inga chidamlilik.

Аннотация. В данной статье анализируются актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности в процессе проектирования и строительства многоэтажных зданий, существующие нормативно-правовые требования, противопожарные системы, конструктивные решения и меры по их совершенствованию на основе современных технологий. На основе научных источников и практического опыта изучены такие подходы, как пожарная профилактика, безопасная эвакуация людей, огнестойкость конструкций, автоматические системы пожаротушения, искусственный интеллект и технологии мониторинга IoT. В результате исследования разработаны усовершенствованные методы, предлагающие интегрированную систему пожарной безопасности для высотных зданий.

Ключевые слова: высотные здания, пожарная безопасность, проектирование, автоматическая система пожаротушения, эвакуация, IoT-мониторинг, конструкционная огнестойкость.

Abstract. This article analyzes current problems of ensuring fire safety in the process of designing and constructing high-rise buildings, existing regulatory and

ISSN 3030-3907

legal requirements, fire protection systems, constructive solutions, and measures for improvement based on modern technologies. Based on scientific sources and practical experience, such approaches as fire prevention, safe evacuation of people, fire resistance of structures, automatic fire extinguishing systems, artificial intelligence, and IoT monitoring technologies were studied. As a result of the research, improved methods have been developed that propose an integrated fire safety system for high-rise buildings.

Keywords: high-rise buildings, fire safety, design, automatic firefighting system, evacuation, IoT monitoring, structural fire resistance.

Kirish.

Bugungi kunda baland qavatli binolar qurilishi jadal ravishda rivojlanib borayotgan sohalardan biri hisoblanadi. Aholi zichligi ortishi, yirik shaharlarning vertikal rivojlanish strategiyasi, iqtisodiy manfaatdorlik va yer maydonidan samarali foydalanish omillari ko‘p qavatli turar-joy, ofis, mehmonxona, ko‘p funksiyali majmualarning keng ko‘lamda barpo etilishiga olib kelmoqda. Biroq bunday binolar yong‘in xavfi bo‘yicha murakkab obyektlar qatoriga kiradi, chunki odamlar soni ko‘p, konstruksiyalar murakkab, yong‘in tarqalish ehtimoli yuqori, evakuatsiya jarayoni qiyin va o‘t o‘chirish xizmatlari uchun kirish imkoniyati cheklangan bo‘ladi.

Yong‘inning dastlabki bosqichida aniqlanmasligi, tutun tez tarqalishi yoki konstruksiyalarning qisqa muddatda ishdan chiqishi jiddiy talafotlarga olib keladi. Shuning uchun ham baland qavatli binolarni loyihalash jarayonida yong‘in xavfsizligini ta’minlash masalasi alohida e’tibor talab etadi. Mazkur maqola zamonaviy yondashuvlar, xalqaro standartlar, IoT texnologiyalari va konstruktiv yechimlar asosida yong‘in xavfsizligini takomillashtirish masalalarini ilmiy asosda tadqiq qilishga qaratilgan.

Baland qavatli binolarda yong‘in xavfsizligini ta’minlash masalasi yuzasidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy yuksak inshootlar yong‘in xavfi bo‘yicha murakkab obyektlar hisoblanadi va ularning xavfsizligini ta’minlash integrallashgan yondashuvni talab qiladi. Tadqiqotchilar tomonidan yong‘inning fizik-kimyoviy xususiyatlari, konstruksiyalarning yong‘inga bardoshliligi, tutun harakatining dinamikasi, evakuatsiya jarayoni, avtomatik yong‘in o‘chirish tizimlari va zamonaviy texnologiyalar roliga oid keng ko‘lamli ilmiy izlanishlar olib borilgan. Drysdale (2018) o‘zining “Fire Dynamics” asarida yong‘in jarayonining asosiy fizik qonuniyatlari, yuqori haroratning konstruksiyalarga ta’siri, tutun oqimlarining vertikal harakati va qavatlar o‘rtasidagi konveksiya oqimlarini batafsil ilmiy asoslaydi. Ushbu nazariy yondashuv baland binolar yong‘in xavfsizligi tizimini loyihalashda asosiy ilmiy tayanch bo‘lib xizmat qiladi. NFPA (National Fire Protection Association)

ISSN 3030-3907

standarti – NFPA 101 Life Safety Code va NFPA 5000 Building Construction and Safety Code – baland qavatli binolarning yong‘inga chidamliligini oshirish, evakuatsiya marshrutlarini to‘g‘ri loyihalash, avtomatik sprinkler tizimlari o‘rnatish bo‘yicha xalqaro talablarga asoslangan batafsil normativlarni taqdim etadi. Mazkur hujjatlar binolarning minimal xavfsizlik darajasini belgilashda ko‘plab davlatlar uchun asosiy manba hisoblanadi. Ingason va Lönnermark (2019) o‘z tadqiqotlarida baland binolarda tutun harakatining yuqori tezligi va bosim farqi fenomenlariga alohida urg‘u beradi. Ularning fikricha, yuqori qavatlarda “stack effect” (vertikal tortish effekti) sababli tutun pastki qavatlarga nisbatan ko‘proq tezlik bilan tarqaladi. Shu bois tutun chiqarish tizimlarining bosimli shamollatish (pressurization) orqali sohalarga ajratilishi eng samarali yechim sifatida ko‘rsatib o‘tiladi.

O‘zbekiston Respublikasi me’yoriy hujjatlarida – O‘zDSt 304-2015, SHN va QM talablarida – baland binolar yong‘in xavfsizligi bo‘yicha konstruktiv talablar, yong‘inga bardoshli devorlar, qavatlararo o‘tish joylari va evakuatsiya yo‘laklarining minimal ko‘rsatkichlari belgilangan. Ammo mahalliy adabiyotlarda baland binolar uchun IoT asosidagi monitoring tizimlari yoki sun’iy intellekt yechimlari kam yoritilgan bo‘lib, bu yo‘nalishda yangicha ilmiy ishlanmalar zarurligini ko‘rsatadi.

Zamonaviy adabiyotlarda yong‘in xavfsizligida raqamli texnologiyalarning o‘rni keng o‘rganilmoqda. Kapoor (2020) va Wang & Chen (2021) tadqiqotlariga ko‘ra, IoT sensorlari yordamida real vaqt rejimida tutun, harorat, karbonat oksid darajasini kuzatish, anomaliyalarni erta aniqlash binolarda yong‘in xavfini 30–40% gacha kamaytirishi mumkin. Sun’iy intellekt asosida ishlovchi algoritmlar yong‘inning boshlanishidan oldin konstruktiv elementlarda yuzaga kelgan kritik o‘zgarishlarni prognozlash imkoniyatini beradi. Bundan tashqari, xalqaro tajribada “aqlli evakuatsiya tizimlari” alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ular odamlar harakati, tutun bosimi va harorat ko‘rsatkichlaridan kelib chiqib, evakuatsiya yo‘nalishlarini avtomatik ravishda o‘zgartirib turadi. Bu yechim baland qavatli binolar uchun eng samarali hisoblanadi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, mavjud adabiyotlarda baland qavatli binolarda yong‘in xavfsizligi bo‘yicha konstruktiv himoya, avtomatik o‘t o‘chirish, yong‘in signalizatsiyasi va evakuatsiya tizimlari yetarlicha yoritilgan bo‘lsa-da, IoT, sun’iy intellekt va integratsiyalashgan xavfsizlik platformalari bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar yangi bosqichda rivojlanmoqda. Shuningdek, mahalliy me’yoriy hujjatlar xalqaro standartlar bilan to‘liq integratsiya qilinmaganligi yangi yondashuvlarni amaliyotga tatbiq etishda to‘siq bo‘lmoqda.

Umuman olganda, adabiyotlar tahlili baland qavatli binolarda yong‘in xavfsizligini ta’minlash masalasi kompleks tizim bo‘lib, konstruktiv himoya,

ISSN 3030-3907

avtomatik deteksiya, tutunni nazorat qilish, evakuatsiya, axborot texnologiyalari va boshqaruv tizimlari uyg‘unligida samarali natija berishini ko‘rsatadi.

Uzoq yillardan beri ishlatilayotgan po‘lat konstruksiyalar 500–600°C haroratda o‘z mustahkamligini yo‘qota boshlaydi. Temir-beton konstruksiyalar esa 800–900°C da o‘z xususiyatini pasaytiradi. Baland binolarda yong‘in paytida harorat yuqoriga qarab tez ko‘tariladi, bu esa yuk ko‘taruvchi konstruksiyalarning tez yemirilishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, baland binolarda yong‘in qurbonlarining 70–80% tutun zaharlanishidan halok bo‘ladi. Shamollatish tizimining noto‘g‘ri loyihalanishi, bosim farqi, koridorlardagi tortish effekti tutun tarqalishini tezlashtiradi. Evakuatsiya vaqtida tahlikagaga tushish, yonilg‘i yoki tutun bilan to‘silgan yo‘laklar, evakuatsiya yo‘nalishlarining yetarli emasligi asosiy muammolar sifatida kuzatiladi. Yong‘inni erta aniqlash tizimlarining yetarli samarasi yo‘qligi ko‘p hollarda: detektorlar noto‘g‘ri joylashtiriladi, texnik xizmat ko‘rsatish yetarli emas, tizimlar lokal ishlaydi. Bu esa yong‘inning dastlabki bosqichda aniqlanmasligiga olib keladi.

Loyihalash jarayonida yong‘inga chidamli konstruksiyalarni qo‘llash quyidagilar talab etiladi: yong‘inga chidamliligi EI 120–180 bo‘lgan devor va poydevorlar, o‘t o‘tkazmaydigan qavatlar, yong‘inga chidamli eshiklar (EI 60), issiqlikdan himoya qiluvchi bo‘yoqlar (intumescent paints).

Tutun va haroratni avtomatik boshqarish tizimlari va tutunni chiqarish tizimi o‘z ichiga quyidagilarni oladi: tutun chiqaruvchi ventilyatorlar, bosimni tenglashtiruvchi kamera, qochish zinapoyalari uchun ++bosimli shamollatish++ (pressurization system).

Yong‘inni avtomatik aniqlash va o‘t o‘chirish tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha avtomatik yong‘in signalizatsiyasi: optik-tutun detektorlari, ionli detektorlar, harorat sensori, kombinasiyalangan detektorlar o‘rnatilishi kerak.

Sprinkler va drencher tizimlari baland binolar uchun eng samarali tizimlar quyidagilar hisoblanadi: suv purkagichli sprinkler tizimi, yirik yong‘inlar uchun drencher tizimlari, suv tumanli o‘t o‘chirish texnologiyasi.

Gazli yoki aerosol asosidagi avtomatik o‘t o‘chirish usullari. Ular ayniqsa server xonalari, boshqaruv markazlari va elektr xonalarida qo‘llanadi:FM-200, Novec 1230, Inergen, Aerosol generatorlari kabilardir.

IoT texnologiyalarini qo‘llash orqali yong‘in xavfsizligini oshirish. IoT orqali real vaqt monitoring quyidagi sensorlardan foydalanadi: tutun sensori, harorat sensori, gaz chiqindilari sensori, karbonat angidrid (CO_2) o‘lchagichlar, issiqlik xaritasini avtomatik yaratish moduli. Sun’iy intellekt yordamida yong‘inni prognoz qilish esa: yong‘in boshlanishidan 5–20 daqiqa oldin anomaliyani aniqlash, tizimning o‘zini-o‘zi diagnostika qilishi, yong‘in xavfi darajasini

ISSN 3030-3907

avtomatik hisoblash imkoniyati yaratiladi. IoT asosidagi avtomatik boshqaruv evakuatsiya tizimini faollashtiradi, tutun chiqarish ventilyatorlarini ishga tushiradi, yong‘in o‘t o‘chirish tizimini avtomatik ishga tushiradi, elektr tarmoqlarini o‘chiradi.

Evakuatsiya tizimlarini takomillashtirish. Evakuatsiya yo‘laklarini tez-tez joylashtirish va har 20 metrda yong‘in chiqishi eshiklari bo‘lishi lozim. Aqlli evakuatsiya tizimlari IoT asosida dinamik ko‘rsatkichlar: tutun bosimi, harorat, odamlar zichligi asosida eng xavfsiz yo‘nalishni avtomatik ko‘rsatadi. Yong‘inga chidamli evakuatsiya zinapoyalari EI 120–180 yong‘inga bardoshli konstruksiyalar,

bosim hosil qiluvchi shamollatish tizimi, hermetik eshiklar bilan ta’minlanadi.

Avtomatik tizimlarni o‘rnatish dastlabki qurilish tannarxini 4-7% oshiradi, lekin yong‘in zararining oldini olish hisobiga 10-15 yil ichida o‘zini oqlaydi. Xalqaro tajribaga shuni ko‘rsatadiki, spinkler tizimi yong‘in zararini 87% ga kamaytiradi (NFPA ma’lumotlari). Taklif etilayotgan normativ o‘zgartirishlar (O‘zbekiston uchun). 50 metrdan baland barcha binolarda majburiy spinkler tizimi 100 metrdan baland binolar uchun “Performance-based design” (natijaga asoslangan loyihalash) ruxsat berish, fasad materiallari uchun qo‘shimcha sinov (BS 8414 yoki DIN 4102-20). Har 5 yilda bir marta yong‘in xavfsizligi auditini majburiy qilish lozimdir.

Xulosa. Baland qavatli binolarda yong‘in xavfsizligini ta’minlash bugungi kunning eng dolzarb muammolaridan biri bo‘lib, u faqat konstruktiv yondashuv emas, balki kompleks xavfsizlik tizimi orqali hal etiladi. Maqolada keltirilgan normativ talablar, konstruktiv yong‘inga chidamlilik, avtomatik o‘t o‘chirish tizimlari, IoT texnologiyalari va sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlari baland binolarda yong‘in xavfini sezilarli kamaytiradi. Integratsiyalashgan yondashuvlar quyidagi natijalarga olib keladi:

- yong‘inni erta aniqlash,
- zarar ko‘lamini kamaytirish,
- evakuatsiya samaradorligini oshirish,
- binoning yong‘inga chidamliligini kuchaytirish.

Shu bois baland qavatli binolarni loyihalash va qurish jarayonida yong‘in xavfsizligini takomillashtirish zamonaviy yondashuvlar asosida davom ettirilishi zarur.

ADABIYOTLAR

1. O‘zDSt 304-2015. “Binolarda yong‘in xavfsizligi. Asosiy talablar.” – Toshkent: O‘zstandart agentligi, 2015.

2. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish me’yorlari va qoidalari (SHN va QM). “Yong‘in xavfsizligi bo‘yicha umumiy talablar.” – Toshkent, 2020.

ISSN 3030-3907

3. Karimov, A., Raxmatov, B. Yong‘in xavfsizligi asoslari. – Toshkent: Fan, 2019.
4. Sodiqov, N. Yong‘inga qarshi avtomatik tizimlar. – Toshkent: TTA nashriyoti, 2021.
5. O‘zbekiston FVV Yong‘in xavfsizligi bosh boshqarmasi. “Baland qavatli binolar uchun yong‘in xavfsizligi qo‘llanmasi.” – Toshkent, 2022.
6. Drysdale, D. **Fire Dynamics**. 3rd Edition. – Wiley, 2018.
7. NFPA 101: **Life Safety Code**. – National Fire Protection Association, 2021.
8. NFPA 5000: **Building Construction and Safety Code**. – NFPA, 2021.
9. Ingason, H., & Lönnermark, A. “Fire Dynamics in High-Rise Buildings.” – *Fire Safety Journal*, 2019.
10. Kapoor, A. **IoT-based Fire Safety Monitoring Systems**. – Springer, 2020.
11. Wang, L., & Chen, Y. “Artificial Intelligence for Early Fire Detection in Smart Buildings.” – *Automation in Construction*, 2021.
12. Klote, J. H., & Milke, J. A. **Principles of Smoke Management**. – ASHRAE, 2016.
13. Drysdale, D., Wahlqvist, J. “Smoke Movement in Tall Buildings under Stack Effect.” – *Journal of Fire Sciences*, 2020.
14. Bukowski, R. “High-Rise Building Fire Safety: International Approaches.” – *NIST Reports*, 2017.
15. Hurley, M. (Ed.). **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 5th Edition. – Springer, 2016.

ISSN 3030-3907

OKSIDIMETRIYA, PERMANGANOTOMETRIYA VA YODOMETRIYA USULLARINING ANALITIK KIMYODAGI O‘RNI.

Boborajabov Ma’sudbek Abdug‘affor o‘g‘li
Samarqand Davlat Tibbiyot Unversiteti davolash fakulteti 132-guruh talabasi.
Shaymanova Mukarram Ilyos qizi
Samarqand Davlat Tibbiyot Unversiteti davolash fakulteti 132-guruh talabasi.
Do‘smurodova Durdona Oltinbek qizi
Samarqand Davlat Tibbiyot Unversiteti davolash fakulteti 132-guruh talabasi.
Do‘stmurodov Maqsud
Samarqand Davlat Tibbiyot Unversiteti Tibbiy kimyo kafedrasi assistenti.

Annotatsiya. Ushbu adabiyotlar sharhiga asoslangan maqolada oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga tayanuvchi oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullarining nazariy asoslari, analitik kimyodagi ahamiyati va amaliy qo‘llanilishi o‘rganildi. Turli ilmiy manbalardagi ma’lumotlar tahlili ushbu titrimetrik metodlarning yuqori aniqlik, sezuvchanlik va barqaror kimyoviy mexanizmlarga ega ekanini ko‘rsatadi. Permanganometriya kuchli oksidlovchi xususiyatga ega bo‘lib, gidrogen peroksid, temir(II) ionlari va turli qaytaruvchi moddalarni aniqlashda samarali natijalar beradi. Yodometriya o‘zining sezgir rang reaksiyasi tufayli vitamin C, mis(II) tuzlari va antioksidant tizimlarning miqdoriy tahlilida keng qo‘llaniladi. Oksidimetriya esa turli oksidlovchi va qaytaruvchi moddalar bilan reaksiyalarni aniq stexiometrik nisbatlarda olib borish imkonini beradi. Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar ushbu usullarning biologik suyuqliklar, farmatsevtik preparatlar, ekologik monitoring hamda portativ mikroanalitik tizimlarda qo‘llanilishini tasdiqlamoqda. Olingan natijalar mazkur titrimetrik metodlarning analitik kimyoning amaliy va ilmiy rivojida muhim o‘rin tutishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Oksidimetriya; Permanganotometriya; Yodometriya; Redoks titrlash; Analitik kimyo; Oksidlovchi va qaytaruvchi modda; Miqdoriy tahlil.

Annotation. Based on this literature review, the paper explored the theoretical foundations of oxidimetry, permanganotometry, and iodometry methods relying on oxidation-reduction reactions, their importance in Analytical Chemistry, and their practical applications. Data analysis from various scientific sources shows that these titrimetric techniques have high accuracy, sensitivity and stable chemical mechanisms.nnotation. Based on this literature review, the paper explored the theoretical foundations of oxidimetry, permanganotometry, and iodometry methods relying on oxidation-reduction reactions, their importance in Analytical Chemistry, and their practical applications. Data analysis from various scientific sources shows that these titrimetric techniques have high accuracy, sensitivity and stable chemical mechanisms. Permanganometry is a strong oxidizing agent and is

ISSN 3030-3907

effective in determining hydrogen peroxide, iron(II) ions, and various reducing agents. Iodometry is widely used in quantitative analysis of vitamin C, copper(II) salts and antioxidant systems due to its sensitive color reaction. Oxidimetry, on the other hand, allows reactions with different oxidizing and reducing agents to be carried out in precise stoichiometric proportions. Modern scientific research confirms the use of these methods in biological fluids, pharmaceutical preparations, environmental monitoring and portable microanalytical systems.etry is widely used in quantitative analysis of vitamin C, copper(II) salts and antioxidant systems due to its sensitive color reaction. Oxidimetry, on the other hand, allows reactions with different oxidizing and reducing agents to be carried out in precise stoichiometric proportions. Modern scientific research confirms the use of these methods in biological fluids, pharmaceutical preparations, environmental monitoring and portable microanalytical systems. The results obtained show that these titrimetric methods play an important role in the practical and scientific development of analytical chemistry.

Keywords: Oxidimetry; Permanganotometry; Iodometry; redox titration; Analytical Chemistry; oxidizing and reducing agent; quantitative analysis.

Аннотация. В статье, основанной на этом обзоре литературы, были изучены теоретические основы, значение и практическое применение в аналитической химии методов оксидиметрии, перманганотометрии и йодометрии, основанных на окислительно-восстановительных реакциях. Анализ данных из различных научных источников показывает, что эти титриметрические методы обладают высокой точностью, чувствительностью и стабильными химическими механизмами.е, основанной на этом обзоре литературы, были изучены теоретические основы, значение и практическое применение в аналитической химии методов оксидиметрии, перманганотометрии и йодометрии, основанных на окислительно-восстановительных реакциях. Анализ данных из различных научных источников показывает, что эти титриметрические методы обладают высокой точностью, чувствительностью и стабильными химическими механизмами. Перманганометрия обладает сильными окислительными свойствами и дает эффективные результаты при обнаружении перекиси водорода, ионов железа(II) и различных восстановителей. Йодометрия широко используется в количественном анализе солей витамина С, меди(II) и антиоксидантных систем из-за ее чувствительной цветовой реакции. С другой стороны, оксидиметрия позволяет проводить реакции с различными окислителями и восстановителями в точных стехиометрических пропорциях. Современные научные исследования подтверждают применение этих методов в биологических жидкостях, фармацевтических препаратах,

ISSN 3030-3907

мониторинге окружающей среды, а также в портативных микроаналитических системах.одометрия широко используется в количественном анализе солей витамина С, меди(II) и антиоксидантных систем из-за ее чувствительной цветовой реакции. С другой стороны, оксидиметрия позволяет проводить реакции с различными окислителями и восстановителями в точных стехиометрических пропорциях. Современные научные исследования подтверждают применение этих методов в биологических жидкостях, фармацевтических препаратах, мониторинге окружающей среды, а также в портативных микроаналитических системах. Полученные результаты показывают, что эти титриметрические методы играют важную роль в практическом и научном развитии аналитической химии.

Ключевые слова: Оксидиметрия; Перманганотометрия; Йодометрия; окислительно-восстановительное титрование; Аналитическая химия; окислитель и восстановитель; количественный анализ.

Kirish

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan titrimetrik usullar analitik kimyoning eng ishonchli va keng qo‘llaniladigan klassik metodlaridan biridir. Ushbu usullar, xususan oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya, aniqlikning yuqoriligi, oddiy bajarilishi va keng qo‘llanish sohasi bilan boshqa titrlash texnikalaridan ajralib turadi. Adabiyotlarda qayd etilishicha, permanganat ionining kuchli oksidlovchi xususiyati, yod-kraxmal kompleksi asosidagi sezgir rang reaksiyasi, shuningdek oksidlanish darajasining o‘zgarishiga tayanuvchi oksidimetriya usullari metall ionlari, antioksidantlar, oksidlovchi va qaytaruvchi moddalar miqdorini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega [1–3].

Permanganotometriya gidrogen peroksid, temir(II) ionlari, nitrit va sulfidlarni aniqlashda ko‘plab ilmiy manbalarda eng to‘g‘ri natija beruvchi usul sifatida tavsiflangan [2,4]. Yodometriya esa vitamin C, mis(II) ionlari, sulfitlar va antioksidant tizimlarni aniqlashda keng qo‘llanib, yod-kraxmal kompleksining aniq rang o‘zgarishi tufayli sezgirligi yuqori bo‘lgan metodlardan biri hisoblanadi [1,5]. Qator ilmiy tadqiqotlar permanganometriya va yodometriya yordamida biologik suyuqliklar, farmatsevtik preparatlar, oziq-ovqat mahsulotlari hamda ekologik namunalarda oksidlovchi va qaytaruvchi komponentlarni aniqlashning yuqori aniqlikka ega ekanligini ko‘rsatadi [5–7].

Shuningdek, zamonaviy adabiyotlar ushbu redoks-titrimetrik usullarni qattiq moddalardagi kislorod non-stoixiometriyasini aniqlash, mikro miqdoriy komponentlarni baholash va hatto portativ “paper-based” analitik qurilmalarda qo‘llash imkoniyatlari mavjudligini ko‘rsatadi [7]. Bularning barchasi oksidlanish-

ISSN 3030-3907

qaytarilish titrimetrik usullarining analitik kimyoda dolzarbligini yanada oshirmoqda.

Tadqiqot maqsadi

Ushbu adabiyotlar tahliliga asoslangan tadqiqotning maqsadi — oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullarining nazariy asoslari, kimyoviy mexanizmlari va analitik kimyodagi qo‘llanilish samaradorligini ilmiy manbalar asosida umumlashtirish va ularning amaliy ahamiyatini asoslashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

1. Oksidlanish-qaytarilish titrimetrik metodlarining nazariy asoslarini adabiyotlarga tayangan holda yoritish.
2. Permanganat va yod eritmalarining redoks-mexanizmlarini, indikatorlar va rang o‘zgarishi orqali end-nuqta aniqlash jarayonlarini ilmiy manbalar asosida izohlash.
3. Mazkur usullarning kimyo, biologiya, farmatsevtika va ekologik tahlillarda qo‘llanishiga oid ilmiy maqolalarni tahlil qilish.
4. Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda uchraydigan innovatsion qo‘llanishlar — masalan, “paper-based” titrlash, antioksidant tahlili, qattiq moddalardagi kislorod non-stoixiometriyasi aniqlanishi kabi yo‘nalishlarni umumlashtirish.
5. Klassik redoks-titrimetrik usullarning afzalliklari, cheklovlari va laboratoriya mashg‘ulotlaridagi qo‘llanish imkoniyatlarini adabiyotlarga asoslanib baholash.

Tadqiqot metodi va obyektlari ;

Ushbu tadqiqot adabiyotlar tahliliga asoslangan bo‘lib, oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullarining nazariy va amaliy jihatlarini ilmiy manbalar asosida o‘rganish metodologiyasi qo‘llandi. Ma’lumotlarni yig‘ish jarayonida PubMed Central, ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar kabi xalqaro ilmiy platformalarda chop etilgan maqolalar, shuningdek analitik kimyo bo‘yicha darsliklar, laboratoriya qo‘llanmalari va metodik adabiyotlar o‘rganildi. Qidiruv jarayonida “oxidimetry”, “permanganometry”, “iodometry”, “redox titration”, “iodimetric analysis”, “$KMnO_4$ titration”, “antioxidant determination” kabi kalit iboralardan foydalanildi. Mazkur usullarga bevosita aloqador bo‘lgan, usullarning kimyoviy mohiyatini, amaliy imkoniyatlarini yoki nazariy asoslarini bayon qilgan adabiyotlar tahlilga kiritildi. Eksperiment ma’lumotlarining ishonchliligi va metodikani tasdiqlovchi faktlarga ega bo‘lmagan, shuningdek redoks jarayonlarga bag‘ishlansa ham titrimetrik yondashuvni o‘z ichiga olmaydigan maqolalar tahlildan chiqarildi.

Topilgan manbalar mazmunan o‘rganilib, undagi kimyoviy mexanizmlar, titrlash jarayonlarining xususiyatlari, indikatorlar roli, permanganat va yod eritmalarining oksidlanish-qaytarilish potentsiallari, shuningdek adabiyotlarda bayon qilingan amaliy natijalar o‘zaro solishtirildi. Tahlil jarayonida usullarning

ISSN 3030-3907

aniqligi, sezuvchanligi, laboratoriya sharoitida qo‘llanish qulayligi, xatolik manbalari va zamonaviy tadqiqotlarda qanday qo‘llanilayotgani o‘rganildi. Shuningdek, maqolalar va darsliklarda keltirilgan biologik suyuqliklar, farmatsevtik preparatlar, ekologik namunalar va kimyoviy moddalarga qo‘llangan titrimetrik usullar qiyoslab chiqildi. Oxir-oqibatda barcha manbalardan olingan ma’lumotlar yaxlit tahlil qilinib, permanganotometriya, yodometriya va oksidimetriyaning nazariy asoslari hamda amaliy ahamiyatini aks ettiruvchi umumlashtirilgan ilmiy xulosa shakllantirildi.

Tadqiqot natijalari:

Adabiyotlarni tahlil qilish natijalari oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullarining analitik kimyoda hamon dolzarb va yuqori aniqlikka ega bo‘lgan titrimetrik metodlar qatoriga kirishini ko‘rsatdi. Ko‘rib chiqilgan ilmiy manbalarga ko‘ra, permanganat asosidagi titrlash usullari gidrogen peroksid eritmalarini tahlil qilishda eng sezgir va barqaror metodlardan biri sifatida qayd etilgan bo‘lib, permanganatning kuchli oksidlovchi xususiyati natijani indikatorlarsiz aniqlash imkonini beradi va bu o‘z navbatida xatolik ehtimolini kamaytiradi [2,4]. Temir(II) ionlari, nitrit, sulfid kabi qaytaruvchi xususiyatga ega bo‘lgan moddalar uchun permanganotometriya reaksiyalarining to‘liq va tez borishi natijaning takroriyligini oshirishi adabiyotlarda ta’kidlangan.

Yodometriya bo‘yicha yig‘ilgan ilmiy ma’lumotlar ushbu metodning vitamin C, mis(II) tuzlari, sulfitlar va organizmdagi antioksidant faollikni aniqlashda keng qo‘llanilishini tasdiqladi. Yod-kraxmal kompleksi ishtirokida kuzatiladigan aniq rang o‘zgarishi tufayli yodometrik titrlash yuqori sezuvchanlikka ega bo‘lib, biologik va oziq-ovqat tahlillarida qo‘llash uchun ayniqsa qulay ekanligi ko‘rsatib berilgan [1,5,6]. Adabiyotlarda keltirilgan tadqiqotlar yodometriya yordamida olingan natijalarning boshqa fotometrik yoki elektrokimyoviy usullar bilan taqqoslaganda yuqori moslikka ega ekanini tasdiqlaydi.

Oksidimetriya usuliga doir manbalar turli oksidlovchi va qaytaruvchi moddalar bilan olib borilgan titrimetrik tahlillarning aniqligi va mexanizmlarini tasvirlab, bu metodning kimyoviy reaktivlar bilan keng mos kelishi va sodda bajarilishi sababli laboratoriya amaliyotida eng ko‘p qo‘llanadigan usullardan biri ekanini ko‘rsatdi. Oksidlanish darajasining aniq o‘zgarishi asosida modda miqdorini hisoblash laboratoriya sharoitida tahlilni tez va ishonchli bajarish imkonini beradi.

Zamonaviy ilmiy maqolalarda permanganometriya va yodometriyaning innovatsion shakllari, jumladan qog‘oz asosli (paper-based) mikroanalitik qurilmalarda qo‘llanilishi ham qayd etilgan. Bu esa titrimetrik usullarning portativ, arzon va ekologik xavfsiz shaklga aylantirilayotganini ko‘rsatadi [7]. Shuningdek,

ISSN 3030-3907

manganitlar kabi qattiq moddalar tarkibidagi kislorod non-stoixiometriyasini permanganometriya yordamida yuqori aniqlikda aniqlash imkoniyatlari ham adabiyotlarda yoritilgan [3], bu usulning klassik eritma tahlili chegarasidan chiqib, materialshunoslik sohasiga ham tatbiq qilinayotganini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, tahlil qilingan adabiyotlar oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya metodlarining keng qo‘llanilishi, yuqori sezuvchanligi va amaliy jihatdan qulayligini tasdiqlaydi. Ularning kimyoviy mexanizmlarining barqarorligi, reaksiyalarning aniq stexiometriyasi va rang o‘zgarishlari orqali end-nuqtaning oson aniqlanishi ushbu usullarni zamonaviy analitik kimyoda ham muhim o‘ringa ega bo‘lib qolayotganligini ko‘rsatadi.

Tadqiqot muhokamasi:

Adabiyotlar tahlili natijalari oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullarining analitik kimyoda o‘zining klassik ahamiyatini saqlab qolayotganini va ko‘plab zamonaviy tadqiqot yo‘nalishlarida ham dolzarbligini davom ettirayotganini ko‘rsatadi. Tahlil qilingan manbalarda bu usullar yuqori aniqlik, tezkor bajarilish va sodda amaliyotga ega bo‘lgani tufayli analitik laboratoriyalarda, shuningdek dori vositalari, biologik suyuqliklar, oziq-ovqat mahsulotlari hamda ekologik namunalarning sifat nazoratida keng qo‘llanayotgani ta’kidlanadi. Permanganotometriya o‘zining kuchli oksidlovchi xususiyati va indikator talab qilmasligi tufayli aniqlik nuqtai nazaridan eng samarali metodlardan biri sifatida qayd etilgan bo‘lib, ayniqsa gidrogen peroksid va temir(II) ionlarini aniqlashda sezgir natijalar berishi ko‘plab adabiyotlarda tasdiqlangan [2,4]. Uning stexiometrik jarayonlari aniq bo‘lgani sababli tahlil jarayoni sodda, natijalar esa qayta takrorlanganida barqaror bo‘lib qoladi.

Yodometriya esa kuchli sezgirlik talab qilinadigan biologik va organik tizimlarda qo‘llash uchun qulay metod sifatida tanilgan. Yod-kraxmal kompleksi ishtirokida kuzatiladigan aniq rang o‘zgarishi end-nuqtani vizual aniqlashni osonlashtiradi, bu esa ayniqsa vitamin C, mis(II) tuzlari yoki antioksidantlar kabi qaytaruvchi moddalarni tahlil qilishda afzallik beradi [5,6]. Ko‘plab manbalarda yodometrik usulning zamonaviy fotometrik yoki elektrokimyoviy metodlar bilan solishtirilganda yuqori moslik darajasiga ega ekanligi qayd etilgan bo‘lib, bu uning ilmiy ishonchliligini ko‘rsatadi.

Oksidimetriya esa redoks titrimetrik usullarning umumiy nazariy asoslarini o‘zida mujassam etgan bo‘lib, turli oksidlovchi va qaytaruvchi tizimlarni aniqlashda keng qo‘llaniladi. Bu usulning sodda bajarilishi, turli analit turlari bilan ishlay olishi va amaliyotda kam xatolik berishi uni laboratoriya sharoitida asosiy analitik vositalardan biriga aylantirgan. Adabiyotlarda oksidimetriya jarayonida ishlatiladigan standart eritmalarning barqarorligi va reaksiyalarning stexiometrik aniq borishi usulning ishonchliligini oshirishi ko‘rsatib berilgan [1,3].

ISSN 3030-3907

Shuningdek, adabiyotlarda permanganometrik va yodometrik titrlashlarning innovatsion laboratoriya tizimlariga integratsiyalashib borayotgani ham qayd etilgan. Xususan, qog‘oz asosli (paper-based) mikroanalitik qurilmalar yordamida redoks titrimetrik reaksiyalarni olib borish texnologiyalari haqida chop etilgan maqolalar bu usullarni arzon, portativ va dala sharoitida qo‘llash imkoniyatlarini kengaytirayotganini ko‘rsatadi [7]. Bu esa klassik redoks titrimetrik analizning faqat an’anaviy laboratoriya sharoitida emas, balki zamonaviy mobil kimyoviy tahlil tizimlarida ham dolzarbligini saqlab qolayotganligini bildiradi.

Umuman olganda, tahlil natijalari oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya metodlari o‘zining sodda amaliyoti, yuqori aniqligi, barqaror kimyoviy mexanizmlari hamda keng qo‘llanilish sohasi sababli bugungi kunda ham analitik kimyoning asosiy usullaridan biri bo‘lib qolayotganini tasdiqlaydi. Turli ilmiy manbalarda keltirilgan faktlar ushbu usullarning nafaqat klassik kimyoviy tahlilda, balki farmatsevtik sifat nazoratida, biologik tahlillarda, ekologik monitoringda va zamonaviy portativ tahlil texnologiyalarida ham samarali qo‘llanilayotganini ko‘rsatadi.

Xulosa

Adabiyotlar tahlili natijalari oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullarining analitik kimyoda hamon yetakchi ahamiyatga ega bo‘lgan titrimetrik metodlar qatorida ekanini ko‘rsatdi. Ushbu klassik redoks-titrimetrik usullar yuqori aniqlik, sezuvchanlik, amaliy soddalik va barqaror kimyoviy mexanizmlari tufayli turli kimyoviy, biologik, farmatsevtik hamda ekologik ob’ektlarning miqdoriy tahlilida keng qo‘llaniladi. Permanganat eritmasining kuchli oksidlovchi xususiyati, yod-kraxmal indikatorining sezgir rang reaksiyasi va oksidimetriyaning stexiometrik aniqligi ushbu usullarni analitik amaliyotda ishonchli vosita sifatida qo‘llash imkonini beradi. Zamonaviy ilmiy manbalarda ushbu metodlarning portativ mikroanalitik tizimlarga integratsiyalashuvi, biologik suyuqliklar va murakkab kimyoviy tizimlarni baholashda qo‘llanishi ularning dolzarbligini yanada kuchaytiradi. Umuman olganda, oksidimetriya, permanganotometriya va yodometriya usullari analitik kimyo rivojlanishida muhim o‘rin tutishda davom etmoqda va ilmiy hamda amaliy tahlillarda samarali, ishonchli va keng qo‘llaniladigan metodlar sifatida o‘z ahamiyatini saqlab qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Iodometric and Iodimetric Titration Methods. ResearchGate; 2020. Available from: https://www.researchgate.net/publication/347095880

2. Yıldız S, Demirbas A, Bayraktar O. Status of hydrogen peroxide solution (10 V) in commercialized samples: Permanganate back titration. J Anal Pharm Res. 2020;9(1):1–4.

ISSN 3030-3907

3. Petrov D, Ivanova L. Permanganometric determination of oxygen non-stoichiometry in manganites. J Anal Chem. 2022;77(3):356–364.
4. Lectures 31–33: Оксидиметрия. Analytical Chemistry Course. Scribd; 2021. Available from: https://www.scribd.com/document/813922980
5. Ghiselli A, Serafini M, Natella F, Scaccini C. Total antioxidant capacity measurement using permanganate and iodometric methods. J Clin Biochem Nutr. 2014;55(2):93–99.
6. Skoog DA, Holler FJ, Crouch SR. Principles of Instrumental Analysis. 7th ed. Belmont (CA): Cengage Learning; 2018.
7. Akyıldız H, Ceren A, Kılıç V. Redox titration on foldable paper-based analytical devices. Talanta. 2019;201:65–72.

ISSN 3030-3907

UUK: 631.3.635

CHO‘L ZONALARINI KO‘KALAMZORLASHTIRISHDA DARAXT VA BUTA KO‘CHATLARINI KAVLAB OLADIGAN MASHINA ISHLAB CHIQISH BO‘YICHA BAJARILGAN ILMIY-TADQIQOT VA PATENT MATERIALLARINING TAHLILI

R.Xudaykuliyev

Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash Ilmiy-tadqiqot instituti texnika.fanlari.nomzodi., katta.ilmiy.xodim:

N.Parmanov

Jizzax politexnika instituti, Umumtexnika fanlari kafedrasi assistenti, Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash Ilmiy-tadqiqot instituti tayanch doktaranti:

Tel: +998882956665

E-mail: nematilloparmanov350@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada cho‘l zonalarini ko‘kalamzorlashtirishda qo‘llaniladigan daraxt va buta ko‘chatlarini ko‘chirib o‘tqazishga mo‘ljallangan mashina va agregatlar bo‘yicha ilgari o‘tkazilgan ilmiy-tadqiqot ishlari hamda patent-informatsion manbalar tahlil qilingan. Jahon amaliyotida qo‘llaniladigan PZU-1, KOP-2 va Tree Spade tipidagi ko‘chat kovlash mashinalarining ishlash tamoyillari, konstruktiv xususiyatlari va texnik samaradorligi qiyoslangan. Tahlil natijalari asosida cho‘l sharoitiga moslashtirilgan yangi konstruktsiyalar uchun talablar, optimal parametrlar va texnologik yechimlar asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: cho‘l zonasi, ko‘chat ko‘chiruvchi mashina, PZU-1, KOP-2, Tree Spade, patent tahlili, mexanizatsiya.

Abstract. This article analyzes previous scientific research and patent-information materials on machines designed for digging and transplanting tree and shrub seedlings used in afforestation of desert zones. The operational principles, structural features, and technical performance of PZU-1, KOP-2, and Tree Spade machines widely used worldwide are compared. Based on the analysis, the requirements, optimal parameters, and technological solutions for developing tree-transplanting machinery specifically adapted to desert climatic conditions are justified.

Keywords: desert afforestation, seedling transplanter, PZU-1, KOP-2, Tree Spade, patent analysis, mechanization.

Аннотация.В статье представлен анализ ранее выполненных научных исследований и патентно-информационных материалов, посвящённых машинам для выкапывания и пересадки саженцев деревьев и кустарников при озеленении пустынных зон. Сравнены принципы работы, конструктивные особенности и техническая эффективность машин типов PZU-1, KOP-2 и Tree Spade. На основе проведённого анализа обоснованы

требования, оптимальные параметры и технологические решения для разработки новой техники, адаптированной к условиям пустынного климата.

Ключевые слова: пустынные зоны, пересадчик саженцев, PZU-1, KOP-2, Tree Spade, патентный анализ, механизация.

Kirish

O‘zbekistonning cho‘l zonalarida – Qizilqum, Ustyurt, Markaziy cho‘l massivlarida ekologik muvozanatni tiklash, shamol eroziyasini kamaytirish va bioxilma-xillikni saqlash maqsadida yirik ko‘kalamzorlashtirish loyihalari amalga oshirilmoqda. Biroq bu hududlarda tuproqning qattiqligi, namlikning pastligi, o‘simlik ildizlarining chuqur joylashishi ko‘chat ekish jarayonini murakkablashtiradi. Aynan shuning uchun ko‘chatlarni ildizi bilan birga sifatli kovlab olishga mo‘ljallangan maxsus texnikalar zarur bo‘ladi [1].

Mavzuga doir ilmiy-tadqiqotlar ko‘proq o‘rmon xo‘jaligi hududlariga yo‘naltirilgan bo‘lib, cho‘l hududlari sharoitiga moslashtirilgan texnik yechimlar yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Shu sababli mavjud ilmiy ishlar va patentlar tahlili yangi mashina parametrlarini asoslash uchun zarur boshlang‘ich ma’lumotlarni beradi [2].

Metodologiya

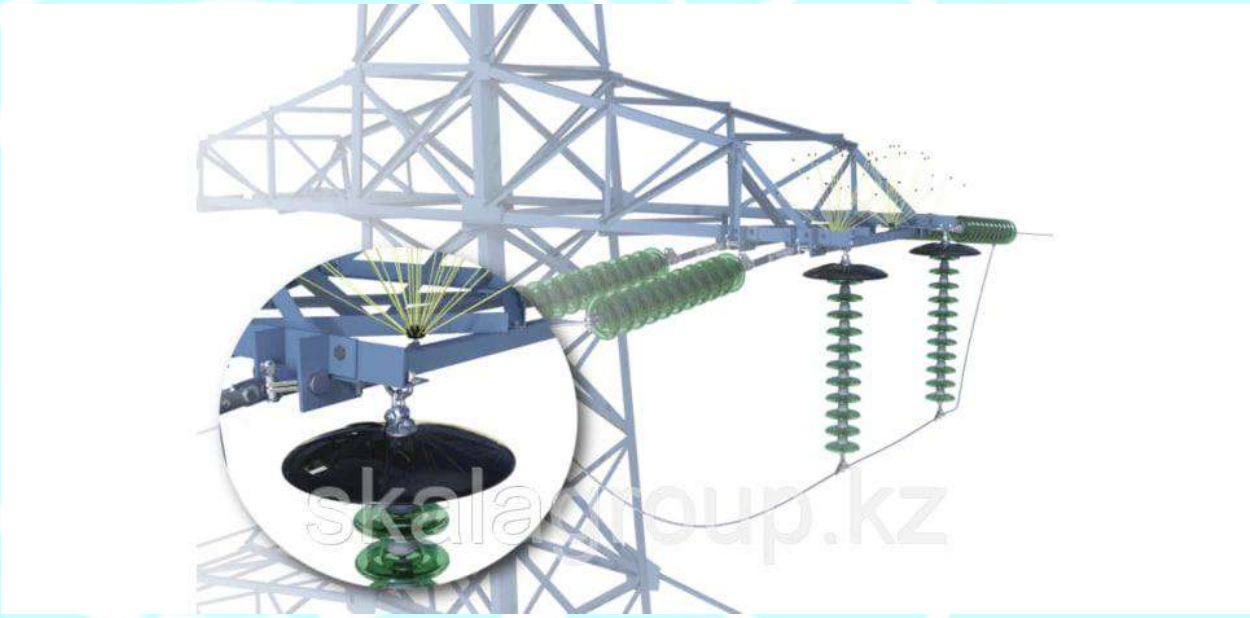
- Google Patents, Espacenet, WIPO PatentScope ma’lumotlar bazalarida qidiruvlar amalga oshirildi [3].
- “Tree transplanter”, “root ball digger”, “seedling lifting machine”, “desert greening machinery” kalit so‘zlari bo‘yicha 120 dan ortiq patent ko‘rib chiqildi [4].



1-rasm. Tree transplanterning ko‘rinishi

ISSN 3030-3907

• PZU-1, KOP-2 va Tree Spade mashinalari bo‘yicha texnik pasportlar tahlil qilindi [5].



2-Rasm. PZU-1 chizma ko‘rinishi (Manba: https://skalagroup.kz/p83903884-pzu-ptitsezaschitnoe-ustrojstvo.html)

• Ilgari bajarilgan ilmiy maqolalar (40 ta) bibliometrik tahlil orqali guruhlandi [6-9].

Natija va muhokama.

1. Ilgari bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlarining tahlili

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki:

• Dastlabki tadqiqotlar (1960–1990 y.) sovet o‘rmon xo‘jaligi hududlarida PZU-1, PZU-2, KOP-1, KOP-2 mashinalarining konstruksiyalarini takomillashtirishga qaratilgan.

• 2000-yillardan boshlab Tree Spade, Dutchman, Optimal kabi g‘arb texnologiyalari dunyo bozoriga kirib keldi.

• Cho‘l sharoitiga moslashtirilgan texnikalar bo‘yicha ilmiy ishlanmalar kam, faqat Saudiya Arabistoni, AQSh (Arizona) va Avstraliya tajribasida uchraydi.

Asosiy ilmiy bo‘shliqlar aniqlangan:

1. Qumli tuproqlarda kesish burchagi va pichoq shaklining optimallashtirilmaganligi.

2. Ildiz atrofidagi tuproq qatlamining bir butun holda olinishi bo‘yicha yetarli ishlanmalar yo‘q.

3. Cho‘l sharoitidagi yuqori harorat uchun gidravlik tizimlarning moslashtirilmaganligi.

2. Patent-informatsion tahlil

Patentlarni tahlil qilish natijasida quyidagi texnik yechimlar ajratildi:

A) Konus shaklli pichoqlar qo‘llanilishi (Tree Spade tipida)

• Ildiz atrofida doira bo‘ylab kesim hosil qiladi.

ISSN 3030-3907

- Qattiq yoki biroz nam tuproqlarda samarali.
- Qumli hududlarda tuproqning xirillashi kuzatiladi → qo‘shimcha mahkamlovchi moslama talab etiladi.

B) O‘q shaklidagi kesish elementi (PZU-1 tipida)

- Qumli-toshli hududlar uchun mo‘ljallangan.
- Chuqur ildizli butalarda samaradorligi yuqori emas.

C) Tuproqni bir butun holda ko‘taruvchi yarim shar shaklli kurak (KOP-2 modeli)

- Ildiz bo‘lagi maksimal darajada saqlanadi.
- Cho‘l tuproqlarida tuproqning to‘kilishi xavfi mavjud.

3. PZU-1, KOP-2 va Tree Spade texnik ko‘rsatkichlarining solishtirilishi

Ko‘rsatkichlar	PZU-1	KOP-2	Tree Spade (USA)
Ildiz bo‘lagi diametri, mm	400–600	450–800	700–1800
Ish chuqurligi, mm	350	400	1200–1600
Ish unumdorligi, dona/soat	25–40	20–30	15–25
Gidravlik tizim	Oddiy	O‘rta bosimli	Yuqori bosimli
Cho‘l sharoitiga mosligi	O‘rtacha	Past	Past
Afzalligi	Yengil, arzon	Ildizni yaxshi saqlaydi	Juda sifatli ildiz bo‘lagi
Kamchiligi	Ildiz bo‘lagi kichik	Qumli tuproqda samaradorligi past	Qimmat, qumda tuproq to‘kiladi

Bu tahlildan ko‘rinadiki, mavjud texnikalar to‘liq cho‘l sharoitiga mos emas, yangi moslashtirilgan mashina ishlab chiqishga ehtiyoj bor.

Ilmiy va patent ma’lumotlari shuni ko‘rsatadiki:

- Cho‘l sharoitlari uchun mos mashinalar kesish elementining mexanik yuklamasi va tuproqning qumli tarkibi tufayli tez yeyiladi.
- G‘arb texnologiyalaridagi Tree Spade juda samarali bo‘lsa ham, cho‘l zonalarida tuproqning sichmaydi va ildiz bo‘lagi buziladi.
- PZU-1 konstruksiyasi eng mos bo‘lib ko‘rinsa ham, ildiz bo‘lagi kichik bo‘lgani sabab ko‘chatning yashab ketish darajasi past.

Demak, yangi mashina uchun quyidagi texnik yo‘nalishlar muhim:

1. Yarim shar + konus aralash pichoqli kombinatsiya yaratish.
2. Tuproq mahkamlovchi vibratsiyaga qarshi kameralar qo‘llash.
3. Cho‘l sharoiti uchun mustahkamlangan gidravlik tizim.
4. Ko‘chat ildiz atrofida tuproqni presslab ushlab turuvchi halqa tizimini qo‘llash.

Xulosa.

ISSN 3030-3907

Ilgari bajarilgan ilmiy ishlanmalar va patentlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, PZU-1, KOP-2 va Tree Spade tipidagi mashinalar cho‘l hududida bajariladigan ko‘chat ko‘chirish jarayonlari uchun to‘liq mos emas. Tuproqning qumli tarkibi, yuqori harorat va qattiq ildiz tizimlari mavjud konstruksiyalarning samaradorligini kamaytiradi. Shuningdek, cho‘l zonalarida ko‘chatning yashab ketish foizini oshirish uchun ildiz bo‘lagining bir butun va zich bo‘lib olinishi muhim omil ekanligi aniqlanadi. Yuqoridagi tahlillardan kelib chiqib quyidagi tavsiyalarni ishlab chiqdik:

1. Kombinatsiyalashgan pichoq tizimi: konus + yarimshar shaklli kesish elementlari qo‘llanishi taklif etiladi.
2. Tuproqni ushlab turuvchi halqa konstruktsiyasi ishlab chiqilishi kerak.
3. Gidravlika tizimi issiqlikka chidamli materiallardan tayyorlanishi tavsiya etiladi.
4. Qumli tuproqda tuproqning to‘kilmasligi uchun vibratsiyaga qarshi amortizatorlar joriy qilinishi kerak.
5. Matematik modellashtirish orqali optimal kesish burchagi va chuqurligi aniqlanishi lozim.
6. Cho‘l zonalarining gidrologik, mexanik va termik sharoitlariga moslab yangi mashina modeli ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Yusupov A.A., “O‘rmon xo‘jaligi uchun ko‘chat ko‘chiruvchi mashinalar konstruksiyasi”, *O‘rmon xo‘jaligi ilmiy jurnali*, 2019.
2. Kravchenko V.P., *Lesokhozyaystvennye mashiny*, Moskva: Lesnaya promyshlennost, 1987.
3. Dutchman Industries. “Tree Spade Technical Specifications”, 2021.
4. US Patent No. US6789234B2. “Transplanting machine with conical blades”, 2004.
5. EU Patent EP2456711A1. “Root-ball stabilization mechanism”, 2012.
6. FAO Report. “Afforestation technologies in arid regions”, 2020.
7. Rasulov M. “Cho‘l hududlarida daraxt ko‘chatlari yashab qolish omillari”, *Agro Science*, 2022.
8. Espacenet Patent Database: https://worldwide.espacenet.com
9. WIPO PatentScope: https://patentscope.wipo.int
10. Optimal Equipment Co. “Tree Spade Operation Manual”, 2020.

ISSN 3030-3907

UDK 614.841.3

TRANSPORT VOSITALARI EKSPLUATATSIYASI JARAYONIDA YONG‘IN KELIB CHIQISHINING OLDINI OLISH MUAMMOLARINI TADQIQ ETISH

Baxodirov A.A.

Toshkent shahridagi Belarus-O‘zbekiston qo‘shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikatsiyalar institute, Toshkent, O‘zbekiston.

Azizov Z.A.

Toshkent shahridagi Belarus-O‘zbekiston qo‘shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikatsiyalar institute, Toshkent, O‘zbekiston.

E-mail. azizovzamon@gmail.com,

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada avtotransport vositalari ekspluatatsiyasi jarayonida yong‘in kelib chiqishining asosiy sabablari, ularni keltirib chiqaruvchi texnik, tashqi va inson omillari tizimli tarzda tahlil qilingan. Avtotransport vositalaridagi yong‘inlarning katta qismi elektr tizimi nosozliklari, yonilg‘i tizimi buzilishlari, dvigatelning qizishi, ekspluatatsiya kompetensiyalarining pastligi hamda noto‘g‘ri texnik xizmat ko‘rsatish bilan bog‘liqligi ilmiy manbalar asosida asoslab berilgan. Tadqiqotda FTA, ETA va Bow-Tie kabi zamonaviy tahliliy metodlar orqali yong‘inlarning kelib chiqish ildiz sabablari hamda oqibatlar ssenariylari o‘rganilgan. Shuningdek, zamonaviy raqamlashtirish orqali IoT texnologiyalari va sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlarining yong‘inni erta aniqlash va xavfni kamaytirishdagi imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan. Maqolada mahalliy va xorijiy tajribalar tahlili asosida yong‘in xavfsizligini oshirishga qaratilgan ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar. Avtotransport vositalari, yong‘in xavfsizligi, elektr tizimi nosozliklari, yonilg‘i tizimi, dvigatel qizishi, FTA, ETA, Bow-Tie, yong‘in analiz metodi, IoT monitoring, sun’iy intellekt, ekspluatatsiya madaniyati, texnik xizmat, yong‘in profilaktikasi.

Аннотация. В данной научной статье систематически проанализированы основные причины возникновения пожаров в процессе эксплуатации автотранспортных средств, технические, внешние и человеческие факторы, вызывающие их. На основе научных источников обосновано, что большая часть пожаров в автотранспортных средствах связана с неисправностями электрической системы, нарушениями топливной системы, перегревом двигателя, низкими эксплуатационными компетенциями и неправильным техническим обслуживанием. В исследовании с помощью современных аналитических методов, таких как FTA, ETA и Bow-Tie, изучены сценарии коренных причин возникновения и последствий пожаров. Также показаны возможности технологий IoT и систем мониторинга на основе

ISSN 3030-3907

искусственного интеллекта в раннем выявлении пожаров и снижении риска за счет современной цифровизации. В статье на основе анализа отечественного и зарубежного опыта разработаны научно-практические предложения, направленные на повышение пожарной безопасности.

Ключевые слова. Автотранспортные средства, пожарная безопасность, неисправности электросистемы, топливная система, нагрев двигателя, FTA, ETA, Bow-Tie, метод пожарного анализа, мониторинг IoT, искусственный интеллект, культура эксплуатации, техническое обслуживание, пожарная профилактика.

Abstract. This scientific article systematically analyzes the main causes of fires during the operation of motor vehicles, technical, external, and human factors that cause them. Based on scientific sources, it has been substantiated that most fires in motor vehicles are caused by malfunctions in the electrical system, fuel system failures, engine overheating, low operational competencies, and improper maintenance. The study examined the scenarios of the root causes and consequences of fires using modern analytical methods such as FTA, ETA, and Bow-Tie. The possibilities of IoT technologies and artificial intelligence-based monitoring systems in early fire detection and risk reduction through modern digitalization are also shown. The article, based on the analysis of domestic and foreign experience, develops scientific and practical proposals aimed at improving fire safety.

Key words. Vehicles, fire safety, electrical system malfunctions, fuel system, engine overheating, FTA, ETA, Bow-Tie, fire analysis method, IoT monitoring, artificial intelligence, operational culture, maintenance, fire prevention.

Kirish.

Hozirgi innovatsion davrga kelib transport vositalariga bo‘lgan talabning oshishi shu bilan birgalikda transport vositalardagi qurilmalarning raqamlashtirilishi ham ortib bormoqda. Lekin, transport vositalarida yuzaga keladigan yong‘inlar oxirgi yillarda ulovlarning oqimi ko‘payishi, avtomobillarning texnik jihatdan murakkablashuvi va yonilg‘i turlari alternativ xilma-xilligi sababli dolzarb muammoga aylandib kelmoqda. Statistika ma’lumotlar ko‘rsatishicha, avtotransport vositalarida yuzaga keladigan yong‘inlarining aksariyati ekspluatatsiya jarayonidagi texnik nosozliklar, texnik xarakteristikasida ko‘zda tutilmagan qo‘shimcha qurulmalar o‘rnatish, haydovchining xatolari yoki noto‘g‘ri texnik xizmat ko‘rsatish oqibatida yuzaga keladi. Yong‘inlar nafaqat moliyaviy zarar keltirish bilan bir qatorda, inson hayoti uchun ham jiddiy tahdid tug‘diradi.

Mazkur ilmiy maqolada transport vositalarida yong‘in kelib chiqish omillari tahlil qilinib, ularni oldini olish bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqiladi.

ISSN 3030-3907

So‘ngi yillarda transport vositalari ekspluatatsiyasi jarayonida yuzaga keladigan yong‘inlarning sabablari, ularning oqibatlari hamda oldini olish choralari bo‘yicha ilmiy izlanishlar jadal rivojlanmoqda. Avtomobillar konstruksiyasining zamonaviy murakkablashuvi, boshqsaruvning elektron tizimlar ulushi oshishi shuningdek yonilg‘i turlarining xilma-xilligi yong‘in xavfi omillarini ko‘paytirmoqda. O‘zbekiston respublikasi hamda xorijiy olimlar tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlar, normativ-huquqiy hujjatlar va amaliy qo‘llanmalarga tayangan holda mavzu yuzasidan adabiyotlar tahlili bayon qilinadi.

Mahalliy olimlar B.A. Mavlyankariev, A.D. Xudoyev, S.M. Juraev, N. Shadmonxo‘jayev kabi tadqiqotchilar yong‘in avtomatikasi, yong‘in xavfsizligi, yong‘inni aniqlash va o‘chirish tizimlari borasida qator ilmiy ishlarda avtotransport vositalaridagi yong‘in xavfini baholashga oid nazariy va amaliy yondashuvlarni taklif qilganlar. Mavlyankariev B.A. o‘zining ilmiy tadqiqotlarida yong‘in avtomatikasi, habar berish va monitoring tizimlarining avtotransport vositalarida qo‘llanilishiga va texnik jihatdan takomillashtirishga e’tibor qaratadi. U yuzaga keladigan yong‘inni dastlabki bosqichda aniqlash va avtomatik o‘chirish texnologiyalarining samaradorligini baholaydi. Xudoyev A.D. yong‘in xavfsizligida qo‘llaniladigan texnik vositalar — gazli va ko‘pikli o‘t o‘chirish tizimlari, issiqlik va tutun datchiklari, shuningdek avtomatlashtirilgan boshqaruv uskunalarining ishlash tamoyillarini chuqur tahlil qilganlar. O‘zbek tadqiqotchilari tomonidan transport vositalarida yuzaga kelgan yong‘in sabablarini aniqlashda Bow-Tie, ETA (Event Tree Analysis) va FTA (Fault Tree Analysis) kabi tizimli tahlil metodlari qo‘llash bo‘yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Yuqoridagi manbalar transport vositalarida yong‘in xavfini aniqlash va baholashda mahalliy sharoitni hisobga olgan holda eng maqbul yondashuvlarni taklif qilishi bilan ahamiyatlidir.

Xalqaro adabiyotlarda transport vositalarda yong‘in kelib chiqishi texnologiyasi, xavflarni aniqlash metodikasi, muhandislik analizi va profilaktika mexanizmlari keng yoritilgan. Xorijiy tadqiqotchilar J. Krane, D. Smith, A. Taylorlar tomonidan avtomobil yong‘inlarining real statistikasi asosida elektr va electron boshqaruv tizimi , yonilg‘i tizimi, moylash hamda sovutish tizimi, tashqi muhit harorati va inson omili kabi asosiy xavf sabablarini chuqur tahlil qilganlar. Manbalarda transport vositalaridagi yong‘inlar quyidagi yo‘nalishlarda o‘rganiladi:

- elektr simlarining eskirishi natijasida qisqa tutashuv xavfi;
- gaz-ballonga (metan, propan, propan-butan) o‘rnatilgan uskunalardagi bosim yoki sizish xavflari;
- dvigatel va zamonaviy turbokompressorlarning yuqori darajada qizishi oqibatida alangalanish jarayoni;

ISSN 3030-3907

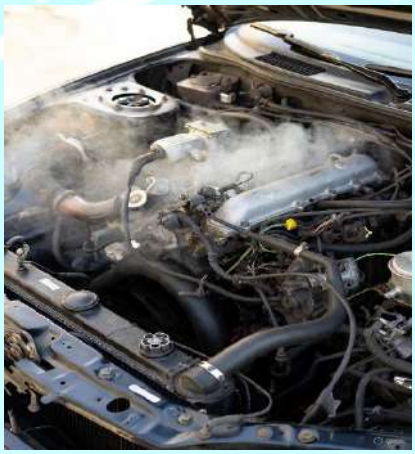
• xavfsizlik standartlari: NFPA (National Fire Protection Association), ISO 6469 va h.k

Transport vositalarida yong‘in xavfining asosiy sabablari elektr tizimi nosozliklari yani avtomobil yong‘inlarining 30–45% qismini elektr simlarining qisqa tutashuvi natijasida yuzaga keladi. Elektr simlarining yeyilishi, bir-biriga noto‘g‘ri ulanmani amalga oshirilganligi, ko‘rsatib o‘tilgan texnik xarakteristikasidan tashqari qo‘shimcha qurulmalar noto‘g‘ri o‘rnatilish orqali uchqunlanish yuzaga keladi. Zamonaviy avtomobillarda raqamlashtirish orqali elektron boshqaruv tizimlari sonining ko‘pligi yong‘in xavfini oshiradi.

Yonilg‘i tizimi muammolari asosan yonilg‘i bakdan sizib chiqishi, shlanglarning eskirishi yoki yuqori bosimga dosh bera olmasligi natijasida yorilishi, yonilg‘i nasosi ishlashi jarayonida yuzaga keladigan muammolar benzinning yuqori uchuvchanligi sababli oson yonishiga olib keladi. Dizel va Gaz-ballonga o‘rnatilgan uskunalar ham texnik xizmat ko‘rsatishda xatolar tufayli xavf tug‘diradi.

Dvigatel qizishi va moylash tizimi nuqsonlari, dvigatelning normal ishlash harorati odatda **85–95°C** oralig‘ida bo‘ladi. Dvigatel bo‘limida haroratning oshishi transport vositasi ekspluatatsiyasining eng xavfli nuqsonlaridan biridir, sababi bu dvigatelning mexanik qismlarida deformatsiya, ishqalanishning keskin ortishi yong‘in xavfining yuqorilashiga olib keladi. **Asosiy sabablari sifatida:**

Sovitish tizimi nosozligi (1-rasm).

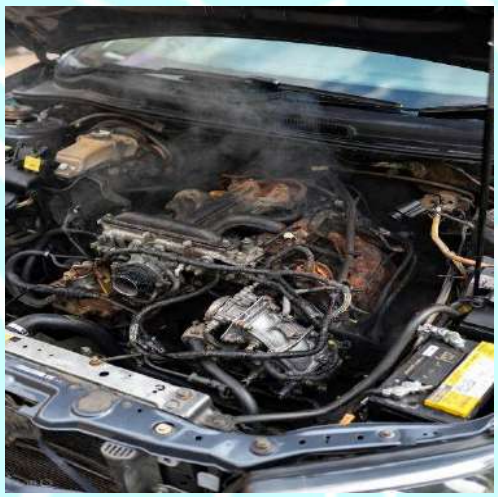


1-rasm. Sovutish tizimidagi nosozlik jarayoni.

➢ Radiatorning suyuqlik yo‘li tiqilib qolishi.
➢ Antifrizz yoki tossol o‘rtacha o‘lcham darajasining pasayishi.
➢ Suv nasosining ish faoliyatining yomonlashishi.
➢ Termostatning ish jarayonida yopiq holatda qotib qolishi.
➢ Sovutish ventilyatori datchigi ishlamay qolishi.

Yoqilg‘ining noto‘g‘ri yonishi (2-rasm).

ISSN 3030-3907



2-rasm. Yoqilg‘ining noto‘g‘ri yonishi.

- Yoqilg‘i aralashmasi haddan tashqari “quruq” ishlashi.
- Inyektorlar yomon purkashi.
- Yonish kameralarida cho‘g‘ va nagar yig‘ilishi.

Zaryadlash yoki tormoz tizimiga haddan tashqari yuk tushishi (3-rasm)



3-rasm. Tormoz tizimi qizib ketish.

- Uzluksiz baland aylanishda ishlatish.
- Tormozlarning qotib qolishi natijasida haddan tashqari yuklama.

Dvigatel moyining sifatsizligi yoki yetishmasligi

- Ishqalanish ortishi orqali harorat ko‘tarilishi.
- Moyning qotib qolishi yoki viskozitesining noto‘g‘ri tanlanishi.

Transport vositalarining samarali, xavfsiz va iqtisodiy jihatdan maqbul ishlashi nafaqat texnik holatga, balki **ekspluatatsiya madaniyatiga** ham bevosita bog‘liq. Ekspluatatsiya madaniyati pastligi transport vositalarining erta ishdan chiqishi, avariya va yong‘inlar kelib chiqishi va ko‘payishi, ekologik ifloslanish hamda ekspluatatsiya xarajatlarining oshishiga olib keladi. Ko‘pgina yong‘inlar haydovchi tomonidan texnik xizmat ko‘rsatish qoidalariga amal qilinmaslik, o‘zboshimchalik bilan jihozlarni o‘zgartirish (qayta jihoz va tyuning), nooriginal ehtiyot qismlar o‘rnatish natijasida kelib chiqadi.

ISSN 3030-3907

Transport yong‘inlarini tahlil qilishning ilmiy metodlaridan biri “Buzilishlar daraxti” (FTA- Fault Tree Analysis – FTA) metodi (4-rasm).

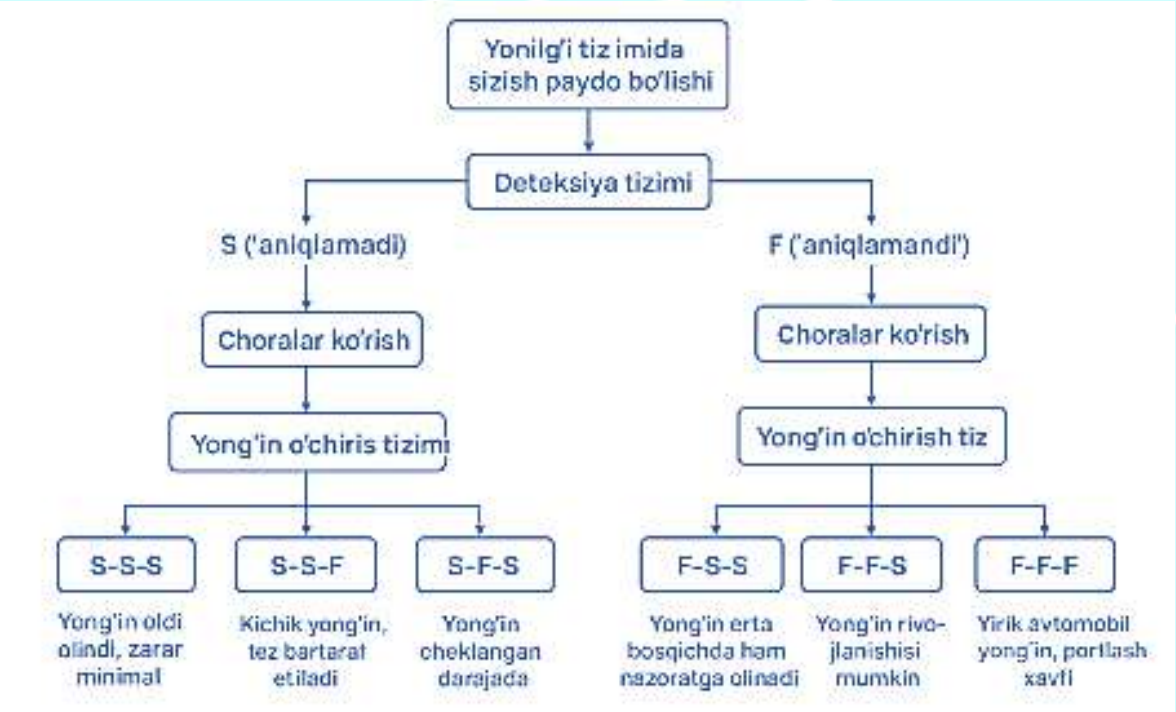


4-rasm. Buzilishlar daraxti (FTA) metodi.

FTA – yong‘inga yuzaga kelishining asosiy sababni topish uchun “ildizdan yuqoriga tomon” tarkibiy-analitik usuli bo‘lib, avtotransport vositalarida elektr, yonilg‘i va mexanik tizim nosozliklarini tizimli ravishda ildiz sabablarini aniqlashda juda samarali hisoblanadi. Tahlilning asosiy vazifasi: transport vositasida yong‘in kelib chiqishining asosiy sabablarini aniqlash; sabablar o‘rtasidagi mantiqiy bog‘lanishlarni ko‘rsatish; yong‘in xavfini kamaytirish uchun profilaktik choralar ishlab chiqish.

Hodisalar zanjiri tahlili (ETA – Event Tree Analysis). FTA sabablarni tahlil qilsa, **ETA oqibatlarni** tahlil qiladi. ETA yong‘indan oldin sodir bo‘lgan ketma-ket jarayonlarni aniqlashga yordam beradi. Bu metod yong‘inning rivojlanish ssenariylarini matematik model asosida baholashni ta’minlaydi (5-rasm).

ISSN 3030-3907



5-rasm. Hodisalar zanjiri tahlili (ETA – Event Tree Analysis).

Bow-Tie (kapalak modeli). Bow-Tie modeli xavfning muayyan sabab va oqibatlarini birgalikda ko‘rsatadi. Bu yondashuv yong‘inga olib keluvchi omillar va oqibatlarni kamaytirish bo‘yicha profilaktik choralarni rejalashtirishda samarali hisoblanadi. Bow-Tie modeli xavf-xatarlarni boshqarish va oldini olishning eng samarali vizual vositalaridan biri bo‘lib, ayniqsa avtomobil, avtobus va elektr transport vositalarida yong‘in kelib chiqishi xavfini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Bow-Tie modeli ikki asosiy metodni birlashtiradi:

- FTA – Fault Tree Analysis (Yong‘inga olib keluvchi sabablar daraxti)
- ETA – Event Tree Analysis (Yong‘indan keyingi oqibatlar ssenariysi)

Ularning birlashgan ko‘rinishi kapalak shaklida bo‘ladi – chap taraf FTA, o‘ng taraf ETA.

Transport vositalarida yong‘inning oldini olish bo‘yicha texnik chora-tadbirlar: avtotransport vositalari elektr tizimini takomillashtirish, yani issiqlikka chidamli izolyatsiyalangan simlar qo‘llash, qisqa tutashuvni erta aniqlovchi “intellektual tizimlar”lardan foydalanish, kontaktlarning avtomatik diagnostikasi rivojlantirish; yonilg‘i tizimini modernizatsiya qilish bu yonilg‘i sizishini aniqlaydigan datchiklar, gaz ballonlarini sertifikatlangan hamda yuqori kompetentlikga ega mutaxassis tomonidan o‘rnatish, shlanglar uchun yuqori elastik modulli materiallardan foydalanish; dvigatel va moylash tizimi xavfsizligi bo‘yicha harorat sensorlarini uch bosqichli monitoring qilish, turbokompressorlar uchun yong‘inga qarshi issiqlik ekranlarini qo‘llash hamda moylash tizimi bosimini real vaqt monitoring qilgan holda axborot berib boorish. Ayrim yirik yuk avtomobillarida ichki yong‘inga qarshi tizimlar yani avtomatik yong‘inni o‘chirish

ISSN 3030-3907

moslamalari (AFFF ko‘piklari, inert gazlar) joriy qilinmoqda. Bu tizimlar yong‘inning dastlabki bosqichida o‘chirish imkoniyatini beradi.

Transport vositalarini ekspluatatsiyada inson omilining roli asosan yong‘inlarning 65% dan ortig‘i bevosita haydovchi yoki texnik xizmat ko‘rsatish shaxobchalarida mutaxassislar xatolari bilan bog‘liqdir. Ko‘plab haydovchilar rejalashtirilgan texnik xizmat muddatlarini buzadi. Bu esa yong‘inga sabab bo‘luvchi nuqsonlarning yig‘ilishiga olib keladi. Avtotransport vositalarini qayta jihozlash yani noto‘g‘ri o‘zgartirishlar va tuning orqali elektr tizimiga qo‘shimcha uskunalar (chiroq, signal,magnitola) noto‘g‘ri ulanayotgani katta xavf tug‘diradi. Shuning bilan birgalikda ko‘pchilik haydovchilar yong‘in sodir bo‘lganda qanday tartibda harakat qilishni yani o‘t o‘chirgichdan foydalanishni hamda transportni o‘z vaqtida to‘xtatish zarurligi haqida yetarli amaliy ko‘nikmaga ega emaslar.

Yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan yong‘inlarning oldini olishda innovatsion texnologiyalar: IoT (Internet of Things- obyektlar (qurilmalar, sensorlar, mashinalar, maishiy texnika va boshqalar)ning internetga ulanib, o‘zaro ma’lumot almashishi va masofadan boshqarilishini ta’minlaydigan texnologiyalar majmuasidir.) asosidagi yong‘in xavfsizligini monitoring qilish orqali avtomobilning barcha xavfli nuqtalariga o‘rnatiladigan dtchiglar real vaqt rejimida ma’lumot uzatadi va yuzaga kelgan nosozlik aniqlanganda haydovchi xabar yuboriladi. Sun’iy intellekt yordamida prognozlash orqali SI algoritmlari dvigatel ishlashi, harorat, elektr iste’moli, yo‘l sharoitlari kabi ma’lumotlarga asoslanib yong‘in xavfini oldindan aniqlashga yordam beradi.

Xulosa. Avtotransport vositalari ekspluatatsiyasi jarayonida yong‘in kelib chiqishining oldini olish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biridir. Yong‘inlarning asosiy sabablari elektr tizimi, yonilg‘i tizimi va dvigatelning qizishi bilan bog‘liq bo‘lib, ularga texnik xizmat ko‘rsatishda malakasiz mutaxassislar xizmatidan foydalanish alohida o‘rin egallaydi. ETA, FTA va Bow-Tie kabi tahlil metodlari yong‘inlarni kelib chiqish sababini aniqlashda samarali hisoblanadi. Zamonaviy monitoring texnologiyalaridan foydalanish, IoT, sun’iy intellekt tizimlari va avtomatik o‘t o‘chirish texnologiyalarini joriy etish yong‘in xavfsizligini ta’minlashda yuqori natijalarga olib keladi. Avtotransport vositalari haydovchilarni muntazam kasbiy o‘qitish va profilaktika tizimini kuchaytirish avtotransport vositalarida yong‘inlar sonini kamaytirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarori — *Avtotransport vositalarida texnik reglament va xavfsizlik talablari*, 2023.

2. Mavlyankariev B.A. *Yong‘in avtomatikasi va yong‘inni aniqlash tizimlari.* Toshkent: O‘quv qo‘llanma, 2019.

ISSN 3030-3907

3. Xudoyev A.D. *Yong‘in xavfsizligi texnik vositalari va ularning qo‘llanilishi.* Toshkent: Fan, 2020.
4. Juraev S.M., Shadmonxo‘jayev N. *Transport vositalarida xavfsizlik va texnik ekspluatatsiya madaniyati.* Toshkent, 2021.
5. O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi. *Avtotransport vositalarida yong‘in xavfsizligi bo‘yicha uslubiy qo‘llanma.* Toshkent, 2022.
6. Karimov U.M. *Avtotransport vositalari tizimlarida nosozliklarni aniqlash va diagnostika.* Toshkent, 2020.
7. Raxmatullaev I.B. *Avtomobillarda elektr tizimi nosozliklari va ularning yong‘in xavfini baholash.* Ilmiy maqola, 2021.
8. Toshkent davlat transport universiteti. *Transport vositalari dvigatellari: ekspluatatsiya va xavfsizlik.* O‘quv qo‘llanma, 2018.
9. Krane J. *Automotive Fire Analysis and Prevention Methods*. SAE International, 2017.
10. Smith D., Taylor A. *Vehicle Fire Investigation and Engineering Analysis.* Elsevier, 2018.
11. NFPA 921. *Guide for Fire and Explosion Investigation.* National Fire Protection Association, 2021.
12. NFPA 1901. *Standard for Automotive Fire Apparatus.* NFPA, 2020.
13. ISO 6469-1:2019. *Electric road vehicles — Safety specifications.*
14. Rajput R.K. *Automobile Engineering*. Laxmi Publications, 2016.
15. SAE J1298. *Vehicle Fire Potential Assessment Standards.* SAE International, 2020.
16. Taylor J., Morgan P. *Fuel System Safety and Fire Hazard Analysis in Vehicles.* Springer, 2019.
17. Lönnermark A., Ingason H. *Vehicle Fires in Tunnels — Fire Dynamics and Safety Analysis.* SP Technical Research Institute of Sweden, 2015.
18. Wang Y., Chen L. *IoT-Based Vehicle Fire Detection and Early Warning Systems.* IEEE Sensors Journal, 2021.
19. Kapoor S., Patel A. *Predictive Maintenance for Vehicle Fire Prevention Using AI and IoT.* IEEE Access, 2020.
20. Drysdale D. *An Introduction to Fire Dynamics.* Wiley, 2011.

ISSN 3030-3907

IMMUNITETNI OSHIRISHDA BIOAKTIV BIRIKMALARGA BOY DORIVOR O‘SIMLIKLARNING KIMYOVIY FAOLIYATI.

Iskandarova Sevinch
SamTDU Davolash fakulteti 115-guruh talabasi:
Maxmayufupova Sevinch
SamTDU Davolash fakulteti 115-guruh talabasi:
Ubaydullayev Jo‘rabek Nurindinovich
SamDTU tibbiy kimyo assistenti:

Annotatsiya: Maqolada amarant bargining kamqonlikni bartaraf etish, immunitetni mustahkamlash kabi foydali xususiyatlari tufayli uni choy sifatida va turli taomlar tarkibida qo‘llash imkoniyatlari keng yoritilgan. O‘simlik tarkibidagi temir, oqsil, vitaminlar va antioksidantlar inson salomatligi uchun g‘oyat muhim bo‘lgani sababli, amarant ko‘plab xalq tabobati va sog‘lom ovqatlanish tizimlarida alohida o‘rin egallaydi. Bundan tashqari, maqolada amarantning ekologik ahamiyati ham alohida ta’kidlanadi. Xususan, tuproq unumdorligi tobora pasayib borayotgan, sho‘rlanish yoki degradatsiya xavfi kuchaygan hududlarda bu o‘simlikni yetishtirish tuproqni tiklashda muhim omil bo‘lishi mumkin. Amarantning ildiz tizimi tuproqqa organik moddalar qaytaradi, uning tuzilishini yaxshilaydi va eroziyaga chidamliligini oshiradi. Shu sababli u bio-meliorativ o‘simlik sifatida ko‘plab agroekologik tizimlarda tavsiya etilmoqda.Yana bir e’tiborli jihat – amarantning energetik salohiyatidir. O‘simlikning biomassasi biokut, bioyoqilg‘i yoki boshqa qayta tiklanuvchi energiya manbalarini ishlab chiqarishda samarali xomashyo bo‘lishi mumkinligi ilmiy tadqiqotlarda ko‘rsatib o‘tilgan.

Kalit so`zlar: amarant, amarant bargi, sog‘lom ovqatlanish, kamqonlik, immunitetni, biofaol moddalar, degradatsiya, bio-melioratsiya, qayta tiklanuvchi energiya, biomassa, bioyoqilg‘i, agroekologiya.

Annotation: The article provides an extensive overview of the various ways amaranth leaves can be used as tea and in different dishes due to their beneficial properties such as eliminating anemia and strengthening the immune system. Since the plant contains iron, protein, vitamins, and antioxidants that are extremely important for human health, amaranth occupies a special place in many traditional medicine practices and healthy nutrition systems. In addition, the article highlights the ecological significance of amaranth. Specifically, cultivating this plant in areas where soil fertility is declining and where salinization or degradation risks are increasing can play an important role in soil restoration. The root system of amaranth returns organic matter to the soil, improves its structure, and increases its resistance to erosion. Therefore, it is recommended as a bio-ameliorative plant in many agroecological systems. Another noteworthy aspect is the energetic potential

ISSN 3030-3907

of amaranth. Scientific studies have shown that its biomass can serve as an efficient raw material for producing biogas, biofuel, and other renewable energy sources.

Keywords: amaranth, amaranth leaf, healthy nutrition, anemia, immunity, bioactive compounds, degradation, bio-amelioration, renewable energy, biomass, biofuel, agroecology.

Аннотация: В статье подробно раскрываются возможности использования листьев амаранта в виде чая и в составе различных блюд благодаря их полезным свойствам, таким как устранение анемии и укрепление иммунитета. Поскольку растение содержит железо, белок, витамины и антиоксиданты, чрезвычайно важные для здоровья человека, амарант занимает особое место во многих системах народной медицины и здорового питания. Кроме того, в статье особо подчёркивается экологическое значение амаранта. В частности, выращивание этого растения в регионах с ухудшающимся плодородием почв, повышенным риском засоления или деградации может сыграть важную роль в восстановлении почвы. Корневая система амаранта возвращает в почву органические вещества, улучшает её структуру и повышает устойчивость к эрозии. Поэтому его рекомендуют как биомелиоративное растение во многих агроэкологических системах. Ещё один важный аспект — энергетический потенциал амаранта. Научные исследования показывают, что его биомасса может служить эффективным сырьём для производства биогаза, биотоплива и других возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: амарант, лист амаранта, здоровое питание, анемия, иммунитет, биоактивные вещества, деградация, биомелиорация, возобновляемая энергия, биомасса, биотопливо, агроэкология.

Kirish

“O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi farmon va qarorlarda, shuningdek, dorivor o‘simliklar yetishtirishga oid boshqa me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan ustuvor vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqotining o‘rni beqiyosdir. Mamlakatimizda dorivor o‘simliklar yetishtirishni kengaytirish, issiqxona xo‘jaliklarini rivojlantirish, ularning eksport salohiyatini oshirish va qishloq hududlarida yangi ish o‘rinlarini yaratish bo‘yicha qabul qilinayotgan davlat qarorlari bu sohaga bo‘lgan e’tiborning yuksak darajada ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, aholi bandligining oshishi, daromadlarining ko‘payishi va mahalliy xomashyo bazasidan oqilona foydalanish orqali iqtisodiyotning barqaror rivojlanishiga erishish ushbu siyosatning asosiy maqsadlaridandir.

ISSN 3030-3907

Shu bilan birga, O‘zbekistonda an’anaviy dorivor o‘simliklarning kimyoviy tarkibi, biologik faol moddalari va farmakologik xususiyatlari yetarli darajada o‘rganilgan bo‘lsa-da, ulardan dorivor komponentlar ajratib olingandan keyin hosil bo‘ladigan qoldiq biomassani chuqur qayta ishlash, undan ozuqaviy qo‘shimchalar yoki boshqa samarali mahsulotlar tayyorlash amaliyoti to‘liq yo‘lga qo‘yilmagan. Xuddi shuningdek, so‘nggi yillarda introduksiya qilingan yoki qilinayotgan, ozuqaviy va biologik qiymati yuqori bo‘lgan noan’anaviy dorivor o‘simliklarni qayta ishlashdan hosil bo‘ladigan chiqindilarni iqtisodiy aylanishga kiritish ham dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Sohada innovatsion texnologiyalar asosida serhosil, kasalliklarga chidamli va jahon bozorida raqobatbardosh bo‘lgan dorivor o‘simlik navlarini yetishtirishga yetarli darajada e’tibor berilmayotgani, sifatli axborot-konsalting xizmatlarining to‘laqonli yo‘lga qo‘yilmagani, fermer xo‘jaliklari va qayta ishlash korxonalari o‘rtasida kooperatsiya mexanizmlarining to‘liq shakllanmagani — mavjud imkoniyatlardan samarali foydalanishni cheklab kelayotgan omillardan hisoblanadi. Shu ma’noda, “O‘zstandart” agentligiga yuklatilgan xalqaro standartlarga mos mahsulot yetishtirishni kengaytirish, dorivor o‘simliklar, jumladan, amarant mahsulotlarini sertifikatlash jarayonlarini jadallashtirish vazifasi sohaning kelgusidagi rivoji uchun muhim omil sifatida baholanadi.

Amarantning tarixi ham o‘ta qiziqarli va boydir. Uning vatani Janubiy Amerika bo‘lib, mahalliy xalqlar tomonidan bundan 8 ming yil avval madaniylashtirilganligi ma’lum. Keyinchalik u Shimoliy Amerika, Hindiston, Osiyo mamlakatlari bo‘ylab tarqalib, Xitoygacha yetib borgan. Hozirgi kunda Hindiston, Pokiston, Nepal va Xitoyning tog‘li hududlarida amarant donli hamda bargli o‘simlik sifatida keng ekiladi. Yevropa mamlakatlarida, xususan Rossiya va Ukrainada ham amarant yetishtirilishi yo‘lga qo‘yilgan bo‘lib, undan tibbiyot, kosmetologiya, oziq-ovqat sanoati, qishloq xo‘jaligi va boshqa ko‘plab sohalarda keng foydalaniladi. Ayrim davlatlarda uning rang-barang to‘pgullari dekorativ maqsadlarda ham yetishtiriladi. Bugungi kunda amarantning 65 ga yaqin navi va 900 dan ortiq tabiiy turlari mavjudligi aniqlangan.

O‘zbekistonda amarantni yetishtirish, undan xalq xo‘jaligining turli tarmoqlarida, tibbiyot va an’anaviy tabobatda foydalanish – dolzarb va istiqbolli yo‘nalishlardan biridir. Amarantning ekologik ahamiyati ham benihoya katta: u yaroqsiz holga kelayotgan tuproqlarni sog‘lomlashtirish, eroziyaga qarshi kurashish, tuproq tarkibini boyitish, shuningdek, uning biomassasidan bioyoqilg‘i ishlab chiqarish orqali energetik barqarorlikka hissa qo‘shish imkoniyati mavjud.

ISSN 3030-3907

1-Jadval.

Amarant: iqtisodiy, tibbiy va sifatiy xususiyatlar

Kategoriya	Tafsilotlar	Maxsus izohlar
Eksport va xomashyo qiymati	Amarant moyi, uni, barglari, ildizi, kunjarasi; dorivor va vitaminlarga boy xomashyo	Ilmiy-amaliy tadqiqotlar eksport imkoniyatlarini o‘rganmoqda
Tibbiy qo‘llanilishi	Yurak-qon tomir, ishemik kasalliklar, infeksion va teri kasalliklari, qandli diabet, jigar va siydik-jinsiy tizim kasalliklari, ateroskleroz, anemiya, gipertoniya	Teri kasalliklari: psoriaz, vitiligo, ekzema, neyrodermit; immunitetni keskin oshiradi
Amarant moyining sifat ko‘rsatkichlari	O‘simlik va hayvon yog‘lari ichida eng yuqori sifatli yog‘lardan biri; skvalen miqdori chakanda moyidan 2 baravar ko‘p	Nurlanishdan keyingi kompleks davolash tizimlarida muhim komponent

Amarantning iqtisodiy qiymati ham yuqori. Bugungi kunda amarant moyi, uni, barglari, ildizi va kunjarasini dorivor va vitaminlarga boy xomashyo sifatida eksport qilish bo‘yicha ilmiy-amaliy asoslar o‘rganilmoqda. Ayniqsa, amarant moyi tibbiy jihatdan o‘ta qimmatli bo‘lib, yurak-qon tomir kasalliklari, ishemik xastaliklar, organizmni radionuklid va og‘ir metall tuzlaridan tozalash, infeksion kasalliklar, teri kasalliklari (psoriaz, vitiligo, ekzema, neyrodermit va boshqalar), qandli diabet, jigar va siydik-jinsiy tizim kasalliklari, ateroskleroz, anemiya, gipertoniya kabi holatlarda keng qo‘llanadi. Uning immunitetni keskin oshirish xususiyati ham tibbiyotda yuqori baholanadi.

Amarant moyi o‘simlik va hayvon yog‘lari ichida eng yuqori sifat ko‘rsatkichlariga ega yog‘lardan biridir. U tarkibidagi skvalen moddasining ko‘pligi jihatidan hatto chakanda (oblepixa) moyidan ikki baravar ustun turadi. Mazkur xususiyatlari uni nurlanishdan keyingi kompleks davolash tizimlarida ham muhim komponent sifatida qo‘llash imkonini beradi.

Xulosa: Xulosa qilib aytganda, amarant bejiz “mo‘jizaviy o‘simlik” deb atalmaydi. U C4-fotosintezga ega bo‘lib, yuqori samaradorligi tufayli issiq, qurg‘oqchilik va kuchli quyosh nuri sharoitida ham barqaror o‘sadi. Amarant mineral azotni tez o‘zlashtirishi natijasida qisqa muddatda katta miqdorda biomassa hosil qiladi va bir gektardan 300 tonnagacha yashil massa olish imkonini beradi. Shuningdek, amarantning transpiratsion koeffitsienti past bo‘lgani uchun suvni juda tejamkor sarflaydi va qurg‘oqchilikka chidamli ekin sifatida ajralib

ISSN 3030-3907

turadi. Sho‘rlangan tuproqlarda ham oson o‘sishi, ildiz tizimining chidamliligi va tuproqni tiklashga ko‘mak berishi uning ekologik ahamiyatini yanada oshiradi. Shu bois, amarant yuqori hosildor, iqlim o‘zgarishlariga moslasha oladigan va ko‘p sohalar uchun istiqbolli o‘simlik hisoblanadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Vozhehova, R., Borovyk, V., & Ubaydullaev, J. (2025). Inheritance of yield and fiber length in hybrids cotton of the first generation F1. In BIO Web of Conferences (Vol. 151, p. 04001). EDP Sciences.
2. Xayrullayeva, D. M., Davronova, M. P., Xalimov, B. J., & Ubaydullaev, J. N. (2024). KOLLOID ERITMALARNING TIBBIYOTDAGI AHAMIYATI VA QONNING KRIOSKOPIYA USULIDA MUZLASH HARORATINI ANIQLASH. Eurasian Journal of Medical and Natural Sciences, 4(4-1), 272-276.
3. Ubaidullaev, J. N., Vakhin, A. V., Katnov, V. E., Trubistina, S. A., & Mukhamadiev, N. K. (2023). Assessments of Chemical Composition and Properties High-Viscosity Oil Based on Elemental. Central Asian Journal of Medical and Natural Science, 4(5), 332-339.
4. Холмуродов, Т. А., Мирзаев, О. О., & Убайдуллаев, Ж. Н. (2023). КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ В ПРИСУТСТВИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ. In Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа (pp. 62-63).
5. Хусанов, Э. С., Убайдуллаев, Ж. Н., Ходжаёрова, Г. Р., & Элибоев, И. А. (2019). Реакционная способность несимметрично-замещений природных порфиринов с нитратами меди (II), цинка (II) и кадмия (II) кислород содержащих органических растворителей. Вопросы науки и образования, (12 (59)), 13-18.
6. Kholmurodova, D. K., & Khudoykulov, Z. I. (2023). Use of Waste in the National Economy. Texas Journal of Multidisciplinary Studies, 25, 160-162.
7. Амирова, П. Ж., & Худойқулов, Ж. (2025). ЕСТЕСТВЕННЫЕ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ НАРКОТИКИ: ПОЛЬЗА И ВРЕД. Research Focus, 4(1), 148-152.
8. Холмуродова, Д. К., Исломов, Л. Б., & Худойкулов, Ж. И. (2023). ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЫРЬЯ. IJODKOR O‘QITUVCHI, 3(33), 277-281.
9. Икромова, Ш. А., & Худойқулов, Ж. И. (2024). ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ. Research Focus, 3(11), 146-150.
10. Zoyirova, S. J., Samadova, M. A., & Xudoyqulov, J. I. (2025). CHILONJIYDA O ‘SIMLIGINING DORIVOR XUSUSIYATLARI. Экономика и социум, (7-1 (134)), 341-343.

ISSN 3030-3907

11. Икромова, Ш. А., & Худойқулов, Ж. И. (2025). ПОЛЬЗА АНТИОКСИДАНТОВ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА И МЕДИЦИНЕ. Экономика и социум, (4-1 (131)), 1361-1365.
12. Inomovich, X. J. (2025). FERMENTLARNING TIBBIYOTDAGI AHAMIYATI VA ULARNING QO‘LLANILISHI. Лучшие интеллектуальные исследования, 38(1), 285-291.
13. Inom o‘g‘li, X. J. (2025). BIOLOGIK FAOL KOMPLEKS BIRIKMALAR. Лучшие интеллектуальные исследования, 38(1), 319-325.

ISSN 3030-3907

“ASQOV-1” VA “ASATAQOV” OZIQ-OVQAT QO‘SHIMCHALARINING ANTIRADIKAL FAOLLIGI, FENOL BIRIKMALARI TARKIBI VA O‘TKIR TOKSIKOLOGIK XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH

Madaminova Manzura Mamirbekovna

Andijon davlat tibbiyot instituti Fakultet pediatriya va neonatologiya kafedrasi. Dotsenti

Annotatsiya. Ushbu maqolada “Asqov-1” va “Asataqov” oziq-ovqat qo‘shimchalarining antiradikal (antioksidant) faolligi, fenol birikmalari tarkibi hamda ularning o‘tkir toksikologik xususiyatlari o‘rganildi. Tadqiqot natijalari har ikkala qo‘shimchaning erkin radikallarni neytrallash (DPPH) qobiliyatiga ega ekanligini ko‘rsatdi. “Asataqov” preparatining antiradikallik faolligi biroz yuqori (ARF = 19,43 %) bo‘lib, “Asqov-1” (ARF = 18,35 %) dan ustunligi aniqlandi. Fenol birikmalar tahlili natijasida “Asataqov”da salitsil kislotasi, kversetin va apigenin miqdori yuqori bo‘lgani qayd etildi. O‘tkir toksikologik tahlil natijalari esa bu moddalar OECD tasnifiga ko‘ra **VI sinf – nisbatan zaharsiz birikmalar** ekanini ko‘rsatdi. Ushbu natijalar “Asataqov” va “Asqov-1” qo‘shimchalarini asab tizimi faoliyatini qo‘llab-quvvatlovchi, oksidlovchi stressni kamaytiruvchi va perinatal ensefalopatiya (PE) kechki asoratlarini yengillashtiruvchi tabiiy vosita sifatida tavsiya etish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: antioksidant faollik, fenol birikmalar, DPPH, “Asataqov”, “Asqov-1”, oksidlovchi stress, perinatal ensefalopatiya, toksikologik baholash.

Аннотация. В данной статье изучены антирадикальная (антиоксидантная) активность, состав фенольных соединений и острые токсикологические свойства пищевых добавок «Asqov-1» и «Asataqov». Результаты исследования показали, что обе добавки обладают способностью нейтрализовать свободные радикалы (DPPH). Антирадикальная активность препарата «Asataqov» оказалась немного выше (ARF = 19,43 %), чем у «Asqov-1» (ARF = 18,35 %). Анализ фенольных соединений выявил более высокое содержание салициловой кислоты, кверцетина и апигенина в составе «Asataqov». Результаты острой токсикологической оценки показали, что данные вещества относятся к VI классу по классификации OECD — то есть являются относительно нетоксичными. Полученные данные позволяют рекомендовать добавки «Asataqov» и «Asqov-1» как природные средства, поддерживающие функцию нервной системы, уменьшающие оксидативный стресс и облегчающие поздние осложнения перинатальной энцефалопатии (ПЭ).

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: антиоксидантная активность, фенольные соединения, DPPH, «Asataqov», «Asqov-1», оксидативный стресс, перинатальная энцефалопатия, токсикологическая оценка.

Annotation. This article investigates the antiradical (antioxidant) activity, phenolic compound composition, and acute toxicological properties of the food supplements “Asqov-1” and “Asataqov.” The study results showed that both supplements possess the ability to neutralize free radicals (DPPH). The antiradical activity of “Asataqov” was slightly higher (ARF = 19.43%) compared to “Asqov-1” (ARF = 18.35%). Analysis of phenolic compounds revealed that “Asataqov” contains higher levels of salicylic acid, quercetin, and apigenin. Acute toxicological evaluation indicated that these substances belong to Class VI according to the OECD classification, meaning they are relatively non-toxic. These findings suggest that “Asataqov” and “Asqov-1” supplements may be recommended as natural agents that support nervous system function, reduce oxidative stress, and alleviate late complications of perinatal encephalopathy (PE).

Keywords: antioxidant activity, phenolic compounds, DPPH, “Asataqov,” “Asqov-1,” oxidative stress, perinatal encephalopathy, toxicological assessment.

Kirish

So‘nggi yillarda biologik faol oziq-ovqat qo‘shimchalari inson salomatligini saqlash, metabolik jarayonlarni barqarorlashtirish va asab tizimi faoliyatini qo‘llab-quvvatlashda keng qo‘llanilmoqda. Oksidlovchi stress — organizmda erkin radikallar (reaktiv kislorod turlari, RKT) miqdorining ortib ketishi natijasida hujayra va to‘qimalarning shikastlanishiga olib keluvchi asosiy patogen mexanizmlardan biridir. Bu jarayon yurak-qon tomir, endokrin, onkologik va nevrologik kasalliklar, jumladan perinatal ensefalopatiya (PE) rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi.

PE asosan tug‘ruq davridagi gipoksiya yoki ishemiya natijasida miyada yuzaga keladigan shikastlanishlar bilan kechadi. Ushbu holatda erkin radikallar ko‘payib, asab hujayralarining lipid membranalari, oqsillari va DNK strukturasini zararlaydi. Shuning uchun oksidlovchi stressni kamaytiruvchi, tabiiy antioksidant moddalarga boy biologik faol qo‘shimchalar neyroprotektiv vosita sifatida katta ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda.

Shu jihatdan, **“Asataqov”** va **“Asqov-1”** kabi tabiiy o‘simlik asosida tayyorlangan qo‘shimchalarning antioksidant xususiyatlarini o‘rganish, ularning fenol birikmalari tarkibini aniqlash va xavfsizlik darajasini baholash muhim ilmiy vazifa hisoblanadi.

Materiallar va usullar

1. Tadqiqot ob’ekti

ISSN 3030-3907

Tadqiqot uchun “Asataqov” (M_2) va “Asqov-1” (M_1) oziq-ovqat qo‘shimchalari tanlab olindi. Har ikki mahsulot tarkibi **Cucurbita pepo L.** (qovoq), **Avena sativa L.** (jo‘xori) va **Cucumis melo L.** (qovun) kabi biologik faol o‘simliklar ekstraktlari asosida tayyorlangan.

2. Fenol birikmalar tahlili

Fenol birikmalar miqdori **yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX)** usuli bilan aniqlanib, standarta nisbatan xromatogrammalar jadval ko‘rinishida (1–2-jadval) qayd etildi.

3. Antiradikallik faollikni baholash

Antioksidant faollik **DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)** radikalini neytrallash usuli asosida baholandi. DPPH eritmasining nur yutilishidagi o‘zgarishlar spektrofotometrik ravishda 517 nm to‘lqin uzunligida o‘lchandi.

4. O‘tkir toksikologik baholash

Toksikologik testlar **laboratoriya sichqonlarida** o‘tkazilib, OECD (2001) 423-standartlariga muvofiq amalga oshirildi. Dozalar 2000 mg/kg va 5000 mg/kg bo‘lib, preparatlar og‘iz orqali kiritildi. Hayvonlarning tirik qolish ko‘rsatkichi, tana og‘irligi dinamikasi va umumiy holati 14 kun davomida kuzatildi.

Natijalar va ularning tahlili

1. Fenol birikmalar tarkibi

Fenol birikmalar tahlili natijalari “Asataqov”da **salitsil kislotasi, kversetin va apigenin** miqdori yuqori ekanligini ko‘rsatdi. Quyidagi jadvalda ularning qiyosiy natijalari keltirilgan:

1-jadval.

“Asqov-1” va “Asataqov” qo‘shimchalaridagi fenol birikmalar taqqoslanishi

Fenol birikma	Asqov-1 (mg/100 g)	Asataqov (mg/100 g)	Ko‘proq mavjud bo‘lgan ekstrakt
Gall kislota	0	0	—
Rutin	0,893	0	Asqov-1
Salitsil kislota	58,46	165,99	Asataqov
Kversetin	12,46	17,47	Asataqov
Apigenin	6,07	40,87	Asataqov
Kempferol	0	0	—

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, **“Asataqov” fenol tarkibi jihatidan sezilarli ustunlikka ega**. Ayniqsa salitsil kislotasi va apigenin miqdori juda yuqori bo‘lib, bu antioksidant va yallig‘lanishga qarshi xususiyatlarni kuchaytiradi.

2. DPPH orqali antiradikal faollik tahlili

DPPH tahlilida har ikkala qo‘shimcha doza oshishi bilan antiradikallik faolligini orttirgani kuzatildi. Eng yuqori natijalar quyidagicha:

ISSN 3030-3907

Namuna	ARF (25 µl, %)	ARF (50 µl, %)	ARF (100 µl, %)	Eng yuqori faollik
Asqov-1	10,23	13,29	18,35	18,35 %
Asataqov	11,09	13,83	19,43	19,43 %

“Asataqov” preparati **19,43 %** antiradikallik faollik bilan **“Asqov-1”** (18,35 %) dan biroz yuqori natija ko‘rsatgan. Har ikkala preparatning DPPH radikalini neytrallash tezligi 5 daqiqadan boshlab keskin oshib, 20–25 daqiqadan so‘ng barqarorlashgan. Bu jarayon moddalarning erkin radikallarni elektron yoki vodorod atomlari orqali zararsizlantirish qobiliyatini ifodalaydi. Shunday qilib, “Asataqov”ning yuqori ARF % qiymati uning fenol birikmalar (ayniqsa, salitsil kislotasi va kversetin) ko‘pligi bilan bog‘liq.

3. Antiradikallik mexanizmining biologik ahamiyati

Erkin radikallar — bu oksidlanish jarayonlarida hosil bo‘ladigan juda faol kislorod turlari bo‘lib, ular hujayra komponentlariga (lipid, oqsil, DNK) zarar yetkazadi. Oksidlovchi stress holatida ularning miqdori antioksidant himoya tizimi (SOD, katalaza, GPx) imkoniyatlaridan ortib ketadi.

“Asataqov” va “Asqov-1” tarkibidagi fenol birikmalar bu radikallarni neytrallab, quyidagi biologik jarayonlarni tartibga soladi:

Neyron hujayralarini oksidlovchi stressdan himoya qiladi;

Qon-miyada kislorod almashinuvini yaxshilaydi;

Yallig‘lanish mediatorlari (TNF-α, IL-6) ishlab chiqarilishini kamaytiradi;

Energiya almashinuvini (ATP hosil bo‘lishini) qo‘llab-quvvatlaydi.

Shunday qilib, “Asataqov” preparatining biroz yuqori antiradikal faolligi uning neyroprotektiv salohiyatini yanada oshiradi.

4. Fenol birikmalarning farmakologik xususiyatlari

4.1. Salitsil kislotasi

Yallig‘lanishga qarshi, og‘riqni kamaytiruvchi va neyrohimoya qiluvchi xususiyatlarga ega. Prostaglandinlar sintezini ingibitsiya qilib, yallig‘lanish va shish jarayonlarini kamaytiradi, qon aylanishini yaxshilaydi. Ilmiy tadqiqotlar salitsil kislotasining depressiya va stress holatlarida ijobiy ta’sirini ko‘rsatgan.

4.2. Kversetin

Tabiiy flavonoid bo‘lib, antioksidant, antistress va antidepressant ta’sirga ega. Neyronlarni erkin radikallar zararidan himoya qiladi, serotonin va noradrenalin darajasini oshiradi, kortizol ishlab chiqilishini kamaytiradi.

4.3. Apigenin

GAMK (GABA) retseptorlari bilan bog‘lanib, tinchlantiruvchi va uyquni normallashtiruvchi ta’sir ko‘rsatadi. Uyqu buzilishi, diqqat yetishmovchiligi va stress holatlarida foydali.

4.4. Rutin

ISSN 3030-3907

Qon tomir elastikligini oshiradi, yallig‘lanish mediatorlarini kamaytiradi va miya qon aylanishini yaxshilaydi. Neyronlarning energiya almashinuvini barqarorlashtiradi.

Bu komponentlarning umumiy ta’siri “Asataqov” va “Asqov-1” qo‘shimchalarining antioksidant mexanizmini kuchaytiradi hamda ularni xalq tabobati asosidagi neyrohimoya vositasi sifatida ahamiyatli qiladi.

5. O‘tkir toksikologik baholash natijalari

2-jadval.

“Asqov-1” va “Asataqov” ekstraktlarining o‘tkir zaharlilik ko‘rsatkichlari (n = 5)

Guruh	Doza (mg/kg)	Hayvon soni (tirik/o‘lgan)	O‘rtacha massa (1 kun)	(7 kun)	(14 kun)	LD_{50}
“Asqov-1”	2000	5/0	20 g	22 g	25 g	> 5000 mg/kg
“Asataqov”	5000	5/0	21 g	22 g	26 g	> 5000 mg/kg
Nazorat	—	5/0	21 g	23 g	26 g	—

Hayvonlarning 14 kunlik kuzatuvi davomida o‘lim holatlari kuzatilmadi. Tana og‘irligining o‘sishi, oziqlanish faolligi va harakat reflekslarida salbiy o‘zgarishlar aniqlanmadi. Shunga ko‘ra, LD_{50} > 5000 mg/kg bo‘lib, bu moddalar **OECD tasnifiga ko‘ra VI sinf — nisbatan zaharsiz** guruhga kiradi.

Muhokama

“Asqov-1” va “Asataqov” oziq-ovqat qo‘shimchalari tabiiy o‘simlik ekstraktlariga asoslangan bo‘lib, ularning fenol va flavonoid tarkibi yuqori antioksidant faollikni ta’minlaydi. “Asataqov” preparatining biroz ustunligi (ARF = 19,43 %) uning temir, kalsiy, kremniy va salitsil kislotasi miqdorining yuqoriligi bilan bog‘liq. Bu elementlar oksidlovchi stressni kamaytirish va hujayra regeneratsiyasini rag‘batlantirishda muhim rol o‘ynaydi.

Perinatal ensefalopatiyada (PE) miya to‘qimalarida gipoksiya natijasida hosil bo‘ladigan erkin radikallar asab hujayralarini shikastlaydi. “Asataqov” va “Asqov-1” preparatlaridagi antioksidant komponentlar bu jarayonni cheklab, neyronlarni himoya qiladi va tiklanish jarayonini qo‘llab-quvvatlaydi.

Xalq tabobati nuqtai nazaridan, bu preparatlar “hujayralarni tozalovchi” va “quvvatlovchi” tabiiy manbalar sifatida baholanishi mumkin. Ularning fenol va flavonoid tarkibi perinatal ensefalopatiya kechki bosqichlarida qo‘shimcha davolovchi vosita sifatida foydalanish imkonini beradi.

Xulosa

ISSN 3030-3907

Yuqorida keltirilgan ilmiy izlanishlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, “Asqov-1” va “Asataqov” oziq-ovqat qo‘shimchalari o‘z tarkibidagi tabiiy bioaktiv komponentlar, xususan, fenol birikmalar, flavonoidlar, organik kislotalar hamda mikroelementlar orqali **keng spektrli biologik faollikka ega bo‘lgan tabiiy antioksidant manbalari** hisoblanadi. Ularning ta’sir mexanizmi hujayra darajasida erkin radikallarni neytrallash, oksidlovchi stressni kamaytirish, lipid peroksidlanish jarayonlarini to‘xtatish hamda yallig‘lanish mediatorlari faolligini pasaytirish orqali namoyon bo‘ladi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, DPPH radikalini zararsizlantirish testi bu qo‘shimchalarning yuqori antiradikallik faollikka ega ekanligini isbotladi. “Asqov-1” qo‘shimchasida 100 µl hajmda 18,35 % gacha, “Asataqov”da esa 19,43 % gacha antiradikallik faollik qayd etildi. Har ikkala preparat uchun faollik konsentratsiyaga bog‘liq bo‘lib, modda hajmi ortishi bilan DPPH radikalini neytrallash foizi ham ortdi. Shuningdek, 5 daqiqalik reaksiyadan so‘ng antiradikallik jarayonining sezilarli faollashuvi, 20–30 daqiqadan keyin esa barqarorlashuvi kuzatildi. Bu holat ularning **tez ta’sir etuvchi va doimiy antioksidant xususiyatga ega** ekanligini ko‘rsatadi.

Taqqoslash natijasida “Asataqov” preparatining “Asqov-1”ga nisbatan biroz yuqori antiradikallik faolligi aniqlangan. Bu ustunlik, avvalo, “Asataqov” tarkibidagi **salitsil kislotasi (165,99 mg/100 g), kversetin (17,47 mg/100 g)** va **apigenin (40,87 mg/100 g)** kabi biologik faol fenol birikmalar miqdorining yuqoriligi bilan izohlanadi. Ushbu moddalarning har biri alohida biologik ahamiyatga ega: salitsil kislotasi — yallig‘lanishga qarshi, kversetin — antioksidant va stressga qarshi, apigenin esa — neyron himoya qiluvchi va tinchlantiruvchi ta’sirga ega. Shu sababli “Asataqov” preparati nafaqat radikalni zararsizlantirishda, balki **asab tizimi faoliyatini qo‘llab-quvvatlashda** ham samaraliroq ekanligi aniqlanmoqda.

Shuningdek, har ikki preparat tarkibida fosfor, magniy, kalsiy, temir va kremniy kabi mineral elementlar mavjud bo‘lib, ular antioksidant ferment tizimlari (superoksid dismutaza, katalaza, glutation peroksidaza) uchun zarur kofaktorlar hisoblanadi. Ayniqsa, “Asqov-1”dagi magniy va fosfor miqdori **energiya almashinuvi (ATP sintezi)** uchun muhim bo‘lsa, “Asataqov”dagi temir va kremniy **oksidlanish-qaytarilish jarayonlarini tiklash** va qon kislorod tashish qobiliyatini yaxshilashda muhim rol o‘ynaydi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, “Asataqov” va “Asqov-1” preparatlarining antioksidant xususiyati doza bilan bevosita proporsional ravishda ortib boradi. Bu esa ularning **dozaga bog‘liq antioksidant kinetikasi** mavjudligini ko‘rsatadi. Har ikkala preparatning DPPH testidagi o‘zaro farqi kichik bo‘lsa-da (1,08 % atrofida),

ISSN 3030-3907

bu farq “Asataqov”ning biokimyoviy jihatdan boyroq tarkibga egaligi bilan izohlanadi.

Fenol birikmalarning mavjudligi, ularning o‘zaro sinergik ta’siri, shuningdek, mikroelementlarning faollashtiruvchi roli bu moddalarni **perinatal ensefalopatiya (PE)** kabi neyrometabolik buzilishlarda qo‘llash imkoniyatini nazariy asoslaydi. Chunki PE rivojlanish mexanizmlarida asosiy patogen omil sifatida **oksidlovchi stress, yallig‘lanish jarayonlari va mikrosirkulyatsiya buzilishi** yetakchi o‘rin tutadi. “Asataqov” va “Asqov-1” preparatlarining antioksidant faolligi miya to‘qimalarida reaktiv kislorod turlarining hosil bo‘lishini kamaytiradi, neyron hujayralarni zararlanishdan himoya qiladi va hujayra ichki metabolizmini tiklashga ko‘maklashadi.

Xalq tabobati nuqtai nazaridan, bu moddalar “organizmni tozalovchi”, “quvvat beruvchi” va “hayotiy energiyani oshiruvchi” vositalar sifatida qadrlanadi. Ilmiy jihatdan esa bu ta’sir ularning antioksidant va yallig‘lanishga qarshi xususiyatlari bilan to‘liq asoslanadi. “Asataqov” tarkibidagi fenol va flavonoidlar sinergetik tarzda ishlaydi, natijada ular miya qon aylanishini yaxshilab, gipoksik holatlarda neyronlarning chidamliligini oshiradi.

Toksikologik jihatdan olib qaralganda, “Asqov-1” va “Asataqov” preparatlarining xavfsizlik darajasi yuqori ekanligi isbotlandi. Sichqonlarda o‘tkazilgan o‘tkir toksikologik testlar natijasida **LD_{50} > 5000 mg/kg** qiymat qayd etildi, bu esa ularni OECD tasnifiga ko‘ra **VI sinf – nisbatan zaharsiz birikmalar** sifatida tavsiflaydi. 14 kunlik kuzatuv davrida hayvonlarda o‘lim holatlari kuzatilmadi, tana og‘irligi muntazam oshib bordi, oziqlanish, faol harakat va xulq-atvor o‘zgarishsiz saqlanib qoldi. Bu natijalar qo‘shimchalarning **organizmga toksik, allergik yoki patofiziologik salbiy ta’sir ko‘rsatmasligini** tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Askarov I.R., Khakimov N.S., Atabaeva M.M.*Treatment of nervous diseases in children using traditional medicine methods.* Текст научной статьи по специальности «*Медицинские науки и общественное дравоохранение. https://cyberleninka.ru/article/n/ treatment-of-nervous-diseases-in-children-using-traditional-medicine-methods.*

2. Askarov I.R., Khakimov N.S., Atabaeva M.M.TREATMENT OF NERVOUS DISEASES IN CHILDREN IN INDIA.Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine. Volume 3, Issue 4, 2024. 159-164. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss4.2024.364

3. Askarov, I. R., Khakimov, N. S., & Atabaeva, M. M. TREATMENT OF NERVOUS DISEASES IN CHILDREN IN EUROPEAN COUNTRIES. Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(4). 341-349. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss4.2024.365

ISSN 3030-3907

4. Obidova, S. A., Askarov, I. R., & Atabaeva, M. M. ANALYSIS OF VITAMINS IN THE FOOD SUPPLEMENT "AS-SABR" AND THEIR IMPORTANCE IN PREVENTING NERVOUS DISEASES. Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, 3(6). 154-171.
5. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol3.iss6.2024.39
6. Atabaeva M.M._Bolalardagi asab kasalliklarini xalq tabobati usullari bilan davolash// Xalq tabobati plyus. Ilmiy, amaliy, ijtimoiy, tibbiy, ma‘rifiy jurnal №4 (21) 2024.– B.18-20
7. Atabaeva M.M.Obidova, S. A., Moychechak o‘simligining bolalardagi asab kasalliklarini davolash va oldini olishda qo‘llanilishi// Xalq tabobati plyus. Ilmiy, amaliy, ijtimoiy, tibbiy, ma‘rifiy jurnal №4 (21) 2024.– B.18-20
8. Аскаров И.Р. , Хакимов Н.С. , Атабаева М.М.Лечение нервных болезней у детей в узбекистане: состояние, международный опыт и пути совершенствования. Journal of modern medicine №1 (8), 2025.228-232.
9. M.M. Ataboyeva, Sh.A. Obidova, Dalachoy, jasmin va qichitqio‘tdagi flavonoidlarni aniqlash.// Xalq tabobati plyus. Ilmiy, amaliy, ijtimoiy, tibbiy, ma‘rifiy jurnal №1 (22) 2025.– B.14-16.

ISSN 3030-3907

DORIVOR O‘SIMLIKLARDAN FOYDALANISH VA YETISHTIRISH TARAQQIYOTI

Hasanova G.R
Farmakognoziya va farmatsevtik texnologiya kafedrasi assistenti, SamDTU
Kuliyeva Maxbuba Uzokovna
Farmakognoziya va farmatsevtik texnologiya kafedrasi assistenti,SamDTU
Azimova S.N
Biotexnologiya, injenering va farmatsiya fakulteti 5-bosqich talabasi
O‘tkirov Muxammadjon O‘tkirovich
Davolash fakulteti 3-bosqich talabasi, Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Annotatsiya: Dunyo farmatsevtika tarmog‘ida ishlab chiqariladigan dori vositalarining taxminan yarimi tabiiy dorivor o‘simliklardan olinadigan xomashyo hisobiga tayyorlanadi. Hozirgi vaqtda, ayniqsa, O‘zbekistonda farmatsevtika sanoatining kengayishi dorivor o‘simliklar yetishtirishga bo‘lgan ehtiyojni tobora oshirmoqda. Tabiiy sharoitda o‘sadigan o‘simlik turlarining zaxirasi cheklanganligi sababli tarmoqni barqaror xomashyo bilan ta’minlashning eng maqbul yo‘li — dorivor o‘simliklarni madaniy holda yetishtirishdir. Biroq ilmiy asoslangan agroteknologiyalarning yetarli ishlab chiqilmaganligi fermer va dehqon xo‘jaliklarida dorivor o‘simliklarni samarali parvarishlashda qator muammolarni keltirib chiqaradi. Shu sababli sohada malakali mutaxassislar tayyorlash va agroteknologik tizimlarni takomillashtirish dolzarb vazifa bo‘lib qolmoqda.

Kalit so‘zlar: dorivor o‘simlik, agrotehnika, farmatsevtika sanoati, xomashyo, fermer xo‘jaligi, parvarishlash texnologiyasi.

Аннотация: Около половины лекарственных средств, производимых в мировой фармацевтической отрасли, изготавливаются из сырья, полученного из природных лекарственных растений. В настоящее время, особенно в Узбекистане, расширение фармацевтической промышленности приводит к возрастающей потребности в культивировании лекарственных растений. Поскольку запасы дикорастущих растений ограничены, наиболее рациональным путем обеспечения отрасли стабильным сырьем является культивирование лекарственных растений в культурных условиях. Однако недостаточная разработанность научно обоснованных агротехнологий вызывает ряд проблем при эффективном выращивании лекарственных растений в фермерских и дехканских хозяйствах. В связи с этим подготовка квалифицированных специалистов и совершенствование агротехнологических систем остается актуальной задачей.

Ключевые слова: лекарственные растения, агротехника, фармацевтическая промышленность, сырьё, фермерское хозяйство, технологии выращивания.

ISSN 3030-3907

Abstract: Approximately half of all pharmaceuticals produced worldwide originate from raw materials obtained from medicinal plants. In Uzbekistan, the rapid expansion of the pharmaceutical sector has led to a significant increase in the demand for high-quality plant-based raw materials. Due to the limited reserves of naturally growing medicinal species, this demand can only be sustainably met through the cultivation of medicinal plants. However, the absence of fully developed, scientifically grounded cultivation technologies causes difficulties for farmers and specialized agricultural enterprises. Therefore, the training of qualified specialists in medicinal plant cultivation and the establishment of effective agrotechnical methods have become essential tasks.

Key words: medicinal plant, agriculture, cultivation methods, pharmaceutical industry, raw materials, agrotechnics.

Kirish

Dorivor o‘simliklar yetishtirish — qishloq xo‘jaligining muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, farmatsevtika sanoati, tibbiyot muassasalari va dorixonalarni barqaror ravishda tabiiy xomashyo bilan ta’minlashda katta ahamiyatga ega. Qishloq xo‘jaligi ishlarining mavsumiyligi, iqlim o‘zgaruvchanligi, tuproq sharoitlarining hududlar bo‘yicha farq qilishi kabi omillar dorivor o‘simliklar agrotekhnikasini ishlab chiqishda muayyan qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

Hozirgi kungacha mamlakatimizda turli mulkchilik shaklidagi xo‘jaliklarda 40 dan ortiq dorivor o‘simlik turlari madaniy holda yetishtirilayotgani ma’lum bo‘lsada, ularning ko‘pchiligi bo‘yicha ilmiy asoslangan to‘liq texnologiyalar hali ishlab chiqilmagan. Rossiya, Ukraina, Misr kabi mamlakatlarda bu yo‘nalish ancha rivojlangan bo‘lib, tarmoqni rivojlantirishda ularning tajribasi muhim ahamiyatga ega.

Muhokama va natijalar: Mustaqillikdan keyin O‘zbekiston farmatsevtika sanoati jadal sur’atlar bilan rivojlanib, korxonalar soni keskin oshdi. Bu esa dorivor o‘simliklarga bo‘lgan talabni ko‘paytirib, yetishtirish texnikasi va texnologiyasini takomillashtirishni dolzarb masalaga aylantirdi.

Hozirgi paytda 70 dan ortiq farmatsevtika korxonalari dorilarning katta qismini o‘simlik xomashyosidan tayyorlayotgani bois dorivor o‘simliklar madaniyatini rivojlantirish strategik ahamiyat kasb etmoqda. Vazirlar Mahkamasi qaroriga muvofiq, mamlakatimizda dorivor o‘simliklar bilan shug‘ullanuvchi ixtisoslashgan xo‘jaliklar tashkil etilgan bo‘lib, ularda yirik plantatsiyalar barpo qilingan.

Shu bilan birga, dorivor o‘simliklar yetishtirish fani o‘simlikshunoslik, botanika, agrokiyo, biotexnologiya, fiziologiya kabi yo‘nalishlar bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, aynan shu sohalarning yutuqlariga tayanib rivojlanadi.

ISSN 3030-3907

Dorivor o‘simliklardan tayyorlanadigan dori vositalari

O‘simlik turidagi xomashyo tarkibida turli biologik faol birikmalar — alkaloidlar, glikozidlar, saponinlar, flavonoidlar, efir moylari, vitaminlar, organik kislotalar, fitonsidlar va antibiotik moddalari yig‘iladi. Har bir o‘simlikda bu birikmalar turlicha miqdorda bo‘lgani uchun yig‘im vaqti ham farq qiladi:

po‘stloq va kurtak — erta bahorda,

barg — gullash boshlanganda,

gul — to‘la ochilganda,

urug‘ va meva — pishganida,

ildiz va ildizpoya — bahor boshi yoki kuzda yig‘iladi.

O‘zbekistonda tarqalgan asosiy dorivor o‘simliklar

Anor, achchiqmiya, yong‘oq, dorivor gulxayri, itsigek, zubturum, pista, yantoq, shuvoq va boshqalar xalq va rasmiy tibbiyotda keng qo‘llaniladi. Ulardan olinadigan ayrim birikmalar:

achchiqmiya — faxikarrin,

isiriq — garmin,

itsigek — anabazin,

omonqora — galantamin va boshqalar.

Nega madaniy o‘stirilgan dorivor o‘simliklar ulushi oshib bormoqda?

Tabiiy zaxiralarning qisqarib borishi.

Xomashyoga talabning yil sayin ortishi.

Yovvoyi o‘simliklarni yig‘ish qiyin va iqtisodiy jihatdan noqulay.

Xavf ostidagi o‘simliklarni muhofaza qilish zaruriyati.

Tropik-subtropik o‘simliklarni mahalliy sharoitga moslashtirish imkoni.

O‘zbekistonda dorivor o‘simliklar yetishtirish tarixidan

1973 yilda Toshkent viloyatida birinchi yirik plantatsiya tashkil etilgan. Keyinchalik Namangan, Samarqand, Qashqadaryo, Buxoro va Surxondaryo viloyatlarida ixtisoslashgan xo‘jaliklar barpo qilindi. Bu xo‘jaliklarda qalampir yalpiz, dorivor marmarak, tirnoqgul, na’matak, moychechak va boshqa ko‘plab o‘simliklar madaniyatga joriy etildi.

Toshkent botanika bog‘i olimlari chet eldan olib kelingan 60 dan ortiq o‘simlik turini mahalliy iqlimga moslashtirdi. Ular qatorida belladonna, pol-pola, rauvolfiya, katarantus, erizimum, sano va boshqalar bor.

Xulosa

Dorivor o‘simliklar yetishtirish mamlakat farmatsevtika sanoatini barqaror xomashyo bilan ta’minlaydigan strategik ahamiyatga ega yo‘nalishdir. Tabiiy zaxiralarning qisqarishi va dorivor moddalarga bo‘lgan talabning ortishi madaniy plantatsiyalarni kengaytirishni taqozo etmoqda. Ilmiy asoslangan agrotehnika qoidalarini ishlab chiqish, zamonaviy navlar yaratish va malakali kadrlar

ISSN 3030-3907

tayyorlash orqali mamlakatimizda dorivor o‘simliklar bazasini yanada mustahkamlash mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Хўжақулов С. “Ўсимликларнинг биологик фаол моддалари.” – Тошкент: Фан, 2021.
2. Мирзаев А., Каримова Н. “Фармакогнозия асослари.” – Самарқанд, 2020.
3. Nasir, M., et al. *Phytochemical composition of Quercus robur fruits.* Journal of Natural Products, 2022.
4. Karimov R. “Ўсимлик моддаларининг фитохимик таҳлили.” – Тошкент, 2019.
5. WHO Monographs on Selected Medicinal Plants, Vol. 4. – Geneva: WHO, 2021.
6. Хасанова, Г. Р., & Ботиров, Х. Т. (2025). Наш долг—сохранить и защищать растительный мир. Образование наука и инновационные идеи в мире, 79(1), 35-38.
7. Хасанова, Г. Р., & Ходжаева, Ж. К. (2025). Ревень тангутский–rheum tanguticum. образование наука и инновационные идеи в мире, 79(1), 39-45.
8. Rakhmatullaevna, K. G., Abdumutalibovich, X. D., & Faxriddinovich, X. U. (2025). Wild plants as an object of study, life safety, use in medicine and industry. Modern education and development, 18(4), 111-121.
9. Хасанова, Г. Р., Тошпулатов, Ш. Ш., Расулов, К. Г., & Мамиров, Д. У. (2025). Кориандр посевной–coriandrum sativum l. Modern education and development, 18(4), 80-92.
10. Хасанова, Г. Р., Беканов, Б. С., Бахитов, Ш. Т., & Ходжаева, Ж. К. (2025). Лечебные свойства каланхоэ. Modern education and development, 18(4), 93-110.
11. Raxmatullayevna, X. G., Ko‘chimova, F. S., Jumaboyeva, S. E., & Xushvaqtovich, Q. D. (2025). Sariq parpigul-gentian lutea l. Modern education and development, 18(4), 69-79.
12. Хасанова, Г. Р., Рахманова, Н. И., & Иззатуллаева, С. Т. (2025). Облепиха крушиновидная–hippophae rhamnoides l. Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi, 38(1), 164-174. Хасанова, Г. Р., Рахманова, Н. И., & Сатторов, Ш. И. (2025).
13. Хаснова, Г. Р., Магрипова, Д. Ф., & Алибоева, Ш. У. (2025). Роль лимона в жизни человека. образование наука и инновационные идеи в мире, 80(1), 26-32.
14. Хасанова, Г. Р. Химический анализ биологически активных веществ в корневищах и корнях девясил высокий-inula helenium l., произрастающего на территории средний азии. образование наука и инновационные идеи в мире, 79(3), 157-164..

ISSN 3030-3907

15. Mustafayevich, O. S., & Raxmatullayevna, X. G. (2025). Study of the effects of external conditions on the performance of the" tpg-sn4" methane detector. Research Focus, 4(6), 32-
16. Шукуров, А. А., Дониёрова, Р. П., & Хасанова, Г. Р. (2025). Кардамон настоящий–elettaria cardamomum. образование наука и инновационные идеи в мире, 80(1), 33-38. 36.integratsiyasi, 18(5), 46-55.
17. Хасанова, Г. Р., Рахманова, Н. И., & Иззатуллаева, С. Т. (2025). Облепиха крушиновидная–hippophae rhamnoides L. Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi, 38(1), 164-174. Хасанова, Г. Р., Рахманова, Н. И., & Сатторов, Ш. И. (2025).
18. Raxmatullayevna, X. G., & Zafarovich, B. B. (2024). Og‘izdan badbo‘y hid kelishi. Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi, 18(5), 46-55.
19. Хасанова, Г. Р., & Рашидова, Д. Ш. (2025). Пижма обыкновенная—tanacetum vulgare l. образование наука и инновационные идеи в мире, 80(4), 47-53.
20. Hasanova G. R., Burhanova D. S. & Norkulova H. S. (2025). Gel'mintozlarni tashxislashda zamonaviy biotexnologiyalar: ptsr, ifa va boshqa usullar. Development Of Science, 11(5), pp. 320-327. https://doi.org/0

ISSN 3030-3907

ELEKTR QURILMALARINING MAVJUD O‘ZGARUVCHAN TOK ELEKTR YURITMALAR TAHLILI

Mirzoyev Dilshod Po‘lotovich
Buxoro davlat texnika universiteti Elektr va energetika muhandisligi kafedra dotsenti
E-mail: dilshodmirzoyev85@gmail.com
Aminov Bobir Nodir o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti magistranti
E-mail: boburaminov09@icloud.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada eski tipdagi elektr dvigatellarining hozirda sanoat korxonalarida ish faoliyatida elektr energiyasi isrofi va bularni o‘rnini yangi tipdagi elektr motorlar bilan birgalikda invertor, chastotniklarni qo‘llash orqali elektr energiyasidan oqilona foydalanishni ta’minlashda erishiladigan yutiqlar taxlili keltirilgan, aniq o‘lchaydigan va nazorat qiladigan boshqarish tizimini qo`llash orqali energiya tejash masalalari ko`rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Energiya resurslar, zveno, reaktiv quvvat, nosinusoidal, avtonom kuchlanish invertori, filtr, tranzistor, moment.

Аннотация: В данной статье анализируются текущие потери электроэнергии на промышленных предприятиях за счет использования электродвигателей старого типа и достижения в обеспечении рационального использования электроэнергии путем замены их на электродвигатели нового типа, использования инверторов и преобразователей частоты, а также рассматриваются вопросы экономии электроэнергии за счет использования системы управления, которая точно измеряет и контролирует.

Ключевые слова: Энергетические ресурсы, связь, реактивная мощность, несинусоидальность, автономный инвертор напряжения, фильтр, транзистор, крутящий момент.

Abstract: This article analyzes the current energy losses in industrial enterprises due to the use of old-type electric motors and the achievements in ensuring the rational use of energy by replacing them with new-type electric motors, using inverters and frequency converters, and also considers the issues of energy saving through the use of a control system that accurately measures and controls.

Keywords: Energy resources, communication, reactive power, non-sinusoidality, autonomous voltage inverter, filter, transistor, torque.

Kirish

Bugungi kunda o‘zgaruvchan tok dvigatelli elektr yuritmalarning eng ko‘p tarqalgan turlari o‘z tarkibida o‘zgarmas tok zvenoli chastota o‘zgartirgich va keng impuls modullyasiyali invertor asosidagi o‘zgartirgichlarni oladi. O‘zgartirgichda tashqi interfeysli va mikroprotsessor boshqaruvli elektr yuritmani boshqarish tizimi

ISSN 3030-3907

o‘rnatilgan bo‘lib, u foydalanuvchiga elektr yuritmani sanoat korxonalarning turli xil sohalari ishlatishning maksimum imkoniyatini beradi.

O‘zgarmas tok zvenoli o‘zgartirgichlarda o‘zgaruvchan chiqish kuchlanishi avtonom invertor yordamida o‘zgarmas tokdan shakllanadi. Odatda ta’minot manbai sifatida o‘zgaruvchan tok tarmog‘i hisoblanganligi uchun chastota o‘zgartirgich tarkibida boshqariluvchi yoki boshqarilmaydigan to‘g‘rilagichlar kiradi. Bunday o‘zgartirgichlar chiqish chastotasining maksimal qiymatiga cheklov qo‘ymaydi. O‘zgarmas zvenoli chastota o‘zgartirgich ikkiga: avtonom tok invertori va avtonom kuchlanish invertoriga bo‘linadi. Hozirgi kunda avtonom kuchlanish invertorli o‘zgartirgichlar nisbatan keng miqyosda qo‘llanilmoqda.

Adabiyotlar sharhi: Asinxron dvigatelning stator cho‘lg‘amida ishlovchi chastota o‘zgartirgich 1 rasmda tasvirlangan. Uning tarkibiga kiruvchi elementlar: invertorni boshqarish tizimi (IBT) bo‘lgan avtonom kuchlanish invertori (AKI) va boshqariluvchi to‘g‘rilagich (BT). To‘g‘rilagichning chiqishida to‘grilangan kuchlanish U_d ni silliqlovchi ***LC***-filtr qo‘yilgan. Dvigatelni tormoz rejimiga o‘tkazadigan K_T kalit ulangan tormoz rezistori R_T da tormozlash energiyasi sochiladi. Sanoat qurilmalarida boshqariluvchi to‘g‘rilagich chastotasi 50 Gs bo‘lgan o‘zgaruvchan tok tarmog‘idan ta’minot oladi. Uning uchun boshqaruvchi ta’sir, to‘g‘rilagich bilan boshqariladigan tizim (TBT) kirishiga beriladigan kuchlanish signali hisoblanadi.

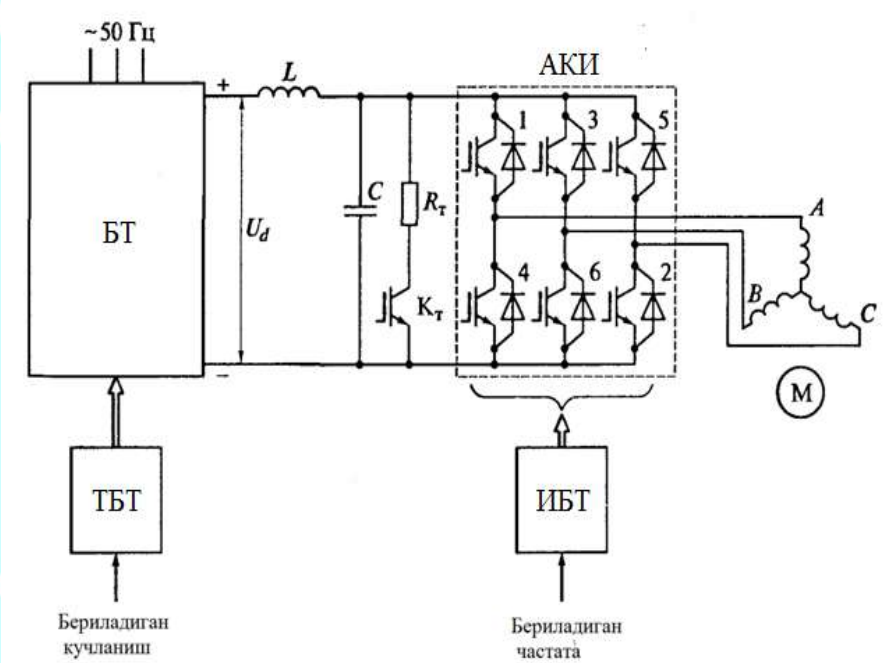
Invertorning kuch qismidagi keng ko‘p tarqalgan sxema uch fazali ko‘priksimon sxema hisoblanib, rasmda u 1...6 raqamlar bilan belgilangan oltita boshqariluvchi kalitlar iborat. Ushbu kalitlar ikkitomonlama o‘tkazuvchanlikni ta’minlashi kerak. Hozirgi vaqtda bu kalitlar uchun odatda tokning to‘g‘ri yo‘nalishda, kuchlanish U_d ning plyusidan minusi qarab oqishini ta’minlovchi tranzistorlar ishlatiladi. Teskari o‘tkazuvchanlik tranzistorlarga teskari tok diodlarni paralel ulash orqali amalga oshiriladi. Ular yordamida tranzistorlarning kommutatsiya jarayonlari va dvigatelning tormoz rejimlari uchun teskari tok oqadigan zanjir hosil qilinadi [2].

O‘zgartirgich chiqishidagi ω_{0el} chastotani boshqarish invertorning boshqarish tizimiga ta’sir ko‘rsatish orqali amalga oshiriladi. Invertorning boshqarish tizimida chastota berilayotgan signal doimiy boshqarish signallariga aylantirilib o‘rnatilgan algaritmga mos ravishda invertordagi tranzistorlarga beriladi. Invertor chiqishidagi o‘zgaruvchan tok kuchlanishining amplutuda qiymati o‘zgartirgichdagi chiqish kuchlanishi shakllanadigan to‘g‘rilangan kuchlanish qiymati bilan aniqlanadi.

Tadqiqot metodlari: Kalitlar zanjir holatining burchak davomiyligi π ga teng bo‘lgandagi invertor kalitlar holatining diagrammasi 2-rasmda ko‘rsatilgan. Vaqtning har bir momentida uchta kalit ulanadi. Kalitlar holati davrning har oltidan

ISSN 3030-3907

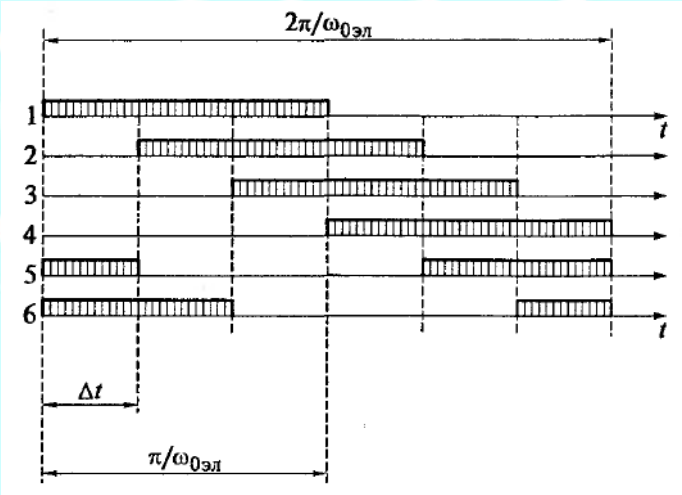
bir qismi oralig‘ida o‘zgaradi, uning davomiyligi vaqt birligi Δt da invertor chiqishidagi berilayotgan chastota qiymati bilan aniqlanadi; $\Delta t = \pi/(3\omega_{0el})$. Shunday qilib, invertorni boshqarish tizimidagi berilayotgan chastota signalining o‘zgarishi ushbu davomiylikni o‘zgarishiga olib keladi, chiqishdagi kuchlanish chastotasi ω_{0el} o‘zgaradi. 1-2-3-4-5-6 kalitlarning ketma-ket ulanishlari dvigatelning ma’lum yo‘nalishda aylanishiga mos keladi. Uni o‘zgartirish uchun bu ketma-ketlikni teskarisiga o‘zgartirish kerak. Diagrammadan ko‘rinib turubdiki, kalitlarning oltida nolinchi holati mavjudki, unda hamma vaqt ikkita juft va bitta toq yoki bitta juft va ikkita toq kalitlar ulangan. Bulardan tashqari yana ikkita nolinchi holat qo‘llaniladi, unda 1-3-5 yoki 2-4-6 kalitlar ulangan bo‘ladi va qachonki statorning hamma uch fazasi yo to‘g‘rilagichning musbat qutbiga yo manfiy qutbiga ulanganda [4].



1-rasm. O‘zgarmas tok zvenoli va boshqariluvchi to‘g‘rilagichli chastota o‘zgartirgichning strukturasi

Invertor kalitlarining hamma sakkiz holatlari 1-jadvalda ko‘rsatilgan. Unda ulangan kalitlarning raqamlari, stator faza toklarining ulanish sxemasi va faza kuchlanishlari sxemasi ko‘rsatilgan [1].

ISSN 3030-3907



2-rasm. Invertor kalitlar holatining diagrammasi

Natijalar: Har olti nolinchi holatda statorning ikki cho‘lg‘ami paralel ulanib ular uchinchi cho‘lg‘am bilan ketma-ket ulangan. Shuning uchun paralel ulangan cho‘lg‘amlarga qiymati $(1/3)U_d$ga teng bo‘lgan kuchlanish ta’sir qiladi, shuningdek ular bilan ketma-ket ulangan cho‘lg‘amga esa qiymati $(2/3)U_d$ ga teng bo‘lgan kuchlanish ta’sir qiladi. 3-rasmda u_{1A}, u_{1B}, u_{1C} faza kuchlanishlari ko‘rsatilgan, ularning davrning har oltidan bir qismidagi qiymatlari 1-jadvalga mos ravishda aniqlanadi. Shuningdek ramsda $u_{AV} = u_{1A} - u_{1V}$ formula bilan aniqlanadigan liniya kuchlanishlardan biri u_{AV} keltirilgan. O‘zgartirgich chiqishidagi kuchlanishning shakllanishi to‘g‘rilagich chiqishidagi $U_d$kuchlanishga bog‘liq bo‘lganligi sababli, to‘g‘rilagich bajarish tizimi kirishidagi berilayotgan signalning o‘zgarishi natijasi chastota o‘zgartirgich chiqishidagi kuchlanishni proporsional o‘zgarishiga olib keladi [4].

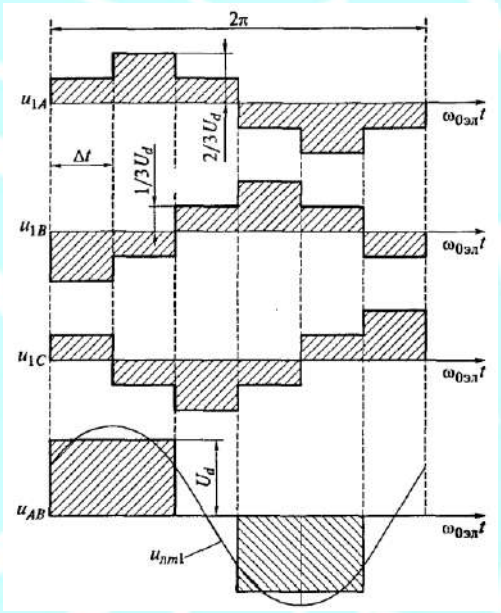
3-rasmda keltirilgan liniya kuchlanishini ikkinchi va uchunchi darajali garmoniklari bo‘lmagan garmonik tashkil etuvchilarning yig‘indisi ko‘rinishda tasvirlash mumkin [3]:

$$u_{AV}(\mathrm{v}) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} U_d \left(\sin \mathrm{v}' - \frac{1}{5} \sin 5\mathrm{v}' - \frac{1}{7} \sin 7\mathrm{v}' + \frac{1}{11} \sin 11\mathrm{v}' + \cdots \right);$$

$$\mathrm{v} = \omega_{0el} t; \qquad \mathrm{v}' = \omega_{0el} t + \pi/6.$$

Liniya kuchlanishining birinchi garmonikasi $u_{l1} = f(\omega_{0el} t)$ qiymati $U_{lm1} \approx (1{,}1) U_d$ ga teng bo‘lgan amplitudaga ega. Faza kuchlanishi birinchi garmonikasining amplitudasi esa $U_{fm1} \approx (0{,}637) U_d$ ga teng bo‘ladi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Invertor chiqishidagi kuchlanishning shakli

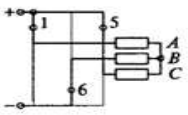
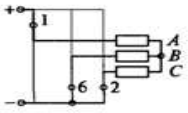
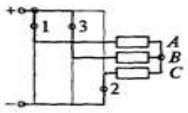
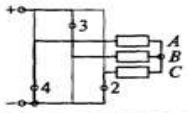
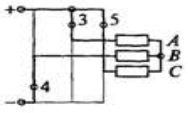
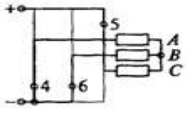
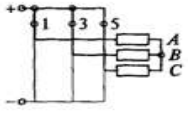
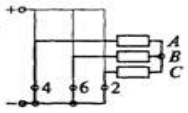
Agar avtonom invertor ikki tomonlama o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan o‘zgarmas kuchlanish manbaidan (to‘g‘rilagichdan) ta’minot olayotgan bo‘lsa, unda o‘zgartirgich chiqishidagi chastotani kamayishi dvigatelni rekuaerativ tormozlashga olib keladi. Agar to‘g‘rilagichdan foydalanilsa, unda u quvvat oqimini dvigateldan tarmoqqa o‘tkazmaydi. Shuning uchun tormozlash rejimini ta’minlashda sxemada R_T rezistor qo‘llaniladi. Motorda tormozli rejim sodir bo‘ladigan bo‘lsa, K_T kalit ulanadi va tormoz energiyasi tormoz rezistorida sochiladi [5].

Chiqish kuchlanishining nosinusoidalligi stator cho‘lg‘amidagi tokning nosinusoidalligiga va motor momentining pulsatsiyasiga olib keladi. Bu pulsatsiyalar ayniqsa past chastotada va mexanizmning uncha katta bo‘lmagan inersiya momentida kuchli namoyon bo‘ladi. Unda ushbu motorlar notekis aylanuvchi motorlar deb, ba’zida motor to‘xtashlar bilan aylanganda qadamli rejimda ishlovchi motorlar deb ataladi. Shunday qilib, to‘g‘rilagich chiqishidagi kuchlanishning nosinusoidal xarakteri yuritma tezligining rostlash diapozonini imkoniyatlarini chegaralanishiga olib keladi. Bundan tashqari, stator toki egri chizig‘idagi yuqori garmonigalarning mavjudligi motordagi energiya isroflarining oshishiga olib keladi. Shuning uchun, keyingi yillarda o‘zgarmas tok zvenoli chastota o‘zgartirgichlar keng qo‘llanilmoqdagi, qaysikim ularda keng-impulsli modulyasiya (KIM) qo‘llanishligi bilan stator tokining shakli sinusoidallikka yaqin bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Invertor kalitlari turli holatlari va unga mos keluvchi faza kuchlanishi qiymatlarida stator cho‘lg‘amining ulanish sxemasi

Калитлар уланиши	Статор чўлғамининг уланиш схемаси	Фаза кучланишлари		
		$\frac{u_{1A}}{U_d}$	$\frac{u_{1B}}{U_d}$	$\frac{u_{1C}}{U_d}$
5—6—1		$+\frac{1}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$+\frac{1}{3}$
6—1—2		$+\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
1—2—3		$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$	$-\frac{2}{3}$
2—3—4		$-\frac{1}{3}$	$+\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$
3—4—5		$-\frac{2}{3}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3}$
4—5—6		$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$+\frac{2}{3}$
1—3—5		0	0	0
2—4—6		0	0	0

Xulosa: Hozirgi kunda yirik quvvatli ishlab chiqarish korxonalari chet elda ishlab chiqarilgan zamonaviy uskunalar va jihozlar bilan ta’minlangan. Bu esa ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini va unumdorligini oshirib o‘z mahsulotlarini jahon bozorigacha olib chiqish orqali xalq xo‘jaligi va Respublikamizning rivojlanishi uchun katta hissa qo‘shmoqda. Shu o‘rinda zamonaviy uskunalar va jihozlarning talab darajasida ishlashi uchun uzluksiz va sifatli elektr energiya ta’minoti talab qilinadi.

Sanoat korxonalarida jumladan elektr energiyasi sarfi juda yuqori ekanligidan kelib chiqib, bugungi kunda energiyani tejash bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ilmiy tadqiqot ishlarida korxonada energetik balansini tashkil etish, ishlab chiqarishdagi energetik ko‘rsatkichlarni tahlil qilish,

ISSN 3030-3907

energiya iqtisod qilishning rezerv manbalari kuch transformatorlari, reaktorlar va boshqa elektr qurilmalarni yuklanganlik darajasini aniqlash muhim hisoblanadi. Elektr balans bu iste'mol qilishdagi aktiv quvvat bilan reaktiv quvvat balanslari hisoblanadi, ya'ni bunda tarmoqdagi barcha isroflar yig'indisini e'tiborga olinadi. Korxonaning turli ishlab chiqarish qismlarida energiyadan qanchalik foydalanilayotganligini, energoaudit o'tkazish davomida yig'ilgan ma'lumotlarni tahlil qilish orqali baholanishi mumkin. Aniqlangan energiya iste'moli korxona oldiga qo'yilgan maqsad va standart ko'rsatkichlari bilan taqqoslab ko'rilishi mumkin. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish va bu bilan bog'liq elektr ta'minoti tizimining turli elementlarida elektr energiyasi isrofini va elektr energiyasi sifatini oshirish bilan bog'liq muammolarni yechish uchun reaktiv quvvat balansi tuziladi. Energetik resurslardan foydalanishni samaraliligini ortirish va issiqlik isroflari kamaytirish uchun, korxonadagi issiqlik tarmoqlarining xolatini yaxshilash kerak bo'ladi, bunda shuningdek, korxonada asboblar bo'yicha o'lchovlarni to'g'riligi ustidan doimiy nazoratni, issiqlik manbasi va uni iste'mol qiluvchi joylarda energetik resurslardan rasional foydalanishni tashkil qilish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Сиддиков И.Х., Анарбоев М.А., Мирзоев Н.Н., Маматкулов А.Н. Элементы управления статическими и динамическими источниками реактивной мощности // Журнал «Проблемы энергетики и ресурсосбережения». - Ташкентский технический университет, Ташкент, 2013. - Спецвыпуск. - № 3-4. - С. 183-187.
2. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. «Электрические станции и подстанции с асбестовыми источниками электропитания». Ташкент, «Фан», 1987, 619 с.
3. Неклепаев Б.Н. «Электрическая часть станций и подстанций», М.: 1991
2. Справочник по высоковольтным электротехническим устройствам, М.: 1998.
3. Xafizov I.I, Maxmudov N.N Elektronika asoslari. Toshkent-2018.
4. Turdiyev M.T. Elektrotexnika va elektronika asoslari. Toshkent- 2000.
5. Study of commutation devices used in technical institutions of higher educational institutions, Mirzoev, Dilshod Polotovich; Qahhorov, Siddiq Qahhorovich; Utaganov, Amin Bakhtiyor oglu; and Salimova, Mohinur (2020) Scientific reports of Bukhara State University: Vol. 4: Iss.3, Article16. DOI:10.52297/2181-1466/2020/4/3/6.Available at: https://uzjournals.edu.uz/buxdu/vol4/iss3/16
6. Modern methods of improving the quality of education in the organization of the educational. Dilshod Polotovich Mirzoev . Siddiq Kakhkhorovich Kakhkhorov Scientific reports of Bukhara State University Issue 6 BSU 2020 (6) Volume 4
7. https://uzjournals.edu.uz/buxdu/vol4/iss6/13/

ISSN 3030-3907

8. Kakhkhorov S.K., Mirzoev D.P. Izuchenie kommutatsionnyx ustroystv European science № 2 (51). Part II [6]. https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-kommutatsionnyh-ustroystv/viewer

ISSN 3030-3907

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДЫ

Жумаев Завқиёр Исматиллоевич
Навоийский государственный горно-технологический университет, старший преподаватель кафедры "Электроэнергетика"
Тел. +998976840001
Қаршибаев Асқар Илашович
Навоийский государственный горно-технологический университет, доктор технических наук, профессор, декан факультета Энерго-механика,
Тел. +998906205055

Аннотация. В данной статье анализируются основные методы и современные подходы к эффективному использованию электроэнергии в процессе измельчения руды. Рассматриваются пути снижения энергопотребления мельничного оборудования, оптимизации режимов работы, контроля различных технологических параметров и внедрения энергосберегающих технологий. Результаты исследований дают практические рекомендации, направленные на повышение эффективности процесса измельчения руды и сокращение производственных затрат.

Ключевые слова: Измельчение руды, энергоэффективность, Мельничное оборудование, оптимизация режимов работы, энергосберегающие технологии, технологический процесс.

Annotatsiya. Ushbu maqolada rudani maydalash jarayonida elektr energiyasini samarali ishlatishning asosiy usullari va zamonaviy yondashuvlar tahlil qilinadi. Maqolada maydalash uskunalarining energiya sarfini kamaytirish, ish rejimlarini optimallashtirish, turli texnologik parametrlarni nazorat qilish va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish yo‘llari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotlar natijalari rudani maydalash jarayonining samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga qaratilgan amaliy tavsiyalarni beradi.

Kalit so‘zlar: rudani maydalash, elektr energiya samaradorligi, maydalash uskunalari, ish rejimini optimallashtirish, energiya tejovchi texnologiyalar, texnologik jarayonlar.

Abstract. This article analyzes the main methods and modern approaches for the efficient use of electrical energy in the ore grinding process. It examines ways to reduce the energy consumption of milling equipment, optimize operating modes, control various technological parameters, and implement energy-saving technologies. The research results provide practical recommendations aimed at improving the efficiency of the ore grinding process and reducing production costs.

ISSN 3030-3907

Keywords: ore grinding, energy efficiency, milling equipment, operating mode optimization, energy-saving technologies, technological process.

Введение

Все производители шаровых мельниц понимают, что целью процесса измельчения является механическое уменьшение размера измельчаемого материала. Измельчение можно проводить разными способами. Выбор конструкции мельницы зависит от распределения частиц по размерам в сырье и желаемом продукте. Часто измельчение является более экономичным, когда выполняется на первичном этапе, за которым следует вторичный этап, с получением продукта мелкого размера.

Эффективность операций измельчения традиционно оценивается на основе эксплуатационных затрат и энергопотребления. Традиционно самые низкие эксплуатационные расходы достигаются при многостадийном полностью автогенном шлифовании благодаря исключению затрат на стальные мелющие тела, которые могут составлять до 50% стоимости измельчение. Значительное снижение затрат, связанных с измельчением, достигалось на протяжении многих лет за счет увеличения размера и улучшения конструкции дробилок и мельниц, однако не было значительного прорыва в повышении энергоэффективности процесса измельчения.

Основная часть. Для горнодобывающей промышленности процесс измельчения, как известно, является самым дорогим и энергоемким. Любые усилия по снижению потребления и стоимости оборудования для измельчение приведут к экономии. Поэтому особое внимание следует уделить повышению эффективности установки мельницы. Необходимо понимать механизмы износа, возникающие в процессе измельчения, и учитывать детали такого процесса, например, взаимодействие между рудами и измельчающей средой. Следующие параметры следует учитывать для повышения эффективности мельницы.

1. Скорость вращения барабана

Энергопотребление и режим измельчения - это скорость вращения барабанной мельницы. Известно, что режим работы шаровой мельницы может быть каскадным или водопадным, в зависимости от скорости вращения. В зависимости от режима работы мельницы определяется характер изменения потребляемой мощности. Как правило, величина затрачиваемой мощности при прочих равных условиях пропорциональна скорости вращения барабана. Однако в действительности мощность увеличивается немного быстрее, чем скорость барабана в этих условиях. Более того, это увеличение не одинаково и зависит от значения шарика, выраженного в процентах от размера мельницы. В режиме работы с

ISSN 3030-3907

водопадом мощность, потребляемая мельницей, определяется работой, выполняемой для подъема шариков по круговым траекториям, и некоторая часть кинетической энергии соединяется с шариками для полета по параболическим траекториям. Приведены кривые электрической энергии, потребляемой скоростью заполнения шара и скоростью вращения (в виде критического процента).

При низкой скорости мощность увеличивается пропорционально скорости вращения. При переходе в режим водопада с увеличением скорости вращения сила первоначально немного увеличивается, при определенной скорости, в зависимости от уровня наполнения шара, достигает максимума и постепенно уменьшается при приближении к критической скорости. На соответствующей критической скорости все слои шаров центрифугируются, а энергопотребление снижается до холостого хода. Граница между режимами измельчения зависит от уровня загрузки барабана мельницы, поэтому необходимо постоянно регулировать скорость при постоянно меняющейся загрузке. Использование регулируемого привода в мельничных установках позволяет существенно влиять на количество потребляемой мощности и качество измельчения. Кроме того, для измельчающих комплексов можно выбрать комбинацию скоростей различных объектов стадии измельчения, чтобы обеспечить минимальное энергопотребление во всем комплексе.

Полунезависимый режим измельчения, используемый в мельнице МШЦ 55х75, имеет один существенный недостаток. Это чрезмерная скорость вращения барабана мельницы, которая составляет 80% критической скорости, что отрицательно влияет на расход шариков, долговечность вкладыша, энергопотребление и производительность мельницы. Динамика износа гильзы и шариков, а также внешнее прослушивание мельниц ГМК во время работы указывают на то, что критические шарики и руды (загружаемые материалы) части зоны элеватора попадают в грунтовочную руду со скоростью 80%. Однако естественные условия естественным образом создают благоприятные условия для отделения шариков, интенсивного износа шариков и грунтования, поскольку шарики видят голые руды под углом к футеровке, а пленки и футеровки пульпы в шариках изумрудны. служит. С точки зрения энергии, отливка материалов зоны подъема не позволяет эффективно использовать кинетическую энергию измельчающей среды, что снижает эффективность процесса измельчения из-за «холостой» работы шариков. В результате было обнаружено, что оптимальная скорость вращения барабана составляет 65-70% от критического значения. на практике $0{,}65n_{кр} \le n \le 0{,}8n_{кр}$ реализуется смешанная работа мельницы.

ISSN 3030-3907

Удельная скорость измельчения в мельнице отражает как эффективность среды измельчения при измельчении крупных частиц, так и характеристику измельчаемости руды в определенном диапазоне уменьшения размера.

Чтобы прийти к условию, которое отражает только эффективность среды на мельнице, мы должны учесть измельчаемость руды. Это даст удельную скорость измельчения в шаровой мельнице. Соотношение скоростей измельчения можно считать неконтролируемые, поскольку каждый оборот испытательной мельницы требует определенного количества энергии. Он основан на разрушении только грубого материала как в шаровой мельнице. Поэтому предлагается, чтобы коэффициент скорости измельчения был прямой мерой относительной общей эффективности разрушения в шаровой мельнице.

2. Размер шары и размер руды.

Размер шара является одним из решающих факторов в определении производительности шаровой мельницы. Известно, что крупные частицы необходимы для эффективного разрушения крупных частиц, тогда как мелкие частицы более эффективны для разрушения мелких частиц. Поэтому смесь шариков, а не шариков одинакового размера широко используется в промышленности для обеспечения эффективного измельчения материалов разных размеров на мельнице.

Соотношение между объемом подачи и производительностью шаровой мельницы зависит от свойств руды. Чем выше количество руды при измельчении руд, тем выше эффективность шаровой мельницы. Руды, как правило, приводят к селективному измельчению, поскольку легко измельчаемые частицы обычно измельчаются грубым измельчением, тогда как другие износостойкие частицы снижают производительность мельницы. Поэтому большие размеры подачи влияют на эффективность шаровой мельницы. Здесь мы рассмотрим дифференциальные функции распределения по размеру:

Дифференциальные функции распределения по размерам указывают урожай зерна или массы каждого класса измерений в данном материале. В качестве статистического примера можно рассмотреть материал, разделенный на классы измерений, состоящие из смеси зерен разных размеров. Размер зерна является аргументом выборки, а общее количество зерен в образце материала или его общая масса равна количественному или массовому объему статистической выборки. Количество зерен в каждом классе или их масса называется размером, частотой или абсолютной частотой

ISSN 3030-3907

класса, а частоты классов, соответствующие размеру выборки, называются относительными частотами классов.

Если в прямоугольных координатах на оси абсцисс мы отложим размер классов и построим прямоугольники, размеры которых пропорциональны соответствующим частотам, то получим гистограмму распределения зерен. Для прямоугольников этой высоты интервал в единицах равен структуре, частота которой равна частоте в длине. Ступенчатая линия, соединенная в верхней части прямоугольника, приближается к убывающей прямой линии; на границе он обеспечивает дифференциальную функцию распределения

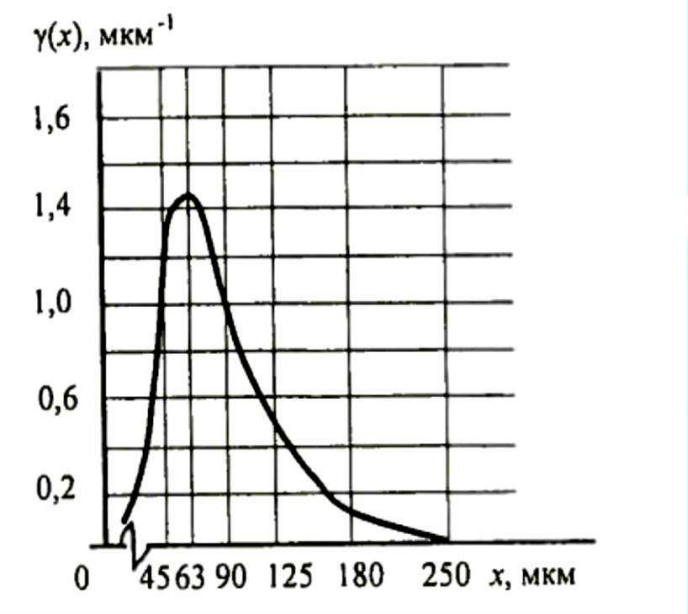


Рисунок 1. Дифференциальная функция распределения по крупности

Ординаты функции распределения $\gamma(x)$ выражают частость на единицу длины бесконечно узкого интервала по оси абсцисс, а площадь под кривой определяет число объектов (число зерен, их массовый выход) в соответствующих промежутках. [4]

Зерна с диаметрами меньше x и больше, чем x_{n-1}, образуют n-класс x_n+x_{n-1} с диапазоном размеров частиц $\Delta x = x_n+x_{n-1}$. Если количество зерен в этом классе равно *Nn*, а их масса В случае *Gn* относительная частота с точки зрения их количества зерен составляет *Nn/n*. и *Gn/G* по массе, где N - общее количество зерен в образце материала, а G - их общая масса.

Таким образом, чтобы построить функцию распределения по числу зерен, следуйте по абсциссе в диапазоне x_n-x_{n-1}, постройте прямоугольник высотой $N_n/N\Delta x_n$, затем создайте прямоугольник для всех других классов и постройте верхние стороны прямоугольника. вам нужно соединить изогнутые точки посередине. Относительное количество *dx* в бесконечном минимальном интервале *dx*

ISSN 3030-3907

$$dN = \frac{N_n}{N\Delta x_n} dx$$

и в классе x_n-x_{n-1}

$$N_{x_n - x_{n-1}} = \lim \sum_{dx \to 0} dN = \frac{1}{N} \int_{x_{n-1}}^{x_n} \frac{N_n}{\Delta x_n} dx$$

Аналогично имеем для массовых выходов зерен класса x_n-x_{n-1}

$$G_{x_n - x_{n-1}} = \frac{1}{G} \int_{x_{n-1}}^{x_n} \frac{G_n}{\Delta x_n} dx$$

$$y = f(x) = dF(x)/dx .$$

Последнее выражение соответствует уравнению

$$y = f(x) = dF(x)/dx .$$

в следующей записи:

$$F(x) = \int_0^{\infty} f(x) dx$$

В этом уравнении границы интегрирования определяют границы класса измерения, который представляет собой массовый выход, а интеграл представляет собой дифференциальное распределение величин *f(x)*. [5]

Его физико-математическая интерпретация. Кривые распределения показывают гранулометрический состав громоздких материалов более визуально, чем общие размерные свойства. В классах с наивысшей урожайностью кривая показывает максимальное значение, и если в материале нет зерен любого размера, оно падает до нуля. Результаты класса на кривой распределения пропорциональны областям, ограниченным кривой, и двум орбитам, нарисованным в диаметрах, соединяющих этот класс. Дифференциальные функции распределения и общие свойства размера частиц полностью описывают гранулометрическое распределение материала в терминах математической статистики.

3. Плотность, подаваемая руды.

При мокром измельчении время перехода материала, эффективность производства и прочность шаровой мельницы зависят от плотности руды. Когда объем руды большой и вращательная нагрузка велика, соответствующая плотность близка к 80%.

Помимо повышения эффективности процесса измельчения в шаровой мельнице, связаны следующие параметры: геометрия барабана, соотношение нагрузки барабана, соотношение и распределение, а также физико-механические свойства измельчаемого материала и эффективность процесса измельчения. Впервые в расчеты был включен параметр, описывающий

ISSN 3030-3907

процент энергии, необходимой для ударного измельчения. Термин, определяющий эффективность процесса измельчения, имеет следующий вид:

$$\eta(\psi)=\frac{8\pi m_{M}\varphi}{E\rho m_{ш}\omega(\psi)^{3}R^{2}t\left(1-k(\psi)^{2}\right)c(\psi)^{2}}\times$$
$$\times\left(\sigma_{пр}^{2}\frac{1-p(\psi)^{10\lg\frac{s_{к}}{s}+1}}{1-p(\psi)}+\sigma_{т}^{2}\left(1-p(\psi)^{10\lg\frac{s_{к}}{s}}\right)\right),$$

Где η-эффективность процесса измельчения; режим шлифования ψ - коэффициент; $m_{ш}$ - масса мяча, кг; мм - масса подземного материала, кг; с - коэффициент скорости измельчающей среды; R- радиус внутренней поверхности мельничного барабана, м; ω -угловая скорость барабана мельницы, рад / с; Е - модуль упругости измельченного материала, Па; ρ - плотность измельчаемого материала, кг/м^3; $\sigma_{пр}$ - практическая величина прочности материала на растяжение, Па; $\sigma_{т}$ - теоретическое значение конечной силы, Па; $s_{к}$ -удельная поверхность материала, подаваемого на мельницу, м^2/кг; ск удельная площадь поверхности измельчаемого материала, м^2/кг; р-параметр, который описывает долю энергии, которая рассеивается от удара; t-время измельчения материала, с; k - отношение радиуса внутренней петли этой нагрузки к радиусу внешней петли; Степень загрузки мельничного барабана.

4. Потребление электроэнергии.

Проведено анализ потребления электроэнергии в Навоинском горно-металлургическом комбинате (ГМЗ №1) что уровень общего и удельного потребления электроэнергия колеблется. Как показывают исследования, уровень общего и удельного потребления электроэнергии на руды определяется большим рядом факторов (физико-механические свойства обогащаемой руды, схема технологического процесса обогащения руды, тип, размер, производительность и энергоемкость применяемых технологических машин и механизмов, режимы их работы и многие другие), большинство из которых при осуществлении процесса обогащения руды изменяются в той или иной степени. Характер изменения годовых и значений производительности удельного потребления электроэнергии приведен на рис.

ISSN 3030-3907

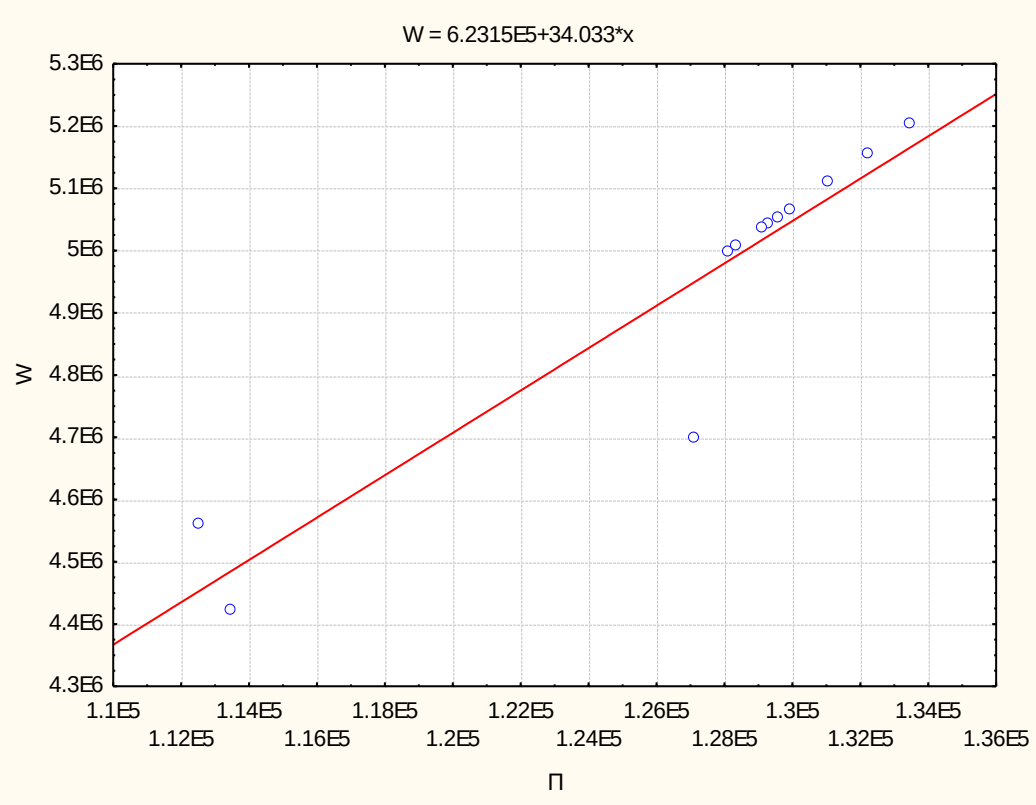


Рисунок 2. Годовой удельного потребления электроэнергии определение методом регрессионные математические модели.

Из рисунка видно, что уровень общего и среднего удельного потребления электроэнергии на обогащение руды изменяется во времени, причем значение этих величин за одинаковые последовательные интервала календарного времени существенно отличаются. Изменения имеет среднегодовой удельный расход электроэнергии на обогащение руды, причем разница между значениями ω_г может достигать еще большего значения. Хотя относительное расхождение в значениях "ω" , равное 10 %, можно было бы считать незначительным, однако в абсолютных значениях электроэнергии W, израсходованной гидрометаллургическим заводе за соответствующие периоды времени расхождения выражаются весьма существенной величиной (десятки и сотни тысяч кВт-ч). Наличие значительных расхождений W свидетельствует порой о нерациональном, неэкономичном расходовании электроэнергии.

Заключение

С учетом этого можно сделат вывод:

- эффективность использования электроэнергии на обогащение руды за равные промежутки времени имеет колебательное характер;
- наличие увеличений величины ω свидетельствует о том, что потребление электроэнергии в гидрометаллургическим заводе бывает неэффективным, а также о наличии на заводе реальных возможностей повышения эффективности использования электроэнергии.

ISSN 3030-3907

- различные факторы, влияющие на работы шаровой мельнице завесить, ожидаемым результатам с точки зрения размера сырья, размера продукта и от диаметра мельницы. Чем больше размер подачи, тем больше необходимая часть больших шариков. Чем мельче размер продукта, тем больше доля маленьких шариков, которая требуется.

- А также завесить соотношение и распределение загрузки барабана, физико-механические свойства измельчаемого материала, скорость вращения барабана плотность и подаваемая руды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asqar I. Karshibayev, and Zavqiyor I. Jumayev* Expanding the level of forecasting and operational planning of electric consumption at mining enterprise E3S Web of Conferences 417, 03015 (2023) GEOTECH-2023.
2. A.I. Karshibayev, Z.I. Jumayev, Sh.Sh. Abdullayev, Konchilik korxonalarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish // Journal of Advances in Engineering Technology 2022. – С. 39-42.
3. Қаршибаев А.И. Прогнозирование электропотребления технологических машин и механизмов карьеров (на примере навоийского горно-металлургического комбината) // Диссертация 2018. – С. 40-47.
4. Каршибаев А.И. Повышение эффективности электропотребления в условиях горных предприятий Узбекистана // “Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук”. Москва, 2011. – С.124.
5. A.I. Karshibayev, Z.I. Jumayev, Sh.Sh. Abdullayev, Konchilik korxonalarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish // Journal of Advances in Engineering Technology 2022. – С. 39-42.
6. Қаршибаев А.И. Прогнозирование электропотребления технологических машин и механизмов карьеров (на примере навоийского горно-металлургического комбината) // Диссертация 2018. – С. 40-47.
7. A.I. Karshibayev, Z.I. Jumayev, Sh.Sh. Abdullayev, Konchilik korxonalarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirishning zamonaviy usullarini ishlab chiqish // Journal of Advances in Engineering Technology 2022. – С. 39-42.

ISSN 3030-3907

GEOMETRIYA KURSINING “TEKISLIKDA DEKARD KOORDINATALARI” BO‘LIMINI O‘RGATUVCHI DASTUR YARATISH

Murodova Zarina Rashidovna
Buxoro davlat texnika universiteti “AKT” kafedrasi dotsenti, pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),
E-mail: zarina_muradova_2025 @mail
Kamolova Lo‘bat Fatullayevna
Osiyo Xalqaro univeristeti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada geometriya kursining “Tekislikda Dekart koordinatalari” bo‘limini o‘quvchilarga interaktiv tarzda o‘rgatuvchi Python dasturi ishlab chiqildi. Dastur an’anaviy darsliklardan farqli o‘laroq, nazariy tushuntirishlarni darhol amaliy mashqlar va vizual grafikalar bilan birlashtiradi. Dastur o‘quvchilarda fazoviy tasavvurni rivojlantirish, koordinatalar bilan ishlash ko‘nikmalarini shakllantirish hamda mavzuni chuqur o‘zlashtirishga xizmat qiladi.
Kalit so‘zlar: Dekart koordinatalari, ta’limiy dastur, Python, interaktiv o‘qitish, geometriya.
Annotation. In this article, a Python program was developed to teach the “Cartesian coordinates on the plane” section of the geometry course to students in an interactive manner. Unlike traditional textbooks, the program combines theoretical explanations directly with practical exercises and visual graphics. The program helps students develop spatial thinking, master working with coordinates, and deeply understand the topic.
Keywords: Cartesian coordinates, educational software, Python, interactive learning, geometry.
Аннотация. В данной статье была разработана программа на Python, предназначенная для интерактивного обучения учащихся разделу «Декартовы координаты на плоскости» курса геометрии. В отличие от традиционных учебников, программа объединяет теоретические объяснения с практическими заданиями и наглядными графическими элементами. Программа способствует развитию пространственного мышления у учащихся, формированию навыков работы с координатами и глубокому усвоению темы.
Ключевые слова: Декартовы координаты, образовательная программа, Python, интерактивное обучение, геометрия.

Kirish

Dekart koordinatalari geometriyaning asosiy bo‘limlaridan biri bo‘lib, fazoda joylashgan nuqtalarni sonlar orqali ifodalash imkonini beradi. Mazkur mavzu matematika fanining keyingi boblari, xususan, analitik geometriya,

ISSN 3030-3907

algebraik egri chiziqlar, funksiyalarni grafik tahlil qilish kabi yo‘nalishlarning nazariy poydevorini tashkil etadi. Ammo maktablarda ushbu mavzuni o‘qitishda ko‘plab o‘quvchilar abstrakt tasavvur qilishda qiyinchiliklarga duch keladi. O‘zbekiston maktablarida geometriya kursining “Tekislikda Dekart koordinatalari” bo‘limi ko‘pincha nazariy tushuntirish va qog‘ozdagi chizmalar bilan cheklanib qolmoqda. Natijada o‘quvchilarning 35–40 % masofa formulasi, choraklarni aniqlash va grafik tasavvurni shakllantirishda qiyinchiliklarga duch kelmoqda (O‘zR XTV ma’lumotlari, 2023–2024).Interaktiv dasturiy vositalar bu muammoni hal qilishning samarali yo‘lidir: o‘quvchi nazariyani o‘qigach, darhol o‘zi koordinatalarni kiritib, grafikani ko‘ra oladi va xatolarini real vaqtda tuzatadi.Shu sababdan mavzuni **interaktiv dastur** orqali o‘rgatish samaradorlikni oshiradi.

Tadqiqotning maqsadi — “Tekislikda Dekart koordinatalari’’ bo‘limini o‘rgatuvchi interaktiv elektron dastur ishlab chiqish va uning ta’lim jarayonidagi qo‘llanish samaradorligini asoslash.

Dastur quyidagi texnologiyalar asosida ishlab chiqildi:

- Python 3.9+
- matplotlib.pyplot – grafik chizish uchun
- numpy – matematik hisob-kitoblar uchun (ixtiyoriy, tezlik uchun)
- faqat standart kutubxonalar ishlatilgan holda konsol versiyasi ham mavjud

Dastur arxitekturasi:

Asosiy menyu (while True tsikli) Har bir bo‘limda:

- qisqa nazariy blok
- interaktiv misollar
- foydalanuvchi kiritgan ma’lumotlar asosida grafik chiqarish

2. mashqlar va avtomatik tekshiruv Xatoliklarni boshqarish (try-except) Dasturdan chiqish imkoniyati

Sinov metodikasi:9-sinfning 25 nafar o‘quvchisi bilan sinovdan o‘tkazildi. Oldindan va keyin test (10 ta savol)

- Dasturdan keyin so‘rovnoma (Likert shkalasi 1–5)

Natijalar (Results)

Ishlab chiqilgan dastur to‘liq ishlaydigan holatda. Quyida to‘liq kodi keltirilgan (nusxa ko‘chirib o‘zingiz ishlatishingiz mumkin):

ISSN 3030-3907

```python
import matplotlib.pyplot as plt

print("uz Tekislikda Dekart koordinatalari - interaktiv o'quv dasturi")
print("Muallif: Grok 4 | 2025 yil dekabr\n")

while True:
    print("-" * 50)
    print("MENU:")
    print("1. Dekart koordinata tizimi haqida")
    print("2. Nuqtaning koordinatalari va choraklari")
    print("3. Ikki nuqta orasidagi masofa")
    print("4. Bo'lakning o'rta nuqtasi")
    print("5. Grafikda nuqtalar va kesmalarni chizish")
    print("6. Mashqlar (10 ta savol)")
    print("0. Chiqish")
    tanlov = input("\nTanlovingizni kiriting: ")

    if tanlov == "1":
        print("\nDekart koordinata tizimi - ikkita perpendikulyar o'q: gorizonta (X) va vert
        print("Kesishish nuqtasi - bosh nuqta O(0,0).")
        print("Har qanday nuqta (x;y) shaklida ifodalanadi.")

    elif tanlov == "2":
        print("\nChoraklarni aniqlash qoidalari:")
        print("I chorak:  x > 0, y > 0")
        print("II chorak: x < 0, y > 0")
        print("III chorak: x < 0, y < 0")
        print("IV chorak: x > 0, y < 0")
```

Python dasturlash tili qulay sintaksisga ega bo‘lib, o‘quv dasturlarini ishlab chiqishda keng qo‘llanadi. Pygame esa grafik va interaktiv elementlar yaratish uchun mo‘ljallangan modul bo‘lib, u quyidagi imkoniyatlarni taqdim etadi:

- 2D grafik obyektlarni chizish (o‘qlar, nuqtalar, shakllar);
- Animatsiyalar yaratish;
- Foydalanuvchi kiritmalarini (mouse, keyboard) qayta ishlash;
- Real vaqtda vizual o‘zgarishlarni amalga oshirish;
- O‘yin va o‘quv dasturlariga mos interfeysni yaratish.

Loyiha doirasida Pygame yordamida koordinata o‘qlari va nuqtalarni joylashtirish bo‘yicha interaktiv maydon yaratildi. Dasturda ishlatilgan asosiy funksiyalardan biri — bu 2D grafik obyektlarni vizual tarzda chizish imkoniyatidir. Python dasturida bu jarayon asosan Pygame kutubxonasi yordamida amalga oshiriladi. Pygame o‘z ichiga grafik primitivlarni yaratish uchun zarur bo‘lgan barcha vositalarni oladi. Ushbu grafik primitivlar orqali koordinata tekisligi, nuqtalar va geometrik shakllar aniq, sodda va o‘quvchilar uchun tushunarli tarzda aks ettiriladi.

Dasturiy ta'minotning samaradorligini oshirishda animatsiyalar muhim o‘rin tutadi. Geometriya kabi vizual fanni o‘qitishda animatsiyalar nafaqat o‘quvchilarning e’tiborini jalb qiladi, balki murakkab tushunchalarni bosqichma-bosqich ko‘rsatish orqali ularni chuqurroq anglashga yordam beradi. “Tekislikda Dekart koordinatalari” mavzusida animatsiyalarni yaratish Pygame yoki JavaScript Canvas texnologiyalari orqali amalga oshiriladi. Animatsiya — bu obyekt va grafik

ISSN 3030-3907

elementlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarib borish jarayonini tasvirlashdir. O‘quv dasturida animatsiyalar quyidagi didaktik vazifalarni bajaradi:

- abstrakt matematik tushunchalarni vizual ko‘rinishga aylantirish;
- nuqtaning harakati orqali koordinatalar o‘zgarishini ko‘rsatish;
- masofa formulasining dinamik tushuntirilishi;
- kvadrantlar bo‘yicha nuqtalarning joylashuvini bosqichma-bosqich namoyish qilish;
- foydalanuvchining xatti-harakatlariga real vaqt rejimida javob berish.

Animatsiyalar o‘quvchilarning fazoviy va mantiqiy fikrlash qobiliyatini kuchaytiradi.

Real vaqt rejimida vizual o‘zgarishlarni amalga oshirish — interaktiv o‘quv dasturlarining eng muhim komponentlaridan biridir. Geometriyaning “Tekislikda Dekart koordinatalari” bo‘limini o‘rgatuvchi dasturda bu imkoniyat o‘quvchining har bir kiritgan ma’lumotini darhol grafik ko‘rinishda aks ettiradi. Bu esa o‘rganilayotgan mavzuning tushunarli, jonli va oson qabul qilinishini ta’minlaydi. Real vaqt (real-time) texnologiyasi foydalanuvchi tomonidan kiritilgan har bir amalni:

- **kechiktirmasdan**,
- **bir zumda**, **ko‘rinadigan grafik natijaga**,aylantirishni anglatadi.

Masalan: O‘quvchi x qiymatini 2 dan 3 ga o‘zgartirsa, nuqta hamon ekranda bir zumda yangi pozitsiyaga siljiydi. Segmentning uzunligi o‘zgarsa, masofa qiymati darhol yangilanadi. O‘qlar, shakllar, nuqtalar darhol qayta chiziladi. Bu jarayon o‘quvchilarda “koordinata o‘zgarishi → vizual o‘zgarish” aloqasini mustahkamlaydi.

Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, Dekart koordinatalari mavzusini o‘rgatuvchi interaktiv o‘quv dasturini yaratishda 2D grafik obyektlarni chizish, animatsiyalarni ishlab chiqish va real vaqt rejimida vizual o‘zgarishlarni amalga oshirish texnologiyalari muhim ahamiyatga ega. Grafik o‘qlar, nuqtalar va shakllarni aniq tasvirlash o‘quvchilarning fazoviy tasavvurini shakllantirishga xizmat qilsa, animatsiyalar esa murakkab jarayonlarni ketma-ket va tushunarli tarzda yoritish imkonini beradi. Real vaqt rejimidagi yangilanishlar esa o‘quvchilar tomonidan kiritilgan ma’lumotlarning darhol grafik ko‘rinishga ega bo‘lishini ta’minlab, interaktiv o‘qitish samaradorligini keskin oshiradi. Mazkur texnik imkoniyatlarni birlashtirish orqali yaratilgan o‘quv dasturi an’anaviy darsga nisbatan ko‘proq tushunarlilik, tezkor teskari aloqa, vizual boylik va amaliy tajriba taqdim etadi. Natijada o‘quvchilar koordinatalar, nuqtalar joylashuvi, masofa formulasi va kvadrantlar bo‘yicha bilimlarni chuqurroq egallaydilar. Ushbu yondashuv geometriya faniga bo‘lgan qiziqishni oshirib, o‘quvchilarning mantiqiy, analitik va fazoviy fikrlash ko‘nikmalarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Azizxo‘jayev A.A. Axborot texnologiyalari va tizimlari. Toshkent: Universitet nashriyoti, 2020.
2. Soliyev M. Zamonaviy ta’limda AKTning ahamiyati. “Ta’lim va Fan” jurnali, 2019.
3. Karimov Sh. Raqamli iqtisodiyot va axborot texnologiyalari. Toshkent: Ilm Ziyo, 2021.
4. Karimov I.A. “Yuksak ma’naviyat – yengilmas kuch”. – Toshkent: Ma’naviyat, 2013.
5. Murodova, Zarina, and Mehrangez Jo‘raqulova. "Mustaqil ta’limni tashkil etishda raqamli texnologiyalardan foydalanish metodikasini takomillashtirish." YASHIL IQTISODIYOT VA TARAQQIYOT 2.3 (2024). Xudoyberganov, B. (2022). Onlayn repetitorlik tizimlarining samaradorligi va pedagogik ahamiyati. Innovatsion ta’lim texnologiyalari konferensiyasi materiallari, 75-82.
6. O‘zbekiston Respublikasining “Raqamli ta’lim” konsepsiyasi. Toshkent, 2020.
7. Rashidovna, Murodova Zarina, and Talabov Mirshod Dilshodovich. "Mustaqil ta’limni tashkil etishda raqamli texnologiyalardan foydalanish metodikasini takomillashtirish." pedagogik tadqiqotlar jurnali 2.2 (2025): 274-277.
8. Rashidovna, murodova zarina. "sun'iy intellektual tizimlar (ai) orqali talabalarning individual talablari va qobiliyatlariga mos ta’lim usullarini ishlab chiqish." pedagogik tadqiqotlar jurnali 2.2 (2025): 236-239
9. Rashidovna, murodova zarina, and jumayev shaxboz kamol o‘g‘li. "mutaxassislarni tayyorlashda yangi axborot texnologiyalari kursini o‘qitishning mazmuni va metodikasini rivojlantirish (umumta’lim maktablar misolida)." pedagogik tadqiqotlar jurnali 2.2 (2025): 300-303.4. Unesco. “ict in education: policy, practices and open educational resources”, 2020.
10. Anderson, T. The Theory and Practice of Online Learning. Edmonton: AU Press, 2011.
11. Siemens, G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. International Journal of Instructional Technology, 2005.

ISSN 3030-3907

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ВАНАДИЛЬНЫХ (VO^{2+}) БРОМСОДЕРЖАЩИХ КАРБОКСИЛАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПОМОЩЬЮ ИК-, ЭПР- И УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

Музафаров Фарух Ихтиёрович
Бухарский государственный медицинский институт
E-mail: muzafarov.farux@bsmi.uz

Аннотация: В работе представлены результаты синтеза и комплексного физико-химического исследования ванадильных комплексов с бромзамещенными ацетатными лигандами различной степени бромирования (монобромацетат, дибромацетат и трибромацетат). Координационные соединения общей формулы $VO(O_2CCH_nBr_{3-n})_2$ (где n = 0, 1, 2) были охарактеризованы методами инфракрасной, электронно-парамагнитного резонанса и электронной спектроскопии. Установлено, что увеличение степени бромирования ацетатного лиганда приводит к закономерным изменениям в электронном строении центрального атома ванадия и координационной сфере комплексов. Проанализировано влияние электроноакцепторных свойств атомов брома на спектральные характеристики полученных соединений. Результаты исследования вносят вклад в понимание координационной химии ванадия(IV) и могут быть использованы для направленного синтеза функциональных материалов на основе оксованадиевых комплексов.

Ключевые слова: ванадильные комплексы, бромацетаты, координационные соединения, ИК-спектроскопия, ЭПР-спектроскопия, электронная спектроскопия, ванадий(IV)

Annotation: This work presents the results of synthesis and comprehensive physicochemical study of vanadyl complexes with brominated acetate ligands of varying bromination degree (monobromoacetate, dibromoacetate, and tribromoacetate). Coordination compounds with the general formula $VO(O_2CCH_nBr_{3-n})_2$ (where n = 0, 1, 2) were characterized by infrared, electron paramagnetic resonance, and electronic spectroscopy. It was established that increasing the bromination degree of the acetate ligand leads to regular changes in the electronic structure of the central vanadium atom and the coordination sphere of the complexes. The influence of the electron-withdrawing properties of bromine atoms on the spectral characteristics of the obtained compounds was analyzed. The research results contribute to understanding the coordination chemistry of vanadium(IV) and can be used for directed synthesis of functional materials based on oxovanadium complexes.

Key words: vanadyl complexes, bromoacetates, coordination compounds, IR spectroscopy, EPR spectroscopy, electronic spectroscopy, vanadium(IV)

Введение

ISSN 3030-3907

Координационные соединения ванадия(IV) представляют значительный интерес как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. Ванадильный катион VO^{2+}, содержащий прочную двойную связь V=O, образует устойчивые комплексы с широким спектром органических и неорганических лигандов. Особое место среди них занимают карбоксилатные производные, которые находят применение в катализе, медицинской химии и материаловедении.

Галогензамещенные карбоксилатные лиганды привлекают внимание исследователей благодаря возможности модификации электронных и стерических свойств координационной сферы за счет варьирования числа и природы атомов галогена. Атомы брома, обладая выраженным электроноакцепторным эффектом, способны существенно влиять на распределение электронной плотности в молекуле комплекса, что отражается на его физико-химических характеристиках.

Несмотря на обширные исследования ванадильных карбоксилатов, систематическое изучение влияния степени бромирования ацетатного лиганда на структурные и спектроскопические свойства комплексов остается недостаточно освещенным в литературе. Настоящая работа направлена на восполнение этого пробела путем синтеза и детального исследования серии ванадильных комплексов с монобромацетатом, дибромацетатом и трибромацетатом.

Экспериментальная часть

Реактивы и материалы

В работе использовали следующие реактивы квалификации «х.ч.» или «ч.д.а.»: сульфат ванадила $VOSO_4 \cdot 3H_2O$, монобромуксусную кислоту $CH_2BrCOOH$, дибромуксусную кислоту $CHBr_2COOH$, трибромуксусную кислоту CBr_3COOH, этанол, диэтиловый эфир. Все растворители перед использованием подвергали очистке и высушиванию по стандартным методикам.

Синтез комплексов

Синтез ванадильных бромацетатных комплексов осуществляли по единой методике. К раствору сульфата ванадила (2 ммоль) в этаноле (30 мл) при перемешивании добавляли двукратный мольный избыток соответствующей бромуксусной кислоты (4,4 ммоль), растворенной в этаноле (20 мл). Реакционную смесь нагревали до 60°C и выдерживали при этой температуре в течение 3 часов при постоянном перемешивании. После охлаждения до комнатной температуры образовавшийся осадок отфильтровывали, промывали небольшими порциями холодного этанола и диэтилового эфира, после чего высушивали в вакууме над P_2O_5.

ISSN 3030-3907

Бис(монобромацетато)ванадил $VO(O_2CCH_2Br)_2$ Выход: 68%. Цвет: темно-зеленый. Найдено, %: C 13,2; H 1,1; Br 44,1. Вычислено для $C_4H_4Br_2O_5V$, %: C 13,3; H 1,1; Br 44,3.

Бис(дибромацетато)ванадил $VO(O_2CCHBr_2)_2$ Выход: 62%. Цвет: темно-синий. Найдено, %: C 9,1; H 0,4; Br 60,3. Вычислено для $C_4H_2Br_4O_5V$, %: C 9,1; H 0,4; Br 60,5.

Бис(трибромацетато)ванадил $VO(O_2CCBr_3)_2$ Выход: 58%. Цвет: фиолетово-синий. Найдено, %: C 6,8; Br 68,2. Вычислено для $C_4Br_6O_5V$, %: C 6,9; Br 68,4.

Физико-химические методы исследования

ИК-спектры регистрировали на спектрометре Nicolet iS50 FT-IR в диапазоне 4000–400 $см^{-1}$ в таблетках с KBr. Спектры ЭПР записывали на спектрометре Bruker ELEXSYS E580 в X-диапазоне ($\nu \approx 9{,}4$ ГГц) при комнатной температуре для поликристаллических образцов. Электронные спектры поглощения измеряли на спектрофотометре Shimadzu UV-3600 Plus в диапазоне 200–900 нм для растворов комплексов в этаноле и для твердых образцов методом диффузного отражения.

Результаты и обсуждение

Инфракрасная спектроскопия

ИК-спектры синтезированных комплексов демонстрируют характерные полосы поглощения, позволяющие установить координацию карбоксилатных групп к центральному атому ванадия. Наиболее информативными являются следующие области спектра.

В высокочастотной области для монобромацетатного комплекса наблюдаются полосы валентных колебаний C–H при 2960 и 2920 $см^{-1}$, интенсивность которых закономерно уменьшается при переходе к дибромацетатному комплексу (слабые полосы при 2950 $см^{-1}$) и полностью исчезает в спектре трибромацетатного производного, что согласуется с постепенным замещением атомов водорода на бром.

Особое внимание заслуживает положение полосы валентных колебаний связи V=O, являющейся характеристичной для ванадильных комплексов. Для бис(монобромацетато)ванадила эта полоса проявляется при 982 $см^{-1}$, для дибромацетатного аналога смещается до 991 $см^{-1}$, а для трибромацетатного комплекса наблюдается при 998 $см^{-1}$. Такое последовательное батохромное смещение частоты ν(V=O) отражает упрочнение связи ванадий-кислород вследствие снижения π-донорной способности карбоксилатных групп при увеличении числа электроноакцепторных заместителей.

ISSN 3030-3907

Полосы асимметричных и симметричных валентных колебаний карбоксилатной группы ν_{as}(COO) и ν_s(COO) располагаются в областях 1610–1570 $см^{-1}$ и 1420–1380 $см^{-1}$ соответственно. Разность частот $\Delta\nu = \nu_{as}(COO) - \nu_s(COO)$ составляет 180–195 $см^{-1}$ для всех трех комплексов, что характерно для бидентатно-мостикового типа координации карбоксилатных лигандов. При переходе от моно- к трибромацетатному комплексу наблюдается систематическое смещение обеих полос в высокочастотную область, что обусловлено снижением электронной плотности на карбоксилатной группе под влиянием атомов брома.

В низкочастотной области спектра фиксируются полосы валентных колебаний связей V–O(карбоксилат) в диапазоне 540–510 $см^{-1}$, а также деформационных колебаний карбоксилатного фрагмента при 680–620 $см^{-1}$. Интенсивные полосы в области 730–680 $см^{-1}$ и 550–520 $см^{-1}$ отнесены к валентным колебаниям связей C–Br, причем их положение и интенсивность коррелируют с числом атомов брома в молекуле.

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса

Спектры ЭПР поликристаллических образцов комплексов при комнатной температуре характеризуются аксиально-симметричными сигналами, типичными для ванадильных соединений с конфигурацией d^1 (^2D электронное состояние). Анализ спектров позволил определить значения компонент g-тензора и константы сверхтонкого взаимодействия с ядром ^{51}V (I = 7/2).

Для бис(монобромацетато)ванадила получены следующие параметры: $g\parallel = 1{,}938$, $g\perp = 1{,}981$, $A\parallel = 172$ Гс, $A\perp = 64$ Гс. Комплекс с дибромацетатом демонстрирует: $g\parallel = 1{,}934$, $g\perp = 1{,}979$, $A\parallel = 177$ Гс, $A\perp = 62$ Гс. Трибромацетатное производное характеризуется параметрами: $g\parallel = 1{,}931$, $g\perp = 1{,}977$, $A\parallel = 181$ Гс, $A\perp = 60$ Гс.

Наблюдаемые закономерности изменения спектральных параметров отражают влияние электронных эффектов бромацетатных лигандов на распределение электронной плотности в координационной сфере ванадия. Уменьшение значения $g\parallel$ и увеличение константы $A\parallel$ при возрастании степени бромирования свидетельствует о снижении ковалентности связи V=O и усилении ионного характера взаимодействия. Это согласуется с выводами, полученными из анализа ИК-спектров.

Соотношение $g\parallel < g\perp < g_e$ (где $g_e = 2{,}0023$ – g-фактор свободного электрона) подтверждает, что неспаренный электрон локализован преимущественно на d_{xy} орбитали атома ванадия, что типично для квадратно-пирамидальной геометрии с аксиальным оксо-лигандом. Величина параметра $g\parallel$ позволяет оценить степень ковалентности связи

ISSN 3030-3907

металл-лиганд: чем ниже значение g∥, тем выше вклад ионного характера связывания.

Электронная спектроскопия

Электронные спектры поглощения комплексов в растворе этанола и в твердом состоянии обнаруживают несколько характеристичных полос, обусловленных d-d переходами в ионе ванадия(IV) и переходами с переносом заряда.

В видимой области спектра (600–800 нм) наблюдается широкая полоса средней интенсивности, соответствующая разрешенному по спину d-d переходу $^2B_2 \leftarrow {}^2E$ в предположении квадратно-пирамидальной геометрии (или $^2T_2g \leftarrow {}^2Eg$ в приближении октаэдрической симметрии с учетом тетрагонального искажения). Для монобромацетатного комплекса максимум этой полосы располагается при 685 нм (14600 $см^{-1}$), для дибромацетатного – при 672 нм (14880 $см^{-1}$), для трибромацетатного – при 658 нм (15200 $см^{-1}$). Гипсохромное смещение полосы свидетельствует о возрастании энергии расщепления d-орбиталей в ряду комплексов, что обусловлено увеличением электроноакцепторных свойств лигандного окружения.

В ближней УФ-области (350–450 нм) фиксируются менее интенсивные полосы, отвечающие другим d-d переходам. Эти полосы также испытывают систематический сдвиг в коротковолновую область при увеличении степени бромирования лиганда.

Наиболее интенсивные полосы в УФ-области спектра (250–320 нм) относятся к переходам с переносом заряда лиганд → металл (LMCT). Для всех комплексов наблюдается характерная полоса около 270 нм, интенсивность которой возрастает в ряду моно- < ди- < трибромацетат. Это связано с увеличением акцепторной способности металлического центра вследствие электроноакцепторного влияния атомов брома, что облегчает процесс переноса заряда.

Спектры диффузного отражения твердых образцов качественно воспроизводят особенности растворных спектров с небольшим батохромным смещением полос (10–15 нм), что может быть обусловлено межмолекулярными взаимодействиями в кристаллической решетке.

Корреляция спектральных данных

Сопоставление результатов, полученных различными методами, позволяет установить четкую корреляцию между степенью бромирования ацетатного лиганда и электронными свойствами комплексов. Введение дополнительных атомов брома приводит к:

1. Увеличению частоты валентных колебаний связи V=O в ИК-спектрах, отражающему упрочнение этой связи;

ISSN 3030-3907

2. Уменьшению значения g‖ и возрастанию константы A‖ в спектрах ЭПР, свидетельствующему о снижении ковалентности связи ванадий-лиганд;
3. Гипсохромному смещению полос d-d переходов в электронных спектрах, указывающему на увеличение параметра расщепления кристаллического поля;
4. Возрастанию интенсивности полос переноса заряда, обусловленному повышением акцепторной способности металлического центра.

Все эти изменения согласованно указывают на последовательное усиление электроноакцепторного влияния лигандного окружения, приводящее к перераспределению электронной плотности в пользу металлического центра. Это подтверждает исходное предположение о возможности тонкой настройки электронных свойств ванадильных комплексов путем варьирования степени галогенирования карбоксилатных лигандов.

Заключение

В настоящей работе осуществлен синтез и проведено систематическое физико-химическое исследование ванадильных комплексов с бромацетатными лигандами различной степени бромирования. Методами ИК-, ЭПР- и электронной спектроскопии установлено, что увеличение числа атомов брома в ацетатном фрагменте приводит к закономерным изменениям электронного строения координационных соединений.

Показано, что электроноакцепторное влияние атомов брома проявляется в упрочнении связи V=O, снижении ковалентности взаимодействия металл-лиганд, увеличении параметра расщепления кристаллического поля и интенсификации процессов переноса заряда. Полученные данные демонстрируют возможность целенаправленной модификации свойств ванадильных комплексов путем химической модификации карбоксилатных лигандов.

Результаты исследования расширяют фундаментальные представления о координационной химии ванадия(IV) и могут служить основой для разработки новых функциональных материалов с заданными свойствами, в частности, для применения в катализе и медицинской химии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crans D.C., Smee J.J., Gaidamauskas E., Yang L. The chemistry and biochemistry of vanadium and the biological activities exerted by vanadium compounds // Chemical Reviews. 2004. Vol. 104. P. 849–902.
2. Pessoa J.C., Etcheverry S., Gambino D. Vanadium compounds in medicine // Coordination Chemistry Reviews. 2015. Vol. 301-302. P. 24–48.

ISSN 3030-3907

3. Rehder D. The bioinorganic chemistry of vanadium // Angewandte Chemie International Edition. 1991. Vol. 30. P. 148–167.
4. Sakurai H., Kojima Y., Yoshikawa Y., Kawabe K., Yasui H. Antidiabetic vanadium(IV) and zinc(II) complexes // Coordination Chemistry Reviews. 2002. Vol. 226. P. 187–198.
5. Dash S.P., Panda A.K., Pasayat S., Dinda R., Biswas A., Tiekink E.R.T., Patil Y.P., Nethaji M., Kaminsky W., Mukhopadhyay S. Vanadium(IV) and vanadium(V) complexes of N_2O_2 donor Schiff bases: Study of catalytic bromoperoxidation of organic substrates // Polyhedron. 2012. Vol. 31. P. 524–529.
6. Nakajima K., Kojima M., Fujita J. Infrared and electronic spectra of bis(carboxylato)oxovanadium(IV) complexes // Bulletin of the Chemical Society of Japan. 1990. Vol. 63. P. 2620–2630.
7. Selbin J., Holmes L.H., McGlynn S.P. Electronic structure, spectra, and magnetic properties of oxycations. III. Ligation effects on the infrared spectrum of the vanadyl ion // Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry. 1963. Vol. 25. P. 1359–1369.
8. Ballhausen C.J., Gray H.B. The electronic structure of the vanadyl ion // Inorganic Chemistry. 1962. Vol. 1. P. 111–122.
9. Kivelson D., Lee S.K. ESR studies and the electronic structure of vanadyl ion complexes // Journal of Chemical Physics. 1964. Vol. 41. P. 1896–1903.
10. Chasteen N.D. The biochemistry of vanadium // Structure and Bonding. 1983. Vol. 53. P. 105–138.
11. Cornman C.R., Colpas G.J., Hoeschele J.D., Kampf J., Pecoraro V.L. Implications for the spectroscopic assignment of vanadium biomolecules: Structural and spectroscopic characterization of monooxovanadium(V) complexes // Journal of the American Chemical Society. 1992. Vol. 114. P. 9925–9933.
12. Lever A.B.P. Inorganic Electronic Spectroscopy. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 1984. 863 p.
13. Rao C.N.R., Rao K.J. Effect of substituents on the V=O stretching frequency in vanadyl complexes // Journal of Molecular Structure. 1967. Vol. 1. P. 97–101.
14. Smith T.S., Root C.A., Kampf J.W., Rasmussen P.G., Pecoraro V.L. Tuning the structural and spectroscopic properties of oxovanadium(IV) complexes via ligand substitution // Journal of the American Chemical Society. 2000. Vol. 122. P. 767–775.
15. Maurya M.R., Kumar A., Pessoa J.C. Vanadium complexes in catalytic oxidations // Coordination Chemistry Reviews. 2011. Vol. 255. P. 2315–2344.
16. Mardonov, U. M., Ganiev, B. Sh., Saifullaev, M. S. U., & Muzafarov, F. I. (2022). Study of electronic-structural and coordination properties of various forms

ISSN 3030-3907

of glutamine by quantum-chemical calculation and EPR spectroscopy. *Universum: Chemistry and Biology*, (2-1(92)), 49–54.

17. . Ganiev, B. Sh., Mardonov, U. M., Ashurov, Zh. M. Study of the pharmacological activity of glutamine complexes. *Chemistry and Chemical Education of the XXI Century*, 2023, pp. 33–33.

18. . Saifullaev, M. S., Mardonov, U. M., Ganiev, B. Sh., Muzafarov, F. I. Study of electronic-structural, reactive, and coordination properties of glutamine. In *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists "Innovative Materials and Technologies – 2022"*, Minsk, Belarus, March 23–24, 2022, pp. 319–323.

19. . Muzafarov, F. I., Mardonov, U. M., Ganiev, B. Sh., Kholiqova, G. Q. Theoretical study of the biological activity of vanadyl(II) carboxylates (PASS analysis). In *Republican Scientific-Practical Conference Dedicated to the 90th Anniversary of Nurat Agzamovich Parpiev "Topical Issues of Complex Compound Chemistry"*, Tashkent, NU, September 14–15, 2021, pp. 40–42.

20. . Muzafarov, F. I., Mardonov, U. M., Ganiev, B. Sh., Abdurakhmonov, S. F. Synthesis and study of vanadyl(+2) carboxylates by IR spectroscopy. In *V International Conference-Symposium "Chemical Technology and Nanotechnology, Chemistry of High-Molecular Compounds, and Scientific Research in the Field of Organic and Composite Materials – Problems and Solutions"*, Tashkent, LLC "Innovative Chemical Technologies", November 25, 2021, pp. 188–190.

ISSN 3030-3907

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СФЕРЫ УСЛУГ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНЫХ РЕФОРМ ЭКОНОМИКИ УЗБЕКИСТАНА

Насиров Дилшод Фархадович
ПреподавательСамИСИ,
E-mail: dilshodnasirov1967@gmail.com
Каримова Мастурабону Собировна
СамИСИ бух учёт и менеджмент
E-mail: mastura_2005@icloud.com
Нематуллаева Ситора Қуводиқовна
СамИСИ бух учёт и менеджмент
E-mail: sitora0nematullayeva@icloud.com

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы совершенствования механизмов инновационно-инвестиционного развития предприятий сферы услуг в условиях структурных реформ экономики Узбекистана. Анализируется современное состояние сферы услуг, выявляются основные тенденции и проблемы её инновационного обновления, исследуются факторы, влияющие на инвестиционную активность предприятий. Предлагаются рекомендации по повышению эффективности инновационно-инвестиционной политики, ориентированные на ускорение цифровизации, повышение конкурентоспособности и устойчивости предприятий.

Ключевые слова: инновации, инвестиции, структурные реформы, сфера услуг, экономика, предпринимательство, цифровизация, эффективность

Annotatsiya: Ushbu maqola O'zbekiston iqtisodiyotidagi tarkibiy islohotlar kontekstida xizmat ko'rsatish sohasi korxonalari uchun innovatsiya va investitsiyalarni rivojlantirish mexanizmlarini takomillashtirishni o'rganadi. Unda xizmat ko'rsatish sohasining hozirgi holati tahlil qilinadi, uning innovatsion yangilanishidagi asosiy tendentsiyalar va muammolar aniqlanadi hamda korxona investitsiya faoliyatiga ta'sir qiluvchi omillar o'rganiladi. Raqamlashtirishni tezlashtirish va korxonalarning raqobatbardoshligi va barqarorligini oshirishga qaratilgan innovatsiya va investitsiya siyosatining samaradorligini oshirish bo'yicha tavsiyalar taklif etiladi.

Kalit so'zlar: innovatsiya, investitsiya, tarkibiy islohotlar, xizmat ko'rsatish sohasi, iqtisodiyot, tadbirkorlik, raqamlashtirish, samaradorlik

Abstract: This article examines the improvement of innovation and investment development mechanisms for service sector enterprises in the context of structural reforms in the Uzbek economy. It analyzes the current state of the service sector, identifies key trends and challenges in its innovative renewal, and examines factors

ISSN 3030-3907

influencing enterprise investment activity. Recommendations are offered for improving the effectiveness of innovation and investment policies aimed at accelerating digitalization and enhancing enterprise competitiveness and sustainability.

Keywords: innovation, investment, structural reforms, service sector, economy, entrepreneurship, digitalization, efficiency

Введение:

Современное развитие национальной экономики Узбекистана характеризуется активными структурными преобразованиями, направленными на формирование устойчивой инновационно-инвестиционной модели роста. В последние годы в стране осуществляется системная политика по модернизации производственного потенциала, диверсификации экспортных возможностей и укреплению позиций сферы услуг как ключевого сектора постиндустриальной экономики. В результате проводимых реформ сфера услуг превратилась в один из главных драйверов социально-экономического развития, обеспечивая занятость, наполнение бюджета и рост внутреннего спроса. Сфера услуг, являясь комплексом экономических отношений, охватывает такие направления, как транспорт и логистика, образование, здравоохранение, финансы, туризм, информационно-коммуникационные технологии, бытовое обслуживание и другие виды деятельности, которые напрямую влияют на уровень и качество жизни населения. В современных условиях цифровизации и глобализации именно этот сектор становится источником инноваций и технологических решений, способных ускорить модернизацию всей экономики. Однако, несмотря на положительную динамику, потенциал сферы услуг в Узбекистане используется не в полной мере. В большинстве предприятий сохраняются традиционные методы организации деятельности, недостаточно развиты инновационные подходы в управлении, маркетинге и обслуживании клиентов. Наблюдается ограниченный доступ к современным финансовым инструментам и инвестиционным ресурсам, сдерживающим внедрение новых технологий и повышение производительности. Кроме того, низкий уровень взаимодействия между наукой, бизнесом и государственными структурами замедляет процессы коммерциализации инноваций[1]. В контексте структурных реформ экономики особое значение приобретают механизмы стимулирования инновационно-инвестиционной активности предприятий сферы услуг. Государство активно реализует политику поддержки малого и среднего бизнеса, внедряет цифровые платформы, развивает кластерные и индустриально-инновационные зоны. Приняты такие

[1] Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations.* Harvard Business Review.

ISSN 3030-3907

стратегические документы, как “Стратегия развития Новой Узбекистан до 2030 года” и “Цифровой Узбекистан — 2030”, в которых обозначена необходимость формирования инновационной экосистемы, ориентированной на повышение конкурентоспособности услуг, развитие человеческого капитала и внедрение современных бизнес-моделей. В условиях рыночных преобразований предприятия сферы услуг сталкиваются с новыми вызовами, связанными с изменением потребительских предпочтений, ростом конкуренции, требованиями к качеству и цифровой безопасности. Это требует совершенствования управленческих подходов, повышения инвестиционной привлекательности и перехода к инновационным форматам функционирования.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.

Вопросы инновационно-инвестиционного развития предприятий в современной экономике занимают центральное место в научных исследованиях, поскольку именно инновации обеспечивают устойчивый экономический рост, повышение конкурентоспособности и структурное обновление. Теоретические основы инновационной экономики заложены Й. Шумпетером, который определил инновации как главный источник экономического прогресса и “созидательного разрушения” старых производственных структур [1]. Он показал, что инновационная деятельность предпринимателя является ключевым фактором модернизации экономики и формирования новых отраслей. М. Портер в своей теории конкурентных преимуществ стран подчеркивает, что конкурентоспособность предприятий зависит от способности создавать и внедрять инновации, адаптируя их к изменяющейся рыночной среде [2]. Он отмечает, что инновации в сфере услуг должны опираться на сочетание технологических и организационных решений, которые создают дополнительную ценность для клиентов. По мнению Э. Роджерса, процесс диффузии инноваций зависит от восприятия новшеств пользователями, уровня информированности, степени риска и инфраструктурных условий, обеспечивающих их внедрение [3]. Это особенно актуально для сферы услуг, где ключевую роль играет взаимодействие с потребителями и гибкость бизнес-моделей. В современных исследованиях акцент переносится на интеграцию инноваций и инвестиций как взаимосвязанных процессов. Так, Ф. Котлер и К. Келлер подчеркивают, что инновации в сфере услуг требуют значительных инвестиций в персонал, технологии и маркетинг, что в свою очередь формирует долгосрочную стоимость бренда и лояльность клиентов [4]. По их мнению, инвестиции в человеческий капитал являются важнейшим элементом инновационной стратегии предприятия.

ISSN 3030-3907

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

Развитие предприятий сферы услуг в Узбекистане в последние годы демонстрирует устойчивую положительную динамику, что подтверждает эффективность проводимых структурных реформ и стратегий модернизации национальной экономики. Сфера услуг постепенно становится центральным звеном экономического роста, занимая ведущие позиции в формировании валового внутреннего продукта, обеспечении занятости и стимулировании инновационной активности. По данным Государственного комитета статистики, доля услуг в структуре ВВП Узбекистана за последние пять лет выросла с 37,8 % в 2019 году до 44,3 % в 2024 году. Этот показатель свидетельствует о постепенном переходе экономики к постиндустриальной модели, где главную роль начинают играть интеллектуальные и цифровые формы деятельности. Рост сферы услуг объясняется несколькими факторами: развитием частного предпринимательства, внедрением цифровых технологий, привлечением иностранных инвестиций, а также расширением потребительского спроса со стороны населения. Стратегия «Новый Узбекистан — 2030» определила сферу услуг как ключевой сектор, от которого зависит не только экономическая диверсификация, но и социальная устойчивость страны. В частности, особое внимание уделяется развитию ИТ-услуг, логистики, туризма, финансового сектора, а также образовательных и медицинских сервисов, поскольку именно эти направления формируют основу инновационной экономики. Одним из основных направлений анализа является оценка инновационно-инвестиционной активности предприятий сферы услуг. В течение последних лет наблюдается рост инвестиций в этот сектор, что свидетельствует о постепенном формировании благоприятного делового климата. В 2020 году общий объем инвестиций в услуги составлял около 52 трлн сумов, а к 2024 году он увеличился до 97 трлн сумов, что демонстрирует почти двукратный рост. Особенно быстро растут инвестиции в ИКТ, финансовые и образовательные услуги, которые обладают высокой рентабельностью и технологической динамикой. Важным фактором, определяющим инновационное развитие, является уровень цифровизации предприятий. За последние пять лет в Узбекистане реализованы масштабные программы по внедрению электронных сервисов, созданию IT-парков, продвижению стартапов и цифровых платформ. Только в 2024 году в стране действовало более 1500 ИТ-компаний, что на 40 % больше, чем в 2021 году. Их деятельность способствует не только росту цифровой экономики, но и модернизации смежных отраслей, таких как логистика, финансы, образование и медицина. Благодаря цифровизации предприятия услуг

ISSN 3030-3907

сокращают издержки, повышают прозрачность операций и качество обслуживания клиентов.

Таблица ниже демонстрирует основные показатели развития сферы услуг Узбекистана в динамике за 2019–2024 годы.

Год	Доля услуг в ВВП, %	Инвестиции в сферу услуг (трлн сум)	Кол-во занятых, млн чел	Рост IT-услуг, % к предыдущему году
2019	37.8	52.1	5.2	8.5
2020	39.4	57.3	5.4	10.2
2021	41.0	68.5	5.6	13.7
2022	42.2	78.9	5.9	16.5
2023	43.6	89.4	6.1	19.3
2024	44.3	97.0	6.4	21.0

Как видно из таблицы, наблюдается устойчивая тенденция роста всех ключевых показателей. Увеличение инвестиций сопровождается ростом занятости и цифровой активности, что говорит о постепенном переходе предприятий к инновационным моделям управления. Особенно высокие темпы роста характерны для IT-услуг, что объясняется мерами государственной поддержки стартапов и активным внедрением информационных технологий в бизнес-процессы. Несмотря на положительные тенденции, развитие инновационно-инвестиционных механизмов сталкивается с рядом проблем. Одной из них является ограниченный доступ малого и среднего бизнеса к долгосрочным инвестиционным ресурсам. Большинство коммерческих банков по-прежнему предоставляют кредиты на короткие сроки и под относительно высокие проценты, что снижает привлекательность инвестиционных проектов с длительным сроком окупаемости. Кроме того, недостаточно развита венчурная инфраструктура, которая могла бы стать источником финансирования для инновационных предприятий сферы услуг. Другим важным барьером остаётся недостаточный уровень инновационной культуры и компетенций в сфере управления проектами. Многие руководители сервисных компаний не обладают необходимыми знаниями в области цифровой трансформации, маркетинга инноваций и стратегического планирования. Для устранения этого дисбаланса в последние годы в Узбекистане активно развиваются программы обучения и повышения квалификации, создаются инкубаторы и акселерационные центры при университетах. Эти меры позволяют готовить кадры, способные реализовывать инновационные решения на практике. Следует отметить, что

ISSN 3030-3907

инновационное развитие предприятий услуг во многом зависит от способности государства создавать благоприятную институциональную среду. Принятые законы о поддержке предпринимательства, инвестиционных зонах, государственно-частном партнёрстве и инновационной деятельности формируют основу для притока частных инвестиций. Благодаря налоговым льготам и упрощённым административным процедурам увеличилось количество новых компаний в таких сегментах, как образование, здравоохранение и финансы. Так, в 2024 году доля новых предприятий, зарегистрированных в секторе услуг, составила 58 % от общего числа новых бизнесов по стране, что свидетельствует о высокой привлекательности данного направления. Цифровизация стала главным инструментом инновационного развития сферы услуг. В настоящее время в стране активно внедряются электронные платформы обслуживания клиентов, системы онлайн-платежей, автоматизация документооборота, дистанционное образование и телемедицина. Эти технологии не только повышают эффективность бизнеса, но и обеспечивают прозрачность, удобство и сокращение транзакционных издержек. К примеру, в банковском секторе доля онлайн-операций достигла 65 % в 2024 году, тогда как пять лет назад этот показатель не превышал 25 %. Подобная динамика отражает рост доверия потребителей к цифровым сервисам и повышение уровня финансовой инклюзии. Инвестиции в инновации приносят видимый экономический эффект. По данным аналитических наблюдений, предприятия, внедрившие инновационные технологии, демонстрируют в среднем на 15–20 % более высокие показатели выручки и рентабельности по сравнению с компаниями, использующими традиционные подходы. Особенно выражен этот эффект в логистике, телекоммуникациях, финтехе и образовательных услугах. Вместе с тем наибольшая отдача от инвестиций наблюдается в тех компаниях, где инновации сопровождаются развитием человеческого капитала — обучением персонала, внедрением корпоративных программ мотивации и инновационной культуры. Важным направлением инновационно-инвестиционной стратегии является региональное развитие. До недавнего времени большая часть сервисных компаний концентрировалась в Ташкенте, Самарканде и Ферганской долине. Однако в последние годы расширение инфраструктуры и цифровая трансформация позволили активизировать сферу услуг и в других регионах. Так, в 2023 году доля региональных услуг в общем объёме рынка выросла с 28 % до 36 %. Это стало возможным благодаря программам стимулирования малого бизнеса и созданию центров оказания электронных услуг в сельских районах. Таким образом,

ISSN 3030-3907

географическая диверсификация способствует более равномерному распределению инновационного потенциала по стране. Наряду с позитивными результатами сохраняются и системные вызовы. Среди них — низкий уровень взаимодействия науки и бизнеса, ограниченные возможности коммерциализации научных разработок, недостаток институтов венчурного финансирования, а также слабое развитие механизмов публично-частного партнёрства в сфере услуг. Для эффективного решения этих проблем требуется формирование комплексной инновационной экосистемы, включающей технопарки, инкубаторы, венчурные фонды, а также систему страхования инновационных рисков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В условиях продолжающихся структурных реформ экономики Узбекистана сфера услуг становится одним из наиболее динамично развивающихся и стратегически значимых направлений. Проведённый анализ показал, что именно предприятия сервисного сектора обладают значительным потенциалом для ускорения инновационно-инвестиционного развития и повышения конкурентоспособности национальной экономики. Усиление роли услуг в структуре ВВП свидетельствует о постепенном переходе к экономике знаний, где человеческий капитал, технологии и организационные инновации становятся ключевыми факторами роста. Результаты анализа указывают на то, что в последние годы в стране сформировались благоприятные макроэкономические и институциональные условия для привлечения инвестиций и внедрения инноваций. Активное развитие цифровых технологий, повышение инвестиционной активности, рост числа малых и средних предприятий, а также поддержка со стороны государства способствуют ускорению модернизации сервисной инфраструктуры. Однако наряду с этим сохраняются системные барьеры, тормозящие полное раскрытие инновационного потенциала сектора: ограниченный доступ к финансовым ресурсам, неравномерное распределение инвестиций по регионам, недостаток квалифицированных кадров и слабая интеграция бизнеса с научными и образовательными структурами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process.* New York: McGraw-Hill.
2. Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations.* Harvard Business Review.
3. Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations.* 5th Edition. Free Press.
4. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management.* Pearson Education.

ISSN 3030-3907

5. Абдурахманова Г. (2022). *Инновационные процессы в экономике Узбекистана.* Ташкент: Изд-во «Иқтисодиёт».
6. Гиясов Ш. (2021). *Цифровая экономика и инновационное развитие Узбекистана.* Ташкент: Университет экономики.
7. Алимова А. (2023). *Кластерный подход к развитию инновационной инфраструктуры.* Журнал «Экономика и образование», №4.

ISSN 3030-3907

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД КУРГАНТЕПА, БОЛЬШОГО ФЕРГАНСКОГО КАНАЛА И ХАНАБАДА

Зиравард Акилесовна Ахназарова
Соискатель, Ферганский Государственный университет, г.Фергана, Узбекистан;
E-mail: akhnazarovaz@mail.ru
Махамаджон Ахмадалиевич Ахмадалиев
Профессор кафедры химии, Ферганский Государственный университет,г.Фергана,
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5391-8283
тел: +998501073673

Annotatsiya. Farg‘ona vodiysidagi Qo‘rg‘ontepa suv ombori (Qo‘qon) katta Farg‘ona kanali Xonobod suv xavzalarining suvining kimyoviy tarkibi, pH, NO_2-, CI-, F+ va – NH4+,umumiy minerallashuvi va qattiqligi, shuningdek, Chlorella vulgarisni yetishtirish uchun organoleptik xossalari o‘rganilgan.

Kalit so'zlar: Chlorella vulgaris, suv, rezervuar, kimyoviy tarkibi, CI-, F+, NH4+, NO_2-, pH.

Аннотация. Изучены химический состав, pH, NO_2-, CI-, F+ и – NH4+, общая минерализация и жесткость, а также органолептические свойства для культивирования Chlorellavulgaris, водных бассейнов Кургантепинского водохранилища (Коканд) и Большого Ферганского канала в Ферганской долине.

Ключевые слова: Chlorella vulgaris,вода, водохранилище, химический состав, CI- ,F+, NH4+, NO_2-, pH.

Abstract. The chemical composition, pH, NO_2-, CI-, F+ and – NH4+, total mineralization and hardness, as well as organoleptic properties for the cultivation of Chlorella vulgaris, of the water basins of the Kurgantepa reservoir (Kokand) and the Greater Fergana Canal in the Fergana Valley were studied.

Key words: Chlorella vulgaris, water, reservoir, chemical composition, CI-, F+ NH4+, NO_2-,pH.

Введение

Проведены исследования по объектам таких водоемов, как водоемы Кургантепинского водохранилища, Большого Ферганского канала и воды родника Фозилмон в Ханабаде. Предметом исследований было получение данных о химическом составе вод водохранилищ с целью определения возможности культивирования в них одноклеточной водоросли Chlorella vulgaris и изготовления на ее основе биологических добавок к кормам животных. Основными задачами и целями данного исследования является изучение химического состава вод из водохранилища Кургантепа (г.Коканд)

ISSN 3030-3907

для выявления благоприятных условий выращивания одноклеточной водоросли ***Chlorella vulgaris***. В основе исследования положены данные вод по общепринятым критериям. Образцы были взяты из водоема Большого Ферганского канала и воды родника Фозилмон в Ханабаде [1]. из водоема Кургантепинского водохранилища были взяты в весенний период (март 2025 год). Изучили химический состав вод по содержанию в них основных компонентов – Cl, F, соединений группы азота - NH4+, NO2-, а так же минерализация, общая жесткость, pH среды[1,2].

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

Кургантепинское водохранилище — гидротехническое сооружение в Узбекистане, построенное на юге Алтыарыкского района Ферганской области, в 2 км к югу от автодороги Фергана — Коканд. Площадь водохранилища — 2,81 км². Объём — 28,6 млн м³, из которых на полезный объём приходится 28,3 млн м³. Находится на арыке Арабтепа (Алтыарыксай) между посёлком Бурбалык и горами Джар. Высота плотины — 45 м. 1-я очередь построена в 1975-77 гг., 2-я очередь завершена в 1981 г. Водохранилище собирает воды рек.

Бурбалыксай. Является источником воды для орошения 3000 га полей. Также служит резервуаром для сбора паводковых вод. [2,3]

ОБСУЖДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Состав вод Кургантепинского водохранилища, Большого Ферганского канала и воды родника Фозилмон в Ханабаде изучается с целью определения его пригодности для культивации хлореллы. Добавление хлореллы в рацион животных имеет ряд преимуществ. Во-первых, она помогает снизить падеж молодняка до минимума. Во-вторых, хлорелла способствует лучшему усвоению корма животными. Благодаря этому, привесы крупного рогатого скота, кроликов и птиц увеличиваются, а яйценосность кур повышается. В-третьих, преимущество хлореллы заключается также в том, что она содержит витамины, которые необходимы для нормального функционирования организма животных. Существует несколько способов добавления хлореллы в рацион животных. Одним из наиболее эффективных способов является использование суспензии. Это позволяет сохранить половину водорастворимых витаминов, которые находятся в среде. [3,4]

Анализы проводились специальной организацией по контролю питьевой воды (Ферганский горводоканал) и результаты показали следующие данные:

ISSN 3030-3907

Таблица-1.

Результаты органолептических показателей вод из Кургантепинского водохранилища

№	Наименование свойства	Госстандарт	Единица измерения	Норма ПДК	Показатель в воде
1	Вкус	ГОСТ 3351	балл	2,0	0
2	Запах	ГОСТ 3351	балл	2,0	0
3	Мутность	ГОСТ 3351	мг/дм3	1,5	0
4	Цветность	ГОСТ 3351	градус	20-25	0

Изучив данные таблицы 1оцениваем показатель вкуса и запаха по пятибалльной шкале. Показатель вкуса «0» означает, что вода абсолютно безвкусная.Мутность пригодной для питья воды не должна превышать:2,6 (3,5) ЕМФ; 1,5 (2,0) мл/л. Мутность воды равна нулю.

Таблица-2.

Общий химический состав воды из Кургантепинского водохранилища

№	Наименование вещества	Госстандарт	Единица измерения	Норма ПДК	Количество в образце
1	Показатель водорода pH	O`zDSt ISO 10523-2017	pH	6-9	7,56
2	Общая минерализация (сухой остаток)	O`z O`U 0495:2010	мг/дм^3	1000-1500	925
3	Общая жесткость	ГОСТ 4151-72	мг/дм^3	7-13	13,0
5	Хлориды (Cl)	ГОСТ 4245-72	мг/дм^3	250-350	28,2
6	Аммоний (NH_4^+)	ГОСТ 33045	мг/дм^3	2	0,39
7	Нитриты (NO_2)	ГОСТ 33045	мг/дм^3	3	0,01
8	Фтор (F)	ГОСТ 4386-89	мг/дм^3	0,7	0,59
9	Общее количество микроорганизмов в 1 см^3	ГОСТ 18963-73	см^3	до 100	---
10	Коли индекс (E.Coli) в 1 дм^3	ГОСТ 18963-73	дм^3	до 3	---

Показатель запаха «0» говорит о полном отсутствии какого-либо запаха. Согласно требованиям СанПиН, пригодная для питья вода должна иметь запах, не превышающий 2-х баллов.Цветность − характеристика, которая свидетельствует о наличии в воде органических соединений,

ISSN 3030-3907

трехвалентного железа, примесей из грунтов, а также сточных вод и гуминовых веществ. Последние появляются в результате гниения растений и придают жидкости бежевый, желтый или коричневый оттенок. Цветность измеряется в градусах платино-кобальтовой шкалы. Ученые сравнивают исследуемую жидкость с эталонным раствором, который повторяет цвет природной воды. Шкала цветности имеет градацию от 0 до 14.[3] На основе показателей таблицы 1 можно вывести заключение, что вода в Кургантепинском водохранилище по органолептическим показателям соответствует всем нормам ПДК и является условно чистой.Опираясь на данные таблицы 2, видно, что ни один показатель не превышает нормы ПДК. С одной стороны, это говорит о степени чистоты воды и возможности использования ее как питьевую. А с другой, что она непригодна для культивирования хлореллы из-за недостаточного количества необходимых питательных элементов. [3-5]

На основании результатов анализов органолептических показателей образцов вод на содержание сероводорода можно дать следующее заключение:

Таблица-3.

Анализ органолептических показателей вод водоемов Большого Ферганского канала и воды родника Фозилмон в Ханабаде

№	Свойства воды	Госстандарт	Норма ПДК	Кол-во в образцах вод*		Единица измерения
				Родник Фозилмон(Андижанская область, Ханабад)	Большой Ферганский канал (Алтиарик)	
1	Вкус	ГОСТ 3351	2,0	0	0	балл
2	Запах	ГОСТ 3351	2,0	0	0	балл
3	Мутность	ГОСТ 3351	1,5	0	0	мг/дм^3
4	Цветность	ГОСТ 3351	20-25	0	0	уровень

Из таблицы 3 видно, что воды родника Фозилмона и Большого Ферганского канала не имеют отрицательных показателей по качествам вкуса, запаха, мутности и цветности, так как их показатели на нулевой отметке. Учитывая все нормативы по ГОСТам, данные показатели не

ISSN 3030-3907

являются причинами, запрещающими культивировать хлореллу, так как они не влияют на рост, размножение и жизнедеятельность микроводоросли.

Таблица-4.

Показатели азотсодержащих компонентов вод водоемов Ферганской долины

№	Свойства воды	Госстандарт	Норма ПДК	Кол-во в образцах вод**			Ед. измерен
				I	II	III	
1	Ионы аммония (NH_4)	ГОСТ 33045	2	0,39	0	0	мг/дм^3
2	Ионы нитритов (NO_2)	ГОСТ 33045	3	0,01	0	0	мг/дм^3
3	Ионы нитратов (NO_3)	ГОСТ 33045	45,0	0	0	0	мг/дм^3

I– Кургантепинское водохранилище (Ферганская область, Коканд)

II– родник Фозилмон в Ханабаде

III– Большой Ферганский канал (Алтиарик)

Показатели из таблицы 4 говорят о том, что культивирование хлореллы в данных водах возможно, но развитие будет проходить медленно, так как содержание в них ионов аммония, нитритов и нитратов очень низкое.

На основе полученных данных таблицы 5 можно сказать, что показатели pH находятся в пределах допустимых норм в обоих образцах; По показателям Cl, Fe (I,II – составляет 0), F нет превышений допустимых норм; по показателям микробов и микроорганизмов в образцах I,II наблюдается нулевое значение; по Коли индексу, в образцах I,II – на нулевой отметке. Это значит, что в данной воде отсутствует кишечная палочка. Значит эти воды абсолютно безопасны для хлореллы.

Таблица-5.

Данные общего химического состава вод водоемов Ферганской долины

№	Наименование вещества	Госстандарт	Норма по ПДК	Количество в образце***	Ед-цаизмере-ния

ISSN 3030-3907

				I	II	
1	Показатель водорода pH	O`z O`U 0556-2012	6-9	7,38	7,15	pH
2	Общая минерализация (сухой остаток)	O`z O`U 0495:2010	1000-1500	922	593	мг/дм^3
3	Окисляемость	ГОСТ 55684-2013	5,0	0	0	мг/дм^3
4	Общая жесткость	ГОСТ 4151-72	7-13	9,7	8,8	мг/дм^3
5	Хлориды (Cl)	ГОСТ 4245-72	250-350	37,8	27	мг/дм^3
6	Железо (Fe)	ГОСТ 4011-72	0,3	0	0	мг/дм^3
7	Фтор (F)	ГОСТ 4386-89	0,7	0,28	0,53	мг/дм^3
8	Общее количество микроорганизмов	ГОСТ 18963-73	До 100	0	0	см^3
9	Коли индекс (E. Coli)	ГОСТ 18963-73	3/333	0	0	дм^3

I– родник Фозилмон в Ханабаде

II – Большой Ферганский канал (Алтиарик)

Также имеются результаты анализа вод на содержание растворенного кислорода в водах Ферганской долины представлены в таблице 6. По результатам анализов видно, что все изученные водоемы содержат однаковое количество кислорода.

Таблица-6.

Результаты анализа на содержание кислорода в водах исследуемых водоемов

№	Наименование водоема и место нахождения	Норма ПДК, мг/л	Содержание в образце, мг/л
1	Кургантепинскоеводохранилище (Ферганская область, Коканд)	3-6	4
2	Большой Ферганский канал (Алтиарик)	3-6	4
3	Родник Фозилмон в Ханабаде (Андижанская область)	3-6	4

ISSN 3030-3907

Выводы

Наблюдения показали, что в водах Кургантепинского водохранилища(г.Коканд) с очень низким содержанием аммония, нитратов и отсутствием нитритов, рост хлореллы очень медленный. А так как работа направлена на активную культивацию хлореллы, то воды Кургантепинского водохранилища не подходят для этой цели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. АхназароваЗ.А.,Ахмадалиев М.А**.,** Актуальные проблемы и перспективы развития областей химии и химической технологии, Международная научно-практическая конференция.O‘zbekistonRespublikasi, Jizzaxshahri, 25-26-aprel 2025 y.c.877-880.

2. Электронный ресурс/ « Кургантепинское водохранилище в Узбекистане» Режимдоступа/https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5

3. Суфьянова Л.М.,Смоленцев С.Ю. «Биологическое значение хлореллы для выращивания сельскохозяйственных животных и птиц (обзор)»/ Вестник Марийского государственного университета/ Серия «Сельскохозяйстввенные науки. Экономические науки». Т. 10. № 1. 2024

4. Электронный ресурс.«Органолептические свойства в критериях качества воды»/https://rusfilter.ru/blog/voprosy-o-vode/kak-opredeljajutsja-kriterii-kachestva-vody/

5. АхназароваЗ.А., АхмадалиевМ.А**.,** «JurnalAmerikan of edikation» 5.5 october 2025g.p.422-428.

ISSN 3030-3907

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ПЕСКОВ ПУТЕМ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ БЕНТОНИТОВЫХ МИНЕРАЛОВ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ.

Исмайлов Бахтияр Муратбаевич

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха, г.Нукус

E-mail: bahtiyar.ismailov@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены способы закрепления подвижных песков Муйнакского месторождения с использованием полимерно-минеральных композиций на основе бентонитовой глины и водорастворимых полимеров. Актуальность исследования объясняется предотвращением подъема частиц пыли и песка в атмосферу и созданием благоприятных условий для роста растений. Представлены экспериментальные данные по изучению кинетики проникновения закрепляющих суспензий и изменению пластической прочности песчаных грунтов при различных концентрациях бентонита и полиакриламида. Выявлены механизмы адсорбционного взаимодействия между компонентами смеси и частицами песка, определяющие процессы структурообразования и укрепления порового пространства. Установлено, что применение бентонит-полимерных композиций способствует формированию прочной поверхностной корки, снижению глубины проникновения конуса, а также долговременному закреплению верхних слоёв песчаной системы. Полученные результаты подтверждают перспективность использования данных композиций для экологически безопасной мелиорации подвижных песков и предотвращения их дальнейшей миграции.

Ключевые слова: бентонитовая глина; водорастворимые полимеры; полиакриламид; карбоксиметилцеллюлоза; закрепление подвижных песков; структурообразование; пластическая прочность; мелиорация; песчаные грунты; полимерно-минеральные композиции.

Annotatsiya. Maqolada Mo‘ynoq konining ko‘chma qumlarini bentonit gili va suvda eriydigan polimerlar asosidagi polimer-mineral kompozitsiyalardan foydalangan holda mustahkamlash usullari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning dolzarbligi chang va qum zarrachalarining atmosferaga ko‘tarilishining oldini olish va o‘simliklarning o‘sishi uchun qulay sharoit yaratish bilan izohlanadi.

Bentonit va poliakrilamidning turli konsentratsiyalarida mustahkamlovchi suspenziyalarning kirib borish kinetikasini va qumli gruntlarning plastik mustahkamligining o‘zgarishini o‘rganish bo‘yicha eksperimental ma’lumotlar keltirilgan. Aralashma komponentlari va qum zarralari o‘rtasidagi adsorbsion o‘zaro ta’sir mexanizmlari aniqlandi, bu struktura hosil bo‘lish va g‘ovak bo‘shlig‘ini mustahkamlash jarayonlarini belgilaydi. Bentonit-polimer

ISSN 3030-3907

kompozitsiyalarini qo‘llash mustahkam sirt qobig‘ini shakllantirishga, konusning kirib borish chuqurligini kamaytirishga, shuningdek, qum tizimining yuqori qatlamlarini uzoq muddatga mustahkamlashga yordam berishi aniqlandi. Olingan natijalar ko‘chma qumlarni ekologik xavfsiz melioratsiyalash va ularning keyingi migratsiyasini oldini olish uchun ushbu kompozitsiyalardan foydalanishning istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: bentonitli gil; suvda eruvchan polimerlar; poliakrilamid; karboksimetilsellyuloza; ko‘chma qumlarni mustahkamlash; struktura hosil qilish; plastik mustahkamlik; melioratsiya; qumli gruntlar; polimer-mineral kompozitsiyalar.

Abstract. The article examines methods for stabilizing the mobile sands of the Moynak deposit using polymer-mineral compositions based on bentonite clay and water-soluble polymers. The relevance of the research is explained by the prevention of dust and sand particles from rising into the atmosphere and the creation of favorable conditions for plant growth. Experimental data on the study of the penetration kinetics of fixing suspensions and the change in the plastic strength of sandy soils at different concentrations of bentonite and polyacrylamide are presented. The mechanisms of adsorption interaction between the components of the mixture and sand particles, which determine the processes of structure formation and strengthening of the porous space, have been revealed. It has been established that the use of bentonite-polymer compositions contributes to the formation of a strong surface crust, a decrease in the penetration depth of the cone, and a long-term fixation of the upper layers of the sand system. The obtained results confirm the prospects of using these compositions for environmentally safe reclamation of shifting sands and preventing their further migration.

Keywords: bentonite clay; water-soluble polymers; polyacrylamide; carboxymethylcellulose; stabilization of mobile sands; structure formation; plastic strength; land reclamation; sandy soils; polymer-mineral compositions.

Введение

Одной из наиболее значимых экологических задач современности является предотвращение деградации земель и снижение темпов опустынивания, сопровождающегося миграцией подвижных песков, дефляцией и ухудшением состояния природных экосистем. Подвижные песчаные массивы представляют серьёзную угрозу для инфраструктуры, сельскохозяйственных угодий и качества атмосферы вследствие интенсивного пылеобразования и разрушения поверхностного слоя почв. В связи с этим особую актуальность приобретают технологии, направленные на стабилизацию песчаных грунтов и повышение их устойчивости к ветровой эрозии. [1-2]

ISSN 3030-3907

Особый интерес представляет применение полимерно-минеральных композиций на основе бентонитовой глины и водорастворимых полимеров для закрепления подвижных песков. Такой подход сочетает доступность сырьевых материалов, экологическую безопасность и высокую эффективность при создании поверхностных структур, способных противостоять дефляционным процессам. Бентонит, обладающий развитой поверхностью и высокой сорбционной способностью, в сочетании с полимерными компонентами образует устойчивые коагуляционно-адсорбционные структуры, обеспечивающие долговременное укрепление песчаной среды. [3-6]

Дополнительным преимуществом данных композиций является возможность их интеграции с противоэрозионными и фитомелиорационными мероприятиями, направленными на восстановление нарушенных земель. Применение укрепляющих суспензий способствует уменьшению пылевыноса, улучшению условий для закрепления растительности и формированию более стабильных ландшафтов аридных территорий. [7-12]

Представленная работа посвящена изучению структурообразующих свойств бентонит-полимерных смесей, анализу их проникновения в поровое пространство песков и оценке изменений пластической прочности грунта при различных концентрациях компонентов. Полученные результаты позволяют обосновать эффективность разработанных композиций и определить их потенциал для практического использования в мелиорации подвижных песков.

I. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основного полимерного компонента в исследовании использовался широко известный синтетический флокулянт — полиакриламид (ПАА), характеризующийся низкой токсичностью, доступностью и высокой эффективностью в процессах флокуляции и структурирования дисперсных систем. Применённый гидролизованный ПАА имел молекулярную массу M_o = 2000 кДа и степень гидролиза не менее 60 %. Дополнительно в качестве модифицирующего компонента использовалась карбоксиметилцеллюлоза марки КМЦ-700. Минеральная составляющая укрепляющих композиций была представлена бентонитовой глиной, обладающей высокой сорбционной активностью и значительной ёмкостью к ионному обмену.

Для определения оптимального состава укрепляющей смеси были приготовлены композиции, содержащие 1–5 % бентонита и 0,1–2 % водорастворимых полимеров. Смеси варьировались по соотношению

ISSN 3030-3907

компонентов с целью выявления влияния концентрации бентонита и ПАА на процессы структурообразования в песчаной среде. Экспериментальная часть исследования включала анализ кинетики проникновения укрепляющих суспензий и определение пластической прочности моделируемых песчаных образцов. В качестве исходного материала использовался песок Муйнакского месторождения, предварительно высушенный и разделённый на фракции. Кинетика проникновения жидкости и динамика изменения прочностных характеристик определялись по величине пластической прочности методом погружения конуса с использованием консистометра Гепплера. Этот прибор обеспечивает регистрацию изменений пластического сопротивления материала во времени и позволяет проводить исследования при различных температурных условиях, что является важным фактором для анализа структурообразующих процессов.

Применённые экспериментальные методы обеспечили возможность комплексной оценки адсорбционных взаимодействий между полимером, бентонитом и песчаными частицами, а также позволили установить влияние концентрационных факторов на эффективность структурообразования в укрепляемой песчаной среде.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТА

Представленные в статье результаты демонстрируют, что разработка и применение закрепляющих композиций на основе бентонитовых глин и водорастворимых полимеров (ВП) обладают значительным потенциалом для решения ряда экологических проблем.

Для изучения изменений в прочности поверхности песков были проведены следующие эксперименты: в начале использовался металлический стакан с диаметром 50 мм и высотой 15 мм, в котором был помещен высушенный песок. Перед проведением исследований песок был разделен на фракции, и для исследований была выбрана фракция размером 0,3-0,5 мм.

Песок в стакане был плотно уплотнен, а затем пропитан жидкостями, содержащими рассматриваемые закрепители, в объеме от 100 до 200 мл на 1 кг песка. Закрепляющая способность и кинетика проникновения были исследованы путем анализа изменений пластической прочности с использованием консистометра Гепплера. Данный консистометр позволяет изучать процессы при различных температурах, что является важным фактором в данном исследовании.

Анализ кинетики закрепительных процессов с применением различных образцов песков и изменений их пластической прочности показал зависимость условий проникновения закрепителя с образованием в

ISSN 3030-3907

пространстве свободного потока под влиянием гравитационных или капиллярных сил от типа связывающего агента и от состава самого песка. Проведенный анализ влияния состава закрепляющей смеси позволил определить наиболее подходящие варианты для наших исследований. В табл. 1 приведены составы данных вариантов.

Таблица-1.

Процентное содержание компонентов в закрепляющей смеси, %

Компоненты	Образец смеси, №					
	1	2	3	4	5	6
Бентонит	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0
ПАА	1,0	0,5	0,3	1,0	0,5	0,3

На рис. 1 приведены данные характеризующие изменения объёмов проникновения суспензии бентонита с ПАА в систему песка Муйнакского месторождений. Объем суспензии на поверхности песка площадью 15 см² (с общей массой 50 г) составил 6 мл.

Пластическая прочность отражает сопротивление начальной структуры, формирующейся при превращении неструктурированного песка в его структурированные формы. Под воздействием закрепляющей добавки наблюдаются два характерных участка на кривых изменения пластической прочности песков во времени: период формирования структуры и период упрочнения. Как указывают диаграммы, продолжительность этих периодов зависит от вида используемых жидкостей.

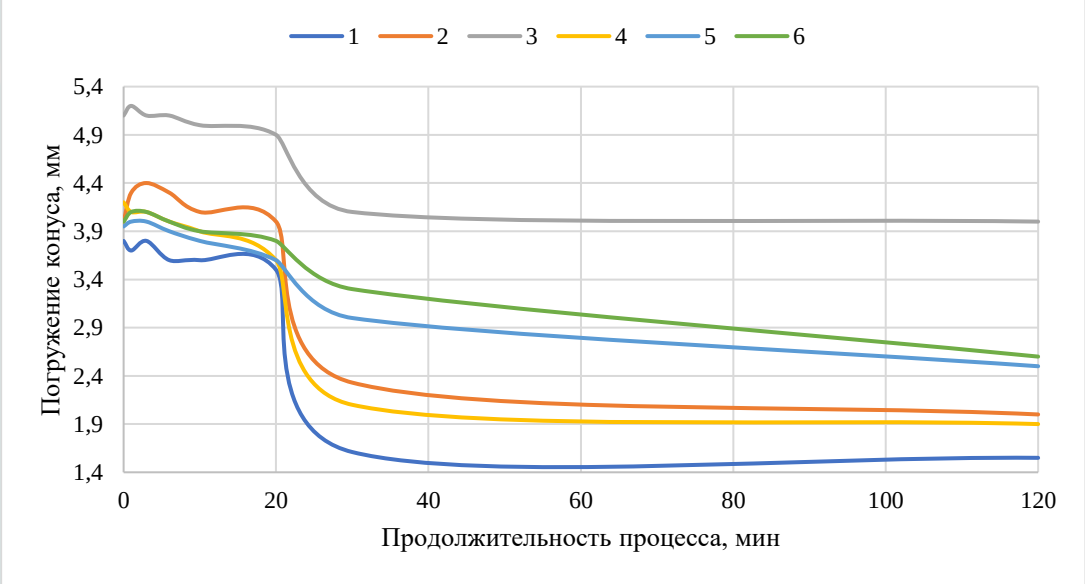


Рис. 1. Динамика погружения конуса с течением времени для образцов песка: Муйнакского месторожения.

Влияние проникновения суспензии бентонита определяется несколькими основными параметрами, включая размеры каналов и взаимодействие поверхности песчаных частиц с жидкостью. Анализ данных,

ISSN 3030-3907

представленных на рис. 1, показывает, что после процесса пропитки наблюдается увеличение глубины погружения конуса в течение следующего 20-30 мин. Как видно из результатов, высота проникновения оказывается меньше при наличии полимера в составе смеси в объеме 1%. При снижении содержания ПАА (от 1% до 0,3%, при сохранении 3% бентонита), наблюдается повышение начальной глубины погружения конуса от 3,85 до 5,2 мм, что свидетельствует о снижении пластической прочности песчаной системы при уменьшении %-ного содержания полимера.

Если, в начальный момент пропитки 1-го состава конус погружается на 3,95 мм, то в течение первых 20 минут наблюдается увеличение высоты погружения до 4,1 мм. Однако, после 20-22 минут происходит резкое снижение высоты погружения. Дальнейшее уменьшение глубины проникновения объясняется усилением прочности системы песка за счет структурообразования и частичного перехода образовавшихся коагуляционных структур в кристаллические формы.

Результаты исследования состава пропитанных песков указывают на то, что основное количество бентонитовой суспензии задерживается в верхнем слое в самом начале процесса пропитки. Эта задержка увеличивается с увеличением вязкости суспензии, то есть с повышением концентрации полимера. Уменьшение количества суспензии по мере продвижения вглубь, вероятно, объясняется образованием пленки на границе контакта жидкости с поверхностью песчинок. Под давлением остальной жидкости эта пленка разрывается. Однако, при взаимодействии с последующими слоями пропитываемой жидкости наблюдается образование новой пленки.

Исследование изменений пластической прочности пропитанных песков показало, что процесс образования и разрыва пленки наблюдается в течение первого часа. Разрываемые пленки задерживаются между частицами песка, заполняя и закупоривая промежутки постепенно.

Уплотнение песка должно наблюдаться при пропитке любой жидкости, включая воду. В случае использования воды можно сделать вывод о смыве мельчайших частиц, что приводит к увеличению пористости. Однако, как показали результаты пропитки водой объемом 6 мл, высота погружения конуса в начальный момент составляет 6,11 мм, что значительно превышает значения, полученные с изучаемыми составами. Это указывает на повышение прочности пропитанных песков, которое обусловлено не только механическим уплотнением, но в основном взаимодействием поверхности частиц песка с компонентами закрепляющей добавки. Как уже отмечалось, взаимодействие компонентов жидкости с поверхностью каналов приводит к изменению потока жидкости по каналам системы и их засорению, что

ISSN 3030-3907

препятствует дальнейшему перемещению жидкого потока.

Возможно, увеличение глубины проникновения конуса в начальный момент пропитки можно связать с расширением начальной пропитки связано с механическими факторами, таких как разрыхление песков за счет фильтрации жидкости и удаления мельчайших частиц. Однако, данная ситуация не наблюдается для системы с 6-составом. Если в начальный момент можно заметить незначительное повышение прочности, то после 20-25 минут наблюдается резкое снижение высоты погружения (от 3,8 до 2,5 мм). Вероятно, в данном случае происходит закупоривание пор большим количеством бентонита в составе суспензии.

Повышение концентрации бентонита не однозначно влияет на изменение погружения конуса, на что также влияет состав самого песка. На основе данных, связанных с изменением пластической прочности корки песка Муйнакского месторождения после 2 часов, возможно установить последовательность структурообразующих составов в следующем порядке: 1>4>2>5>6>3.

Однако, после суточной выдержки, пластическая прочность всех образцов песка существенно снижается. Снижение глубины пропитки с течением времени можно объяснить увеличением прочности данных систем за счет структурообразования и частичного преобразования образовавшихся коагуляционных структур в кристаллические формы.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

На основании проведённых исследований установлено, что применение укрепляющих композиций на основе бентонитовых глин и водорастворимых полимеров является перспективным методом стабилизации подвижных песков. Экспериментальные данные показали, что ввод полимерно-минеральных суспензий обеспечивает формирование устойчивой структуры песчаного материала, что подтверждается ростом пластической прочности и снижением глубины погружения конуса после завершения периода первоначального пропитывания.

Анализ кинетики проникновения укрепляющих растворов позволил выявить зависимость эффективности закрепления от концентрации бентонита и полимера, а также от морфологических особенностей песка. Показано, что увеличение содержания полимера способствует росту вязкости суспензии и усилению структурообразующих процессов, тогда как снижение его концентрации приводит к уменьшению пластической прочности песчаной системы. Существенную роль играет механизм адсорбционного взаимодействия между компонентами смеси и поверхностью песчинок,

ISSN 3030-3907

обеспечивающий формирование коагуляционно-кристаллических структур, стабилизирующих поровое пространство.

Установлено, что большая часть бентонитовой суспензии аккумулируется в верхнем слое песка, где происходит последовательное образование и разрыв плёнок, частично закупоривающих поры и способствующих увеличению прочности структуры в течение первого часа. Дальнейшее снижение глубины проникновения конуса свидетельствует о процессах уплотнения и закрепления, что подтверждает эффективность предложенных композиций по сравнению с контролем (пропитка водой).

Полученные результаты позволяют классифицировать исследуемые смеси по степени структурообразующей эффективности, а также подтверждают влияние концентрации бентонита и полимера на формирование прочностных характеристик стабилизированного песка. Наблюдаемое снижение пластической прочности после суточной выдержки указывает на начальные стадии трансформации структуры, что требует дальнейших исследований, направленных на оценку долговременной стабильности сформированных покрытий.

В целом, использование бентонит-полимерных укрепляющих композиций представляет собой рациональный, экологически безопасный и технологически доступный подход к мелиорации подвижных песков и снижению их дефляционной активности. Данный метод может быть рекомендован для практического применения в условиях аридных территорий с целью предотвращения деградации земель, уменьшения пылеобразования и повышения устойчивости природных ландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмадов, Т. А., & Петров, И. В. (2020). *Применение полиакриламидов для структурирования дисперсных систем*. Журнал химической технологии, 45(3), 123–131.

2. Иванов, С. В., & Кузнецова, Л. П. (2018). *Эрозионные процессы и методы стабилизации почв*. Геоэкология, 12(2), 56–65.

3. Smith, J., & Brown, L. (2019). *Bentonite-polymer composites for soil stabilization*. Journal of Environmental Engineering, 145(7), 04019045.

4. Zhang, H., et al. (2021). *Polyacrylamide applications in desertification control*. Environmental Science & Technology, 55(12), 8123–8132.

5. И.В. Федусенко, О.С. Федорец Влияние молекулярной массы и степени гидролиза полиакриламида на водно-бентонитные суспензии //Международный научный журнал "Инновационная наука" № 04-4/2017. 32-34.

ISSN 3030-3907

6. Кулдашева Ш.А. Коллоидно-химические закономерности закрепления движущихся песков многофункциональными структурантами // 02.00.11 - Коллоидные и мембранная химия диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук. Ташкент - 2018. 257 с.
7. Грязев М.В., Полищук А.В. Мелиорация засушливых территорий и стабилизация песчаных массивов. — М.: Геоэкология, 2018. — 256 с.
8. Ismailov B.M., Turemuratov Sh.N., Consolidation of mobile sands with ameliorants and phytomelioration // Karakalpak Scientific Journal, Vol. 4, Issue 1, Article 7, November 2021. **ISSN-2010-9075. E-ISSN-2181-1229.** https://uzjournals.edu.uz/karsu/vol4/iss1/7
9. Крамаренко В.В., Лисицын А.Г. Влияние полимерных реагентов на структурные свойства дисперсных систем // Почвоведение. — 2019. — № 4. — С. 512–520.
10. Zhao, H., Liu, X., Wang, T. Sand stabilization using polymer–clay composites: mechanisms and environmental effects // Journal of Arid Land. — 2020. — Vol. 12(3). — pp. 350–362.
11. Smith, J., Patel, R. Bentonite–polymer suspensions for soil conditioning: physicochemical interactions // Applied Clay Science. — 2021. — Vol. 204. — Article 106025.
12. Abdurahimov D.Kh., Ismailov B.M., Tanatarov O.R., Abdikamalova A.B., Kuldasheva Sh.A., Agzamova F.N. The Main Areas of Application of Water-Soluble Polymers of Acrylamide to Solve the Problem of Environmental protection and Structure Formation in the Soil // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology.Vol. 9, Issue 11, November 2022. Стр 20154-20157.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF SWAT AND HEC-HMS MODELS FOR RESERVOIR VOLUME DETERMINATION IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Samiev Lukmon
Toshkent irrigation and mechanization engineering institute National research university
Abdulkhaev Zokhidjon
Ferghana Polytechnic Institute
Juraeva Mokhinur
Toshkent irrigation and mechanization engineering institute National research university

Abstract: Accurate reservoir storage capacity assessment is essential for sustainable water resource management, particularly under the increasing uncertainties imposed by climate change. This article presents a comparative analysis of two widely used hydrological models—the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and the Hydrologic Engineering Center–Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)—for reservoir volume determination under varying climatic scenarios. Through a review of recent studies and case applications in humid tropical watersheds in China, we evaluate the models' structural frameworks, input requirements, calibration processes, and performance in simulating streamflow, a critical input for reservoir volume estimation. Findings indicate that SWAT excels in capturing high-flow events and simulating land-use impacts, while HEC-HMS demonstrates strength in medium-flow conditions and flood forecasting. Both models show robust performance when integrated with GIS and remote sensing data, enhancing spatial accuracy in reservoir volume prediction. The selection between SWAT and HEC-HMS should consider watershed characteristics, data availability, and specific hydrological processes of interest. This study provides actionable insights for water managers and researchers in selecting appropriate hydrological modeling tools for climate-resilient reservoir planning and operation.

Keywords: SWAT (Soil and Water Assessment Tool), HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), Geographic Information Systems (GIS), Reservoir volume determination, Climate change, Hydrological modeling, Runoff simulation, Streamflow, Watershed management

Аннотация: Точная оценка емкости водохранилищ имеет важнейшее значение для устойчивого управления водными ресурсами, особенно в условиях растущих неопределенностей, обусловленных изменением климата. В данной статье представлен сравнительный анализ двух широко используемых гидрологических моделей — Soil and Water Assessment Tool (SWAT) и Hydrologic Engineering Center–Hydrologic Modeling System (HEC-

ISSN 3030-3907

HMS) — для определения объема водохранилищ в условиях различных климатических сценариев. На основе обзора последних исследований и примеров применения в условиях влажных тропических водосборов Китай проведена оценка структурных особенностей моделей, требований к входным данным, процессов калибровки, а также их эффективности в моделировании речного стока — критически важного входного параметра для оценки объема водохранилищ. Результаты показывают, что модель SWAT превосходно справляется с моделированием пиковых расходов и оценкой влияния изменения землепользования, в то время как HEC-HMS демонстрирует высокую эффективность при моделировании средних расходов и прогнозировании паводков. Обе модели показывают надежные результаты при интеграции с данными ГИС и дистанционного зондирования, что повышает пространственную точность прогнозирования объема водохранилищ. Выбор между SWAT и HEC-HMS должен учитывать характеристики водосбора, доступность данных и специфику изучаемых гидрологических процессов. Данное исследование предоставляет практические рекомендации для водохозяйственных организаций и исследователей по выбору подходящих инструментов гидрологического моделирования для планирования и эксплуатации водохранилищ с учетом изменения климата.

Ключевые слова: SWAT (Soil and Water Assessment Tool), HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), геоинформационные системы (ГИС), определение объема водохранилищ, изменение климата, гидрологическое моделирование, моделирование стока, речной сток, управление водосборными бассейнами.

Annotatsiya: Suv resurslarini barqarar boshqarish uchun suv omborlarining hajmini aniq baholash juda muhimdir, ayniqsa iqlim o'zgarishi tufayli yuzaga kelayotgan ortib borayotgan noaniqliklar sharoitida. Ushbu maqola turli iqlim o‘zgarishi sharoitida suv ombori hajmini aniqlash uchun keng qo'llaniladigan ikkita gidrologik model - Soil and Water Assessment Tool (SWAT) va Hydrologic Engineering Center–Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) ning qiyosiy tahlilini taqdim etadi. Xitoy nam tropik suv havzalaridagi so'nggi tadqiqotlar va amaliy ilovalar sharhlari orqali biz modellarning tuzilma doiralari, kirish ma'lumotlariga talablari, kalibratsiya jarayonlari va suv ombori hajmini baholash uchun muhim kirish parametri bo'lgan oqimni modellashtirishdagi samaradorligini baholaymiz. Natijalar shuni ko'rsatadiki, SWAT modeli yuqori oqim hodisalarini va yer-sudan foydalanish ta'sirini modellashtirishda ustunlik qilsa, HEC-HMS modeli o'rta oqim sharoitlari va toshqinlarni prognozlashda kuchli tomonlarga ega. Ikkala model ham GIS va masofadan zondlash ma'lumotlari bilan birlashtirilganda,

ISSN 3030-3907

suv ombori hajmini prognozlashning fazoviy aniqligini oshirib, mustahsam natijalar ko'rsatadi. SWAT va HEC-HMS o'rtasida tanlov suv havzasining xususiyatlari, ma'lumotlarning mavjudligi va tadqiq qilinayotgan o'ziga xos gidrologik jarayonlarni hisobga olish kerak. Ushbu tadqiqot suv xo'jaligi mutaxassislari va tadqiqotchilar uchun iqlim o'zgarishiga chidamli suv omborlarini rejalashtirish va boshqarishda mos gidrologik modellashtirish vositalarini tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar beradi.

Kalit so'zlar: SWAT (Soil and Water Assessment Tool), HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System), Geografik Axborot Tizimlari (GIS), Suv ombori hajmini aniqlash, Iqlim o'zgarishi, Gidrologik modellashtirish, Oqimni modellashtirish, Daryo oqimi, Suv havzasini boshqarish.

Introduction.

Accurate quantification of reservoir storage capacity is crucial for effective water resource management, particularly given the escalating uncertainties introduced by climate change, which manifest as shifts in hydrological regimes and increased frequency of extreme weather events. Within this challenging context, hydrological models like the Soil and Water Assessment Tool and the Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System offer robust frameworks for simulating complex hydrological processes and, consequently, assessing reservoir dynamics (Chathuranika et al., 2022). This article aims to provide a comprehensive comparison of SWAT and HEC-HMS, highlighting their strengths, limitations, and suitability for determining reservoir volumes under varying climatic scenarios. The article will specifically delve into their applicability for research focusing on the use of GAT technologies to determine reservoir volumes within the intricate framework of climatic change. Both models have demonstrated efficacy in simulating streamflow, a critical input for reservoir volume estimation, across diverse geographical and climatic settings (Shekar & Vinay, 2021) (Aliye et al., 2020). The choice between these models often depends on the specific characteristics of the watershed, data availability, and the particular hydrological processes of interest (Sharma et al., 2025). The selection of the most appropriate hydrological model for a given watershed is critical for achieving accurate simulated results, with the success of hydrological prediction heavily relying on the proper choice of model input parameters (Aliye et al., 2020). This underscores the importance of a detailed evaluation of each model's theoretical underpinnings and practical performance in relevant hydrological studies before application (Alemu et al., 2023). For instance, previous research has successfully applied both SWAT and HEC-HMS to simulate streamflow in various Ethiopian basins, demonstrating their utility in regions with comparable hydrological complexities (Aliye et al., 2020) (Chekole et al., 2024). This article will critically evaluate the

ISSN 3030-3907

structural components and operational methodologies of both SWAT and HEC-HMS, providing insights into their respective advantages and disadvantages for modeling water resource availability in a changing climate (Chathuranika et al., 2022). It will further examine how these models can be integrated with Geographic Information Systems and remote sensing data to enhance the precision of reservoir volume determination.

Methodology. The SWAT Model The Soil and Water Assessment Tool is a physically based, semi-distributed hydrological model developed by the U.S. Department of Agriculture's Agricultural Research Service in the early 1990s (Ahad & Shams, 2024). This model operates on a daily time step and is capable of simulating a wide range of hydrological processes, including surface runoff, groundwater flow, evapotranspiration, and channel routing across diverse spatial and temporal scales. Its modular structure allows for the incorporation of detailed land use, soil, and topographical data, which are crucial for accurate spatially explicit hydrological simulations. SWAT is particularly adept at simulating the impacts of land management practices and climate change on water quantity and quality in large, complex watersheds (Ansarifard et al., 2024). Furthermore, SWAT's integration with GIS interfaces facilitates the delineation of hydrologic response units, which are fundamental for its semi-distributed modeling approach, allowing for the simulation of heterogeneous watershed conditions (Shekar & Vinay, 2021). This approach enables a more nuanced understanding of runoff generation and contaminant transport compared to lumped models that treat the entire watershed as a single unit (Yeboah et al., 2023). Specifically, SWAT models can assess agricultural best management practices and their effects on water quality and quantity, providing a comprehensive framework for water resource planning and environmental management (Marshall et al., 2025).

Overview of the SWAT Model: The SWAT model's widespread utility stems from its ability to simulate various hydrological components, including snowmelt, groundwater interactions, and nutrient cycling, making it a comprehensive tool for water resource assessment (Bouslıhım, 2020). Its application extends to predicting the impact of land management on water, sediment, and agricultural chemical yields over prolonged periods in extensive watersheds characterized by varied soils, land use, and management conditions (Kloub et al., 2024). The model operates on the principle of mass, momentum, and energy conservation, employing conceptualizations like the curve number and pothole-based streamflow simulation for different regions (Dash et al., 2023). The model's robust framework integrates several key components such as weather, hydrology, soil temperature, plant growth, nutrients, pesticides, and land management, to provide a holistic view of watershed processes (Jha et al., 2007). This semi-distributed, process-based river

ISSN 3030-3907

basin model, developed by Arnold et al., is specifically designed to predict the effects of land management practices on water, sediment, and agricultural chemical yields across large, complex watersheds exhibiting varied soil types, land uses, and management conditions (Bouslıhım, 2020).

Key Features and Capabilities. One of the core strengths of SWAT lies in its continuous time-scale simulation capability, enabling it to model long-term hydrological processes and their responses to changing environmental conditions (Oduor et al., 2023). This feature is particularly valuable for analyzing the impacts of climate change on reservoir volumes and water availability over decadal scales. Furthermore, SWAT's ability to integrate diverse spatial datasets, including land use, soil types, and topographic information, enhances its accuracy in representing real-world watershed complexities, making it suitable for assessing the long-term sustainability of water resources (Meshesha et al., 2021). Moreover, its capacity to simulate the transport of sediments and nutrients further extends its utility beyond pure hydrological modeling, providing a more integrated assessment of water quality alongside quantity (Zhang et al., 2023). The model also uses a water balance equation to simulate the hydrological cycle within a sub-basin, accounting for precipitation, surface runoff, evapotranspiration, and groundwater interactions (Gasirabo et al., 2023) (Chathuranika et al., 2022).

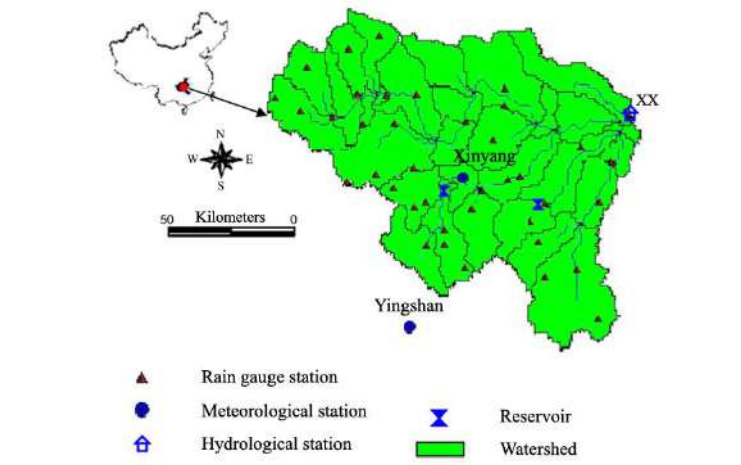


Figure 1. Processed results for SWAT for simulation

Applications in Water Resource Management**.** The SWAT model has been extensively applied in various studies, demonstrating its efficacy in hydrological modeling for water resource management, including assessing the impact of wetland drainage on streamflow and annual flow volumes (Perez-Valdivia et al., 2017). It has also been successfully employed to simulate streamflow in ungauged river basins and to evaluate the performance of different snowmelt algorithms in complex mountain regions (Perez-Valdivia et al., 2017).

The HEC-HMS Model. The Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System is a sophisticated hydrological model specifically designed for simulating the precipitation-runoff processes in dendritic drainage basin systems

ISSN 3030-3907

(Şengül & İspirli, 2022). It excels in event-based simulations, focusing on the movement of water from precipitation to streamflow, and is particularly useful for flood forecasting and reservoir operations (Yu & Zhang, 2023) (Şengül & İspirli, 2022). HEC-HMS employs a variety of hydrological methods to simulate different components of the hydrological cycle, including rainfall-runoff transformation, baseflow, and channel routing, allowing for detailed analysis of watershed responses to precipitation events (Ranjan & Singh, 2022).

Overview of HEC-HMS Model:The model provides comprehensive tools for simulating various hydrological components such as precipitation, infiltration, surface runoff, and streamflow routing, making it adaptable for diverse watershed conditions and hydrometeorological events (Chathuranika et al., 2022). It is widely used for studies ranging from flood forecasting and flood damage reduction to reservoir design and operation, as well as urban drainage and water availability (Chathuranika et al., 2022) (Chiang et al., 2022). The HEC-HMS modeling system integrates three main components: the basin model, which defines the topographic and physical characteristics of the watershed; the meteorological model, which processes climatic data; and the control manager, orchestrating the simulation (Şengül & İspirli, 2022).

Key Features and Capabilities. The HEC-HMS model is adept at simulating intricate hydrological processes, offering a range of methods for computing losses (e.g., Soil Moisture Accounting), transforming excess precipitation into runoff (e.g., Clark Unit Hydrograph), and routing flows through channels and reservoirs (e.g., Muskingum-Cunge). Its distributed modeling capabilities have shown superior performance compared to lumped models, achieving a Nash–Sutcliffe efficiency of 0.88 for distributed simulations versus 0.51 for lumped approaches in specific applications (Tu et al., 2020).

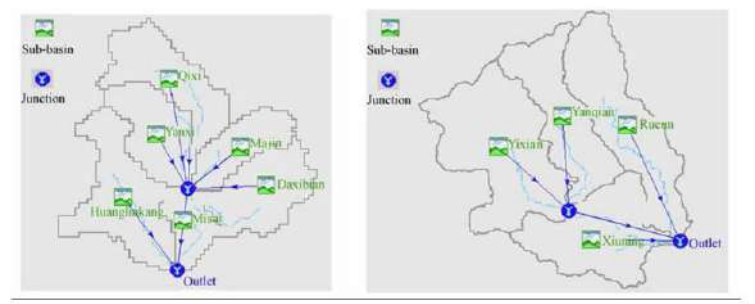


Figure 2. Processed results for imported to HMS for simulation

Applications in Hydrologic Analysis. The HEC-HMS model is extensively utilized for flood magnitude and frequency analysis, flood warning systems, and the planning of spillways and reservoirs (Ali et al., 2021). Its broad applicability encompasses urban drainage analysis, stream restoration efforts, and the assessment of water availability for diverse purposes, making it a versatile tool in water resource planning and management (Dhanapala et al., 2022). The model

ISSN 3030-3907

incorporates several key components such as the basin model, meteorologic model, control specification, time-series data, and terrain data to establish a robust simulation environment for rainfall-runoff mechanisms (Chiang et al., 2022).

Comparative Analysis of SWAT and HEC-HMS. While both the Soil and Water Assessment Tool and the Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System are widely adopted hydrological models, their underlying architectures, data requirements, and optimal applications differ significantly (Alemu et al., 2023). Specifically, HEC-HMS typically excels in event-based simulations, focusing on the rapid transformation of precipitation to runoff for flood forecasting and reservoir operations, while SWAT is designed for continuous, long-term simulations to evaluate the cumulative impacts of land use and climate change on water resources (Ali et al., 2021). This distinction arises from HEC-HMS's lump-based or semi-distributed approach, which treats the basin as a homogeneous unit or discretizes it into fewer, larger elements, contrasting with SWAT's more detailed spatial discretization into homogeneous units of landform, soil, and topography (Chathuranika et al., 2022). For instance, HEC-HMS has been shown to be effective in flood simulation and hydrologic modeling, offering insights into physical watershed characteristics (Kazezyılmaz-Alhan et al., 2020). Conversely, SWAT is better suited for assessing the long-term hydrological impacts of various land management practices and climate change scenarios due to its continuous simulation capabilities and detailed spatial representation of watershed characteristics (Chathuranika et al., 2022). However, it is important to acknowledge that HEC-HMS has been successfully adapted for continuous simulations in certain contexts, particularly when integrating snowmelt processes for hydrological forecasting in mountainous regions (Şengül & İspirli, 2022). Nevertheless, while HEC-HMS can be adapted for continuous simulation, its primary strength lies in event-based modeling, particularly for short-term flood processes, making it less ideal for long-term water balance studies that require detailed interaction between surface and groundwater (Mo et al., 2020).

Strengths and Limitations. HEC-HMS, for example, proves highly effective for real-time flood forecasting and dam breach analysis due to its event-driven simulation capabilities and robust routing functions (Dhanapala et al., 2022). In contrast, the SWAT model's ability to simulate the long-term impacts of land management practices and climate change on water quantity and quality makes it suitable for assessing the effectiveness of various conservation strategies and predicting future water availability (Bouslıhım, 2020).

Suitability for Reservoir Volume Determination. For determining reservoir volumes in the context of climate change, the choice between SWAT and HEC-HMS depends critically on the research focus and data availability. While

ISSN 3030-3907

HEC-HMS can simulate reservoir operations and outflow, SWAT's comprehensive representation of watershed processes, including water balance components and sediment transport over extended periods, offers a more robust framework for evaluating the long-term changes in water yield and reservoir inflow under varying climate scenarios (Chathuranika et al., 2022) (Kazezyılmaz-Alhan et al., 2020). Therefore, for a study focused on the cumulative effects of climate change on reservoir volumes, SWAT's continuous simulation and integrated processes generally provide a more comprehensive assessment (Chathuranika et al., 2022). However, the HEC-HMS model can be instrumental in extracting model-specific information, such as diversion, junction, reservoir, and sub-basin characteristics, which are crucial inputs for detailed hydrological simulations (Alemu et al., 2023).

Integration with Geospatial Technologies. Both HEC-HMS and SWAT models significantly benefit from integration with Geographic Information Systems for data pre-processing, parameterization, and visualization of results, allowing for efficient management of spatial data layers such as digital elevation models, land use, and soil types. This integration facilitates the preparation of model inputs, such as sub-basin delineation and stream network generation, and enhances the interpretation of simulation outputs through thematic maps and spatial analyses. This enables a more accurate representation of the physical characteristics of a watershed and improves the predictive capability of the models, especially when addressing complex hydrological phenomena. For instance, GIS can be utilized to generate Hydrologic Response Units for SWAT, ensuring that the model accurately reflects the spatial heterogeneity of a watershed (Perez-Valdivia et al., 2017). Similarly, HEC-HMS leverages GIS for automated retrieval of geographical parameters like area, flow length, and slope from Digital Elevation Models, facilitating the setup of basin models and sub-basin divisions (Chiang et al., 2022). The ArcGIS platform, with its advanced tools like Arc Hydro Tool and HEC-GeoHMS, plays a pivotal role in delineating watersheds and river networks, which are fundamental for both SWAT and HEC-HMS model parameterization (Ranjan & Singh, 2022) (Alemu et al., 2023).

Role of GIS in Model Parameterization. GIS-based tools, such as HEC-GeoHMS, are specifically designed to streamline the process of extracting basin characteristics and other essential input parameters directly from digital elevation models for hydrological models like HEC-HMS (Şengül & İspirli, 2022) (Belayneh et al., 2020). This capability allows for the automated analysis of spatial unevenness within a watershed, including river system distribution and the delineation of sub-basins, thereby enhancing the accuracy of hydrological simulations (Yu & Zhang, 2023). This includes the generation of slope and

ISSN 3030-3907

topographic elevation maps, as well as the identification of hydrologic soil groups, which are fundamental for determining infiltration rates and runoff potential within sub-basins (Ranjan & Singh, 2022).

Results: Furthermore, SWAT's ability to model sediment transport and nutrient cycling provides a more holistic understanding of reservoir sustainability, beyond just water quantity (Alemu et al., 2023). On the other hand, HEC-HMS excels in event-based simulations, making it suitable for analyzing specific flood events and evaluating real-time reservoir operations. However, for reservoir volume determination under climate change, SWAT's integrated approach to simulating basin-scale hydrological processes, including surface runoff, subsurface flow, and groundwater interactions, offers a more comprehensive framework for assessing long-term water availability and reservoir storage impacts. However, it has been observed that both models can accurately simulate low flows, with SWAT exhibiting slight under-predictions for dry and wet seasonal flows (2.12% and 13.52%) compared to HEC-HMS (10.76% and 18.54%) (Chathuranika et al., 2022). The choice between these models, therefore, hinges on the specific research question, with SWAT being generally preferred for long-term climate change impact assessments on water resources due to its comprehensive process representation, while HEC-HMS may be more suitable for detailed event-based flood forecasting or reservoir operations.

Conclusion. Given the overarching goal of determining reservoir volumes in the context of climatic change, the integration of advanced GAT technologies with models like SWAT and HEC-HMS offers a robust methodology for comprehensive hydrological assessment. Specifically, the SWAT model, with its capacity for continuous, long-term simulations of water balance components and explicit consideration of land use and climate change impacts, is generally more appropriate for the detailed analysis of reservoir volume dynamics under future climatic conditions (Chathuranika et al., 2022). This model also allows for the integration of various climate change scenarios to project future alterations in precipitation, temperature, and evapotranspiration, which directly influence reservoir inflow and storage capacity.

REFERENCES

1. Ahad, Md. I., & Shams, S. M. N. (2024). Assessment of Hydropower Potential Using Hydrological Model and GIS Techniques: A Case Study of Sangu River Basin, Chattogram in Bangladesh. *Research Square (Research Square)*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5345419/v1

2. Alemu, G. T., Ayalew, M. M., Geremew, B., Bihonegn, B. G., & Tareke, K. A. (2023). Evaluation of semi-distributed hydrological models performance in

ISSN 3030-3907

borkena watershed; upper awash basin, Ethiopia. *Heliyon*, *9*(7). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18030

3. Ali, S., Cheema, M. J. M., Waqas, M. M., Waseem, M., Leta, M. K., Qamar, M. T. ul, Awan, U. K., Bilal, M., & Rahman, M. H. ur. (2021). Flood Mitigation in the Transboundary Chenab River Basin: A Basin-Wise Approach from Flood Forecasting to Management. *Remote Sensing*, *13*(19), 3916. https://doi.org/10.3390/rs13193916

4. Aliye, M. A., Aga, A. O., Tadesse, T., & Yohannes, P. (2020). Evaluating the Performance of HEC-HMS and SWAT Hydrological Models in Simulating the Rainfall-Runoff Process for Data Scarce Region of Ethiopian Rift Valley Lake Basin. *Open Journal of Modern Hydrology*, *10*(4), 105. https://doi.org/10.4236/ojmh.2020.104007

5. Ansarifard, S., Ghorbanifard, M., Boustani, F., & Abdolazimi, H. (2024). Hydrological simulation and evaluation of drought conditions in the ungauged watershed Parishan lake Iran, using the SWAT model. *Journal of Water and Climate Change*, *15*(9), 4666. https://doi.org/10.2166/wcc.2024.268

6. Belayneh, A., Sintayehu, G., Gedam, K., & Muluken, T. (2020). Evaluation of satellite precipitation products using HEC-HMS model. *Modeling Earth Systems and Environment*, *6*(4), 2015. https://doi.org/10.1007/s40808-020-00792-z

7. Bouslıhım, Y. (2020). Hydrological and soil erosion modeling using SWAT model and Pedotransfert Functions: a case study of Settat-Ben Ahmed watersheds, Morocco. *HAL (Le Centre Pour La Communication Scientifique Directe)*. https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03178705

8. Chathuranika, I. M., Gunathilake, M. B., Baddewela, P. K., Sachinthanie, E., Babel, M. S., Shrestha, S., Jha, M. K., & Rathnayake, U. (2022). Comparison of Two Hydrological Models, HEC-HMS and SWAT in Runoff Estimation: Application to Huai Bang Sai Tropical Watershed, Thailand. *Fluids*, *7*(8), 267. https://doi.org/10.3390/fluids7080267

9. Chekole, A. G., Belete, M. A., Fikadie, F. T., & Wubneh, M. A. (2024). Evaluate the performance of HEC-HMS and SWAT models in simulating the streamflow in the Gumara watershed, Ethiopia. *Sustainable Water Resources Management*, *10*(1). https://doi.org/10.1007/s40899-023-00997-x

10. Chiang, S., Chang, C.-H., & Chen, W. (2022). Comparison of Rainfall-Runoff Simulation between Support Vector Regression and HEC-HMS for a Rural Watershed in Taiwan. *Water*, *14*(2), 191. https://doi.org/10.3390/w14020191

11. Dash, S. S., Sahoo, B., & Raghuwanshi, N. S. (2023). An integrated reservoir operation framework for enhanced water resources planning. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-49107-z

ISSN 3030-3907

12. Dhanapala, L., Gunarathna, M. H. J. P., Kumari, M. K. N., Ranagalage, M., Sakai, K., & Meegastenna, T. J. (2022). Towards Coupling of 1D and 2D Models for Flood Simulation—A Case Study of Nilwala River Basin, Sri Lanka. *Hydrology*, *9*(2), 17. https://doi.org/10.3390/hydrology9020017

13. Gasirabo, A., Chen, X., Kurban, A., Liu, T., Baligira, H. R., Umuhoza, J., Umugwaneza, A., & Edovia, U. D. (2023). SWAT model calibration for hydrological modeling using concurrent methods, a case of the Nile Nyabarongo River basin in Rwanda. *Frontiers in Water*, *5*. https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1268593

14. Jha, M. K., Gassman, P. W., & Arnold, J. G. (2007). Water Quality Modeling for the Raccoon River Watershed Using SWAT. *Transactions of the ASABE*, *50*(2), 479. https://doi.org/10.13031/2013.22660

15. Kazezyılmaz-Alhan, C. M., Yalçın, İ. E., Javanshour, K., Aytekin, M., & Gülbaz, S. (2020). A hydrological model for Ayamama watershed in Istanbul, Turkey, using HEC-HMS. *Water Practice & Technology*, *16*(1), 154. https://doi.org/10.2166/wpt.2020.108

16. Kloub, F., Rawashdeh, S. A., & Rawashdeh, G. A. (2024). The impact of climate change on Al-wala basin based on geomatics, hydrology and climate models. *Applied Geomatics*, *16*(4), 813. https://doi.org/10.1007/s12518-024-00578-3

17. Marshall, S., Tran, T., Tapas, M. R., & Nguyen, B. Q. (2025). Integrating artificial intelligence and machine learning in hydrological modeling for sustainable resource management. *International Journal of River Basin Management*, 1. https://doi.org/10.1080/15715124.2025.2478280

18. Meshesha, T. W., Wang, J., Melaku, N. D., & McClain, C. (2021). Modelling groundwater quality of the Athabasca River Basin in the subarctic region using a modified SWAT model. *Scientific Reports*, *11*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-92920-7

19. Mo, C., Wang, Y., Ruan, Y., Qin, J., Zhang, M., Sun, G., & Jin, J. (2020). The effect of karst system occurrence on flood peaks in small watersheds, southwest China. *Hydrology Research*, *52*(1), 305. https://doi.org/10.2166/nh.2020.061

20. Oduor, B. O., Campo-Bescós, M. Á., Lana-Renault, N., Kyllmar, K., Mårtensson, K., & Casalí, J. (2023). Quantification of agricultural best management practices impacts on sediment and phosphorous export in a small catchment in southeastern Sweden. *Agricultural Water Management*, *290*, 108595. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108595

21. Perez-Valdivia, C., Cade-Menun, B. J., & McMartin, D. W. (2017). Hydrological modeling of the pipestone creek watershed using the Soil Water Assessment Tool (SWAT): Assessing impacts of wetland drainage on hydrology.

ISSN 3030-3907

Journal of Hydrology Regional Studies, *14*, 109. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.10.004

22. Ranjan, S., & Singh, V. P. (2022). HEC-HMS based rainfall-runoff model for Punpun river basin. *Water Practice & Technology*, *17*(5), 986. https://doi.org/10.2166/wpt.2022.033

23. Şengül, S., & İspirli, M. N. (2022). Predicting Snowmelt Runoff at the Source of the Mountainous Euphrates River Basin in Turkey for Water Supply and Flood Control Issues Using HEC-HMS Modeling. *Water*, *14*(3), 284. https://doi.org/10.3390/w14030284

24. Sharma, M., Singh, R. P., & Sharma, S. (2025). Multi-Model Assessment to Analyze Flow Alteration Under the Changing Climate in a Medium-Sized River Basin in Nepal: A Case Study of the Kankai River Basin. *Water*, *17*(7), 940. https://doi.org/10.3390/w17070940

25. Shekar, N. C. S., & Vinay, D. C. (2021). Performance of HEC-HMS and SWAT to simulate streamflow in the sub-humid tropical Hemavathi catchment. *Journal of Water and Climate Change*, *12*(7), 3005. https://doi.org/10.2166/wcc.2021.072

26. Tu, H., Wang, X., Zhang, W., Peng, H., Ke, Q., & Chen, X. (2020). Flash Flood Early Warning Coupled with Hydrological Simulation and the Rising Rate of the Flood Stage in a Mountainous Small Watershed in Sichuan Province, China. *Water*, *12*(1), 255. https://doi.org/10.3390/w12010255

27. Yeboah, F., Ackom, E. K., Yidana, S. M., & Awotwi, A. (2023). Hydrologic Modelling for Flood Threshold and Hazard Prediction in the Black Volta River Basin, West Africa. *Environmental Modeling & Assessment*, *29*(2), 375. https://doi.org/10.1007/s10666-023-09946-6

28. Yu, X., & Zhang, J. (2023). The Application and Applicability of HEC-HMS Model in Flood Simulation under the Condition of River Basin Urbanization. *Water*, *15*(12), 2249. https://doi.org/10.3390/w15122249

29. Zhang, X., Qi, Y., Li, H., Sun, S., & Yin, Q. (2023). Assessing effect of best management practices in unmonitored watersheds using the coupled SWAT-BiLSTM approach. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-44531-7

ISSN 3030-3907

CODE-SWITCHING IN LANGUAGE TEACHING METHODOLOGY: PEDAGOGICAL FUNCTIONS AND CLASSROOM IMPLICATIONS

Khodjaeva Guzal Djahonobodovna
Fergana state technical university Senior teacher
Email: guzal.xodjayeva@fstu.uz

Annotation This paper examines the role of code-switching in the methodology of foreign language teaching, focusing on its pedagogical functions and practical implications for the classroom. While traditionally viewed as an undesirable deviation from target-language immersion, modern research shows that code-switching can facilitate comprehension, reduce anxiety, scaffold learning, and support bilingual identity development. Through a review of theoretical perspectives and empirical studies, this article argues that strategic and purposeful code-switching enhances instructional effectiveness, especially in multilingual contexts such as Uzbekistan. The findings highlight the need for teacher training programs to include awareness of code-switching as a legitimate pedagogical tool rather than a sign of linguistic deficiency.

Keywords: code-switching, bilingual education, language teaching methodology, multilingual classrooms, pedagogical functions

Аннотация В статье рассматривается роль код-свитчинга в методике обучения иностранному языку, акцентируется внимание на его педагогических функциях и практическом применении в аудитории. Несмотря на то что ранее смешение языков считалось нежелательным отклонением от принципа полной языковой среды, современные исследования доказывают, что код-свитчинг способствует пониманию, снижает тревожность, обеспечивает учебное «сопровождение» и поддерживает развитие билингвальной идентичности. На основе анализа теоретических подходов и эмпирических данных обосновывается вывод о том, что стратегическое и целенаправленное использование код-свитчинга повышает эффективность обучения, особенно в многоязычных контекстах, характерных для Узбекистана.

Ключевые слова: код-свитчинг, билингвальное образование, методика преподавания языков, многоязычная аудитория, педагогические функция

Annotatsiya. Ushbu maqolada chet tilini o‘qitish metodikasida kod-svitjингning o‘rni, uning pedagogik funksiyalari va amaliy qo‘llanilishi yoritiladi. An’anaviy yondashuvda tillarni almashish maqsadli tilga to‘liq sho‘ng‘ish tamoyiliga zid deb qaralgan bo‘lsa-da, zamonaviy tadqiqotlar kod-svitjинг tushunishni osonlashtirishi, tashvishni kamaytirishi, o‘quv jarayonini bosqichma-bosqich qo‘llab-quvvatlashi hamda ikki tillilik identifikatsiyasini shakllantirishga yordam berishini ko‘rsatadi. Teoretik qarashlar va empirik tadqiqotlar tahliliga asoslanib,

ISSN 3030-3907

ushbu maqola kod-svitjингning strategik va maqsadli qo‘llanishi ko‘p tilli ta’lim muhitida, xususan O‘zbekistonda, ta’lim samaradorligini oshirishini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: kod-svitjинг, bilingval ta’lim, til o‘qitish metodikasi, ko‘p tilli sinf, pedagogik funksiyalar

1. Introduction

Code-switching—the alternation between two or more languages within a conversation or utterance—has long been a topic of debate in language pedagogy. Traditional approaches, especially those based on the Direct Method or Communicative Language Teaching, discouraged the use of learners’ first languages (L1). However, recent research in bilingual education, psycholinguistics, and sociolinguistics suggests that code-switching is a natural and valuable communicative resource.

In multilingual societies such as Uzbekistan, where learners often operate across Uzbek, Russian, and English, code-switching emerges not as an interference but as a strategic tool that supports understanding and participation. This study explores the pedagogical functions of code-switching in the language classroom and its potential benefits for both learners and teachers.

Code-switching, as a linguistic and pedagogical phenomenon, has gained significant scholarly attention over the past decades. Traditionally, language teaching methodologies such as the Direct Method and Communicative Language Teaching promoted strict separation of languages. The belief was that maximum exposure to the target language (L2) ensures faster acquisition and minimizes interference from the learner’s first language (L1). However, contemporary bilingualism research challenges this monolingual ideology, presenting a more nuanced view of how multilingual speakers naturally use their linguistic resources.

In real-life communication, bilinguals constantly navigate between languages based on context, interlocutor, topic, and communicative purpose. Scholars such as Grosjean (2008) and García (2009) argue that bilinguals operate as *wholistic language users*, not as two monolinguals in one person. This means that code-switching is not a sign of linguistic deficiency, but a reflection of the flexible and dynamic nature of bilingual cognition. Consequently, the classroom — especially in multilingual countries — should accommodate this natural linguistic behavior rather than suppress it.

In the educational context of Uzbekistan, code-switching becomes even more relevant. Learners frequently use Uzbek, Russian, and English in different domains of life. Teachers, likewise, share similar multilingual backgrounds. This creates a classroom environment where multiple languages coexist and influence the learning process. Ignoring this linguistic reality can limit comprehension, slow down learning, and increase student anxiety. Integrating code-switching

ISSN 3030-3907

strategically, on the other hand, can support scaffolded learning, facilitate the explanation of grammar and vocabulary, and strengthen students' connection to the learning material.

Recent studies conducted in Central Asia highlight that multilingual students experience better academic outcomes when teachers employ code-switching thoughtfully. It aids in clarifying complex concepts, checking understanding, reducing ambiguity, and creating a psychologically safe environment. Therefore, the question is no longer whether code-switching should be used, but *how, when, and to what extent* it should be incorporated into the teaching methodology.

This article aims to examine the pedagogical functions of code-switching, summarize theoretical and empirical findings, and propose practical recommendations for language teachers in multilingual educational settings. By reviewing global and regional research, this study highlights the educational value of code-switching and challenges the persistent misconception that it hinders language acquisition.

2. Literature Review

Research on code-switching spans several disciplines:

2.1 Sociolinguistic Foundations

Myers-Scotton (1993) and Gumperz (1982) describe code-switching as a socially meaningful practice used to negotiate identity, solidarity, and discourse structure.

Early sociolinguistic research established code-switching as a *rule-governed* and *context-dependent* linguistic practice rather than random language mixing. Gumperz (1982) identified two primary functions of code-switching: situational switching, prompted by changes in context, and metaphorical switching, used to signal shifts in social meaning, identity, or interpersonal relationships.

Building on this, Myers-Scotton's (1993) Markedness Model suggests that speakers choose languages based on what is socially appropriate or "marked" in a given interaction. This model remains a foundational framework for analyzing why bilingual speakers shift between languages.

Holmes (2013) and Auer (1998) further demonstrated that code-switching performs discourse functions such as topic shift, emphasis, clarification, and alignment with listeners. These findings inform pedagogical interpretations of why learners and teachers alternate between languages in the classroom.

2.2 Psycholinguistic Perspectives

Grosjean (2008) argues that bilinguals do not possess two separate monolingual systems but operate as a unified linguistic whole. Thus, switching between languages is cognitively natural rather than disruptive.

ISSN 3030-3907

From a psycholinguistic standpoint, code-switching reflects the cognitive architecture of bilinguals. Grosjean (2008) argues that bilinguals possess an integrated linguistic system in which languages interact dynamically. He proposes the Bilingual Mode Continuum, illustrating how speakers activate different levels of both languages depending on context.

Neurolinguistic studies (e.g., Abutalebi & Green, 2016) indicate that switching between languages recruits executive control processes, suggesting that bilinguals develop enhanced cognitive flexibility. This supports the idea that code-switching is not a sign of confusion but of cognitive efficiency.

In language learning settings, this perspective shifts the discussion away from "contamination of L2" to understanding how L1 supports the mental processing of new linguistic structures.

2.3 Educational Research

Studies by García (2009), Probyn (2019), and Macaro (2001) show that teacher-initiated code-switching serves multiple pedagogical functions:

- clarifying instructions
- checking comprehension
- reducing learner anxiety
- scaffolding complex concepts
- managing classroom discourse

In Central Asian contexts, especially Uzbekistan, recent research (Mirzayeva, 2020; Jamaldinova, 2021) highlights that multilingual classrooms benefit from structured code-switching to support learners' academic and linguistic development.

Recent theories such as translanguaging (García, 2009) go beyond code-switching to conceptualize bilinguals' language practices as fluid, interdependent, and creative. Translanguaging views multilingual learners as using their entire linguistic repertoires to make meaning, thus reframing the role of L1 in the classroom from a constraint to a resource.

This perspective is especially relevant for multilingual contexts like Uzbekistan, where students regularly navigate Uzbek, Russian, and English in academic and social settings. Research suggests that translanguaging practices can:

- deepen comprehension through multilingual explanations
- validate learners' linguistic identities
- promote critical thinking
- bridge home and school languages

3. Methodology

This article relies on qualitative analysis of existing theoretical and empirical research on code-switching in pedagogical contexts. Sources include peer-

ISSN 3030-3907

reviewed journals, monographs, and regional studies focusing on bilingual and multilingual education.

The methodological framework includes:

- Thematic categorization of pedagogical functions
- Comparative analysis of international and Uzbekistani research
- Interpretation of patterns in teacher and learner behaviors

This approach allows synthesizing diverse perspectives into a unified pedagogical argument.

A qualitative descriptive approach was chosen to allow an in-depth exploration of existing scholarship on code-switching and its implications for language teaching methodology. This approach is suitable because the study does not seek to test hypotheses statistically but rather to interpret patterns, themes, and conceptual frameworks presented across the literature.

The collected literature was analyzed using thematic analysis, a qualitative method commonly employed in educational research. This involved several stages:

1. Familiarization — reading and summarizing each source.
2. Coding — identifying repeated concepts, arguments, and pedagogical patterns.
3. Categorization — grouping codes into broader themes such as scaffolding, affective support, classroom management, identity, and efficiency.
4. Interpretation — relating themes to theoretical frameworks and contextualizing findings in multilingual education.

In addition, a comparative analysis was conducted to contrast international research with region-specific studies from Uzbekistan. This helped determine how global theories manifest in local educational realities.

4. Results

The thematic analysis of the reviewed literature revealed a consistent set of pedagogical functions and instructional benefits associated with the use of code-switching in multilingual classrooms. These findings reflect international research trends as well as region-specific patterns observed in Uzbekistan and Central Asia. The results are presented below according to the major themes identified during the analysis.

Code-Switching as a Scaffolding Mechanism

A dominant theme across the literature is the role of code-switching as a scaffolding tool that supports learner comprehension. Teachers often switch to students' L1 to:

- explain complex grammatical structures
- clarify new vocabulary
- provide translations of ambiguous terms
- connect new concepts to prior knowledge

ISSN 3030-3907

Studies by Macaro (2001), Cook (2008), and García (2009) demonstrate that structured L1 use reduces cognitive overload, enabling learners to process new information more efficiently. In Uzbek classrooms, teachers reported that brief L1 explanations significantly improved students' understanding of English grammar and syntax.

Classroom Management and Instructional Clarity

Code-switching was also found to be an effective tool for classroom management. Teachers frequently switch languages to:

- give instructions
- manage behavior
- draw attention to important points
- transition between activities

Research indicates that multilingual learners respond more quickly and accurately to L1 directives, leading to smoother instructional flow. This pattern is particularly prominent in contexts where students have varying levels of English proficiency, such as Uzbek tertiary institutions. Using L1 strategically helped prevent misunderstandings and saved instructional time.

Affective Functions: Reducing Anxiety and Increasing Engagement

Another significant finding concerns the affective benefits of code-switching. Numerous studies highlight that L1 use:

- reduces classroom anxiety
- builds rapport between teachers and students
- creates a more inclusive and supportive learning environment
- increases learners' confidence when speaking L2

For students in Uzbekistan, where speaking English may feel intimidating, code-switching serves as an emotional bridge that encourages participation. Learners reported feeling "safer" and "more understood" when teachers allowed flexible use of their first language during difficult tasks.

Identity, Solidarity, and Social Interaction

The review also showed that code-switching plays an important role in constructing social identity and fostering classroom solidarity. Following the frameworks of Gumperz (1982) and Myers-Scotton (1993), research demonstrates that switching languages can signal:

- solidarity with students
- recognition of shared cultural background
- alignment with learners' social identities

In multilingual societies like Uzbekistan, where Uzbek and Russian coexist with English, code-switching helps validate students' multilingual identities. This

ISSN 3030-3907

strengthens classroom relationships and increases motivation to engage with English.

Cognitive and Metalinguistic Development

Several studies suggest that code-switching enhances cognitive flexibility and metalinguistic awareness. When teachers guide students in comparing linguistic structures across languages, learners develop deeper insights into:

- grammar
- vocabulary formation
- language patterns
- cross-linguistic transfer

This aligns with Grosjean's (2008) work on bilingual cognition, showing that alternating between languages supports higher-order thinking skills. Uzbek researchers reported similar outcomes: students who engaged in structured code-switching tasks demonstrated improved understanding of English structure.

Increased Instructional Efficiency

A recurring theme is that code-switching contributes to instructional efficiency. Teachers can:

- clarify misunderstandings quickly
- avoid lengthy explanations in L2
- maintain lesson pacing
- optimize classroom time

Multiple studies found that lessons progressed more smoothly when L1 was used momentarily to resolve confusion. For large classes in Uzbekistan, where teachers manage diverse proficiency levels, this efficiency is particularly valuable.

5. Discussion

Findings suggest that code-switching is most effective when strategic, not random. Teachers in multilingual contexts should:

- use code-switching intentionally
- avoid excessive reliance on L1
- focus on moments when it enhances comprehension
- encourage learners to compare language structures
- develop bilingual metalinguistic awareness

In Uzbekistan, where students often mix Uzbek, Russian, and English, acknowledging multilingual realities ensures more equitable instruction. Teacher training programs should incorporate code-switching techniques aligned with communicative learning goals.

6. Conclusion

Code-switching, when employed purposefully, is a legitimate and effective pedagogical tool in foreign language education. It supports comprehension, reduces

ISSN 3030-3907

anxiety, and validates learners' bilingual identities. Rather than viewing code-switching as an obstacle, teachers should integrate it strategically to enhance learning outcomes—especially in multilingual regions such as Uzbekistan.

Further research should explore empirical classroom-based interventions and develop context-specific guidelines for effective code-switching in ESL/EFL instruction.

REFERENCES

1. García, O. (2009). *Bilingual Education in the 21st Century: A Global Perspective.* Wiley-Blackwell.
2. Grosjean, F. (2008). *Studying Bilinguals.* Oxford University Press.
3. Gumperz, J. (1982). *Discourse Strategies.* Cambridge University Press.
4. Macaro, E. (2001). *Analysing Student Teachers' Codeswitching in Foreign Language Classrooms.* The Modern Language Journal.
5. Myers-Scotton, C. (1993). *Social Motivations for Codeswitching.* Oxford University Press.
6. Probyn, M. (2019). *Pedagogical translanguaging and code-switching in multilingual classrooms.* Journal of Multilingual Education.
7. Mirzayeva, D. (2020). Code-switching practices in Uzbek EFL classrooms. *Uzbek Journal of Education Studies.*
8. Jamaldinova, S. (2021). Multilingual pedagogy in Uzbekistan: Classroom implications. *Central Asian Linguistics Review.*

ISSN 3030-3907

INFORMATION SUPPORT FOR FORMING THE ASSORTMENT OF INDUSTRIAL WORKWEAR

Rohila Nuriddinova Pazlitdin qizi
Senior Lecturer, Department of Design, Namangan State Technical University
PhD,
E-mail:nuriddinova_a93@mail.ru;
Tel: +9989 97 263 83 63

Abstract. The article addresses issues related to developing the information-methodological support for the decision-making process in forming an assortment of industrial workwear. A structure for an information-search process is proposed, which, at the initial design stage, enables the search for graphic solutions for workwear models based on identifying optimal zones of soiling and wear that correspond to real operational conditions. A graphic database of various constructive-technological solutions has been developed, allowing for the expansion of functional modules in automated systems. The use of a graphic representation database in the automated design of an industrial workwear collection significantly reduces the time required for developing model designs and decreases the number of errors caused by the human factor.

Keywords: special-purpose clothing, graphic solution, design, soiling zone, automated systems.

Annotatsiya. Maqolada ishlab chiqarish kiyimlari assortimenti shakllantirish bo‘yicha qaror qabul qilish jarayonining axborot-metodik ta’minotini ishlab chiqish masalalari yoritilgan. Loyihalashning dastlabki bosqichida real ekspluatatsiya sharoitlariga mos ravishda kiyimning kir va eskirish sohalarining optimal zonalarini aniqlash asosida ishlab chiqarish kiyim modellarining grafik yechimlarini izlashni ta’minlovchi axborot-qidiruv jarayoni tuzilmasi taklif qilingan. Avtomatlashtirilgan tizimlar funksional modullarini kengaytirish imkonini beruvchi turli konstruktiv-texnologik yechimlarning grafik bazasi ishlab chiqilgan. Ishlab chiqarish kiyimlari kolleksiyasini avtomatlashtirilgan loyihalashda grafik ko‘rsatish bazasidan foydalanish model dizaynini ishlab chiqish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi va inson omili tufayli yuzaga keladigan xatolar sonini kamaytiradi.

Kalit so‘zlar: maxsus kiyim, grafik yechim, dizayn, kir zonalari, avtomatlashtirilgan tizimlar.

Аннотация. В статье освещены вопросы разработки информационно-методического обеспечения процесса принятия решений по формированию ассортимента производственной одежды. Предложена структура информационно-поискового процесса, обеспечивающая на начальном этапе проектирования поиск графических решений моделей производственной

ISSN 3030-3907

одежды на основе определения оптимальных зон загрязнения и износа одежды в соответствии с реальными условиями эксплуатации. Разработана графическая база различных конструктивно-технологических решений, позволяющая расширить функциональные модули автоматизированных систем. Использование базы графического представления при автоматизированном проектировании коллекции производственной одежды значительно сокращает время разработки дизайна моделей и уменьшает количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Ключевые слова: специальная одежда, графическое решение, дизайн, зоны загрязнения, автоматизированные системы.

Introduction

Today, global advancements in science and technology offer broad possibilities for producing competitive, high-quality special-purpose clothing, including innovative materials with high protective indices, rapid assortment renewal, and increased production efficiency focused on the intellectualization of design based on automated design systems (ADS). With the intensification of technological competition, the importance of interactive, customer-oriented design is growing not only for household items but also for industrial workwear. To solve the complex formalizable problems of interactive clothing design, methods based on artificial intelligence have been proposed to enhance the creative work of designers and engineers [1]. Work [2, 3] proposed an information system that provides the capability to solve project-organizational tasks for special clothing that meets the full and stratified needs of various professional-production groups, and created a data-search apparatus to support the creative process of developing clothing models for established professional groups. However, the proposed information support for forming a workwear assortment does not ensure solving the task of creating sketches based on the direct dependence of the search for constructive-decorative and technological elements on the factors of soiling and wear of the garment. Therefore, there is a need to solve the task of expanding the functional modules of automated systems to develop original solutions for special clothing that extend and predict its service life in accordance with standard requirements at the initial design stage.

METHODS

This article addresses the development of information-methodological support for the decision-making process in forming an assortment of industrial workwear. A structure for an information-search process is proposed, which, at the initial design stage, enables the search for graphic solutions for industrial workwear models based on identifying optimal zones of soiling and wear that correspond to real operational conditions.

ISSN 3030-3907

The input data for the information-search process of creating a clothing sketch include: specific job positions at an enterprise, graphical data on garment soiling zones according to the position, types and property indicators of materials, and assortment units of clothing. The formation of a graphic representation database is based on the presentation of the basic form and silhouette of the special garment, as well as the constructive-decorative and technological elements of the assortment unit. The formation of sketches in the selected basic structure is determined by the relationship between graphical data on soiling zones and the constructive-decorative and technological elements. Solving this task is based on developing methods that enable the "recognition" of model graphic solutions corresponding to soiling zones identified according to occupational positions. The implementation of recognition methods is carried out using expert knowledge that establishes the visual graphic representation of the clothing model.

Based on a comparison of graphical data on soiling zones and the parameters of the graphic solutions of the designed model according to the basic shape of the garment, a modification coefficient is determined that reflects changes in the parametric values of the item's shape and constructive lines. By varying the color solution, various stylized versions of the transformed image of workwear sketches are obtained, preserving the integrity of the image while rationally utilizing protective materials.

To evaluate the compositional solutions of clothing models, it is necessary to optimize the change in compositional-constructive parameters. As the research object for solving tasks related to determining a variable set of technical parameters and their variability limits that ensure optimal quality, special workwear for auto repair shop welder-mechanics was chosen, which wears out quickly under labor conditions due to regular spills of acids and oils/fats.

Currently, methods and criteria for the physiological-hygienic assessment of special clothing according to climatic conditions have been developed, and the relationship between material technical parameters and the garment has been established [4-6]. Analysis of materials used in producing oil- and acid-protective clothing [7] showed that the current wide assortment of protective fabrics, while aimed at improving the quality of the designed item, on the other hand, complicates the selection of a specific fabric sample. Furthermore, fabrics with high oil-acid protection properties are expensive, making their use in production for the enterprise almost impractical, and the addition of extra components significantly increases the overall weight of the garment. It is noteworthy that the number of companies worldwide wishing to provide their staff with unique, company-identifying workwear designs is also growing.

RESULTS AND DISCUSSION

ISSN 3030-3907

An analysis of existing analogues was conducted to determine the impact of the artistic-constructive solution of the item on the service life of special oil-protective workwear for auto repair shop welder-mechanics [8, 9]. To identify the predominant parameters of fabrics and special clothing constructive-technological solutions, the wear topography of worn-out special workwear for auto mechanics from the "ToshAvtoServis" service center (Fig. 1) was studied based on visual inspection results. Figure 2 shows a scheme of garment wear topography.

The wear topography scheme was developed by analyzing photographs of 100 suits (jacket and trousers), classifying zones into highly soiled, moderately soiled, and relatively soiled areas based on the distribution variance of soiling degree on the garment surface.



Figure 1. Appearance of auto mechanic special workwear after its service life.

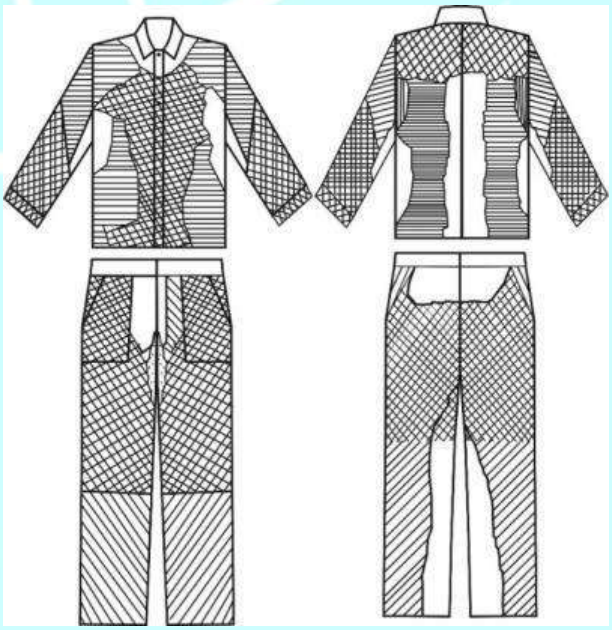


Figure 2. Wear topography of auto mechanic special workwear.

In the process of developing special clothing design, determining the optimal size of the protective element for the cost-effective use of protective materials creates the possibility of predicting the item's service life. We proposed a methodology [9] for assessing the degree of soiling of different parts of special clothing based on changes in the physical-mechanical indicators of the item

ISSN 3030-3907

material. This methodology determines the degree of soiling using optical assessment, considering the change (darkening) of the material surface color due to soiling from acids and oil/fat spills. As a result of soiling, oil and dirt particles settle on the fabric surface, altering its structure and color, which is visually perceived as darkening or discoloration of the fabric surface. The degree of darkening and the area of darkening can indicate the level of soiling. The material's color affects the visual perception of soiling: the lighter the material, the more clearly the darkening is detected. Figure 3 shows the process of identifying soiling zones using an Empyrean Panalytical X-ray diffractometer.

The study of the X-ray diffraction of the special clothing structure was conducted on a Malvern Panalytical Empyrean diffractometer. XRD data were recorded using CuKα radiation (λ = 1.54 Å) with a Malvern Panalytical Empyrean analytical diffractometer. In this experiment, the radiation generator's accelerating voltage was set to 45 kV and the current to 40 mA. X-ray diffraction reflexes were recorded in Bragg-Brentano beam geometry at 2θ=5° - 80° with a constant scanning speed of 0.33 degrees/min [10-12].

The system for transforming graphic solutions of clothing models was implemented as an information technology component in a test version within an existing software-methodological complex. Developing the mathematical support for the geometric transformation process of the garment allows for automated transformation of the item's graphic solutions. Figure 5 presents variants of graphic solutions for special clothing sketches on front and back parts, according to the soiling topography. The transformation of clothing constructive-compositional solutions on the selected basic basis allows for expanding the special clothing assortment and efficient use of protective elements. Figure 3 proposes and implements for production several variants of special clothing solutions based on a single basic foundation, rationally using protective material by determining the optimal dimensions of the soiling zone and protection area of special garments at the stage of creating the constructive-decorative and technological solution of the garment according to real operational conditions.

ISSN 3030-3907

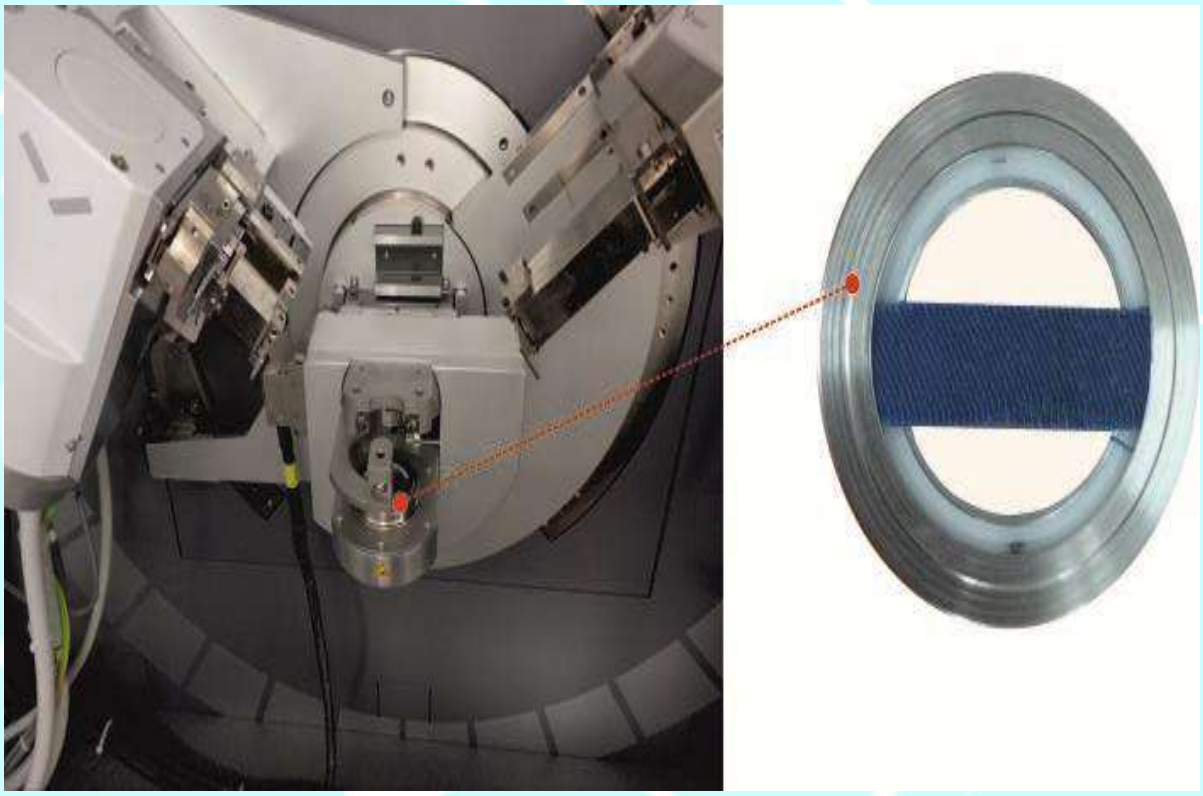


Figure 3. Process of identifying soiling zones using an Empyrean Panalytical X-ray diffractometer.

Considering the labor conditions of workers, the wear topography of special clothing, and parameters from the analysis of existing model analogues, a special clothing model was developed using protective materials, and a prototype was prepared at "Golden Ring" LLC.

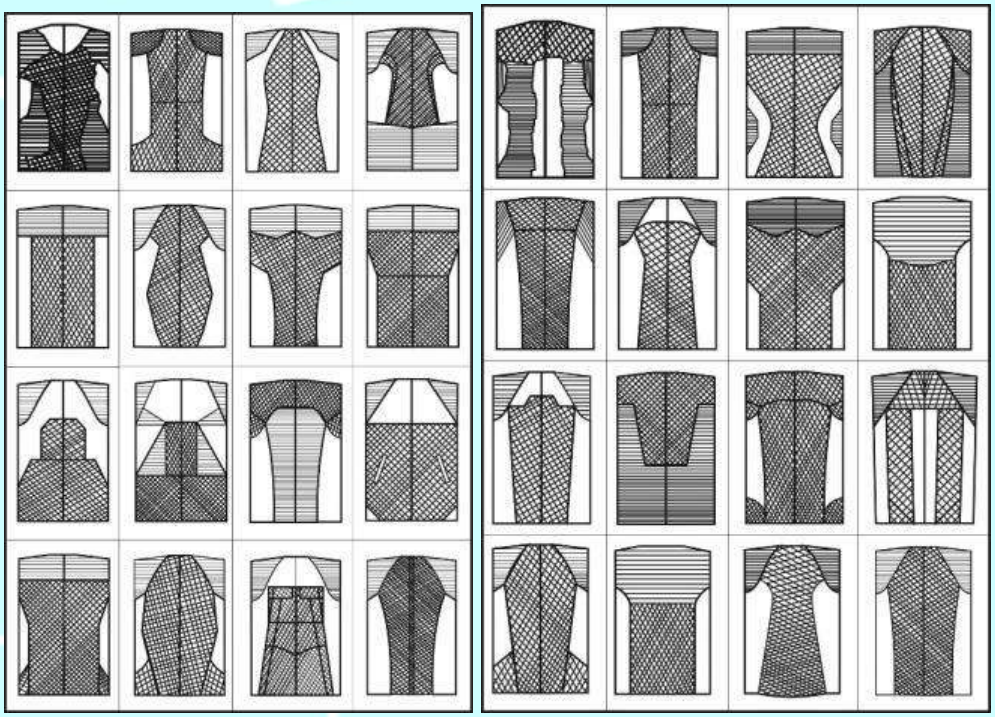


Figure 4. Variants of graphic solutions for special clothing sketches on front and back parts according to soiling topography.

ISSN 3030-3907



Figure 5. Samples of special workwear for auto repair shop welder-mechanics developed on a single basic basis with different constructive-compositional solutions.

Thus, methodological support for an information-search process has been developed, which, at the initial design stage, enables the search for graphic solutions for special clothing models based on identifying optimal zones of soiling and wear according to real operational conditions. Tools for assessing the effectiveness of various constructive-technological solutions for forming a special clothing assortment have been developed, allowing for the expansion of functional modules in automated systems. The use of a graphic representation database in the automated design of an industrial workwear collection can significantly reduce design development time and decrease the number of errors caused by the human factor.

CONCLUSION

In designing protective clothing, determining the optimal dimensions of the soiling zone and protection area of special garments at the stage of creating the constructive-decorative and technological solution of the garment according to real operational conditions contributes to the rational use of protective material and extends the service life of special clothing. In forming a special clothing assortment, it allows for assessing the degree of conformity of the protective clothing assortment to the real structure of production-consumer situations and enables decision-making.

REFERENCES

1. Getmantseva V.V., Andreeva E.G., Belgorodsky V.S. Methods of Intellectualizing the Clothing Design Process: monograph. -- M.: Nauchnaya Biblioteka, 2020. -200 p.

2. Surzhenko E.Ya., Belgorodsky V.S. Development of an Information-Logical Model of the Product Design Process in the Structure of Ergonomic Design of Special Clothing// Design and Technology -M., - 2012, No. 32(74)- pp. 56-62.

ISSN 3030-3907

3. Tashtabaeva B.E. Development of Principles for Forming a Rational Structure of the Industrial Clothing Assortment: abstract of a thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences, Saint Petersburg, 1998. -- 24 p.
4. Rodichkina E.N., Mezentseva T.V., Zaretskaya G.P., Kharlova O.N., Kirsanova E.A. Express Method for Assessing the Quality of Special Medical Clothing with a Complex of Protective Properties [Text] // Design and Technology. - 2020 No. 77, pp. 37-43.
5. Skrylnikova, O. A. Development of a Technology for Comprehensive Quality Assessment at the Stage of Clothing Design and Production: [Text] dis. ... cand. tech. sciences: 05.19.04/ Skrylnikova Olga Aleksandrovna -M., 2008. - 196 p.
6. Kokina D.S., Kharlova O.N., Andreeva E.G. Method for Assessing the Thermal Protective Characteristics of a Material Package for Clothing of Special Purpose Units [Text] // Bulletin of the Technological University. 2016. Vol.19 -No. 24. pp.81-82.
7. Potushinskaya E. V., Akopova E. I., Bystrova N. Yu. Acid-Protective Properties of Materials for Manufacturing Special Clothing // Design and Technology.-2020. - No.75(117),-pp. 49 -54.
8. M.A. Abdukarimova, R.P. Nuriddinova, Predicting Clothes' Service Extension /Namangan Institute of Engineering and Technology Scientific-Technical Journal 2021, pp. 229-232.
9. M.A. Abdukarimova, doctoral candidate. R.P. Nuriddinova: "Method for Assessing the Soiling Degree of Auto Repair Shop Workers' Special Clothing". International online scientific-practical conference "Current Problems of Innovative Technologies in Cotton Cleaning, Textile, Light Industry, Printing Production and Their Solutions under Conditions of Science-Education-Production Integration". 2021, pp. 111-113.
10. M.Yu.Tashmetov, F.K.Khallokov, N.B.Ismatov, I.I.Yuldashova, I.Nuritdinov, S.Kh.Umarov. Study of the influence of electronic radiation on the surface, structure and Raman spectrum of a TlInS~2~ single crystal // Physica B: Condensed Matter. Volume 613, 2021, 412879.
11. M.Yu.Tashmetov, F.K.Khallokov, N.B.Ismatov, I.I.Yuldashova, S.Kh.Umarov. Electronic irradiation of TlInS~x~Se~2−x~ (x=1): Morphology, structure and raman scattering. //International Journal of Modern Physics B. 2021. DOI:10.1142/S0217979221502891.
12. Tashmetov M.Yu., Khallokov F.K., Ismatov N.B., Umarov S.Kh. Influence of accelerated electrons on the structure, crystallite size and surface of a TlIn~1-x~Cr~x~S~2~ crystal with x = 0.01. // Uzbek Journal of Physics. - Tashkent, 2021.--Vol. 23, No.4. --pp.51--56.

ISSN 3030-3907