ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 6

ISSN 3030 -3907

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

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

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

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

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

ISSN 3030-3907

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

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

ISSN 3030-3907

MUNDARIJA

1	Свойства огнезащитных добавок *Назаров Феруз* *Назаров Фарход* *Ахмедова Фазилат* *Элмуродов Элгез* *Янгибоев Асадбек*	9
2	Qo‘shma so‘zlarning nutq madaniyatidagi ahamiyati va stilistik vazifalari *Ashirova Madina To‘rayevna*	18
3	Bo‘lg‘usi muhandislarga operatsion hisob tatbiqlarini matlab dasturi asosida o‘qitish metodikasi *Qushmurotov U.I.*	25
4	Ochiq kon korxonalarida burg‘ulash ishlarida ishlatiladigan sharoshkalarning turlari va ularning samaradorligi *Jo‘rayev Shahzod No‘mon o‘g‘li* *Xamrayev Salimjon G‘afur o‘g‘li* *Abdurasulov Mavlonbek Abduhoshim o‘g‘li*	30
5	Boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida 4k kompetensiyalarini shakllantirishning pedagogik shart-sharoitlari *Sodikova Maftunaxon Nabijon qizi*	41
6	Chiqindilarni qayta ishlash va ularning ekologik samaradorligini baholash (buxoro viloyati misolida) *Sodiqova Zarina Orifovna*	48
7	Optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish *Avulova Zamira Tursunmurodovna* *Nomozova Dilnoza Mamarajab qizi* *Soatov Hasan Parda o‘g‘li* *Tuymurodov Shohjahon Bobur o‘g‘li*	58
8	Краудлендинг как альтернативный инструмент финансирования малого бизнеса *Ганиева Азиза* *Шарипова Нигина Джуракуловна*	67
9	Техникавий ва касбий таълимда янги авлод ўқув адабиётларига қўйиладиган асосий педагогик-дидактик талаблар *Хайдарова Шарифа Комиловна*	78
10	Qovushqoqligi yuqori bo‘lgan neft konlarini ishlashning so‘nggi bosqichida quduqlar to‘rini zichlash samaradorligi masalasi *Igamberdiyeva Lobor Zoirovna* *Zakirov Azamjon Alimdjanovich* *Abdukarimov Mirzohid Murotovich*	87
11	Перспективы получения биоудобрений на основе местного сырья и природных растений. *Уринов Агабек Куранбаевич.*	99
12	Динамика и структура инвестиционного кредитования в банковском секторе узбекистана *Хасанова Нигина* *Каримова А.М.*	108
13	Birinchi tur egri chiziqli integralni aniq integral yoramida hisoblashning amaliy dasturlarga tadbiqlari *Pirimov Akram* *Tursinboyeva Zebo Urinboyevna* *Tashpulatova Dilshoda Sheraliyevna*	117
14	X-ray diffraction analysis of a diamidophosphate-containing cobalt phthalocyanine pigment *Yusupov Muzafar* *Firdavs Ormanov* *Abdug‘ani Oxundadayev* *Oybek Alisherov* *Gulsevar Jurayeva*	124
15	The role of creative tasks in developing students’ oral speech in grades 10-11 *Feruza Ergasheva*	134

ISSN 3030-3907

16	Maktabgacha yoshdagi bolalarni aqliy tarbiyalash vositalari *Mamasadikova Muxayyo Ilhomjon qizi*	144
17	Algoritm tushunchasi va uning xossalari *Toshboltayev Faxriddin O'rinboyevich* *Mamatkarimova Saidaxon Mamatvali qizi*	151
18	Texnogen chiqindilarni kompleks qayta ishlash va ulardan qimmatli metallarni ajratib olishning innovatsion texnologiyalari *Aminov Umidjon G'aybulla o'g'li*	159
19	A hybrid recommender system for online platforms using collaborative and content-based filtering with bayesian hyperparameter optimization *Muxtarova A.I* *Artikiva M.A*	172
20	Gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini tanlash va ularning hisoblash samaradorligini baholash *Tojiboyev Ibroximjon Tojaliyevich* *Usmonova Mushtariy Elyorjon qizi*	179
21	Synthesis and analysis of a co^{2+} based coordination compound with cefotaxime and acetamide ligands *Azamat Masharipov*	189
22	Interpolatsion tiklash algoritmlarining ocr aniqligiga ta'sirini baholash *Aliyev Nodirbek Hamidullo o'g'li*	158
23	Noqat'iy mantiq modeli asosida gelioquritgichdagi haroratni bashorat qilish *Usmanov Komil Isroilovich* *Sadikova Shaxnozaxon Shukurillayevna*	212
24	Уровень витамина d и его соотношение с уровнем цитокинов при бронхообструктивном синдроме у детей. *Тураева Нафиса Омновна* *Хамзаева Камина Азизовна*	221
25	Muhandislik va kompyuter grafikasi fanini o'qitishda zamonaviy interfaol usullar *Qarshiyev Olim Namozovich*	230
26	Oksidlangan kraxmal asosidagi ekologik xavfsiz kompozitsion yog'och yelimi xossalarini o'rganish *Ortiqov Sherzod Sharof og'li* *Sharipov Muzafar Samandarovich*	238
27	O'zbekiston energetika tizimida gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar texnologiyalarini integratsiyalash asosida energiya samaradorligini oshirish *Abdullayeva Muxtasar Akmaljon qizi.* *Ortiqov Mamurjon Mo'minjonovich*	247
28	O'zbek she'riyatida emotsional intensivlikni idrok etishning neyropsixolingvistik tahlili *Boymirova Dilshoda Oblayor qizi*	253
29	Paxta xom ashyosini quritish jarayonining texnologik xususiyatlari va energiya samaradorligini oshirish istiqbollari *Sayitov SH.S*	263
30	O'zbekiston qishloq xo'jaligi sohasida raqamli texnologiyalarni qo'llashning kelajak samaradorligi *Yunusov Rustem Faikovich* *Rahmonov Shahobiddin Safaraliyevich* *Shomurotov Akobir Olim o'g'li* *G'aniboyev Rustam Jahongir o'g'li* *Raximov Asror Akram o'g'li*	268
31	Using social scenarios for task-based language learning *Mokhinbonu Shukhrat kizi Mardonova*	273
32	Elektr yoyini aniqlash uchun optik o'lchash va nazorat tizimi *Maxmudov Maxsud Idrisovich* *Mirzoyev Narzullo Nuriddinovich* *Inoyatov Inoyatxo'Ja Ibodovich*	279

ISSN 3030-3907

33	Metanni oksixlorlash jarayonida ishlatiladigan katalizatorlarning tuzilishi va sinov natijalari tahlili *J.J.Javxarov* *Hikmatova Hilola Ilhom qizi* *Ziyatova Farzona Qosimjon qizi*	288
34	Vitaminlarning kimyoviy xususiyatlari va inson salomatligidagi roli. *Saidmurodov Sardor* *Abduvaliyeva Shahrizoda* *Mamatqulov Ozodbek* *Bo'riyeva Azza.* *Murodullayeva Lobar* *Xalilova Kamola* *Dustmurotov Maqsud Mansurovich*	298
35	Yovvoyi olma (malus sieversii) ning kelib chiqishi va bioekologik xususiyatlari *M.S. Mardonova*	306
36	Iqlim o'zgarishlarini statistik va regressiya modellari asosida baholash: farg'ona viloyati misolida *Q.O.Rahimov* *M.A.No'monova*	316
37	Tukli ildizlar madaniyatida qizilmiyada biofaol modda biosintezini kuchaytirish *Hakimjonova Malika* *Pulatjonova Bahora* *Anvarjon Buronov.*	327
38	Qizilmiya ildizlari ekstraktini boyitish va bioaktiv birikmalarni aniqlash *Astanakulova Gulsanam* *Anvarjon Buronov*	334
39	Medicinal plants of uzbekistan and their health benefits *Munisa Xolmamatova* *Anvarjon Buronov*	341
40	Peganum harmala fenol birikmalarining mikroenkapsullangan shaklining antidiabetik xususiyatlari *Raximov Hafizjon* *Buronov Anvarjon*	349
41	Medicinal chemistry of targeted cancer therapy from uzbek medicinal plants *Saif Mohammed* *Anvarjon Buronov*	356
42	Peganum harmala da metabolitlar va mineral elementlarning taqsimlanishi *Mirzajonova Shaxrinoz* *To'xtayeva Gulsanam* *Xolboyeva Xumora* *Buronov Anvarjon*	364
43	Yalpiz ekstrakti yordamida sintez qilingan zno nanozarrachalarining bakteriyalarga qarshi xususiyatlari *Uralova Dilnoza* *Zaitova Gulsanam* *Anvarjon Buronov*	372
44	Azot kamaytirilgan sharoitda moo_3 va zno nanoozaralarining qizilmiya (glycyrrhiza glabra l.) O'sishi va sifatiga ta'siri *Normurodova Umida* *Jabborova Diyora* *Shodmonkulov Dalerbek* *Anvarjon Buronov*	380
45	Study of chemical composition and biological activity of lichen: a review with experimental appoaches *Khamrakulov Mirzadavlat*	387
46	Shaxta ventilyator qurilmalari kuraklari yuzasida mikrobotiqchalar hosil qilish orqali aerodinamik yo'qotishlarni kamaytirish va energetik samaradorlikni oshirish *Musurmanov Elyor Shirinkulovich* *Abdurashidov Javohir Erkin o'g'li*	391

ISSN 3030-3907

47	Researching on hybrid technologies for cnc machines and additive technologies. *Oybek Khaydarov* *Sayfidinova Makhliyo* *Oripov Dostonjon*	401
48	Hybrid manufacturing systems in mechanical engineering: innovative approaches to integration of additive and subtractive methods. *Oybek Khaydarov* *Sayfidinova Makhliyo* *Oripov Dostonjon*	412
49	Исследование динамики деградации фитиновой кислоты в процессе проращивания зерна пшеницы *К.А. Шокиров*	420
50	Doiraviy shakldagi qovushoq-elastik plastinkalarga osib qo‘yilgan massalardan tashkil topgan mexanik sistemalarning erkin hamda majburiy tebranishlari *Jalolov Farruh Baxshullayevich*	427
51	Intellektual boshqarish tizimlarini kvant algoritmlari yordamida boshqarish *Yakubova Noilaxon Sobirjonovna* *Islomova Farida Komiljonovna* *Tadjibaeva Dilfuza Azatovna*	435
52	Issiqlik energetika obyektlarining boshqarishda kvant foton spin usulini tadbiqi *Yakubova Noilaxon Sobirjonovna* *O‘ngboyeva Dilfuza O‘rozovna* *Qodirova Dilafruz Baxrom qizi*	442
53	Gidroksibenzoy kislotalari hosilalarining sintezi hamda pass prognozi asosida biologik faolligini tahlili *Niyazov Laziz Nurxanovich* *Raxmonberdiyev Gappar Raxmonberdiyevich* *Sadullayeva Gulmira G‘aybullo qizi*	450
54	Gidroksibenzoy kislotalari asosidagi yangi amid hosilalarining sintezi va *in silico* biologik tadqiqi *Niyazov Laziz Nurxanovich* *Raxmonberdiyev Gappar Raxmonberdiyevich* *Sadullayeva Gulmira G‘aybullo qizi*	455
55	Yuk ko‘taruvchi g‘isht devorlarda bazalt kompozit materiallarini qo‘llashga doir ilmiy ishlar tahlili *D. X. Xo ' Jayev* *M.A. Rustamboeva*	460

ISSN 3030-3907

СВОЙСТВА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ДОБАВОК

Назаров Феруз
Каршинский государственный технический университет, Карши, 180100, УЗБЕКИСТАН
Назаров Фарход
Каршинский государственный технический университет, Карши, 180100, УЗБЕКИСТАН
Ахмедова Фазилат
Каршинский государственный технический университет, Карши, 180100, УЗБЕКИСТАН
Элмуродов Элгез
Каршинский государственный технический университет, Карши, 180100, УЗБЕКИСТАН
Янгибоев Асадбек
Каршинский государственный технический университет, Карши, 180100, УЗБЕКИСТАН

Аннотация. В настоящее время изучены и проанализированы преимущества и недостатки соединений сурьмы, галогенсодержащих соединений, фосфорсодержащих консервантов, а также гидроксидов алюминия и магния. Рассмотрены различные механизмы замедления процессов горения. Показано, что бромсодержащие антипирены более эффективны по сравнению с хлорсодержащими. Они разлагаются в узком температурном диапазоне. Кроме того, пластмассы, содержащие бромсодержащие антипирены, легко перерабатываются благодаря высокой термостойкости.

Ключевые слова: фосфат аммония, сульфат аммония, борная кислота, силикаты, хлорид аммония, синергисты, ретардер, смазочный материал.

Annotatsiya. Hozirgi vaqtda surma birikmalari, galogen birikmalari, fosfor saqlovchi konservantlar, shuningdek alyuminiy va magniy gidroksidlarining afzalliklari hamda kamchiliklari o‘rganilib, tahlil qilingan. Yonish jarayonlarini sekinlashtirishning turli mexanizmlari ko‘rib chiqilgan. Brom saqlovchi olovga chidamli qo‘shimchalar xlor saqlovchi qo‘shimchalarga nisbatan samaraliroq ekani aniqlangan. Ular qisqa harorat oralig‘ida parchalanadi. Bundan tashqari, brom saqlovchi olovga chidamli qo‘shimchalar mavjud plastmassalar yuqori issiqlikka chidamliligi sababli oson qayta ishlanadi.

Kalit so‘zlar: ammoniy fosfat, ammoniy sulfat, bor kislotasi, silikatlar, ammoniy xlorid, sinergistlar, retardator, moylovchi modda.

Abstract. Currently, the advantages and disadvantages of antimony compounds, halogen compounds, phosphorus-containing preservatives, as well as aluminum

ISSN 3030-3907

and magnesium hydroxides have been studied and analyzed. Various mechanisms for slowing down combustion processes have been considered. Bromine-containing flame retardants have been shown to be more effective than chlorine-containing flame retardants. They decompose in a short temperature range. In addition, plastics containing bromine-containing flame retardants are easily recycled due to their high heat resistance.

Keywords: ammonium phosphate, ammonium sulfate, boric acid, silicates ammonium chloride, synergists, retarder, lubricant.

INTRODUCTION.

Currently, there is no sector of the economy in the world where polymer materials and products based on them have not penetrated. The level of their use is one of the most important indicators of the level of scientific and technological development of the country. The growth of industry and production leads to high design requirements for the types and properties of polymers used in the automotive, construction and household sectors. Therefore, it is important to modify polymers, improve their physical and mechanical properties, and obtain composite materials that meet a number of requirements by adding additives without changing their chemical composition.

Currently, research in the field of using modifiers with individual and multifunctional effects is an important direction in improving the quality of anti-corrosion coatings and refractory materials. It is necessary to conduct scientific research on the dependence of the colloidal-chemical, physico-chemical, technological and operational properties of composite materials obtained to date on the nature and composition of the modifiers, on the production and creation of technology for obtaining polymer composites with convenient and inexpensive special properties based on local raw materials, and on expanding their areas of application.

In recent times, not flame retardants themselves, but their mixtures are being used. Flame retardants include (1, 2):

- fire retardants (ammonium phosphate, ammonium sulfate, boric acid, silicates, ammonium chloride);
- synergists – substances that enhance the effect of inhibitors;
- stabilizers that adjust the consumption of retardant.

Flame retardants prevent the material from burning once the flame retardant content in the material reaches an appropriate level. Under the influence of flame, various chemical and physical processes occur in this material, preventing ignition [3-4].

All means that increase fire resistance properties are divided into fire-protective coatings and compounds that penetrate the material being processed.

ISSN 3030-3907

The first category includes varnishes, pastes, paints and various types of greases, the second category includes fire-protective impregnations.

Combustion is a very complex physicochemical process, which includes chemical destruction reactions, formation and carbonization reactions, chemical formation reactions and oxidation products of gaseous products during combustion, and physical heat transfer processes [5]. In practice, reactions lead to two main types of products: gaseous substances (combustible and non-combustible) and solid products (carbon and mineral). As a result of the reaction in the pre-combustion zone, soot and others are formed.

Thermal degradation of polymers releases volatile compounds. These are radicals that form free radicals, which are the CC and CH groups, and react with oxygen. The rate of fire and the spread of fire depend on the formation of HO• radicals. Such reactions, which lead to the formation of CO2 and H2O, are highly exothermic reactions, which are accompanied by the release of a large amount of heat. This heat, in turn, causes the fire to spread further and accelerate oxidation reactions.

Mechanism of action of flame retardants

There are several mechanisms for retarding combustion using flame retardants [6]:

- inhibition of free radical formation processes. The introduction of substances containing halogens (chlorine, bromine, fluorine, iodine), nitrogen, phosphorus and boron helps to slow down combustion. Under the influence of high temperatures, flame retardants decompose, forming highly active NO• halogen radicals.

- the formation of a protective layer on the polymer surface, impervious to oxygen or insulating from further heating. The mechanism of action of a number of flame retardants (silicates and aluminosilicates, metal borates, phosphates, their organic derivatives) is that they form protective layers that prevent the combustion process.

These layers are composed of non-volatile residues (mainly metal oxides) and are inorganic decomposition compounds. Flame retardants form dense and durable surface protective layers, preventing the spread of flammable substances. Such flame retardants include barium meta-borate, zinc borate, ammonium tetrafluoroborate [7, 8].

Flame retardants containing phosphorus compounds reduce the oxygen absorption of materials. An example of such flame retardants is diammonium phosphate. One of the effective inhibitors that slow down combustion processes is considered to be organic phosphorus compounds, the effect of which is explained as follows [9, 10, 11]:

ISSN 3030-3907

- The pyrolysis process of polymers containing phosphorus compounds is accompanied by the formation of phosphoric acid and its anhydrides, which catalyze its dehydration and dehydrogenation.

- The release of non-combustible gases that prevent the combustion zone from being supplied with oxygen. The mechanism of action of halogen compounds that retard the combustion of polymers as flame retardants is as follows: Ammonium bromide or chloride decomposes into ammonia, hydrogen chloride and bromine at temperatures above 200°C and 250°C. Hydrogen chloride and hydrogen bromide in the gaseous state reduce combustion. In addition, the proportion of oxygen in the gas phase decreases, which in turn slows down combustion.

- Destruction processes that occur as a result of the decomposition or interaction of flame retardants and their absorption of heat with other substances lead to a decrease in the temperature of the ignition point of the material. A large group of substances used as flame retardants decompose endothermically, forming non-combustible products. These include aluminum hydroxide, magnesium, zinc hydroxides, hydrated metal carbonates, urea and other substances. The mechanism of action of such flame retardants is associated with a physical effect on the heat balance of the combustion process.

- Additional thermal energy is required to heat the powdered fillers to prevent the spread of fire.

The introduction of non-combustible fillers into the polymer composition allows you to reduce the amount of combustible components in the materials. For this purpose, dispersed fillers (chalk, sand) and fibrous fillers (glass fibers, asbestos) can be used. Of great importance in this regard are potassium or sodium silicates, the materials coated with which burn with great difficulty. For this purpose, the material is repeatedly coated with a silicate solution, to which a small amount of chalk, bone ash, mineral paint or other crushed, insoluble mineral substances is added. Materials treated with these flame retardants do not burn with a flame, but can only warp under the influence of heat.

Flame retardant synergistic mixtures

It should be noted that the mechanism of action of flame retardants is not characterized by a single effect, it is a more complex process. The simultaneous presence of two or more mixtures significantly inhibits the formation of fire. The combined effect of two substances is called synergism.

Currently, the most effective flame retardant is antimony oxide, which is combined with halogen-containing organic compounds (optimal molar ratio Sb / Cl = 1/3). This mixture has a synergistic effect [12]. The mechanism of action of this mixture is as follows. During the combustion of the polymer, hydrogen

ISSN 3030-3907

chloride, released from the halogen-containing organic compounds, interacts with antimony oxide to form antimony oxychloride, which in turn can decompose into antimony trichloride:

$$Sb_2O_3 + 2HCl = 2SbOCl + H_2O$$

$$5SbOCl = Sb_4O_5Cl_2 + SbCl_3\ (245–280^oC)$$

$$4Sb_4O_5Cl_2 = 5Sb_3O_4Cl + SbCl_3\ (410–475\ ^oC)$$

$$3Sb_3O_4Cl = 4Sb_2O_3 + SbCl_3\ (475–565\ ^oC)$$

The antimony oxide formed in the final stage is a powder filler that helps slow down the combustion. The gaseous antimony trichloride limits the supply of oxygen to the material zone. Antimony oxide is not carcinogenic to the human body.Halogen-containing flame retardants. The effectiveness of halogen-containing flame retardants of the same type is characteristic of the series J > Br > Cl > F. The highest effectiveness is shown by the carbon-halogen bond with the lowest energy . The effectiveness of halogen-containing compounds is determined by how easily the SG bonds dissociate. The effectiveness of flame retardants depends not only on the amount of halogen, but also on the number of radicals to which it binds. Chlorinated paraffins (CnH_2n+2-x Clx, where n=10–30; x=1–7) containing up to 70% bound chlorine are used as halogen-retaining aliphatic compounds. Often, aromatic chlorine or bromine-containing compounds are used, for example, decabromodiphenyloxide, ($S_{16}N_{10}Br_{10}O$), tetrachlorophthalic anhydride ($C_8Cl_4O_3$).

Aromatic chlorine or bromine compounds are used less frequently. For example, decabromodiphenyl oxide ($S_{16}N_{10}Br_{10}O$), tetrachlorophthalic anhydride ($C_8C_{l4}O_3$) are among them. Aromatic compounds are more stable and therefore reduce flammability less. Fluorine and iodine compounds are not used as flame retardants: fluorine compounds are less effective and iodine compounds have very low thermal stability.

In recent years, the use of chlorine has been significantly reduced due to public pressure and organizations concerned about its toxicity. Bromine-containing flame retardants do not emit toxic compounds (dioxins and furans). In terms of nomenclature and scope of application, bromine-containing flame retardants are much more numerous than chlorine-containing compounds. Bromine-containing flame retardants are more effective than chlorine, and their combustion products are also less volatile.

In addition, chlorine-containing flame retardants release chlorine over a wide temperature range, so the amount of chlorine in the gas phase is very low, while bromine-containing flame retardants decompose over a short temperature range, ensuring an optimal concentration of bromine in the gas phase. According to recent data , the high thermal stability of flame retardants containing bromine

ISSN 3030-3907

compounds in the polymer composition allows for easy recycling of polymer raw materials.

Polybrominated diphenyl oxide and its derivatives are suitable for many plastics other than expanded polystyrene. Currently, due to pressure from environmental organizations, the number of such compounds is decreasing. Dibrominated neopentyl glycol and its derivatives are used in the synthesis process to obtain polyester resins containing 60% bromine. They have high chemical and thermal stability; highly effective flame retardant; resistant to light. In addition, they are used in the production of rigid polyurethane films.

Phosphorus-containing flame retardants

Phosphorus-containing flame retardants can be organic or inorganic [13 , 14 , 15]. They are active in the gas or condensed phase, and sometimes in both . Phosphorus compounds act in the gas phase by generating RO• radicals. The scavengers of the active H• and OH• radicals contribute to the spread of the flame.

The nomenclature of phosphorus-containing compounds is very wide, they can be divided into 2 groups : halogen-containing and halogen-free compounds.

Advantages of halogen-containing and phosphorus-containing compounds:

- during the decomposition process, it forms halogen radicals, that is, it forms the usual N• and ON• radicals characteristic of halogens;
- as is typical for halogens, the above activated radicals form H• and OH•;

The second group includes red phosphorus, water-soluble inorganic phosphates, insoluble ammonium phosphate and polyphosphates, organophosphates, phosphonates, as well as phosphine oxides.

Red phosphorus is an excellent flame retardant for heterochain polymers (polyethylene terephthalate, polycarbonate, etc.). In particular, red phosphorus is used as a flame retardant in the production of electrical products made of polyamide, which is specially processed. However, its use is limited due to its toxicity and red color.

During the processing of high-grade polyethylene raw materials, which are also produced at Shurtan Gas Chemical Complex LLC, a certain amount of technological waste, i.e. secondary raw materials, is generated. After polymer products are used for various purposes, their shelf life expires and they are crushed and repeatedly processed as secondary products. In order to reduce the flammability properties of polymer materials obtained as secondary products, we used a number of flame retardants. For this purpose, the following grades of polyethylene were used: PE I-0525, PE I-0760, PE F-0220, PE F-0320.

The results obtained (Table 1) show that the flammability characteristics of materials obtained from secondary PE of the above brand correspond to class V-0 according to the UL94 standard.

ISSN 3030-3907

Table 1.

Formulations developed to reduce the flammability of PE

No.	Chemical name	Recipe-1	Recipe-2	Recipe-3	Recipe-4
1	PE I-0525	43.7	8	10.7	30
2	PE I-0760	0	50	43	38.7
3	PE F-0220	0	5.7	5	0
4	PE F-0320	5	0	5	0
5	APF (ammonium polyphosphate)	30	25	28	30
6	Fiberglass, 17 microns	20	0	0	0
7	Talk	0	10	7	0
8	PE WAX ethylene bis stearamide	0.3	0.3	0.3	0.3
9	Fire resistance according to UL94 Standard, Class V -0 compliant	V-0 (1.6mm)	V-0 (1.6mm)	V-0 (1.6mm)	V-0 (1.6mm)

Metal hydroxides.

Aluminum hydroxide is used in the production of elastomers, thermosets, and thermoplastics. It decomposes at temperatures between 190 and 230°C and particle sizes between 0.25 and 3 μm. The main applications are in the production of butadiene-styrene latex, carpet coatings, non-flammable elastomer cables, conveyor belts, roofing materials, and hoses. The highest efficiency is achieved when aluminum hydroxide is incorporated into oxygen-retaining polymers (polyethylene terephthalate, polybutylene terephthalate, and polyamide).

Magnesium hydroxide is a white powder with particle sizes ranging from 0.5 to 5 μm. To achieve a fire retardant effect, it is added in an amount of 50-70% by weight of the polymer. Magnesium hydroxide is more expensive than aluminum hydroxide, but has high heat resistance (up to 300°C). It is mainly added to polymers based on polypropylene, acrylonitrile butadiene styrene plastics and polyphenylene oxide. It is not recommended for use in thermoplastic polyesters (polyethylene terephthalate, polybutylene terephthalate), as it accelerates the destruction of polymers.

Metal hydroxides decompose at high temperatures with the release of water. This decomposition reaction is endothermic, which causes the material to cool to a temperature below its ignition temperature. The formation of water helps to dilute the combustible gases released by the reaction, weakening the effect of

ISSN 3030-3907

oxygen and reducing the rate of combustion. The effectiveness of hydroxides is directly proportional to their amount in the polymer matrix [16].

Zinc borate can also be used for fire protection of materials based on PVC, polyolefin, polyamide, elastomer and epoxy polymers. Halogen-containing compounds can be used in combination with antimony oxide, and halogen-free compounds - in combination with metal hydroxides or red phosphorus.

CONCULUSION. An Among the flame retardants described above, the most effective in terms of volume of use (more than 40% of all flame retardants) are aluminum and magnesium hydroxides. This is explained by the fact that they are cheap, technologically convenient to process and environmentally friendly. A properly selected polymer composition based on them is non-flammable and inexpensive, and only a small amount of smoke can be released during decomposition. Therefore, the use of metal hydroxides as flame retardants is constantly growing. Flame retardants are special substances used to increase the fire resistance of combustible materials. They slow down or completely prevent the rapid burning of polymers, wood, fabrics, plastics and other organic materials. Flame retardants affect the combustion process of the material, reducing heat release, limiting the formation of flammable gases and creating a protective layer. As a result, the ignition temperature of the material increases and the risk of fire decreases.

REFERENCES

1. Weil E., Levchik S. Antipyreny for plastics and textiles. Practical application. Munich: Izd-wo Hanser, 2009.
2. Glikshtern M. V. Fireproof // Polymer material. 2003. No. 3. S. 22–23; No. 4. c. 15–18.
3. Kopylov V.V. Polymer material with low heat. M.: Khimiya, 1986. 224 c.
4. Gul V.E., Kuleznev V.N. Structure and mechanical properties of polymers. M.: Izd. Labyrinth, 1994. 367 p.
5. Kodolov V.I. Goryuchest i ognestoykost polimernykh materialov. M.: Khimiya, 1976. 160 p.
6. Khalturinsky N.A., Berlin A.A., Popova T.V. Gorenie polimerov i mechaniznyi deystvia antipyrenov // Uspekhi khimii. 1984. T. 53, No. 2. S. 21.
7. Kodolov V.I. Zamedliteli gorenia polimernykh materialov. M.: Khimiya, 1980. 274 p.
8. Nazarov FF , Nazarov FS, Lutfullaev S.Sh. “Fire retardants for polymer and polymer composite materials”. “Progress of science and technology”. Bukhara. 5/2023.
9. Plotnikova G.V., Egorov A.N. Dostupnye phosphororganicheskie soedineniya kak zamedliteli goreniya // Pojarovzryvobezopasnost. 2003. No. 6. S. 26–29.

ISSN 3030-3907

10. Nazarov FF , Nazarov FS, Lutfullaev S.Sh. “Increasing the fire resistance of materials based on secondary polyethylene”. “Progress of science and technology”. Bukhara. 4/2023.
11. Nazarov FF, Lutfullaev S.Sh. “Fire retardants for polymer and polymer composite materials”. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference “Paradigms in Modern Chemical and Physical Technologies: Interaction of Traditions and Innovative Approaches” Yangier-2022. 117 p.
12. Fedeev S.S., Bogdanova V.V., Safropenko E.D. Inhibition of goreniya polymerov. Issledovanie mechanism deystviya synergicheskih smesey oxide surmy - halogenoderjashchie soedineniya. M. 1988. S. 41.
13. Kausar A. eat al. Recent Developments in Different Types of Flame Retardants and Effect on Fire Retardancy of Epoxy Composite. Polymer - Plastics Technology and Engineering. 2016; 55(14): 1512–1535.
14. Kuleznev P.V., Balakin V.M. Issledovanie vliyaniya phosphorsoderjashchikh antipyrenov na goryuchest i dielectricheskie svoystva epoksidnyx kompoundov // Plasticheskie massy. 2012. No. 9. S. 8–9.
15. Nazarov FF, Lutfullaev S.Sh. “Secondary polyethylene materials obtained on the basis of nitrogen-phosphorus-containing fire retardants”. Karshi Institute of Chemistry and Technology, Republican scientific and practical conference on “Problems, solutions and prospects for the practical implementation of innovative developments in the field of chemistry and chemical technology”. Karshi, 2023, April 26-27.
16. Chalyy V. P. Hydrocarbon metallurgy: laws, composition, structure and properties. Kiev: Institut obshchey i inorganicheskoy khimii AN USSR. Nauk. Dumka, 1972. 158 p.

ISSN 3030-3907

UDK 811.512.133’373.611

QO‘SHMA SO‘ZLARNING NUTQ MADANIYATIDAGI AHAMIYATI VA STILISTIK VAZIFALARI

Ashirova Madina To‘rayevna
O‘zDJTU “Ingliz tilini ikkinchi chet tili sifatida o‘qitish kafedrasi” kafedrasi o‘qituvchisi
E-mail ashirovamadina125@gmail.com
Tel: +998 88 687 33 88
ORCID ID 0009-0005-2162-0713

Annotasiya. Mazkur o‘zbek tilidagi qo‘shma so‘zlarning nutq madaniyatidagi o‘rni va ularning stilistik vazifalari keng va batafsil tahlil qilinadi. Qo‘shma so‘zlarning shakllanish xususiyatlari, turlari, morfologik va leksik-semantik jihatlari ilmiy asosda yoritiladi. Shuningdek, ularning nutqdagi funksiyalari, ya’ni aniqlik, ixchamlik, ravonlik va ifodaning boyligini oshirishdagi roli ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot davomida qo‘shma so‘zlarning badiiy, publitsistik va ilmiy-ommabop matnlarda qo‘llanilishi, ularning turli uslublarda yaratadigan stilistik ta’sirchanligi va ifodaviy imkoniyatlari misollar bilan tahlil qilinadi. Natijada, qo‘shma so‘zlarning nutqni aniq, mantiqiy, ixcham va ta’sirchan ifodalashdagi ahamiyati ochib beriladi. Bu ularni tilning kommunikativ va badiiy imkoniyatlarini boyituvchi vosita sifatida ko‘rsatadi. Shuningdek, maqolada qo‘shma so‘zlarning stilistik vosita sifatidagi o‘rni, ularning nutqni boyitish va obrazlilikni oshirishdagi roli alohida ta’kidlanadi. Tadqiqot natijalari o‘zbek tilshunosligida qo‘shma so‘zlarni chuqurroq o‘rganishga xizmat qiladi, ularni tarjima va didaktik materiallarda qo‘llashga asos yaratadi. Shu bilan birga, maqola nutq madaniyati va stilistik tadqiqotlar sohasida yangi ilmiy qarashlar va tavsiyalarni ilgari suradi.

Kalit so‘zlar: qo‘shma so‘zlar, nutq madaniyati, stilistik vazifa, leksik-semantik xususiyat, nutq ifodaliligi.

Annotation. This article provides a comprehensive analysis of the role of compound words in the speech culture of the Uzbek language and their stylistic functions. It examines their formation features, types, morphological and lexical-semantic characteristics. Special attention is given to their functions in speech, such as ensuring clarity, conciseness, fluency, and expressiveness. The study analyzes the use of compound words in literary, journalistic, and popular science texts, their stylistic impact, and expressive potential. It demonstrates the importance of compound words for precise, logical, concise, and expressive communication, highlighting them as an essential tool for enriching language and communication. Furthermore, the article emphasizes the role of compound words as a stylistic device that enhances expressiveness and imagery in speech. The

findings contribute to a deeper understanding of compound words in Uzbek linguistics and their application in translation and educational materials, while also offering new scientific perspectives and recommendations in the field of speech culture and stylistics.

Keywords: compound words, speech culture, stylistic function, lexical-semantic features, expressiveness.

Аннотация. В статье подробно анализируется роль сложных слов в культуре речи узбекского языка и их стилистические функции. Рассматриваются особенности их образования, типы, морфологические и лексико-семантические характеристики. Особое внимание уделяется их функциям в речи, таким как обеспечение точности, краткости, плавности и выразительности. В ходе исследования анализируется использование сложных слов в художественных, публицистических и научно-популярных текстах, их стилистическое воздействие и выразительные возможности. В результате показано значение сложных слов для точного, логичного, краткого и выразительного выражения мыслей, что делает их важным средством обогащения языка и коммуникации. Кроме того, статья подчеркивает роль сложных слов как стилистического средства, способствующего повышению выразительности и образности речи. Результаты исследования способствуют более глубокому изучению сложных слов в узбекском языкознании и их использованию в переводах и учебных материалах, а также предлагают новые научные подходы и рекомендации в области культуры речи и стилистики.

Ключевые слова: сложные слова, культура речи, стилистическая функция, лексико-семантические характеристики, выразительность речи

KIRISH.

Nutq madaniyati tilshunoslik va kommunikatsiya sohasida muhim o‘rinni egallaydi. Tilning har bir birligi, xususan, so‘zlar va ularning birikmalari, nutq ifodasining samaradorligini belgilaydi. Nutqning aniqligi, ixchamligi, ravonligi va ta’sirchanligi ko‘plab omillarga bog‘liq bo‘lsa-da, qo‘shma so‘zlar ushbu jarayonda markaziy rol o‘ynaydi. Ular til boyligini oshirish, mantiqiy ravonlikni ta’minlash va ifodaning mazmunini kuchaytirish imkonini beradi, shuningdek, nutqni badiiy, publitsistik va ilmiy-ommabop matnlarda yanada jonli va ta’sirchan qiladi.

Tilshunoslikda qo‘shma so‘zlar morfologik va leksik-semantik jihatdan xilma-xildir. Ularning shakllanish jarayoni, turlari va semantik xususiyatlari nutqdagi funksiyasini belgilaydi. Masalan, qo‘shma so‘zlar nutqni ixcham va aniq ifodalashda yordam beradi, murakkab tushunchalarni bir so‘z bilan yetkazadi, nutqni jonli va ta’sirchan qiladi. Badiiy matnlarda ular obrazlilik va ifodaviylikni

ISSN 3030-3907

oshirsa, ilmiy-ommabop matnlarda ma’lumotni tizimli, mantiqiy va ravon tarzda yetkazishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, qo‘shma so‘zlarning nutqdagi funksiyalari tilshunoslikda lingvistik, stilistik va kommunikativ tadqiqotlar uchun yangi imkoniyatlar yaratadi.

Nutq madaniyati va stilistika sohasidagi tadqiqotlar ko‘rsatadiki, qo‘shma so‘zlar nafaqat nutq ifodasini boyitadi, balki tilni o‘rganish va uni targ‘ib qilishda ham muhim vosita hisoblanadi. Ular nutqning badiiy va ilmiy-ommabop janrlarida ta’sirchanlik, obrazlilik va ixchamlikni oshirishga xizmat qiladi. Shu sababli, ularni o‘rganish tilshunoslikda yangi ilmiy qarashlarni rivojlantirish va nutq madaniyatini chuqurlashtirishga xizmat qiladi. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, qo‘shma so‘zlarni to‘g‘ri qo‘llash orqali nutq aniq, ixcham va ta’sirchan bo‘lishi mumkin, bu esa badiiy va ilmiy-ommabop matnlarda muhim ahamiyatga ega.

Qo‘shma so‘zlar nafaqat til boyligi va nutq ifodadorligini oshiradi, balki ularni o‘rganish orqali tilning kommunikativ samaradorligini ham aniqlash mumkin. Ular murakkab tushunchalarni soddalashtirish, mantiqiy bog‘lanishlarni mustahkamlash va matnga ritmik va stilistik uyg‘unlik berishda muhim vosita sifatida ishlatiladi. Shuningdek, qo‘shma so‘zlarning turli uslublarda qo‘llanilishi tilni o‘rganayotganlar uchun didaktik va metodik material sifatida ham ahamiyatlidir.

Mazkur maqola qo‘shma so‘zlarning shakllanish jarayoni, turlari, leksik-semantik xususiyatlari va ularning nutq madaniyatidagi o‘rni tizimli tarzda tahlil qilinishini ko‘zda tutadi. Tadqiqot davomida qo‘shma so‘zlarning nutqni aniq, ixcham va ta’sirchan ifodalashdagi ahamiyati, ularning stilistik vosita sifatidagi funksiyalari va turli uslublarda qo‘llanilishi misollar bilan yoritiladi. Shu bilan maqola o‘zbek tilshunosligi, tarjima nazariyasi va didaktik metodikada qo‘llanilish imkoniyatlarini ham ko‘rsatadi, til boyligini oshirish va nutq madaniyatini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Qo‘shma so‘zlar nutq madaniyatida muhim o‘rinni egallaydi va tilning leksik hamda stilistik boyligini oshiradi. Ular nutqning aniqligi, ixchamligi, ravonligi va ta’sirchanligini ta’minlashda markaziy rol o‘ynaydi. Nutqning samarali bo‘lishi uchun so‘zlarning leksik, morfologik va semantik jihatlari bir-biri bilan uyg‘un bo‘lishi kerak, va aynan shu jihatdan qo‘shma so‘zlar nutq ifodasining markaziy vositasi sifatida namoyon bo‘ladi. Tilshunoslikda qo‘shma so‘zlar morfologik va leksik-semantik jihatdan xilma-xildir. Ularning shakllanishi, turlari va semantik xususiyatlari nutqdagi funksiyasini belgilaydi, ya’ni ularning qanday ishlatilishi matnning aniqligi, ixchamligi va mantiqiy tizimliligi uchun muhim ahamiyatga ega.

Masalan, biriktiruvchi qo‘shma so‘zlar ikki yoki undan ortiq so‘zning birikmasidan hosil bo‘lib, ma’noni kengaytiradi va murakkab tushunchalarni

ISSN 3030-3907

o‘quvchiga sodda va tushunarli shaklda yetkazadi. Bunday qo‘shma so‘zlarga “ilm-fan”, “xalqaro til” kabi misollar keltirish mumkin. Birikma hosil qiluvchi qo‘shma so‘zlar esa yangi leksik birlik yaratib, nutqni ixchamlashtiradi va ma’lumotni qisqa, lekin aniq ifodalash imkonini beradi; masalan, “tezkorlik”, “ma’lumotnoma”. Idiomatik yoki frazeologik qo‘shma so‘zlar esa matnga obrazlilik va stilistik rang-baranglik qo‘shadi, ularni ishlatish nutqning ifodaviyligini oshiradi va o‘quvchida tasavvur uyg‘otadi, masalan, “qo‘l ostida”, “ko‘z o‘ngida”.

Ilmiy-ommabop matnlarda qo‘shma so‘zlar nutqni tizimli va mantiqiy ravishda tashkil etishga yordam beradi. Ular murakkab tushunchalarni qisqa va aniq ifodalash, matnni izchil va oson hazm bo‘ladigan shaklga keltirish imkonini beradi. Shu bilan birga, qo‘shma so‘zlar ilmiy matnning professional ohangini saqlashda ham muhim vosita hisoblanadi. Qo‘shma so‘zlarning stilistik vazifalari nutqni boyitish va ifodaviyligini oshirishda namoyon bo‘ladi. Ular murakkab tushunchalarni bitta so‘z bilan yetkazish orqali aniq va ixcham ifoda yaratadi, matnga ritmik va tasviriy rang beradi, fikrlar va tushunchalar o‘rtasida mantiqiy uyg‘unlikni ta’minlaydi va terminologik aniqlikni mustahkamlaydi.

Shuningdek, qo‘shma so‘zlar nutqning badiiy va ilmiy-ommabop janrlarida ham alohida ahamiyatga ega. Badiiy matnlarda ular obrazlilikni oshiradi, matnni jonlantiradi va o‘quvchida emotsional ta’sir uyg‘otadi. Ilmiy-ommabop matnlarda esa ular tushunchalarni aniq va ixcham yetkazishga xizmat qiladi, matnga mantiqiy tizimlilik va professional ohang beradi. Shu bilan birga, qo‘shma so‘zlarning ishlatilishi til boyligini yanada kengaytiradi va nutq madaniyati darajasini ko‘rsatadi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, qo‘shma so‘zlarni to‘g‘ri va mahorat bilan qo‘llash nutqni aniq, ixcham va ta’sirchan qiladi. Ular nafaqat nutq ifodasini boyitadi, balki tilni o‘rganish va uni targ‘ib qilishda ham muhim vosita sifatida xizmat qiladi. Shu bilan birga, qo‘shma so‘zlarning turli uslublarda qo‘llanilishi tilshunoslikda didaktik va metodik material sifatida ishlatilish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatadiki, qo‘shma so‘zlar nutqni tizimli, ravon va obrazli qilishda muhim rol o‘ynaydi, bu esa badiiy va ilmiy-ommabop matnlarda o‘quvchiga tushuncha berish va matnni yanada boyitish imkoniyatini yaratadi.

1-Jadval

Qo‘shma so‘zlarning turlari va ularning nutqdagi funksiyasi

Qo‘shma so‘z turi	Misollar	Nutqdagi funksiyasi / Stilistik vazifasi

ISSN 3030-3907

Biriktiruvchi qo‘shma so‘zlar	ilm-fan, xalqaro til	Murakkab tushunchalarni birikma orqali ifodalash, matnga rasmiy ohang beradi
Birikma hosil qiluvchi	tezkorlik, ma’lumotnoma	Nutqni ixchamlashtirish, yangi leksik birlik yaratish
Idiomatik / frazeologik	qo‘l ostida, ko‘z o‘ngida	Matnga obrazlilik va tasviriy rang-baranglik qo‘shadi

XULOSA

Mazkur maqolada qo‘shma so‘zlarning nutq madaniyatidagi ahamiyati va ularning stilistik vazifalari tizimli tarzda o‘rganildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, qo‘shma so‘zlar nutqning aniqligi, ixchamligi, ravonligi va ifodaviyligini ta’minlashda markaziy rol o‘ynaydi. Ularning shakllanishi, turlari va leksik-semantik xususiyatlari nutqning mantiqiy va stilistik tarkibini belgilaydi. Biriktiruvchi, birikma hosil qiluvchi va idiomatik qo‘shma so‘zlar nutqni ixcham, tushunarli va jonli ifodalashga yordam beradi, badiiy va ilmiy-ommabop matnlarda esa turli stilistik rang-barangliklarni yaratadi.

Qo‘shma so‘zlarning stilistik vazifalari nutqni boyitish, matnga ritmik va tasviriy ohang qo‘shish, fikrlarni mantiqan bog‘lash hamda terminologik aniqlikni mustahkamlashdan iborat. Shu sababli, ularni to‘g‘ri va mahorat bilan qo‘llash nutq madaniyatini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, qo‘shma so‘zlar nutqni nafaqat aniq va ixcham, balki ta’sirchan va o‘quvchiga tushunarli qiladi, bu esa badiiy va ilmiy-ommabop matnlarda alohida ahamiyat kasb etadi.

Natijada, qo‘shma so‘zlarning nutq madaniyati va stilistik vosita sifatidagi o‘rni tilshunoslik, tarjima nazariyasi va didaktik metodika sohalarida chuqurroq o‘rganishga xizmat qiladi. Ularni o‘rganish va amaliy qo‘llash til boyligini oshirish, nutq madaniyatini rivojlantirish va o‘quvchida matnga nisbatan to‘liq tushuncha yaratish imkoniyatini beradi. Shu bilan maqola mavzusining ilmiy, didaktik va amaliy ahamiyati ochib berildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Qodirov, M. X. “O‘zbek tilshunosligi asoslari”, Toshkent: Fan, 2005, 152–bet.
2. Rahmatullayev Sh. Hozirgi o‘zbek adabiy tili. Morfologiya. – Toshkent: O‘qituvchi, 2010. – 123-bet.
3. Tursunov, A. “O‘zbek tilida qo‘shma so‘zlar va ularning leksik xususiyatlari”, Toshkent: Fan, 2010, 45-bet.
4. Jamolxonov H. Hozirgi o‘zbek adabiy tili. – Toshkent: Talqin, 2005. – 98-bet.
5. Nurmonov A., Mahmudov N. O‘zbek tilshunosligi asoslari. – Toshkent: Fan, 2012. – 145-bet.

ISSN 3030-3907

6. Atanazarova Sh. B. Reklama matnida perlokutsiya va illokutsiyani ifodalovchi vositalar // *Filologiya va pedagogika ilmiy-metodik jurnal*. – 2025. – № 3 (7). – B. 68–70.
7. Qodirov M. X. Hozirgi o‘zbek tilida qo‘shma so‘zlar masalasi. – Toshkent: Fan, 2001. – 67-bet.
8. Atanazarova Sh. B. O‘zbek tilida maishiy mavzudagi reklama matnida illokutsiya va perlokutsiyani ifodalovchi vositalar // *Global Conference on Multidisciplinary Research and Innovation*: xalqaro ilmiy konferensiya materiallari (Berlin, Germaniya, 2-fevral 2026 yil, onlayn). – URL: https://econferencia.com
9. Avezova N. S. *The Study of the Lexicology of Verbs of Motion in the Uzbek Language.* Pedagogik tadqiqotlar jurnali, 2024, № 2.
10. Atanazarova Sh. B. O‘zbek tilida maishiy mavzudagi reklama matnida illokutsiya va perlokutsiyani ifodalovchi vositalar // *Ilm sarchashmalari*. – Urganch: Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, 2025. – № 12/1 (dekabr). – B. 181–185
11. Avezova N. S. *Ingliz tilida qo‘l harakatini ifodalovchi ayrim leksemalarning tarjima lug‘atlarda berilishi.* Mezhdunarodnyy nauchno-obrazovatelnyy elektronnyy zhurnal “Obrazovanie i nauka XXI veke”, 2021, № 21 (1), 1299–1313.

BO‘LG‘USI MUHANDISLARGA OPERATSION HISOB TATBIQLARINI MATLAB DASTURI ASOSIDA O‘QITISH METODIKASI

Qushmurotov U.I.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Oliy matematika va AT” kafedrasi v.b.,dotsent (PhD)
E-mail: umurbekqushmurotov11@gmail.com

Annotatsiya. Bo‘lajak muhandislarga o‘zgarmas koeffitsiyentli chiziqli differensial tenglamalar sistemasini operatsion hisob usuli hamda MATLAB dasturi yordamida o‘qitish metodikasi yoritilgan. Maqolada ikki konturli RL elektr zanjiri misolida matematik modelni tuzish va uni dasturiy vositalar orqali vizuallashtirish jarayonlari bosqichma-bosqich ko‘rsatilgan. Natijada, ushbu metodik yondashuv talabalarning kasbiy-yo‘naltirilgan matematik kompetensiyasini rivojlantirishga xizmat qilishi asoslangan.

Kalit so‘zlar: differensial tenglama, operatsion hisob, Laplas almashtirishi, MATLAB, RL zanjiri, matematik kompetentlik.

Аннотация. Описана методика обучения будущих инженеров системе линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью метода операционного расчета и программы MATLAB. В статье на примере двухконтурной электрической цепи РЛ пошагово показаны процессы построения математической модели и её визуализации с помощью программных средств. В результате обосновано, что данный методический подход служит развитию профессионально-ориентированной математической компетенции студентов**.**

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, операционное исчисление, преобразование Лапласа, MATLAB, RL-цепь, математическая компетентность.

Abstract. The methodology for teaching future engineers a system of linear differential equations with constant coefficients using the operational calculation method and the MATLAB program is described. The article demonstrates step-by-step processes for constructing a mathematical model and visualizing it using software tools, using the example of a dual-circuit electrical circuit. As a result, it has been substantiated that this methodological approach serves to develop students' professionally oriented mathematical competence**.**

Keywords: differential equation, operational calculus, Laplace transform, MATLAB, RL circuit, mathematical competence

KIRISH.

Zamonaviy texnika va texnologiyalarning jadal rivojlanishi bo‘lajak muhandislardan nafaqat nazariy bilimlarni, balki amaliy muammolarni matematik

ISSN 3030-3907

tildagi modellar orqali ifodalash va ularni samarali usullar bilan yechish ko‘nikmasini talab etadi [1]. Xususan, elektr zanjirlari, tebranishlar nazariyasi va avtomatik boshqaruv tizimlarida uchraydigan jarayonlar asosan differensial tenglamalar sistemasi orqali ifodalanadi [3]. Operatsion hisob usuli (Laplas almashtirishi) esa ushbu murakkab differensial tenglamalarni algebraik shaklga keltirish orqali yechish vaqtini tejash va xatolik ehtimolini kamaytiradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI,

Texnika oliy ta’lim muassasalarida matematikani o‘qitish maqsadlaridan biri matematikaning tatbiqiy salohiyatini talabalarga o‘rgatishdan iborat. Bu maqsadni amalga oshirishning samarali usullaridan biri matematikaning turdosh fanlar, umumkasbiy va ixtisoslik fanlari bilan o‘zaro aloqadorlikda o‘qitish ekanligi tadqiqotchilar tomonidan tasdiqlangan [2,4].

Talaba biror matematik tushunchani boshqa fan masalasini yechishga kirishishdan oldin uni yechishda qo‘llaniladigan metodni, shu metod doirasidagi asosiy masalalarni yechish harakatlarining mo‘ljalli asosini o‘zlashtirishi maqsadga muvofiq. Masalan,

$$\left.\begin{array}{l} x_1'(t)+\sum_{k=1}^{n} a_{1k}x_k(t)=f_1(t) \\ x_2'(t)+\sum_{k=1}^{n} a_{2k}x_k(t)=f_2(t) \\ \dots \\ x_n'(t)+\sum_{k=1}^{n} a_{nk}x_k(t)=f_n(t) \end{array}\right\}, x_k(0)=x_{k_0}, \quad (k=\overline{1,n})$$

O‘zgarmas koeffitsiyentli chiziqli differensial tenglamalar sistemasini operatsion hisob usuli bilan yechish harakatlarining mo‘ljalli asosi quyidagicha:

1) Laplas almashtirishi qo‘llanilgandan keyin izlanayotgan funksiyalarning tasvirlariga nisbatan chiziqli algebraik operator tenglamalar sistemasi hosil qilish

$$L\{f_k\}=F_k(p), \qquad L\{x_k(t)\}=X_k(p);$$

2) [6] avval operator tenglamalar sistemasini yechish

$$\left.\begin{array}{l} pX_1(p)+\sum_{k=1}^{n} a_{1k}X_k(p)=F_1(p)+x_{10} \\ pX_2(p)+\sum_{k=1}^{n} a_{2k}X_k(p)=F_2(p)+x_{20} \\ \dots \\ pX_n(p)+\sum_{k=1}^{n} a_{nk}X_k(p)=F_n(p)+x_{n0} \end{array}\right\};$$

3.tasvirlardan originallarga o‘tib, differensial tenglamalar sistemasining izlanayotgan yechimi topish.

Endi oliy matematika amaliy mashg‘ulotlarida o‘zgarmas koeffitsientli chiziqli differensial tenglamalar sistemasini operatsion hisob va Kramer usuli yordamida yechishga doir amaliy masala va uning dasturiy ta’minoti, grafik namunasini keltiramiz.

Masala [6]. Ikki konturli RL zanjir uchun quyidagi sistema berilgan:

ISSN 3030-3907

$$\begin{cases} \frac{di_1}{dt} + 2i_1 - i_2 = 5 \\ \frac{di_2}{dt} + i_2 - i_1 = 3 \end{cases}$$

Boshlang‘ich shartlar:

$$i_1(0) = 0, i_2(0) = 0$$

toping: $i_1(t), i_2(t)$.

Laplas almashtirish

$$L\{i_1(t)\} = I_1(p), \;\; L\{i_2(t)\} = I_2(p)$$

$$\begin{cases} pI_1(p) - 0 + 2I_1(p) - I_2(p) = \frac{5}{p} \\ pI_2(p) - 0 + I_2(p) - I_1(p) = \frac{3}{p} \end{cases}$$

$$\begin{cases} (p+2)I_1 - I_2 = \frac{5}{p} \\ -I_1 + (p+1)I_2 = \frac{3}{p} \end{cases}$$

$$\Delta = (p+2)(p+1) - 1 = p^2 + 3p + 1$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} \frac{5}{p} & -1 \\ \frac{3}{p} & p+1 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{\frac{5}{p}(p+1) + \frac{3}{p}}{p^2+3p+1} = \frac{5(p+1)+3}{p(p^2+3p+1)} = \frac{5p+8}{p(p^2+3p+1)}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} p+2 & \frac{5}{p} \\ -1 & \frac{3}{p} \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{\frac{3(p+2)+5}{p}}{p^2+3p+1} = \frac{3p+11}{p(p^2+3p+1)}$$

Teskari Laplas.

Kvadrat ildizlarga ajratamiz: $p^2 + 3p + 1 = 0 \; p = \frac{-3 \pm \sqrt{5}}{2}$

$$I_1 = \frac{5p+8}{p(p^2+3p+1)}$$

$$I_2 = \frac{3p+11}{p(p^2+3p+1)}$$

$$p^2 + 3p + 1 = 0 \; p_{1,2} = \frac{-3 \pm \sqrt{5}}{2}.$$

Quyidagicha belgilanadi: $\lambda_1 = \frac{-3+\sqrt{5}}{2}$, $\lambda_2 = \frac{-3-\sqrt{5}}{2}$.

$I_1(p)$ ni oddiy kasrga ajratamiz

ISSN 3030-3907

$$I_1(p) = \frac{5p+8}{p(p-\lambda_1)(p-\lambda_2)}$$

$$I_1(p) = \frac{A}{p} + \frac{B}{p-\lambda_1} + \frac{C}{p-\lambda_2}$$

Natijada

$$I_1(p) = \frac{8}{p} - \left(4 + \frac{7\sqrt{5}}{5}\right)\frac{1}{p-\lambda_1} - (4 - \frac{7\sqrt{5}}{5})\frac{1}{p-\lambda_2}$$

Teskari Laplas $L^{-1}\left(\frac{1}{p}\right) = 1,\ \ L^{-1}\left(\frac{1}{p-a}\right) = e^{at}$

Shundan $i_1(t) = 8 - \left(4 + \frac{7\sqrt{5}}{5}\right)e^{\lambda_1 t} - \left(4 - \frac{7\sqrt{5}}{5}\right)e^{\lambda_2 t}$

$I_2(p)$ uchun

$I_2(p) = \frac{3p+1}{p(p^2+3p+1)}$

Ajratamiz

$$I_2(p) = \frac{11}{p} - \left(\frac{11}{2} + \frac{13\sqrt{5}}{10}\right)\frac{1}{p-\lambda_1} - \left(\frac{11}{2} - \frac{13\sqrt{5}}{10}\right)\frac{1}{p-\lambda_2}$$

Teskari Laplas

$$i_2(t) = 11 - \left(\frac{11}{2} + \frac{13\sqrt{5}}{10}\right)e^{\lambda_1 t} - \left(\frac{11}{2} - \frac{13\sqrt{5}}{10}\right)e^{\lambda_2 t}$$

Natija: $i_1(t) = 8 - \left(4 + \frac{7\sqrt{5}}{5}\right)e^{\lambda_1 t} - \left(4 - \frac{7\sqrt{5}}{5}\right)e^{\lambda_2 t}$

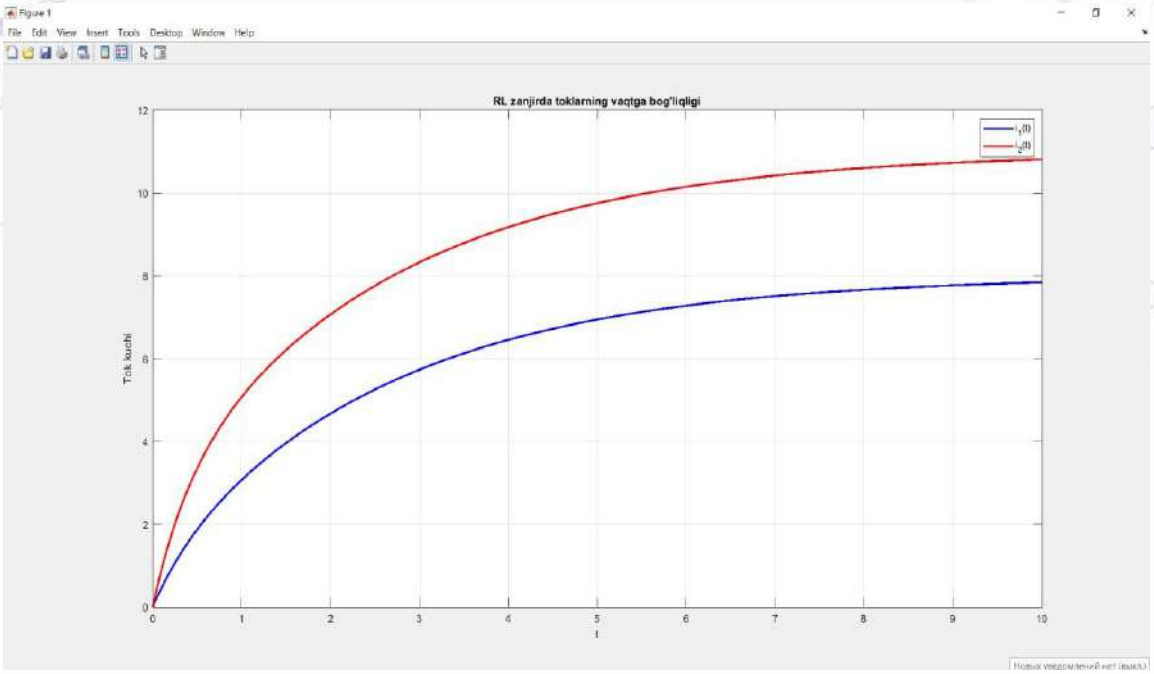
$$i_2(t) = 11 - \left(\frac{11}{2} + \frac{13\sqrt{5}}{10}\right)e^{\lambda_1 t} - \left(\frac{11}{2} - \frac{13\sqrt{5}}{10}\right)e^{\lambda_2 t}$$

Masaladagi o‘zgarmas koeffitsiyentli chiziqli differensial tenglamalar sistemasining yechimini operatsion hisob usuli asosida matematik dasturiy paketlar, xususan MATLAB dasturi yordamida aniqlash va uning grafigini tasvirlash mumkin:

```
clc
clear
close all
t=0:0.01:10;
i1 = 8 -(4+7*sqrt(5)/5).*exp(((-3+sqrt(5))/2).*t) ...
      -(4-7*sqrt(5)/5).*exp(((-3-sqrt(5))/2).*t);
i2 = 11 -(11/2+13*sqrt(5)/10).*exp(((-3+sqrt(5))/2).*t) ...
       -(11/2-13*sqrt(5)/10).*exp(((-3-sqrt(5))/2).*t);
plot(t,i1,'b','LineWidth',2)
hold on
plot(t,i2,'r','LineWidth',2)
```


ISSN 3030-3907

```
grid on
xlabel('t')
ylabel('Tok kuchi')
title('RL zanjirda toklarning vaqtga bog‘liqligi')
legend('i_1(t)','i_2(t)')
```



1-rasm

Grafik tahlili shuni ko‘rsatadiki, RL zanjirda toklarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi eksponensial xarakterga ega bo‘lib, o‘tkinchi jarayon tez so‘nadi va tizim barqaror holatga keladi. Xarakteristik tenglama ildizlarining manfiy bo‘lishi toklarning tebranishsiz tarzda stasionar qiymatga yaqinlashishini ta’minlaydi, bu esa zanjirning barqaror ishlash rejimini ifodalaydi.

Olingan natijalar differensial tenglamalar sistemasiga asoslangan matematik modelni tuzish hamda uni operatsion hisob va Kramer usuli yordamida yechish orqali hosil qilingan bo‘lib, ular nazariy yechimlarning amaliy mazmunini ochib beradi.

Shu bois, talabalarni matematik modellashtirish jarayoniga tizimli jalb etish va olingan natijalarni tahlil qilish ko‘nikmalarini shakllantirish oliy matematikani kasbga yo‘naltirib o‘qitish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi**.**

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tadqiqot doirasida ko‘rib chiqilgan o‘zgarmas koeffitsiyentli chiziqli differensial tenglamalar sistemasini operatsion hisob usuli yordamida yechish jarayoni talabalarda matematik modellarni kasbiy masalalarga tatbiq etish ko‘nikmasini shakllantirishga xizmat qiladi. Quyida elektr zanjiri misolida olingan natijalar tahlili keltirilgan.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

ISSN 3030-3907

Ko‘rib chiqilgan usul bo‘lajak muhandislarning matematik kompetensiyasini shakllantirishda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi. Operatsion hisob usuli murakkab tizimlarni modellashtirishda nafaqat hisoblash apparati, balki muhandislik fikrlashni rivojlantiruvchi metodik yondashuvdir.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Erwin Kreyszig. Advanced Engineering Mathematics. 10th edition. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2011.
2. Евграфова И.В. Межпредметные связи курсов физики и высшей математики в технических вузах Дис. канд. пед. наук: 13.00.02 Санкт-Петербург, 2010.-160 с.
3. Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering. 5th edition. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall, 2010.
4. Кириченко О.Е. Межпредметные связи курса математики смежных дисциплин в техническом вузе связи как средство профессиональной подготовки студентов Дис.канд. пед. наук: 13. 00.02 - Орел, 2003.-170 с.
5. Qushmurotov U.I. “Chiziqli tenglamalar sistemasining tadbiqlarini bo‘lg‘usi muhandislarga o‘qitish haqida” Matematikani iqtisodiy-texnik masalalarga tadbiqlari va o‘qitish muammolari mavzusidagi respublika ilmiy amaliy anjumani materiallari to‘plami. 268-271 betlar. Andijon mashinasozlik instituti «Oliy matematika» kafedrasi Andijon. 2021yil 8 aprel.
6. Piskunov N.S. Differensialnoye i integralnoye ischisleniya. Dlya VTUZov, Tom 2., M.:1985.-560 s

ISSN 3030-3907

OCHIQ KON KORXONALARIDA BURG‘ULASH ISHLARIDA ISHLATILADIGAN SHAROSHKALARNING TURLARI VA ULARNING SAMARADORLIGI

Jo‘rayev Shahzod No‘mon o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti katta o‘qituvchisi.
E-mail: shahzodjorayev699@gmail.com
Xamrayev Salimjon G‘afur o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti talabasi.
E-mail: oilambaxtim22@gmail.com
Abdurasulov Mavlonbek Abduhoshim o‘g‘li
Olmaliq davlat texnika instituti talabasi
E-mail: abdurasulovmovlon@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada ochiq kon korxonalarida burg‘ulash ishlarida qo‘llaniladigan dolotalarning asosiy turlari, ularning tuzilishi, texnik xususiyatlari hamda qo‘llanish sohalari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Uch sharoshkali (rolikli-konus) dolotalar, PDC dolotalar va olmosli dolotalarning konstruktiv farqlari, ish printsiplari va iqtisodiy samaradorligi Angren ko‘mir koni ochiq razrezi misolida qiyosiy ko‘rsatkichlar asosida o‘rganilgan. Maqolada dolotalar yeyilishining asosiy turlari, ularning sabablari va burg‘ulash rejimlarini optimallashtirish bo‘yicha tavsiyalar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: burg‘ulash, dolota, sharoshka, ochiq kon, PDC dolotalar, olmosli dolotalar, yeyilish, burg‘ulash rejimi, Angren razrezi.

Аннотация. В данной статье с научной точки зрения проанализированы основные виды долот, применяемых при бурении на открытых горных предприятиях, их конструкция, технические характеристики и области применения. Конструктивные различия, принципы работы и экономическая эффективность трехшарошечных (ролико-конусных) долот, долот PDC и алмазных долот изучены на примере открытого разреза Ангренского угольного месторождения на основе сравнительных показателей. В статье представлены основные виды износа долот, их причины и рекомендации по оптимизации режимов бурения.

Ключевые слова: бурение, долота, шарошка, открытое месторождение, долота PDC, алмазные долота, износ, режим бурения, Ангренский разрез.

Annotation. In this article, the main types of drillholes used in drilling operations in open pit mining enterprises, their structure, technical properties and application are scientifically analyzed. Constructive differences, principles of work and cost-effectiveness of three-ball (roller-cone) dolotes, PDC dolates and diamond dolates were studied on the basis of comparative indicators on the example of open pit

ISSN 3030-3907

Angren coal mine. The article presents the main types of drill holes, their causes and recommendations for optimizing drilling regimes.

Keywords: drilling, drilling, drilling, drilling, open pit, PDC drills, diamond drills, drilling, drill mode, Angren drill.

Abstract. This article provides a scientific analysis of the main types of drill bits used in drilling operations at open-pit mining enterprises, including their structure, technical characteristics, and application areas. The structural differences, operating principles, and economic efficiency of tricone (roller-cone) bits, PDC bits, and diamond bits are studied on the basis of comparative indicators from the Angren coal mine open pit. The article presents the main types of bit wear, their causes, and recommendations for optimizing drilling modes.

Keywords: drilling, drill bit, roller cone, open pit, PDC bits, diamond bits, wear, drilling mode, Angren open pit.

INTRODUCTION.

In the modern mining industry, open pit mining method is increasingly using the method. Every year in the Republic of Uzbekistan, especially at large enterprises such as Angren coal mine, production of coal and vascular rocks by open mining method increases every year. This enterprise provides about 80% of the total production of coal in the country, and more than 25% of the electricity produced in the country comes from Angren coal combustion [1, 2].

The initial and most important stage of the extraction process is the drilling works that are carried out in preparation for blasting. The efficiency of our drilling work largely depends on the correct choice of the drilling equipment used. Depending on the constructive type of drilling, drilling speed, energy consumption, instrument lifetime, and the economic costs per 1 meter passage can vary dramatically [3, 4].

In the Angren razre, there is a frequent alternation of rocks with a hardness of f = 1 to 12. This puts high and controversial demands on drill rigs: it is necessary for the drill to work effectively on both soft and hard and abrasive rocks at the same time. In this case the scientific and practical task is considered to be the optimal type of dam for the geological and technical conditions of each mining enterprise [5, 6].

In this study, a comparative analysis of three-shed, PDC and diamond dolates was carried out based on the data of drilling operations carried out in the conditions of open pit mining of the Angren coal deposit. The indicators and conclusions used in the article are based on the authors' previous scientific works as well as modern international literature [6, 7, 8].

GEOLOGICAL AND TECHNICAL CONDITIONS OF ANGREN RAZRE.

ISSN 3030-3907

Angren coal mine located in Tashkent region is one of the main coal mining base in Uzbekistan. The geological structure of the deposit is influenced by the Paleozoic bedrock and the Meso-Cenozoic overlay. The total thickness of the cover varies from 180–200 m on the left bank side to 450–500 m on the right bank side [1, 2].

In the stratigraphic section, there is a frequent alternation of rocks of different genesis and lithological composition: igneous, metamorphic, sedimentary cemented and fragmented, related and artificially dispersed rocks. In the cross-section of the coal shaft, 'High' and 'Mighty' complexes are distinguished, which are complicated by dilution zones [2, 3].

Brands such as SBSh-250, SBSh-250, MNA-32, BTS-150, DXA-165, PR-10 and Atlas Copco DM-45 are used as drill rigs. To prepare for blasting works, wells with a diameter of 215.9 mm to 295.3 mm are drilled [4, 5].

Table 1.

Characteristics of the geological section of the Angren Valley

Breed type	Thickness, m	Hardness (f)	Contents
Gravel sediments	55–80	2–4	Boulders, gravel, sand
Upper coal complex	5–40	1–3	Coal, clay, sandstone
Sandstone and limestone	20–60	5–8	Cemented sandstone
Hard basic rocks	50–120	8–12	Limestone, granite
'Gliyazh' (burnt rocks)	variable	6–10	Thermally Changed Rocks

TYPES OF VALVES USED IN OPEN PIT

Three-ball (roller-cone) cylinders

Three-shallow drums are the most common type of instrument in open pit drilling operations. Their design consists of three rotating cone-waterfalls, each waterfall rotating freely around its axis and attached to the body of the dolota through the blades. During the rotation of the dolota, the balloons perform a complex movement both around their axes and around the main axis, which ensures that the teeth act on the rocks with the force of the blow and the force of the ball [5, 6].

According to the material of the teeth, the cabinets are made of two types. The first type are steel threaded (milled) drums, which are used on rocks of soft and medium hardness; The teeth are made by milling directly from the steel body

ISSN 3030-3907

of the waterfall. The second type are solid alloy gear coils, which consist of pressed gears made on the basis of tungsten carbide (WC); Used on extremely hard and abrasive rocks. The leading position in the Russian market is occupied by OJSC manufacturer of Volgaburmash [5].

Table 2.

Types and applications of three-valve valves

Type	Hardness (f)	Breed type	Tooth material	Drilling speed
M	1–3	Clay, sand, chalk	Steel (milled)	High
MZ	3–5	Soft sandstone, clay-stone	Steel+Solid Alloy	Upper-Medium
T	5–8	Sandstone, limestone	Solid Alloy (WC)	Medium
TZ	8–12	Granite, quartzite	Solid Alloy (WC)	Low-medium
OK	> 12	Extremely hard rocks	WC+ diamond finish	Low
OKZ	> 12	Abrasive, Extreme Rigid	WC+ diamond finish	Low

In the Angren fault, mainly T-type dolates are used in layers of rocks with variable hardness f = 1-12, since they are intended for medium and hard rocks. However, in soft layers, an M-type dolota can be much more effective. As a technological limitation, it should be noted that in wells of small depth it is not advisable to replace the dolota, therefore often a T-type dolota is used, calculated for a layer with a hardness of f = 8-10. As a result, the potential potential of the three-hole drilling method is not fully exploited [5, 6].

Grooves are an expensive tool, and the service life of their different elements differs from each other. The share of costs that go into drilling and drilling equipment is usually 20-40 percent, and in some conditions it can even exceed 50 percent. This situation further increases the economic importance of the right choice of drilling equipment [5].

PDC (polycrystalline diamond compact) cabinets

PDC drills are modern drill tools equipped with cutting edges (catters) made of polycrystalline diamond compacts, which operate without base parts. These types of dumps have become widespread in the oil and gas and mining industries in recent decades. PDC catters consist of a polycrystalline diamond sheet deposited on a tungsten carbide substrate, providing high hardness and edible resistance [7, 8].

ISSN 3030-3907

The leading manufacturers of the market are Baker Hughes, Smith International, Reed-Hycalog, and Halliburton. Foreign firms produce valves of type PDC without hydraulic monitors and bases. When using such cartridges, the drilling mode also changed: mainly due to the good cleaning of the cartridge, the bullet load was increased. At the same time, the velocity of the upstream is 0.6-1.2 m/s in the ground cavity [8].

Table 3.

Comparative figures of PDC and three-sheds (Market area, 295.3 mm, 1253-2220 m) [6]

bullet	**Three-stroke III-295.3 mm**	**PDC FS 16065 DHIU**
Number of used cupboards	5 pcs	6 pcs
Total jump, m	391	967
Average Transition/Rollover, m	78,2	161,2
Mechanical drilling speed, m/hr	1,05–3,63	2.86 (average)
Bullet Load, t	3–10	3–5
Rotational frequency, hm/min	40–100	80–100
Solution consumables, l/h	30–45	42
Number of SPO flights	135–140	3
Drill period, 24 hours	~48	24,8

According to the analysis, the PDC drills allow for drilling on average 3 times faster and the number of flights is significantly reduced. A large number of SPO operations result in a waste of time and resources. Although 135–140 flights were made in wells drilled with three-balloon dololas, the PDC drilled the same depth with only 3 flights [6, 7].

Also, experiments conducted at the Ruboi well show that increasing the rotation speed to 140 μl/min did not have a significant effect on the drilling speed, but rather increased the vibration of the instrument and equipment. This shows the practical value of determining the optimal rotation mode [6].

Diamond cabinets

Diamond bits make up the third main type of drilling equipment. In drilling of oil and gas wells, diamond belts began to be used a lot. For different rocks and well trunk parts, appropriate drill holes are used, which ensure maximum drilling speed under certain conditions [7, 8].

ISSN 3030-3907

According to their design, diamond carvings are of two types. In a single-layer (monoclay) cylinder, diamond grains (size 2-3 mm) are placed in a layer on the surface of the tool: for bonding only the surfaces that are touching the rock being drilled. On the impregnated canvas, small diamond grains (up to 1000 grains per 1 carat) are placed on the superficial layer of a matrix 5-6 mm thick. When using fine grains, they are placed on the superficial layer of a matrix about 5-6 mm thick [8].

The main advantage of diamond dolates over triangular dolates is that they make it possible to achieve more than a dozen times more passes in one flight under suitable geological conditions. This is done at relatively low bullet loads and satisfactory mechanical drill speeds. At diamond drilling, the number of accidents is significantly reduced; This is due to the continuity of drilling on the one hand, and a relatively small bullet load on the other [7, 8].

Table 4.

Main technical characteristics of Dolota types comparison table

bullet	**Three Waterfalls**	**PDC**	**Diamond**
Shear Mechanism	Shock + Mad	Trimming (smooth)	Trimming + friction
Scope (f)	1–12	1–8	Grades 4–12 and up
Passing a flight (relative)	1x	2–3x	5-20x
Arrow Load	Mid-High	Low-medium	Low
Price (relative)	1x	3–5x	5-15x
Number of SPO flights	A lot	Cam	Minimal
Work in rough rocks	Limited	Limited	Telugu
Outbreak rate	Mid-High	Low	Keep Low

THE MAIN TYPES OF EATING SHAROSHKA DOLATES

As a result of systematic observations and studies carried out in the Angren Range, four main types of edging of three-waterfall dolates were identified. Each of these is due to different reasons and is an important factor in determining the lifetime of the drill and the efficiency of the drill [5].

Breakage of Zublar

Sharoshka staples break evenly and become equal to the surface. This phenomenon occurs in the following cases: an excessively high rotational speed of the rotary section; when fractures and decayed rocks occur when drilling or

ISSN 3030-3907

drilling a well; incorrect choice of dolota; the transition of the sexes, accompanied by the occurrence of too hard sex additions. This type of feeding interrupts the drilling process and makes it necessary to quickly replace the drill.

Fall off the zublar

Displacement of hard alloy zithers from the body of the sharoshka is observed. The main reasons: the presence of metal in the well floor; erosion of the matrix of the sharoshka; release of the clamp of the zubk as a result of cracks in the shaft; exceeding the recommended load on the cabinet; difficult drilling conditions. Stubbles that fall in the stump can pose a hazard to the new drill in the next drill process.

Eating by height of zubs

The zubks are exposed to flat, flat feeding, and the drilling rate decreases. Causes: overload on the board; the inconsistency of the properties of the alloy zubk with the properties of the rock being drilled; the change in the properties of the breed due to the harsh abrasive adhesion; Very high speed of the rotary. An important difference is that if drilling and hourly endurance rates are high, this type of exhaustion can be rated as normal, indicating that the drill has completed its full operating life.

Thermal (thermal) decomposition

On the surface of the claws appears a characteristic scar in the form of 'snake skin'; This often leads to a fracture of the gums. There are two main reasons: the properties of the zubk alloy do not correspond to the category of rocks being drilled; In the process of drilling, solid alloy spurs are simultaneously heated and cooled by air-pumped water and groundwater flow into the well. The repetition of thermal cycles creates micro-cracks and finally the stubble is eroded.

Table 5.

Major Causes and Proportions of Triple Deck Failures [5]

Failure Cause	Share, %
1. Constructive defects (production)	2–10
2. Natural eating (normal)	5–25
3. Assembly defects	10–50
4. Maintenance and Repair Errors	10–50
5. Operation in violation of technical conditions	5–70

METHODS AND ECONOMIC ESTIMATION OF THE OPTIMAL TYPE OF DOLOTA

The optimal design or type of a hole of a given size is considered to be such a structure or type that it provides minimum operating costs per 1 m passage during drilling in certain geological-technical conditions. Flight drilling speed and

ISSN 3030-3907

operating costs per 1 meter pass have been accepted as the generalizing criteria for assessing the effectiveness of the dolota [7, 8].

According to the methodology of Baker Hughes, Smith International, and Reed-Hycalog, the efficiency of a dumpster is determined by the following formula:

$$C = \frac{C_g + C_v \cdot (T_{sp} + T_{bur})}{h}$$

Here: Cg is the value of the dollar (dollar); CV - estimated cost per hour of the drill rig (time dependent); Tsp - duration of SPO (hours); Tbur - mechanical drill time (hours); H - pass to the flight (meters).

Work on the selection of optimal ward constructions (types) is carried out in three stages [5, 7, 8].

1. **Stage I:** study of geological cross-section to determine the working conditions of drilling rigs; study and analysis of drilling performance indicators based on the collection and generalization of actual production data on previously used drillhole structures and drilling modes.

2. **Stage two:** Justification and selection of well designs, stratigraphic packages, bed depth ranges and rock complexes; substantiation of types and structures of wells for experimental studies.

3. **Third stage:** development based on experimental work of recommendations for selecting optimal drilling conditions and optimal drilling modes for similar well conditions.

To achieve cost-effectiveness, it is recommended to find a comprehensive solution to increase the durability and mechanical drilling speed of the drill bit, as well as reduce the cost of the drilling rig. In general, it is possible to find an integrated effective solution taking into account all the above aspects [5].

RECOMMENDATIONS AND DISCUSSION.

Based on the results of the research and comparative analysis, the following practical recommendations were developed for Angren exploration and similar open pit mining operations:

–On rocks of soft and medium-hardness (f = 1-5), it is desirable to use three-petal dolates of type M and MZ. PDC boards in these types also provide high efficiency and pay off economically in the long run.

–In medium and hard rocks (f = 5–12), the use of T and TZ type dolates remains the traditional approach. However, if there are necessary capital expenditures, switching to PDC boards will significantly increase cost-effectiveness in the long run.

ISSN 3030-3907

–In deep wells (more than 1000 m) and in massifs with uniform lithology, PDC wells are preferred. The reduction in the number of SPO operations from 135-140 to 3-5 will significantly save time and resources.

–For extremely hard and abrasive rocks (f > 12), it is recommended to use diamond (impregnated) dolots or tripleplates of type OK / OKZ.

–When choosing a dolota, it is always necessary to calculate the economic cost of the passage of 1 meter, do not decide by the first cost.

–Optimization of drilling mode: keeping rotational speeds within 40-100 µl/min, speeds above 140 oila/min increase vibration and reduce productivity.

CONCLUSION.

Based on the research carried out in conditions of open exploration of Angren coal deposit and comparative experiments conducted at Marketchmining field the following basic conclusions can be made:

4. Triple pods are the most common drilling instrument in open pits. They are preferred by their flexibility in various hardy rocks. However, the large number of SPO flights (135-140 units), the quick depletion of the base system and the short service life are their main disadvantages.

5. PDC drills demonstrate significant advantages when drilling in deep wells. The jump rate for one flight is 2-3 times higher than for three-stroke divers, and the drill period is about 2 times shorter. In terms of the total economic costs spent on 1 meter passing, PDC boards clearly dominate.

6. Diamond diamonds give the highest technical performance during extremely hard and abrasive rocks. On one flight will reach a dozen times more passes. But their value is high and it is desirable to use only in certain geological conditions.

7. Four main types of eating of three-peach dolates have been identified: stubble breaking, falling, eating by height, and thermal erosion. Each type is the result of misadjustment of different drilling parameters or the selection of a drill that is incompatible with geological conditions.

8. In assessing the cost effectiveness of a dolota, it is necessary to use the method of calculating the cost of a 1 meter pass, and not the first one. The three-stage selection methodology (geological study, substantiation, experimental recommendations) allows you to determine the optimal type of dolote.

It is scientifically and practically important that in the future for open pit conditions the introduction of combined valves (cut-ball and punch-ball), further research on optimization of drilling modes based on digital modeling and updating drilling materials is important

ISSN 3030-3907

REFERENCES.

1. Mirsaidov G.M., Matkasimova Sh.Sh. Application of conveyor transport in the transportation of exposed rocks in the conditions of the Angren section // E-journal. - 2019. - No. 5. - P. 27-33.
2. Khursanov Kh.P., Kolpakov V.N., Krasnikov S.Ya. Pollution phenomena at the Angren brown coal deposit // Mining Bulletin of Uzbekistan. — 2002. - No. 2 (9). - P. 19-27.
3. Quvondiqov O.A., Matkasimova Sh.Sh., Otajonov B. Analysis and calculation of the operating time of the conveyor transport for the conditions of the Angren open pit // The American Journal of Engineering and Technology. - Vol. 3, Issue 6. — 2021. - P. 160–164.
4. Bulatov G.Y. & Annakulov T.J. Investigation of the width of the entry of an excavator when loading a mobile crushing plant in the conditions of the Angren coal mine // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2021. - P. 937: 042088.
5. Matkasimova Sh.Sh., Eshonkulov K.E., Togaev A.S., Pardaev A.B. Technological aspects of the well drilling process with three-point blades in the conditions of the "Angren" section. Journal. Bulletin of Science and Education.– 2022.– No. 10-1 (130) C– 38-45.
6. Rakhimov A.A., Eshonkulov K.E., Juraev Sh.N. Comparative analysis of the processing of diamond and wire cutters // Bulletin of Science and Education. - 2021. - No. 17 (120). - Part 3. - P. 17-20.
7. Rakhimov A.A., Eshonkulov K.E., Juraev Sh.N. Justification for increasing drilling speed and efficiency from the use of supportless bit // Bulletin of Science and Education. - 2022. - No. 5 (125). - Part 2. - P. 5-7.
8. Bulatov A.I., Proselkov Yu.M., Shamanov S.A. Engineering and Technology of Drilling Oil and Gas Wells. - Moscow: Nedra, 2003. - 1007 p.
9. Baratov B.N., Umarov F.Ya., Toshov Zh.B. Assessment of the operability of three-point drill bits // Mining Journal. - 2021. - No. 12. - P. 60-63. DOI: 10.17580/gzh.2021.12.11
10. IADC/SPE 23939. First revision to the IADC fixed cutter dull grading system. — 1992.
11. Pardayev A.B. & Rakhimov A.A. Improving drilling speed while using high-efficiency drilling machines in quarry conditions // International Conference on Advance Research in Humanities, Sciences and Education. - Vol. 1, No. 1. — 2022.
12. Komilov T.O., Numonov A. Patterns of well flushing during drilling // XXVII International Scientific Readings (In Memory of N.A. Dollezhal). - Тошкент, 2020. - P. 24-26.

ISSN 3030-3907

13. Ruzmanov F.I., Ashurov B.N., Togayev A.S. Increasing the mechanical speed of well drilling // LXI International Scientific Readings. - Тошкент, 2020. - P. 73-75.
14. Rakhimov A.A., Eshonkulov K.E., Juraev Sh.N. Justification for increasing drilling speed and efficiency from the use of non-support bolts. Journal Bulletin of Science and Education. - 2022. - No. 5 (126). - Part 2. - P. 5-7.
15. Rakhimov A.A., Eshonkulov K.E., Juraev Sh.N. Comparative analysis of the processing of diamond and wire cutting chisels. Bulletin of Science and Education. - 2021. - No. 17 (121). - Part 3. - P. 17-20.

ISSN 3030-3907

BOSHLANG‘ICH SINF O‘QUVCHILARIDA 4K KOMPETENSIYALARINI SHAKLLANTIRISHNING PEDAGOGIK SHART-SHAROITLARI

Sodikova Maftunaxon Nabijon qizi
Yangi asr universiteti magistranti
Tel 93 484 77 11
E-mail: sodikovamaftuna95@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida 4K kompetensiyalarini shakllantirishning pedagogik shart-sharoitlari, kreativlikning muhim jihatlari, kreativ fikrlash, erkin va ochiq tafakkur yuritish, mavjud bilimlarni qayta ko‘rib chiqish, yangi kombinatsiyalar, original g‘oyalar yaratish, muammoni aniqlash, baholash, ta’lim jarayoni, tasavvur, bilishga bo‘lgan ,qiziqish, faollik, intellektual salohiyat, mustaqil fikrlash, ko‘nikmalar, yangicha yondashuv, kognitiv, emotsional, ijodkorlik, xayoliy o‘yinlar, rag‘batlantirish, va boshqalar o‘rin olgan.

Kalit so‘zlar: boshlang‘ich sinf o‘quvchilari, 4K kompetensiyalari, ta’lim jarayoni.

Аннотация. В данной статье рассматриваются педагогические условия формирования компетенций 4K у учащихся начальной школы, важные аспекты творчества, креативного мышления, свободного и открытого мышления, пересмотра существующих знаний, новых комбинаций, создания оригинальных идей, выявления проблем, оценки, образовательного процесса, воображения, интереса к знаниям, активности, интеллектуального потенциала, самостоятельного мышления, навыков, нового подхода, когнитивного, эмоционального, творческого, образных игр, мотивации и др.

Ключевые слова: учащиеся начальной школы, компетенции 4K, образовательный процесс.

Abstract. This article examines the pedagogical conditions for developing 4K competencies in primary school students, including important aspects of creativity, creative thinking, free and open-minded thinking, reviewing existing knowledge, new combinations, generating original ideas, identifying problems, assessment, the educational process, imagination, interest in knowledge, activity, intellectual potential, independent thinking, skills, new approaches, cognitive, emotional, creative, imaginative play, motivation, and more.

Keywords: primary school students, 4K competencies, educational process.

KIRISH.

Zamonaviy ijtimoiy-iqtisodiy sharoitda uzluksiz ta’lim tizimi insonning butun hayoti davomida bilim olishini, o‘z ustida ishlashini va kasbiy hamda

ISSN 3030-3907

shaxsiy jihatdan doimiy rivojlanib borishini taqoza etadi. Globallashuv jarayonlari, axborot oqimining keskin ortib borishi, innovatsion texnologiyalarning jadal rivojlanishi ta’lim mazmuni va shakllarini tubdan yangilash zaruratini yuzaga keltirmoqda. Shaxsning mustaqil fikrlashi, muammolarni hal eta olish qobiliyati hamda yangicha yondashuv asosida faoliyat yuritish kompetensiyalarini rivojlantirish muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan, shaxsning kreativ salohiyatini shakllantirish va rivojlantirish masalasi bugungi kunda dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda.

Kreativlikning muhim jihatlaridan biri - bu fikrlashning moslashuvchanligi, ya’ni bir muammoni turli nuqtai nazardan ko‘ra olish va bir nechta yechim variantlarini ishlab chiqish qobiliyatidir. Shuningdek, kreativlik shaxsning mustaqilligi, tashabbuskorligi, tasavvur boyligi va yangilikka intilishi bilan chambarchas bog‘liqdir.[1]

Ta’lim jarayonida kreativlikni rivojlantirish boshlang‘ich sinf o‘quvchilari uchun alohida ahamiyat kasb etadi, chunki aynan shu davrda ularning tafakkuri, tasavvuri va bilishga bo‘lgan qiziqishi faol shakllanadi. Kreativlikni rivojlantirish o‘quvchilarning intellektual salohiyatini oshiradi, ularni mustaqil fikrlashga o‘rgatadi hamda oddiy hayotiy vaziyatlarda ham muammolarni samarali hal eta olish ko‘nikmalarini shakllantiradi.

Demak, boshlang‘ich ta’lim bosqichida kreativlikni rivojlantirish o‘quvchilarning keyingi ta’lim bosqichlaridagi muvaffaqiyati uchun mustahkam poydevor yaratadi. Shu sababli ta’lim jarayonida kreativ yondashuvni keng joriy etish va uni tizimli ravishda rivojlantirish bugungi kunning muhim pedagogik vazifalaridan biri hisoblanadi.

ADABIYOTLAR. Psixologiyada kreativlik divergent fikrlash, mustaqil qaror qabul qilish, tasavvur kuchi bilan bog‘liq deb qaraladi. Guilford, Wallas kabi olimlar kreativlikning kognitiv, emotsional va Torrance tomonidan ijtimoiy himoyani izohlab berganlar. Bugungi shiddatli va murakkab dunyoda ijodiy fikrlash qobiliyati tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ijodkorlik nafaqat badiiy mahorat yoki iste'dod, balki bu yangi g‘oyalarni yaratish, muammolarga innovatsion echimlarni topish va qutidan tashqarida fikr yuritish qobiliyatidir.[2] Boshlang‘ich ta'limda ijodkorlikni rivojlantirish juda muhim, chunki bu o‘quvchilarga hayoti davomida foydali bo‘lgan muhim ko‘nikmalarni rivojlantirishga yordam beradi. Boshlang‘ich ta'limda ijodkorlikni rivojlantirish usullaridan biri xayoliy o‘yinlarni rag‘batlantirishdir. O‘yin bolalarga turli rollar, stsenariylar va talabalarni o‘rganishni yaratadi, bu esa faylkorligini rivojlantirishga yordam beradi.

ISSN 3030-3907

Shaxsning kreativ qobiliyatlarini rivojlantirish uzluksiz ta’lim tizimining barcha bosqichlarida - maktabgacha ta’limdan boshlab oliy ta’lim va undan keyingi kasbiy faoliyat jarayonigacha izchil amalga oshirilishi zarur. Ayniqsa, ta’lim jarayonida o‘quvchilarning mustaqil fikrlashini rag‘batlantirish, ijodiy topshiriqlarni keng qo‘llash, muammoli vaziyatlar yaratish va interfaol metodlardan foydalanish orqali kreativ tafakkurni rivojlantirish mumkin.

Bundan tashqari, kreativ salohiyatni rivojlantirishda pedagogning roli alohida ahamiyatga ega. O‘qituvchi bilim beruvchi va o‘quvchilarni izlanishga undovchi, ularning qiziqishlarini qo‘llab-quvvatlovchi va ijodiy muhit yaratuvchi shaxs bo‘lishi lozim.

Ta’lim jarayonida innovatsion pedagogik texnologiyalar, axborot-kommunikatsion vositalar va loyihaviy yondashuvlardan foydalanish kreativ kompetensiyalarni shakllantirishda samarali natijalar beradi. Zamonaviy ta’lim tizimida shaxsning kreativ salohiyatini rivojlantirish uning individual muvaffaqiyatini ta’minlaydi, jamiyatning intellektual va innovatsion rivojlanishiga ham bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli uzluksiz ta’lim jarayonida kreativlikni rivojlantirishga yo‘naltirilgan tizimli va kompleks yondashuvni joriy etish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.[3]

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida 4K (kreativlik, tanqidiy fikrlash, kommunikatsiya, kooperatsiya) kompetensiyalarini shakllantirish interaktiv metodlar, guruhli ishlash, rolli o‘yinlar va tadqiqiy-bilish faoliyatini qo‘llashni talab qiladi. Pedagogik shart-sharoitlar o‘quvchining mustaqil fikrlashi, motivatsiyasi va ijodiy yondashuvini rivojlantirishga qaratilgan.

4K modelini shakllantirishning pedagogik shart-sharoitlar quyidagilarni qamrab oladi: interaktiv metodlar va o‘yinlar orqali o‘quvchilarda kommunikativ kompetensiyani rivojlantirish uchun muloqot usullari, rolli o‘yinlar va guruhli ishlash shakllarini muntazam qo‘llash; o‘quvchilarning tadqiqiy-bilish faoliyati rivojlantirish uchun ularning mustaqil, mantiqiy va kreativ fikrlash faolligini oshirish, muammoli vaziyatlarni yechishga o‘rgatish; o‘quvchilarda 4K kompetensiyalarini o‘zlashtirishga bo‘lgan ichki motivatsiya va qiziqishni doimiy rag‘batlantirib borish; ta'lim jarayonini mazmunli-metodik ta'minlash, o‘quvchi va o‘qituvchi o‘rtasida hamkorlik (kooperatsiya) muhitini yaratish; kreativlik ko‘nikmalariga asoslangan ta'lim tizimini joriy etish va tanqidiy fikrlashni shakllantirishga alohida urg‘u berish.

Boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida 4K (kreativlik, tanqidiy fikrlash, kommunikatsiya, kooperatsiya) kompetensiyalarini rivojlantirishda o‘qituvchining roli ham nihoyatda muhimdir. O‘qituvchi dars jarayonida erkin va qulay muhit yaratishi, o‘quvchilarning har qanday g‘oyasini qo‘llab-quvvatlashi

ISSN 3030-3907

hamda ularni yangilik izlashga undashi lozim. Tanqid qilishdan ko‘ra rag‘batlantirish ustuvor bo‘lsa, o‘quvchilar o‘z fikrlarini bemalol bildirishga intiladi va ijodiy faolligi ortadi.[3]

Bundan tashqari, STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) texnologiyasini integratsiyalash orqali mehnat darslarini yanada samarali qilish mumkin, bunda guruhli ishlash, rolli o‘yinlar, muammoli vaziyatlar va loyihaviy faoliyat kabi metodlardan foydalanish boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida kreativlikni samarali rivojlantiradi. Bu usullar orqali o‘quvchilar nafaqat yangi g‘oyalar yaratadi, balki o‘zaro hamkorlik qilish, fikr almashish va jamoa bilan ishlash ko‘nikmalarini ham egallaydi.

Demak, boshlang‘ich ta’lim bosqichida o‘quvchilarida 4K (kreativlik, tanqidiy fikrlash, kommunikatsiya, kooperatsiya) kompetensiyalarini rivojlantirishda o‘quvchilarning keyingi ta’lim bosqichlaridagi muvaffaqiyati uchun mustahkam poydevor yaratadi. Shu sababli ta’lim jarayonida 4K (kreativlik, tanqidiy fikrlash, kommunikatsiya, kooperatsiya) kompetensiyalarini rivojlantirish keng joriy etish va uni tizimli ravishda rivojlantirish bugungi kunning muhim pedagogik vazifalaridan biri hisoblanadi.

TAHLIL VA NATIJALAR. Boshlang‘ich ta’lim jarayonida kreativlikni rivojlantirish o‘quvchilarning bilim olishga bo‘lgan qiziqishini oshiradi, hamda ularning mustaqil fikrlashi, muammolarni hal etish qobiliyati va o‘z fikrini erkin ifodalash kompetensiyalarini shakllantiradi. Ayniqsa, bu jarayon turli fanlar kesimida tizimli tashkil etilganda yanada samarali natija beradi.

Ona tili va o‘qish savodxonligi darslarida kreativlikni rivojlantirish boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining shaxsiy va intellektual rivojlanishida muhim o‘rin tutadi. Chunki aynan shu fanlar orqali o‘quvchilar nutq faoliyatini egallaydi, fikrlashni o‘rganadi va o‘z ichki dunyosini so‘z orqali ifodalash imkoniyatiga ega bo‘ladi. Kreativ yondashuv esa bu jarayonni yanada samarali va qiziqarli qiladi.

Kreativlikni rivojlantirish uchun o‘qituvchi o‘quvchilarga standart, tayyor javobli topshiriqlardan ko‘ra, ochiq va ijodiy fikrlashni talab qiladigan vazifalarni berishi zarur. Masalan, matn bilan ishlash jarayonida o‘quvchilarga “Agar hikoya boshqacha tugaganida nima bo‘lardi?” degan savolni berish orqali ularning alternativ fikrlash qobiliyati rivojlantiriladi. O‘quvchi mavjud voqeani qayta tahlil qiladi, sabab-oqibat bog‘lanishlarini anglaydi va o‘z versiyasini yaratadi.

Yana bir samarali usul - ertak va hikoya qahramonlarini o‘zgartirib qayta hikoya qilishdir. Masalan, “Bo‘g‘irsoq” ertagini olaylik. O‘quvchilarga “Agar Bo‘g‘irsoq tulkiga aldanmaganida nima qilgan bo‘lardi?” yoki “Bo‘g‘irsoq zamonaviy davrda yashaganida uning sarguzashtlari qanday bo‘lardi?” kabi topshiriqlar berish mumkin. Bu orqali o‘quvchilar voqeani yangicha talqin qilishga, obrazlar ustida mustaqil ishlashga o‘rganadi.

ISSN 3030-3907

Mustaqil kichik hikoyalar tuzish ham kreativlikni rivojlantirishning muhim vositasidir. Masalan, o‘qituvchi doskaga uchta so‘z yozadi: “qush”, “yomg‘ir”, “do‘stlik”. O‘quvchilar shu so‘zlar asosida qisqa hikoya tuzadilar. Bu mashq o‘quvchilarning tasavvurini ishga soladi, lug‘at boyligini oshiradi va gaplarni to‘g‘ri tuzish ko‘nikmasini mustahkamlaydi.

Shuningdek, rasm asosida hikoya tuzish usuli ham samarali hisoblanadi. O‘quvchilarga biror qiziqarli rasm ko‘rsatiladi va “Bu rasmda nima bo‘lyapti?”, “Qahramonlar kim?”, “Keyin nima bo‘ladi?” kabi savollar orqali ularning fikrlashi faollashtiriladi. Bu jarayon bolalarning kuzatuvchanligini oshiradi va voqeani mantiqiy ketma-ketlikda bayon qilishga o‘rgatadi.

Rolli o‘yinlar ham kreativlikni rivojlantirishda katta ahamiyatga ega. Masalan, o‘quvchilar ertak qahramonlari roliga kirib, ularning nutqi va xatti-harakatlarini ifodalaydi. Bu nafaqat ijodiy fikrlashni, balki nutqning ifodaliligini, emotsional boyligini ham rivojlantiradi.

Yuqoridagi faoliyatlar natijasida o‘quvchilarning tasavvur doirasi kengayadi, ular yangi g‘oyalar ishlab chiqishga o‘rganadi. Eng muhimi, o‘quvchilar o‘z fikrini erkin, mantiqiy va izchil bayon etish ko‘nikmasini egallaydi. Bu esa ularning keyingi ta’lim bosqichlarida muvaffaqiyatli o‘qishi uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Matematika darslarida kreativlikni rivojlantirish boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining mantiqiy, analitik va tanqidiy fikrlashini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega. An’anaviy darslarda ko‘pincha bitta to‘g‘ri javobga erishish asosiy maqsad qilib qo‘yilsa, kreativ yondashuvda esa o‘quvchining fikrlash jarayoni, yechimga qanday kelgani va nechta usuldan foydalangani muhim hisoblanadi.

Kreativlikni rivojlantirishning eng samarali yo‘llaridan biri — muammoli vaziyatlar yaratishdir. Bunda o‘quvchilarga tayyor formulalar yoki algoritmlar berilmaydi, aksincha, ularni mustaqil izlanishga undaydigan savollar qo‘yiladi. Masalan, o‘qituvchi “12 sonini nechta turli usulda hosil qilish mumkin?” degan topshiriq beradi. O‘quvchilar 6+6, 3×4, 10+2, 24÷2 kabi turli yechimlarni topadilar. Bu jarayon ularning sonlar o‘rtasidagi bog‘lanishni tushunishiga va moslashuvchan fikrlashiga yordam beradi.

Yana bir muhim usul - bir masalani turli yo‘llar bilan yechishdir. Masalan, “Bir savatda 8 ta olma bor edi, yana 5 ta qo‘shildi. Jami nechta olma bo‘ldi?” degan oddiy masalani o‘quvchilar turlicha yechishi mumkin: 8+5=13 tarzida hisoblash, sonlar chizig‘idan foydalanish yoki predmetlar orqali sanash. O‘qituvchi o‘quvchilardan “Qaysi usul qulayroq?” yoki “Yana qanday yo‘l bilan yechish mumkin?” deb so‘rashi orqali ularning fikrlash doirasini kengaytiradi.

ISSN 3030-3907

Real hayotiy vaziyatlarga asoslangan masalalar ham kreativlikni rivojlantirishda muhim o‘rin tutadi. Masalan, “Do‘konda 20 ta non bor edi. Kun davomida 7 tasi sotildi. Nechta non qoldi?” kabi masalalar o‘quvchilarga matematikaning hayot bilan bog‘liqligini anglashga yordam beradi. Yoki o‘quvchilarga o‘zlari masala tuzish topshirig‘i berilishi mumkin: “Sen do‘kondor bo‘lsang, qanday masala tuzarding?” Bu esa ularning ijodiy fikrlashini va matematik nutqini rivojlantiradi.

Shuningdek, ochiq tipdagi topshiriqlar ham samarali hisoblanadi. Masalan: “Natijasi 15 bo‘ladigan misol tuzing” yoki “Shunday ikki son o‘ylab topingki, ularning yig‘indisi 20 bo‘lsin”. Bunday topshiriqlarda bitta emas, bir nechta to‘g‘ri javob mavjud bo‘lib, o‘quvchilar erkin fikrlash imkoniyatiga ega bo‘ladilar.

Didaktik o‘yinlar ham matematika darslarida kreativlikni oshiradi. Masalan, “Top tezroq”, “Zanjirli misollar”, “Kim ko‘p usul topadi?” kabi o‘yinlar orqali o‘quvchilar raqobat muhitida tez va noodatiy fikrlashga o‘rganadi.

Natijada, bunday yondashuv o‘quvchilarning nafaqat hisoblash ko‘nikmalarini, balki muammoni tahlil qilish, turli yechimlarni solishtirish va eng maqbul variantni tanlash qobiliyatini rivojlantiradi. Eng muhimi, o‘quvchilar matematika faniga qiziqish bilan yondashadi va uni quruq hisob-kitob emas, balki fikrlash va izlanish jarayoni sifatida qabul qiladi.

Mehnat (texnologiya) darslarida o‘quvchilar turli materiallar bilan ishlash – qog‘oz, karton, plastilin, tabiiy materiallar, hatto elektron komponentlar yordamida yangi buyumlar yaratish orqali amaliy kreativliklarini rivojlantiradilar. Ular o‘z loyihalarini rejalashtirish, bajarish va natijani baholash jarayonida mustaqil qaror qabul qilish ko‘nikmasini egallaydilar. Bu jarayon nafaqat amaliy bilimlarni, balki fantaziya va ijodiy fikrlashni ham shakllantiradi.

Amaliy misol: Boshlang‘ich sinf o‘quvchilari karton va plastilin yordamida “Mini shahar” loyihasini yaratadilar. Ular avval shahar elementlarini – uylar, ko‘priklar, daraxtlar – rejalashtiradi, keyin turli materiallarni solishtirib, eng qulay va bardoshli variantni tanlaydi. Loyihani tugatgach, o‘quvchilar natijani baholaydi, kamchiliklarni aniqlaydi va o‘z ishlari ustida takomillashtirish kiritadi. Shu jarayonda ular STEAM elementlari orqali: ilmiy kuzatish, texnologik yechim topish, muhandislik konstruktsiyalarini yaratish, san’at orqali estetik ifoda va matematik o‘lchovlarni qo‘llash ko‘nikmalarini egallaydi.

Tabiiy fanlar (atrof-muhitni o‘rganish) darslarida o‘quvchilarni kuzatish, tajriba o‘tkazish va xulosa chiqarishga yo‘naltirish orqali kreativlikni rivojlantirish mumkin. Masalan, “Agar daraxtlar gapira olsa nima der edi?” yoki “Suv bo‘lmasa hayot qanday bo‘lardi?” kabi savollar orqali bolalarda fantaziya va ilmiy tafakkur uyg‘un holda rivojlanadi.

ISSN 3030-3907

Tasviriy san’at darslarida o‘quvchilar ranglar, shakllar va tasviriy vositalar orqali o‘z ichki kechinmalarini ifoda etadilar. Erkin rasm chizish, mavzuli kompozitsiyalar yaratish yoki berilgan shakldan yangi obraz hosil qilish kabi mashg‘ulotlar ularning estetik didini rivojlantiradi va ijodiy tafakkurini boyitadi.

XULOSA. Boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida 4K (kreativlik, tanqidiy fikrlash, kommunikatsiya, kooperatsiya) kompetensiyalarini rivojlantirish- bu zamonaviy jamiyatda muvaffaqiyatga erishishning muhim omillaridan biri bo‘lib, u shaxsning kasbiy faoliyatida hamda kundalik hayotida muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, boshlang‘ich sinf o‘quvchilari misolida bu jihat yanada muhimroq namoyon bo‘ladi, chunki aynan shu bosqichda bolaning tafakkuri, tasavvuri va ijodiy qobiliyatlari faol shakllanadi.

Boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida 4K (kreativlik, tanqidiy fikrlash, kommunikatsiya, kooperatsiya) kompetensiyalarini shakllantirish o‘quvchilarning bilim olishga bo‘lgan qiziqishini oshiradi, ularni mustaqil fikrlashga undaydi hamda o‘z g‘oyalarini erkin ifoda etishga o‘rgatadi. Bundan tashqari, guruhli ishlash, rolli o‘yinlar, muammoli vaziyatlar va loyihaviy faoliyat kabi metodlardan foydalanish boshlang‘ich sinf o‘quvchilarida kreativlikni samarali rivojlantiradi. Bu usullar orqali o‘quvchilar yangi g‘oyalar yaratadi hamda o‘zaro hamkorlik qilish, fikr almashish va jamoa bilan ishlash ko‘nikmalarini egallaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Guilford, JP (1950). Ijodkorlik. Amerikalik psixolog.
2. Torrance, EP (1974). Torrance ijodiy fikrlash testlari. Sxolastik test xizmati.
3. Adizov B. Boshlang‘ich ta'limni ijodiy tashkil etishning nazariy asoslari: Ped. fan. dok.... dis. -Toshkent, 2003. - 276 b.
4. Xolboeva, M. (2022). Boshlang‘ich ta'limda innovatsion metodlar. Toshkent.Volume 2, Issue 4, Part 2 April 2025. Page 64
5. Nazarova, M. va Yo‘ldosheva, D. (2021). Kreativlikni oshirishda interfaol metodlarning roli. Pedagogika fanlari jurnali.
6. Jo‘rayev P.X., Raximov B.X., Xomatov SH.F. Yangi pedagogik texnologiyalar. Muammoli ta'limg aasoslangan o‘quv-metodik qo‘'lanma. -T.: Fan, 2005, 66 b.

ISSN 3030-3907

CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH VA ULARNING EKOLOGIK SAMARADORLIGINI BAHOLASH (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)

Sodiqova Zarina Orifovna
Buxoro davlat Texnika Universiteti

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot ishida chiqindilarni qayta ishlash tizimining ekologik va iqtisodiy ahamiyati hamda uning hududiy rivojlanishdagi o‘rni Buxoro viloyati misolida tahlil qilindi. Tadqiqot davomida maishiy va sanoat chiqindilarining atrof-muhitga salbiy ta’siri, ularni saralash, yig‘ish, tashish va qayta ishlash texnologiyalarining samaradorligi ilmiy manbalar asosida yoritildi. Shuningdek, chiqindilarni qayta ishlash orqali atmosfera havosi, tuproq va suv resurslari ifloslanishini kamaytirish imkoniyatlari ham baholandi. Buxoro viloyatida chiqindilar bilan ishlash infratuzilmasining hozirgi holati, mavjud muammolar va istiqbolli yechimlar ekologik barqarorlik tamoyillari asosida o‘rganildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, chiqindilarni qayta ishlash tizimini takomillashtirish tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ikkilamchi xomashyo hajmini oshirish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim omil hisoblanadi. Ishda xorijiy tajribalar, zamonaviy ekologik yondashuvlar va “yashil iqtisodiyot” konsepsiyasining asosiy tamoyillari tahlil qilinib, hududiy ekologik siyosatni rivojlantirish bo‘yicha ilmiy taklif va tavsiyalar ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: chiqindilarni qayta ishlash, ekologik samaradorlik, maishiy chiqindilar, sanoat chiqindilari, atrof-muhit muhofazasi, ekologik xavfsizlik, yashil iqtisodiyot, ikkilamchi xomashyo, Buxoro viloyati, barqaror rivojlanish.

Аннотация. В данной научной работе исследованы экологические и экономические аспекты переработки отходов, а также её значение в обеспечении устойчивого регионального развития на примере Бухарской области. В ходе исследования проанализировано негативное воздействие бытовых и промышленных отходов на окружающую среду, рассмотрены современные технологии их сортировки, сбора, транспортировки и переработки на основе научных источников. Особое внимание уделено вопросам снижения загрязнения атмосферного воздуха, почвы и водных ресурсов посредством эффективной системы переработки отходов. Также изучено текущее состояние инфраструктуры обращения с отходами в Бухарской области, существующие экологические проблемы и перспективные пути их решения. Результаты исследования показывают, что совершенствование системы переработки отходов способствует рациональному использованию природных ресурсов, увеличению объёмов вторичного сырья и обеспечению экологической безопасности региона. В работе рассмотрены зарубежный опыт, современные экологические подходы и принципы «зелёной экономики», а также разработаны научно

ISSN 3030-3907

обоснованные предложения по совершенствованию региональной экологической политики.

Ключевые слова: переработка отходов, экологическая эффективность, бытовые отходы, промышленные отходы, охрана окружающей среды, экологическая безопасность, зелёная экономика, вторичное сырьё, Бухарская область, устойчивое развитие.

ABSTRACT. This research examines the ecological and economic significance of waste recycling and its role in sustainable regional development based on the example of the Bukhara region. The study analyzes the negative environmental impact of municipal and industrial waste and evaluates modern methods of waste collection, sorting, transportation, and recycling using scientific literature and environmental approaches. Particular attention is paid to the reduction of air, soil, and water pollution through the effective implementation of recycling technologies. The current condition of waste management infrastructure in the Bukhara region, existing environmental challenges, and prospective solutions were also investigated within the framework of ecological sustainability principles. The findings indicate that improving waste recycling systems contributes to the rational use of natural resources, increases the volume of secondary raw materials, and ensures environmental safety. Furthermore, the research discusses international experience, modern ecological strategies, and the principles of the green economy concept, while proposing scientifically grounded recommendations for enhancing regional environmental policy and sustainable waste management practices.

Keywords: waste recycling, ecological efficiency, municipal waste, industrial waste, environmental protection, ecological safety, green economy, secondary raw materials, Bukhara region, sustainable development.

KIRISH.

Hozirgi davrda dunyo miqyosida ekologik muammolarning keskinlashuvi insoniyat oldida atrof-muhitni muhofaza qilish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hamda chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirish masalalarini dolzarb vazifalardan biriga aylantirmoqda. Aholi sonining ortib borishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi, sanoat ishlab chiqarish hajmining kengayishi va iste’mol darajasining oshishi natijasida turli xil maishiy hamda sanoat chiqindilari hajmi yil sayin ko‘payib bormoqda. Mazkur holat esa atmosfera havosi, yer resurslari va suv havzalarining ifloslanishiga sabab bo‘lib, ekologik xavfsizlikka jiddiy tahdid tug‘dirmoqda. Shu sababli chiqindilarni qayta ishlash va ulardan ikkilamchi resurs sifatida foydalanish masalasi zamonaviy ekologik siyosatning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.Jahon tajribasi shuni ko‘rsatadiki, chiqindilarni samarali boshqarish tizimini yo‘lga qo‘ygan

ISSN 3030-3907

davlatlarda ekologik holatning yaxshilanishi bilan bir qatorda iqtisodiy samaradorlikka ham erishilmoqda. Ayniqsa, rivojlangan davlatlarda chiqindilarni saralash, qayta ishlash va qayta foydalanishga yo‘naltirilgan innovatsion texnologiyalar keng joriy etilgan bo‘lib, bu jarayon “yashil iqtisodiyot” konsepsiyasining muhim tarkibiy qismi sifatida qaralmoqda. Chiqindilarni qayta ishlash orqali tabiiy resurslarni tejash, energiya sarfini kamaytirish, issiqxona gazlari chiqishini qisqartirish hamda yangi ish o‘rinlarini yaratish imkoniyati yuzaga keladi. Shu jihatdan mazkur yo‘nalish ekologik muhofaza bilan bir qatorda ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishga ham xizmat qiladi.O‘zbekiston Respublikasida ham ekologik barqarorlikni ta’minlash va chiqindilar bilan bog‘liq muammolarni bartaraf etishga qaratilgan keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Xususan, chiqindilarni yig‘ish, tashish, saqlash va qayta ishlash tizimini modernizatsiya qilish, aholining ekologik madaniyatini oshirish hamda zamonaviy qayta ishlash korxonalarini tashkil etish bo‘yicha davlat dasturlari ishlab chiqilgan. So‘nggi yillarda qabul qilingan ekologik qonunlar va normativ-huquqiy hujjatlar chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirishga xizmat qilmoqda. Biroq ayrim hududlarda chiqindilarni saralash tizimining yetarli darajada rivojlanmaganligi, qayta ishlash quvvatlarining cheklanganligi va ekologik nazorat mexanizmlarining to‘liq shakllanmaganligi mavjud muammolarni saqlab qolmoqda.Buxoro viloyati ham ekologik muammolar yuzaga kelayotgan hududlardan biri sifatida alohida ilmiy tadqiqotni talab qiladi. Viloyatda aholi sonining o‘sishi, turizm va sanoat sohalarining rivojlanishi natijasida maishiy va sanoat chiqindilari hajmi ortib bormoqda. Mazkur chiqindilarning noto‘g‘ri saqlanishi yoki qayta ishlanmasligi tuproq degradatsiyasi, atmosfera havosining ifloslanishi hamda sanitariya-gigiyena holatining yomonlashuviga olib kelishi mumkin. Shu sababli chiqindilarni qayta ishlashning ekologik samaradorligini o‘rganish, mavjud infratuzilmani tahlil qilish va hududiy ekologik muammolarning oldini olish bo‘yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.Mazkur tadqiqot ishida chiqindilarni qayta ishlash tizimining nazariy asoslari, ekologik ahamiyati hamda hududiy xususiyatlari haqida umumiy tushunchalar beriladi. Shuningdek, Buxoro viloyatida chiqindilar bilan ishlash tizimining hozirgi holati, uning ekologik samaradorlikka ta’siri va ushbu yo‘nalishda amalga oshirilayotgan chora-tadbirlarning ahamiyati ilmiy adabiyotlar hamda ekologik tadqiqotlar asosida yoritiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi chiqindilarni qayta ishlash jarayonining ekologik barqarorlikni ta’minlashdagi o‘rnini aniqlash va ushbu sohada samarali yechimlarni ishlab chiqish uchun ilmiy-amaliy asos yaratishdan iboratdir.

ISSN 3030-3907

Chiqindilarni qayta ishlash masalasi zamonaviy ekologiya, iqtisodiyot va sanoat texnologiyalarining eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Jahon miqyosida aholi sonining keskin ortishi, ishlab chiqarish hajmining kengayishi va iste’mol madaniyatining o‘zgarishi natijasida chiqindilar hajmi yil sayin oshib bormoqda. BMT va xalqaro ekologik tashkilotlar ma’lumotlariga ko‘ra, dunyo bo‘yicha har yili milliardlab tonna maishiy va sanoat chiqindilari hosil bo‘ladi. Ushbu chiqindilarning katta qismi qayta ishlanmasdan poligonlarga joylashtirilishi natijasida atmosfera havosi, yer osti suvlari va tuproq qatlamining ifloslanishi kuchaymoqda. Shu sababli chiqindilarni qayta ishlash ekologik xavfsizlikni ta’minlashning muhim omillaridan biri sifatida e’tirof etilmoqda.Chiqindilar deganda inson faoliyati natijasida hosil bo‘ladigan va dastlabki iste’mol xususiyatini yo‘qotgan moddalar hamda buyumlar tushuniladi. Ular maishiy, sanoat, qurilish, tibbiy, qishloq xo‘jaligi va elektron chiqindilar kabi turlarga bo‘linadi. Maishiy chiqindilar tarkibiga oziq-ovqat qoldiqlari, plastik, qog‘oz, shisha va metall buyumlar kiradi. Sanoat chiqindilari esa ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘lib, ayrim hollarda zaharli kimyoviy moddalarni o‘z ichiga oladi. Ayniqsa, plastik chiqindilar ekologik tizim uchun eng xavfli omillardan biri bo‘lib, ularning tabiatda parchalanish davri yuzlab yillarni tashkil etadi. Shu jihatdan chiqindilarni qayta ishlash va ikkilamchi xomashyo sifatida foydalanish ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.Zamonaviy ekologik tadqiqotlarda chiqindilarni boshqarish tizimi bir necha bosqichdan iborat jarayon sifatida talqin qilinadi. Mazkur jarayon chiqindilarni yig‘ish, saralash, tashish, qayta ishlash va utilizatsiya qilish bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Chiqindilarni saralash tizimi qayta ishlash samaradorligini oshirishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Rivojlangan davlatlarda chiqindilar plastik, qog‘oz, organik va metall turlariga alohida ajratilgan holda yig‘iladi. Bu esa qayta ishlash korxonalarida resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi. O‘zbekistonda ham so‘nggi yillarda chiqindilarni alohida yig‘ish tizimini joriy etish bo‘yicha muhim chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda.Chiqindilarni qayta ishlashning ekologik samaradorligi bir necha yo‘nalishda namoyon bo‘ladi. Avvalo, qayta ishlash jarayoni tabiiy resurslardan foydalanish hajmini kamaytiradi. Masalan, qog‘oz chiqindilarini qayta ishlash orqali daraxt kesilishi kamayadi, metall chiqindilaridan foydalanish esa rudalarni qazib olish ehtiyojini qisqartiradi. Plastik mahsulotlarni qayta ishlash neft resurslarini tejash imkonini beradi. Shu bilan birga, chiqindilarni qayta ishlash orqali energiya sarfi ham kamayadi. Tadqiqotlarga ko‘ra, alyuminiy chiqindilarini qayta eritish yangi alyuminiy ishlab chiqarishga nisbatan bir necha barobar kam energiya talab qiladi. Bu esa issiqxona gazlari chiqindisini kamaytirishga xizmat qiladi.Ekologik samaradorlikning yana bir muhim jihati atmosfera havosining ifloslanishini kamaytirish bilan bog‘liqdir.

ISSN 3030-3907

Chiqindilarni ochiq maydonlarda yoqish natijasida karbonat angidrid, dioksin va boshqa zararli gazlar ajralib chiqadi. Ushbu moddalar inson salomatligi uchun xavf tug‘dirib, nafas olish tizimi kasalliklari va ekologik muvozanat buzilishiga sabab bo‘ladi. Qayta ishlash texnologiyalarining joriy etilishi esa chiqindilarni nazorat ostida utilizatsiya qilish imkonini yaratadi hamda ekologik xavfni kamaytiradi. Ayniqsa, organik chiqindilarni biogaz ishlab chiqarishda qo‘llash ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali usullardan biri sifatida qaralmoqda.Buxoro viloyati geografik va iqtisodiy xususiyatlari jihatidan ekologik muammolarga sezgir hududlardan biridir. Viloyatda sanoat, qurilish va turizm sohalarining rivojlanishi natijasida chiqindilar hajmi ortib bormoqda. Aholi punktlari yaqinida noqonuniy chiqindi to‘planish holatlari uchrab turishi tuproq va yer osti suvlarining ifloslanishiga olib kelmoqda. Ayniqsa, plastik va polietilen chiqindilarining ko‘payishi ekologik tizimga uzoq muddatli salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli hududda zamonaviy chiqindilarni qayta ishlash tizimini rivojlantirish muhim ekologik vazifalardan biri hisoblanadi.Viloyatda chiqindilarni yig‘ish va tashish tizimi bosqichma-bosqich takomillashtirilayotgan bo‘lsa-da, ayrim hududlarda maxsus konteynerlarning yetishmasligi va chiqindilarni saralash tizimining to‘liq yo‘lga qo‘yilmaganligi muammolarni keltirib chiqarmoqda. Qayta ishlash korxonalari sonining cheklanganligi sababli ko‘plab chiqindilar poligonlarga chiqarib tashlanmoqda. Bu esa yer maydonlarining band bo‘lishiga va sanitariya holatining yomonlashuviga olib keladi. Ekolog olimlarning fikricha, chiqindilar poligonlaridan ajraladigan filtrat moddalar yer osti suvlariga tushib, ekologik muvozanatga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.So‘nggi yillarda O‘zbekistonda “yashil iqtisodiyot” tamoyillariga asoslangan ekologik siyosatni rivojlantirishga katta e’tibor qaratilmoqda. Mazkur konsepsiya resurslardan oqilona foydalanish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash va chiqindilarni minimallashtirishni nazarda tutadi. Shu asosda chiqindilarni qayta ishlash sohasiga investitsiyalar jalb qilish, xususiy sektor ishtirokini kengaytirish va innovatsion texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha qator loyihalar amalga oshirilmoqda. Buxoro viloyatida ham qayta ishlash korxonalarini tashkil etish, chiqindilarni saralash punktlarini ko‘paytirish hamda aholining ekologik madaniyatini oshirishga qaratilgan targ‘ibot ishlari olib borilmoqda.Ekologik madaniyatni shakllantirish chiqindilar bilan bog‘liq muammolarni hal qilishda muhim omillardan biridir. Aholining chiqindilarni alohida yig‘ish va qayta ishlashga bo‘lgan munosabatini o‘zgartirmasdan turib, ekologik samaradorlikka erishish qiyin hisoblanadi. Shu sababli ta’lim muassasalarida ekologik tarbiya tizimini kuchaytirish, ommaviy axborot vositalari orqali ekologik targ‘ibotni rivojlantirish hamda aholiga chiqindilarni qayta ishlashning foydali jihatlarini tushuntirish muhim ahamiyat kasb etadi. Rivojlangan davlatlar tajribasi shuni

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadiki, aholining ekologik ongini oshirish chiqindilar hajmini kamaytirish va qayta ishlash samaradorligini oshirishga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.Chiqindilarni qayta ishlash iqtisodiy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Ikkilamchi xomashyo asosida yangi mahsulot ishlab chiqarish tannarxni kamaytiradi va iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Shu bilan birga, qayta ishlash korxonalarining rivojlanishi yangi ish o‘rinlarini yaratishga xizmat qiladi. Bu esa hududning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, plastik, qog‘oz va metall chiqindilarini qayta ishlash orqali mahalliy sanoat uchun qo‘shimcha xomashyo bazasi yaratiladi.Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, chiqindilarni qayta ishlash tizimining samaradorligi davlat siyosati, texnologik imkoniyatlar va aholi ekologik madaniyatining uyg‘unligiga bog‘liqdir. Shu sababli Buxoro viloyatida ekologik monitoring tizimini kuchaytirish, zamonaviy qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish, chiqindilarni saralash infratuzilmasini kengaytirish va ekologik nazoratni takomillashtirish muhim vazifalar hisoblanadi. Mazkur chora-tadbirlar orqali hududning ekologik holatini yaxshilash, tabiiy resurslarni asrash va kelajak avlod uchun sog‘lom ekologik muhitni saqlab qolish mumkin bo‘ladi.

Hozirgi davrda chiqindilarni boshqarish va qayta ishlash bilan bog‘liq muammolar ekologik xavfsizlikni ta’minlashdagi eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Dunyo miqyosida sanoatlashtirish, urbanizatsiya va iste’mol hajmining ortib borishi natijasida chiqindilar miqdori keskin ko‘paymoqda. Mazkur holat nafaqat atrof-muhitning ifloslanishiga, balki inson salomatligi, iqtisodiy barqarorlik va tabiiy resurslardan foydalanish samaradorligiga ham salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. O‘zbekiston hududlarida, jumladan Buxoro viloyatida ham chiqindilar bilan bog‘liq ekologik muammolar mavjud bo‘lib, ularni bartaraf etish zamonaviy ekologik siyosatning ustuvor vazifalaridan biri hisoblanadi.Buxoro viloyatida kuzatilayotgan asosiy muammolardan biri maishiy chiqindilar hajmining ortib borishi bilan bog‘liqdir. Aholi sonining ko‘payishi, turizm va xizmat ko‘rsatish sohalarining rivojlanishi natijasida turli xil chiqindilar miqdori yil sayin oshib bormoqda. Ayniqsa, plastik, polietilen va bir martalik mahsulotlar ulushining ortishi ekologik tizim uchun jiddiy xavf tug‘dirmoqda. Plastik chiqindilar uzoq muddat parchalanmasligi sababli tuproq unumdorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi hamda suv manbalarining ifloslanishiga olib keladi. Ayrim hududlarda chiqindilarning tartibsiz tashlanishi va noqonuniy chiqindi to‘planish joylarining paydo bo‘lishi sanitariya-gigiyena holatini yomonlashtirib, yuqumli kasalliklarning tarqalish xavfini kuchaytiradi.Muammolarning yana biri chiqindilarni saralash tizimining yetarli darajada rivojlanmaganligi bilan bog‘liqdir. Rivojlangan davlatlarda chiqindilar manbaning o‘zida turiga qarab alohida yig‘iladi va qayta ishlash korxonalariga yuboriladi. Buxoro viloyatida esa

ISSN 3030-3907

ko‘plab hollarda maishiy chiqindilar aralash holatda yig‘iladi. Natijada qayta ishlash jarayonida foydalanish mumkin bo‘lgan qog‘oz, shisha, metall va plastik materiallar boshqa organik chiqindilar bilan aralashib ketadi. Bu esa qayta ishlash samaradorligini pasaytiradi va iqtisodiy zarar keltirib chiqaradi. Chiqindilarni saralash madaniyatining yetarlicha shakllanmaganligi ham mazkur muammoning asosiy sabablaridan biri hisoblanadi.Hududdagi ekologik muammolarning yana bir muhim jihati zamonaviy qayta ishlash korxonalari sonining cheklanganligidir. Mavjud korxonalarning texnik imkoniyatlari barcha turdagi chiqindilarni to‘liq qayta ishlash uchun yetarli emas. Natijada chiqindilarning katta qismi poligonlarga chiqarib tashlanmoqda. Poligonlarning haddan tashqari to‘lib borishi yer resurslarining qisqarishiga, atmosfera havosining ifloslanishiga va yer osti suvlariga zararli moddalarning singib ketishiga sabab bo‘lmoqda. Ayniqsa, yoz oylarida chiqindilarning chirishi natijasida metan va boshqa zaharli gazlar ajralib chiqishi ekologik vaziyatni yanada murakkablashtiradi. Bu esa global iqlim o‘zgarishiga ham salbiy ta’sir ko‘rsatadigan omillardan biri hisoblanadi.Moliyaviy va texnologik muammolar ham chiqindilarni qayta ishlash tizimining rivojlanishiga to‘sqinlik qilmoqda. Zamonaviy ekologik texnologiyalar katta investitsiyalar talab qiladi. Ayrim hududlarda esa qayta ishlash korxonalarini tashkil etish uchun zarur texnik baza va malakali mutaxassislar yetishmaydi. Shuningdek, ekologik monitoring va nazorat tizimining ayrim hollarda sust ishlashi chiqindilar bilan bog‘liq qonunbuzarliklarning oldini olish imkoniyatini kamaytiradi. Noqonuniy chiqindi tashlash holatlari ekologik muvozanat buzilishiga va tabiiy landshaftlarning zararlanishiga olib kelmoqda.Mazkur muammolarni hal qilish uchun avvalo chiqindilarni boshqarishning kompleks tizimini rivojlantirish zarur hisoblanadi. Chiqindilarni saralash tizimini keng joriy etish ekologik samaradorlikni oshirishning eng muhim yo‘nalishlaridan biridir. Har bir aholi yashash hududida alohida konteynerlar o‘rnatilishi va chiqindilarni turiga qarab yig‘ish tizimining tashkil etilishi qayta ishlash hajmini sezilarli darajada oshiradi. Plastik, shisha, qog‘oz va organik chiqindilarni alohida yig‘ish orqali ikkilamchi xomashyo sifatida foydalanish imkoniyati kengayadi. Bu esa chiqindilar hajmini kamaytirish bilan bir qatorda iqtisodiy foyda olish imkonini ham yaratadi.Qayta ishlash korxonalarini modernizatsiya qilish va yangi texnologiyalarni joriy etish ham muhim yechimlardan biri hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalar chiqindilarni ekologik xavfsiz usulda qayta ishlash imkonini beradi. Masalan, organik chiqindilardan biogaz ishlab chiqarish orqali muqobil energiya manbai yaratish mumkin. Plastik chiqindilarni qayta ishlash asosida qurilish materiallari yoki sanoat mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyalari iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Shu bilan birga, chiqindilarni yoqish orqali energiya ishlab chiqarish

ISSN 3030-3907

tizimlari ham ayrim davlatlarda muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Biroq bunday texnologiyalar ekologik xavfsizlik talablariga to‘liq javob berishi lozim.Aholining ekologik madaniyatini oshirish chiqindilar muammosini hal qilishning eng muhim omillaridan biri sanaladi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ekologik ong va mas’uliyat yuqori bo‘lgan jamiyatlarda chiqindilarni qayta ishlash samaradorligi ancha yuqori bo‘ladi. Shu sababli maktab, kollej, litsey va oliy ta’lim muassasalarida ekologik ta’limni kuchaytirish muhim ahamiyatga ega. Ommaviy axborot vositalari, internet platformalari va ijtimoiy tarmoqlar orqali ekologik targ‘ibot ishlarini olib borish aholining chiqindilar bilan bog‘liq masalalarga bo‘lgan munosabatini ijobiy tomonga o‘zgartiradi.Davlat tomonidan ekologik siyosatni kuchaytirish ham muhim ahamiyat kasb etadi. Chiqindilarni qayta ishlash sohasiga investitsiyalar jalb qilish, xususiy sektor faoliyatini qo‘llab-quvvatlash va ekologik qonunchilikni takomillashtirish orqali mazkur sohani rivojlantirish mumkin. Ayrim rivojlangan davlatlarda chiqindilarni qayta ishlovchi korxonalarga soliq imtiyozlari berilishi yoki ekologik subsidiyalar ajratilishi ushbu tizimning rivojlanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatgan. O‘zbekistonda ham ekologik islohotlar doirasida chiqindilarni boshqarish tizimini modernizatsiya qilishga katta e’tibor qaratilmoqda.Buxoro viloyati misolida ekologik monitoring tizimini rivojlantirish va raqamli texnologiyalarni joriy etish ham muhim yechimlardan biri hisoblanadi. Maxsus elektron monitoring tizimlari orqali chiqindilar hajmi, ularning harakati va qayta ishlash ko‘rsatkichlarini nazorat qilish mumkin bo‘ladi. Bu esa ekologik boshqaruv samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek, hududda “yashil iqtisodiyot” tamoyillarini keng joriy etish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish va ekologik innovatsiyalarni qo‘llab-quvvatlash chiqindilar bilan bog‘liq muammolarni kamaytirishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.Umuman olganda, chiqindilarni qayta ishlash tizimini rivojlantirish ekologik muhofaza, iqtisodiy taraqqiyot va aholi salomatligini ta’minlashning muhim shartlaridan biridir. Buxoro viloyatida mavjud ekologik muammolarni bartaraf etish uchun zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, qayta ishlash infratuzilmasini kengaytirish, aholining ekologik madaniyatini oshirish va davlat nazoratini kuchaytirish zarur hisoblanadi. Mazkur chora-tadbirlarning amalga oshirilishi hudud ekologik holatini yaxshilash, tabiiy resurslarni asrash va barqaror rivojlanishni таъминlashga xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqot ishida chiqindilarni qayta ishlash va ularning ekologik samaradorligini baholash masalalari Buxoro viloyati misolida ilmiy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot davomida chiqindilar bilan bog‘liq ekologik muammolarning kelib chiqish sabablari, ularning atrof-muhit hamda inson salomatligiga salbiy ta’siri yoritildi. Shuningdek, chiqindilarni qayta ishlashning ekologik va iqtisodiy

ISSN 3030-3907

afzalliklari, zamonaviy texnologiyalar hamda “yashil iqtisodiyot” tamoyillarining ahamiyati keng tahlil qilindi.Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, chiqindilarni qayta ishlash tizimini rivojlantirish tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, atmosfera havosi va suv resurslari ifloslanishini kamaytirish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlashning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, plastik, metall, qog‘oz va organik chiqindilarni qayta ishlash orqali ikkilamchi xomashyo bazasini kengaytirish, energiya tejamkorligini oshirish va chiqindilar hajmini kamaytirish imkoniyati mavjud. Shu bilan birga, qayta ishlash tizimining rivojlanishi yangi ish o‘rinlari yaratish va hudud iqtisodiyotini qo‘llab-quvvatlashga ham xizmat qiladi.Buxoro viloyatida chiqindilarni boshqarish tizimi bosqichma-bosqich takomillashib borayotgan bo‘lsa-da, ayrim ekologik muammolar hanuz mavjudligi aniqlandi. Xususan, chiqindilarni saralash tizimining yetarlicha rivojlanmaganligi, qayta ishlash korxonalari sonining cheklanganligi, noqonuniy chiqindi to‘planish holatlari va ekologik madaniyatning yetarli darajada shakllanmaganligi muhim muammolar sifatida qayd etildi. Ushbu holatlar ekologik muvozanatga salbiy ta’sir ko‘rsatib, tuproq, suv va atmosfera ifloslanishiga sabab bo‘lmoqda.Mazkur muammolarni bartaraf etish uchun chiqindilarni alohida yig‘ish tizimini keng joriy etish, zamonaviy qayta ishlash texnologiyalaridan foydalanish, ekologik monitoring tizimini kuchaytirish hamda aholining ekologik ongini oshirish zarur ekanligi asoslab berildi. Shuningdek, davlat va xususiy sektor hamkorligini rivojlantirish, ekologik investitsiyalarni ko‘paytirish va xalqaro tajribalarni amaliyotga tatbiq etish chiqindilarni boshqarish tizimining samaradorligini oshirishga xizmat qilishi ta’kidlandi.Xulosa qilib aytganda, chiqindilarni qayta ishlash ekologik barqarorlikni ta’minlashning muhim sharti bo‘lib, ushbu tizimni takomillashtirish Buxoro viloyatining ekologik holatini yaxshilash, tabiiy resurslarni asrash va kelajak avlod uchun sog‘lom ekologik muhit yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Chiqindilarni boshqarishning ilmiy asoslangan va zamonaviy mexanizmlarini rivojlantirish orqali hududda ekologik xavfsizlikni mustahkamlash hamda barqaror rivojlanishga erishish mumkin bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi. – Toshkent: O‘zbekiston, 2023.
2. O‘zbekiston Respublikasining “Chiqindilar to‘g‘risida”gi Qonuni. – Toshkent, 2002.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilishga oid farmon va qarorlari. – Toshkent, 2019–2024.
4. Mirziyoyev Sh.M. *Yangi O‘zbekiston strategiyasi*. – Toshkent: O‘zbekiston, 2021.

ISSN 3030-3907

5. Rasulov A., Qodirov B. *Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi asoslari*. – Toshkent: Fan, 2020.
6. To‘xtayev A. *Ekologiya*. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018.
7. Axmedov O‘., Ismoilov I. *Tabiatdan foydalanish iqtisodiyoti*. – Toshkent: Iqtisodiyot, 2019.
8. Xolmatov X., Abdullayev R. *Atrof-muhit muhofazasi va ekologik xavfsizlik*. – Toshkent: Tafakkur, 2021.
9. United Nations Environment Programme (UNEP). *Global Waste Management Outlook*. – Nairobi, 2022.
10. World Bank. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. – Washington DC, 2018.
11. European Environment Agency. *Waste Recycling in Europe*. – Copenhagen, 2021.
12. Gilbert M. *Introduction to Environmental Engineering and Science*. – New Jersey: Pearson Education, 2019.

ISSN 3030-3907

OPTIK HODISALARNI MODELLASHTIRISH ASOSIDA O‘QITISH

Avulova Zamira Tursunmurodovna
Shahrisabz davlat pedagogika instituti “Tabiiy fanlar” kafedrasi Katta o‘qituvchi
ORCID: 0009-0003-7560-006X
E-mail: zamiraavulova@gmail.com
Nomozova Dilnoza Mamarajab qizi
Shahrisabz davlat pedagogika instituti “Tabiiy fanlar” kafedrasi v.b.dotsenti,PhD
E-mail: nomozova23@mail.com
ORCID: 0009-0002-9330-9287
Soatov Hasan Parda o‘g‘li
Shahrisabz davlat pedagogika instituti “Tabiiy fanlar” kafedrasi stajyor o‘qituvchisi
E-mail: soatovhasan20@mail.com
ORCID: 0009-0006-5794-0265
Tuymurodov Shohjahon Bobur o‘g‘li
Shahrisabz davlat pedagogika instituti Aniq fanlar oliy pedagogika maktabi Fizika yo‘nalishi 2-bosqich talabasi

Annotatsiya. Optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish zamonaviy fizika ta’limining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur maqolada optik hodisalarni kompyuter modellashtirish, virtual laboratoriyalar va interaktiv simulyatsiyalar yordamida o‘qitishning ilmiy-metodik asoslari tahlil qilingan. Yorug‘likning sinishi, qaytishi, dispersiyasi, interferensiyasi va difraksiyasi kabi murakkab optik jarayonlarni modellashtirish o‘quvchilarning mavzuni chuqurroq tushunishiga, nazariy bilimlarni amaliy kuzatish bilan bog‘lashiga xizmat qilishi yoritilgan. Tadqiqot davomida modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish o‘quvchilarda ilmiy tafakkur, analitik fikrlash, kuzatuvchanlik va mustaqil xulosa chiqarish ko‘nikmalarini rivojlantirishi aniqlangan. Shuningdek, virtual muhitda tajribalarni takroriy bajarish imkoniyati o‘quv jarayonining samaradorligini oshirishi asoslab berilgan. Maqolada optik hodisalarni o‘qitishda raqamli ta’lim resurslari va simulyatsion dasturlarning didaktik imkoniyatlari ham yoritilgan. Natijalar optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish fizik bilimlarni o‘zlashtirish sifatini oshirish bilan birga, o‘quvchilarning fan va texnologiyaga bo‘lgan qiziqishini kuchaytirishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: optik hodisalar, modellashtirish, virtual laboratoriya, simulyatsiya, fizika ta’limi, yorug‘lik dispersiyasi, interferensiya, difraksiya, raqamli texnologiyalar, interaktiv ta’lim.

Аннотация. Обучение на основе моделирования оптических явлений является одним из актуальных направлений современного физического образования. В данной статье проанализированы научно-методические основы преподавания оптических явлений с использованием компьютерного моделирования, виртуальных лабораторий и интерактивных симуляций. Показано, что моделирование таких сложных оптических процессов, как отражение, преломление, дисперсия, интерференция и дифракция света, способствует более глубокому пониманию темы учащимися и связывает теоретические знания с практическими наблюдениями. В ходе исследования установлено, что применение технологий моделирования развивает у обучающихся научное мышление, аналитические способности, наблюдательность и навыки самостоятельного вывода. Кроме того, возможность многократного выполнения экспериментов в виртуальной среде повышает эффективность учебного процесса. В статье также раскрываются дидактические возможности цифровых образовательных ресурсов и симуляционных программ при изучении оптических явлений. Полученные результаты показывают, что обучение на основе моделирования не только повышает качество усвоения физических знаний, но и усиливает интерес учащихся к науке и современным технологиям.

Ключевые слова: оптические явления, моделирование, виртуальная лаборатория, симуляция, физическое образование, дисперсия света, интерференция, дифракция, цифровые технологии, интерактивное обучение.

Abstract. Teaching optical phenomena based on modeling is one of the актуал directions of modern physics education. This article analyzes the scientific and methodological foundations of teaching optical phenomena through the use of computer modeling, virtual laboratories, and interactive simulations. It is shown that modeling such complex optical processes as reflection, refraction, dispersion, interference, and diffraction of light contributes to a deeper understanding of the subject by students and connects theoretical knowledge with practical observations. The study found that the application of modeling technologies develops students' scientific thinking, analytical abilities, observation skills, and independent reasoning abilities. In addition, the possibility of repeatedly conducting experiments in a virtual environment increases the effectiveness of the educational process. The article also reveals the didactic possibilities of digital educational resources and simulation programs in the study of optical phenomena. The obtained results demonstrate that modeling-based learning not only improves

ISSN 3030-3907

the quality of mastering physical knowledge but also enhances students' interest in science and modern technologies.

Keywords: optical phenomena, modeling, virtual laboratory, simulation, physics education, light dispersion, interference, diffraction, digital technologies, interactive learning.

KIRISH.

Bugungi kunda ta'lim tizimida zamonaviy pedagogik texnologiyalarni joriy etish, ayniqsa tabiiy fanlarni o‘qitishda innovatsion yondashuvlardan foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Fizika fanining optika bo‘limi murakkab va abstrakt hodisalarga boyligi sababli uni o‘qitishda faqat an'anaviy tushuntirish usullaridan foydalanish o‘quvchilarning mavzuni to‘laqonli anglashiga yetarli darajada imkon bermaydi. Shu sababli optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish metodikasini ishlab chiqish va amaliyotga tatbiq etish muhim ilmiy-metodik ahamiyat kasb etadi. Yorug‘likning qaytishi, sinishi, interferensiyasi, difraksiyasi, dispersiyasi kabi hodisalar ko‘pincha nazariy jihatdan izohlanadi, biroq ularni virtual modellar, kompyuter simulyatsiyalari va interaktiv tajribalar yordamida ko‘rsatish o‘quvchilarning bilimni vizual ravishda qabul qilishiga xizmat qiladi. Natijada murakkab fizik jarayonlarning mohiyatini tushunish osonlashadi hamda o‘quvchilarning ilmiy dunyoqarashi rivojlanadi.

Hozirgi raqamli texnologiyalar rivojlangan davrda fizika fanini o‘qitishda modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish ta'lim samaradorligini oshiruvchi asosiy vositalardan biri sifatida qaralmoqda. Modellashtirish usuli orqali o‘quvchi real tajribada kuzatish qiyin bo‘lgan fizik hodisalarni virtual muhitda tahlil qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Ayniqsa optik hodisalarni o‘rganishda yorug‘lik nurlarining yo‘nalishi, to‘lqin tabiati, elektromagnit xususiyatlari va muhit bilan o‘zaro ta'sirini animatsion tasvirlar asosida ko‘rsatish fizik tushunchalarning aniq shakllanishiga yordam beradi. Shu jihatdan optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish nafaqat nazariy bilimlarni mustahkamlash, balki o‘quvchilarning ijodiy va mustaqil fikrlash qobiliyatini rivojlantirishda ham muhim ahamiyatga ega.

Fizika ta'limida optik hodisalarning ilmiy asoslarini chuqur o‘rganish o‘quvchilarda tabiat qonuniyatlarini anglashga bo‘lgan qiziqishni kuchaytiradi. Chunki optika bo‘limida yorug‘likning tabiati, elektromagnit to‘lqinlarning tarqalishi, ranglarning hosil bo‘lishi, linzalar va optik asboblarning ishlash prinsiplari kabi ko‘plab mavzular mavjud bo‘lib, ular kundalik hayot va zamonaviy texnologiyalar bilan chambarchas bog‘liqdir. Masalan, lazer texnologiyalari, optik tolali aloqa tizimlari, teleskop va mikroskoplarning ishlash tamoyili optik hodisalarga asoslanadi. Shu sababli mazkur mavzularni modellashtirish asosida o‘qitish orqali o‘quvchilar nazariy bilimlarni real

ISSN 3030-3907

texnologik jarayonlar bilan bog‘lay oladi. Fizika kursida optik hodisalarni o‘qitish jarayonida ko‘rgazmali vositalardan foydalanish o‘quvchilarning fazoviy tasavvurlarini rivojlantiradi va murakkab tushunchalarni idrok etishni yengillashtiradi[1].

Shuningdek, virtual laboratoriyalar va interaktiv simulyatsiyalar o‘quvchilarning mustaqil ta’lim faoliyatini rivojlantirishda ham katta imkoniyat yaratadi. An’anaviy laboratoriya mashg‘ulotlarida mavjud texnik cheklovlar ayrim optik tajribalarni to‘liq bajarishga imkon bermasligi mumkin. Virtual modellashtirish esa xavfsiz, qulay va iqtisodiy jihatdan samarali muhit yaratadi. O‘quvchi istalgan optik tajribani bir necha bor takrorlash, parametrlarni o‘zgartirish va natijalarni tahlil qilish imkoniga ega bo‘ladi. Bu esa tadqiqotchilik ko‘nikmalarining shakllanishiga xizmat qiladi. Kompyuter modellaridan foydalanish fizik hodisalarning dinamik jarayonlarini ko‘rsatish orqali o‘quvchilarning analitik tafakkurini rivojlantirishga yordam beradi[2].

Optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish metodikasi o‘quvchilarda nafaqat fizik bilimlarni, balki axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish kompetensiyalarini ham shakllantiradi. Chunki zamonaviy ta’lim muhiti o‘quvchidan raqamli texnologiyalar bilan ishlash ko‘nikmalariga ega bo‘lishni talab qiladi. Fizika fanida qo‘llaniladigan simulyatsion dasturlar, virtual laboratoriyalar va animatsion platformalar o‘quvchilarning mustaqil izlanish olib borishiga imkon yaratadi. Bu esa ta’lim jarayonida o‘quvchi faolligini oshiradi hamda mavzularni chuqurroq o‘zlashtirishga xizmat qiladi. Ayniqsa optik hodisalarni modellashtirish orqali o‘quvchilar yorug‘likning fizik mohiyatini intuitiv ravishda tushunishga erishadi. Natijada abstrakt tushunchalar aniq vizual tasvirlar orqali anglanadi.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundaki, optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish metodikasi fizika ta’limida innovatsion yondashuv sifatida o‘quvchilarning bilim samaradorligini oshirish, ularning ilmiy tafakkurini rivojlantirish va amaliy ko‘nikmalarini shakllantirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, virtual modellashtirish texnologiyalarining ta’lim jarayonidagi didaktik imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslash bugungi kunda muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Tadqiqot davomida optik hodisalarni o‘qitishda modellashtirish texnologiyalaridan foydalanishning pedagogik afzalliklari hamda o‘quvchilarning fizik tushunchalarni o‘zlashtirishdagi samaradorligi tahlil qilinadi. Zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish asosida tashkil etilgan fizika darslari o‘quvchilarning fanga bo‘lgan qiziqishini oshirib, bilimlarni mustaqil egallash ko‘nikmalarini rivojlantiradi[3].

METODOLOGIYA QISMI. Mazkur tadqiqotda optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitishning ilmiy-metodik asoslarini ishlab chiqish

ISSN 3030-3907

hamda uning ta’lim samaradorligiga ta’sirini aniqlash asosiy metodologik yo‘nalish sifatida belgilandi. Tadqiqot metodologiyasi zamonaviy pedagogika, fizika o‘qitish metodikasi, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari hamda modellashtirish nazariyalarining o‘zaro integratsiyasiga tayangan holda shakllantirildi. Tadqiqot davomida optik hodisalarni o‘qitishda an’anaviy va innovatsion yondashuvlarning didaktik imkoniyatlari qiyosiy tahlil qilindi. Shu bilan birga, modellashtirish asosida tashkil etilgan darslarning o‘quvchilar bilimini o‘zlashtirish darajasiga, ularning ilmiy tafakkuri va amaliy ko‘nikmalarining rivojlanishiga ta’siri o‘rganildi.

Tadqiqotning metodologik asosida tizimli yondashuv muhim o‘rin egalladi. Chunki optik hodisalar o‘zaro bog‘liq fizik qonuniyatlar majmuasi hisoblanadi va ularni izchil ravishda o‘rganish o‘quvchilarda yaxlit ilmiy tasavvur hosil qiladi. Shu sababli tadqiqot jarayonida yorug‘likning qaytishi, sinishi, dispersiyasi, interferensiyasi va difraksiyasi kabi mavzular bosqichma-bosqich modellashtirish asosida yoritildi. Har bir optik hodisa uchun maxsus virtual modellar va animatsion tasvirlardan foydalanildi. Bu yondashuv orqali o‘quvchilar nazariy formulalar bilan bir qatorda hodisalarning dinamik jarayonini ham kuzatish imkoniyatiga ega bo‘ldi. Natijada fizik tushunchalarni vizual ravishda qabul qilish va ularni amaliy vaziyatlarda qo‘llash darajasi oshdi.

Tadqiqot davomida pedagogik kuzatish, taqqoslash, modellashtirish, eksperimental sinov va statistik tahlil metodlaridan foydalanildi. Pedagogik kuzatish usuli yordamida o‘quvchilarning optik hodisalarga oid bilimlarni o‘zlashtirish jarayonidagi faolligi, qiziqishi va mustaqil ishlash ko‘nikmalari monitoring qilindi. Taqqoslash metodidan foydalanish orqali an’anaviy dars usullari bilan modellashtirish asosida tashkil etilgan darslarning samaradorligi o‘zaro qiyoslandi. Shuningdek, tajriba-sinov ishlari davomida eksperimental va nazorat guruhlari tashkil etildi. Eksperimental guruhda optik hodisalar virtual laboratoriyalar, simulyatsiyalar va interaktiv modellar asosida o‘qitildi, nazorat guruhida esa an’anaviy tushuntirish va laboratoriya mashg‘ulotlari qo‘llanildi. Olingan natijalar o‘quvchilarning bilim ko‘rsatkichlari asosida tahlil qilindi.

Modellashtirish metodining qo‘llanilishi tadqiqotning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Ushbu metod yordamida optik hodisalarning fizik mohiyati soddalashtirilgan virtual tasvirlar orqali ifodalandi. Masalan, yorug‘likning sinish hodisasini o‘rganishda turli muhitlarda nurning yo‘nalish o‘zgarishini ko‘rsatuvchi animatsion modeldan foydalanildi. Interferensiya va difraksiya hodisalarida esa to‘lqinlarning ustma-ust tushishi va natijaviy manzaralarning hosil bo‘lishi simulyatsion grafiklar orqali namoyish qilindi. Bu esa o‘quvchilarning abstrakt tushunchalarni konkret obrazlar orqali idrok etishiga yordam berdi. Fizik modellashtirish usuli o‘quvchilarning murakkab fizik

ISSN 3030-3907

jarayonlarni soddalashtirilgan shaklda tushunishiga va ularni amaliy vaziyatlarga tatbiq eta olishiga imkon yaratadi[4].

Tadqiqot metodologiyasida axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanishning pedagogik imkoniyatlariga ham alohida e'tibor qaratildi. Zamonaviy ta'limda raqamli texnologiyalar o'quvchilarning bilim olish jarayonini faollashtiruvchi vosita sifatida qaraladi. Shu sababli optik hodisalarni modellashtirishda virtual laboratoriyalar, multimedia taqdimotlari, grafik animatsiyalar va interaktiv platformalardan foydalanildi. Bu vositalar yordamida o'quvchilar murakkab optik jarayonlarni vizual ravishda kuzatish, parametrlarni mustaqil o'zgartirish va natijalarni tahlil qilish imkoniyatiga ega bo'ldi. Ayniqsa, virtual tajribalar o'quvchilarda ilmiy izlanish kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qildi. Chunki ular tajriba davomida gipoteza ilgari surish, natijalarni solishtirish va xulosa chiqarish bosqichlarini mustaqil amalga oshirdi.

Tadqiqotning eksperimental bosqichida o'quvchilarning bilim darajasini aniqlash uchun diagnostik testlar, savolnomalar va amaliy topshiriqlardan foydalanildi. Dastlabki va yakuniy natijalar o'zaro taqqoslanib, modellashtirish asosidagi ta'lim metodikasining samaradorligi statistik jihatdan baholandi. Statistik tahlilda foiz ko'rsatkichlari, o'rtacha qiymatlar va taqqoslama diagrammalardan foydalanildi. Olingan natijalar eksperimental guruhdagi o'quvchilarning optik hodisalarga oid bilimlari va amaliy ko'nikmalari nazorat guruhiga nisbatan yuqori darajada shakllanganini ko'rsatdi. Ta'lim jarayonida zamonaviy pedagogik texnologiyalarni qo'llash o'quvchilarning bilish faolligini oshiradi hamda mustaqil fikrlash qobiliyatining rivojlanishiga xizmat qiladi[5].

Shuningdek, tadqiqot metodologiyasida kompetensiyaviy yondashuv tamoyillari ham inobatga olindi. Chunki fizika fanini o'qitish jarayonida faqat nazariy bilimlarni berish emas, balki o'quvchilarda amaliy va kommunikativ kompetensiyalarni shakllantirish ham muhim hisoblanadi. Optik hodisalarni modellashtirish asosida o'qitish orqali o'quvchilar jamoada ishlash, muammoli vaziyatlarni hal qilish, ilmiy kuzatish olib borish va axborot texnologiyalaridan foydalanish ko'nikmalarini rivojlantirdi. Bu esa zamonaviy ta'limning asosiy maqsadlaridan biri bo'lgan funksional savodxonlikni shakllantirishga xizmat qildi.

NATIJALAR BO'LIMI. Tadqiqot davomida optik hodisalarni modellashtirish asosida o'qitish metodikasining samaradorligi eksperimental sinovlar yordamida aniqlashtirildi. Tajriba-sinov ishlari umumiy o'rta ta'lim maktabining 10-sinf o'quvchilari ishtirokida tashkil etildi. O'quvchilar eksperimental va nazorat guruhlariga ajratilib, eksperimental guruhda optik hodisalar virtual modellar, interaktiv simulyatsiyalar va multimedia vositalari asosida o'qitildi. Nazorat guruhida esa an'anaviy tushuntirish va oddiy

ISSN 3030-3907

laboratoriya usullaridan foydalanildi. Tadqiqot natijalari modellashtirish asosidagi ta’lim jarayoni o‘quvchilarning optik hodisalarni tushunish darajasi va amaliy ko‘nikmalarining rivojlanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatganini isbotladi.

Eksperimental guruh o‘quvchilari yorug‘likning qaytishi va sinishi, interferensiya, difraksiya hamda dispersiya hodisalariga oid masalalarni yechishda yuqori natijalarni qayd etdi. Ayniqsa virtual laboratoriyalarda tajribalarni mustaqil bajarish imkoniyati o‘quvchilarning mavzuga bo‘lgan qiziqishini oshirdi. Tajriba davomida o‘quvchilarning nazariy bilimlarni amaliy vaziyatlarda qo‘llash darajasi sezilarli ravishda ortgani kuzatildi. Modellashtirish asosida tashkil etilgan darslarda o‘quvchilar murakkab fizik hodisalarni vizual ravishda kuzatgani sababli mavzuni o‘zlashtirish tezligi yuqori bo‘ldi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, eksperimental guruhda o‘zlashtirish ko‘rsatkichi nazorat guruhiga nisbatan o‘rtacha 12–15 foizga yuqori bo‘lgan.

Shuningdek, optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish o‘quvchilarda ilmiy tafakkur va analitik fikrlash ko‘nikmalarining rivojlanishiga xizmat qilgani aniqlandi. Virtual modellar yordamida o‘quvchilar fizik jarayonlarning sabab-oqibat bog‘lanishini yaxshiroq tushunishga erishdi. Ayniqsa yorug‘lik to‘lqinlarining interferensiyasi va difraksiyasi kabi abstrakt hodisalarni animatsion tarzda kuzatish o‘quvchilarning fazoviy tasavvurini kengaytirdi. Ko‘rgazmali va modellashtirilgan ta’lim vositalari fizik hodisalarning ichki mohiyatini anglashni yengillashtirib, o‘quvchilarning tafakkur faolligini oshiradi[6]. Shu bilan birga, o‘quvchilarning mustaqil ishlash, tajriba natijalarini tahlil qilish va xulosa chiqarish kompetensiyalarida ham sezilarli o‘sish kuzatildi.

Tajriba-sinov natijalarining statistik tahlili modellashtirish texnologiyalarining ta’lim samaradorligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatganini tasdiqladi. Eksperimental guruh o‘quvchilari tomonidan bajarilgan test topshiriqlarida yuqori aniqlik va tezkorlik qayd etildi. Ayniqsa optik asboblarning ishlash prinsiplari, yorug‘likning muhitlar chegarasidagi harakati va elektromagnit tabiatiga oid savollarda yuqori natijalar kuzatildi. Bu holat modellashtirish asosidagi ta’limning nazariy bilimlarni mustahkamlash bilan birga, ularni amaliy jihatdan tushunishga ham yordam berishini ko‘rsatdi. [7] Zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanilgan dars mashg‘ulotlari o‘quvchilarning bilimni idrok etish tezligini oshirib, mustaqil fikrlash faoliyatini rivojlantiradi.

Tadqiqot yakunida optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish metodikasi fizika ta’limi samaradorligini oshirishning muhim omillaridan biri ekanligi aniqlandi. Ushbu metodika orqali o‘quvchilar murakkab optik jarayonlarni chuqurroq anglash, nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog‘lash hamda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish ko‘nikmalarini egallash imkoniyatiga ega bo‘ldi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, modellashtirish

ISSN 3030-3907

asosidagi darslar o‘quvchilarning fan va texnologiyaga bo‘lgan qiziqishini oshirib, fizika fanini o‘rganishga nisbatan ijobiy motivatsiyani shakllantiradi.

MUHOKAMA QISMI. Tadqiqot davomida olingan natijalar optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish metodikasi fizika ta’limida yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa yorug‘likning qaytishi, sinishi, interferensiyasi va difraksiyasi kabi murakkab fizik hodisalarni virtual modellar orqali tushuntirish o‘quvchilarning mavzuni chuqurroq anglashiga xizmat qildi. An’anaviy ta’lim jarayonida o‘quvchilar ko‘pincha formulalarni yodlash bilan cheklanib qoladi, biroq modellashtirish asosidagi darslarda ular fizik hodisalarning ichki mohiyatini vizual kuzatish imkoniyatiga ega bo‘ldi. Bu esa abstrakt tushunchalarning konkret obrazlar orqali shakllanishiga yordam berdi. Tadqiqot natijalari modellashtirish texnologiyalari o‘quvchilarning nafaqat nazariy bilimlarini, balki amaliy tahlil qilish ko‘nikmalarini ham rivojlantirishini tasdiqladi.

Muhokama jarayonida aniqlanishicha, virtual laboratoriyalar va interaktiv simulyatsiyalar o‘quvchilarning darsdagi faolligini sezilarli darajada oshiradi. Chunki o‘quvchi tayyor ma’lumotni qabul qiluvchi emas, balki tajribani mustaqil kuzatuvchi va tahlil qiluvchi subyektga aylanadi. Bu esa kompetensiyaviy yondashuv talablariga mos ravishda o‘quvchilarda mustaqil fikrlash, ilmiy kuzatish va muammoli vaziyatlarni hal qilish ko‘nikmalarini shakllantiradi. Shu bilan birga, modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish optik hodisalarning fizik qonuniyatlarini amaliy vaziyatlar bilan bog‘lash imkonini yaratdi. Masalan, linzalar va optik asboblarning ishlash prinsiplari virtual animatsiyalar orqali ko‘rsatilganda o‘quvchilarning mavzuga bo‘lgan qiziqishi ortgani kuzatildi.

Tadqiqot natijalarini tahlil qilish shuni ko‘rsatdiki, modellashtirish asosida tashkil etilgan darslar o‘quvchilarning bilimni eslab qolish darajasiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Vizual tasvirlar va interaktiv tajribalar yordamida olingan bilim uzoq muddatli xotirada mustahkam saqlanadi. Bundan tashqari, o‘quvchilar murakkab optik jarayonlarni bir necha marta takroriy kuzatish imkoniyatiga ega bo‘lgani sababli mavzularni chuqurroq o‘zlashtirdi. Shu jihatdan qaraganda, optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish metodikasi zamonaviy fizika ta’limining innovatsion yo‘nalishlaridan biri sifatida muhim pedagogik ahamiyat kasb etadi.

Shuningdek, tadqiqot davomida ayrim muammolar ham kuzatildi. Jumladan, barcha ta’lim muassasalarida zamonaviy texnik vositalarning yetarli emasligi, internet tezligining pastligi yoki maxsus simulyatsion dasturlarning mavjud emasligi modellashtirish texnologiyalaridan samarali foydalanishga ayrim hollarda to‘sqinlik qilishi mumkin. Biroq bu muammolarni bosqichma-bosqich raqamli ta’lim resurslarini keng joriy etish orqali bartaraf etish mumkin.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish fizik ta’lim sifati va o‘quvchilarning ilmiy dunyoqarashini rivojlantirishda muhim didaktik vosita ekanligi ilmiy jihatdan asoslandi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot natijalari optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish fizika ta’limining samaradorligini oshirishda muhim pedagogik ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida yorug‘likning qaytishi, sinishi, interferensiyasi, difraksiyasi va dispersiyasi kabi optik hodisalarni virtual modellar, simulyatsiyalar hamda interaktiv laboratoriyalar yordamida o‘qitish o‘quvchilarning mavzuni chuqurroq o‘zlashtirishiga xizmat qilishi aniqlandi. Modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish natijasida o‘quvchilarning ilmiy tafakkuri, analitik fikrlash qobiliyati va mustaqil xulosa chiqarish ko‘nikmalari rivojlandi. Shuningdek, virtual tajribalar murakkab fizik jarayonlarni vizual tarzda tushunishga imkon yaratib, nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog‘lashga yordam berdi.

Tadqiqot davomida eksperimental guruh o‘quvchilarining bilim ko‘rsatkichlari nazorat guruhiga nisbatan yuqori natija ko‘rsatgani modellashtirish asosidagi darslarning samaradorligini tasdiqladi. Ayniqsa, raqamli texnologiyalar va interaktiv ta’lim vositalarining qo‘llanilishi o‘quvchilarning fizika faniga bo‘lgan qiziqishini oshirdi. Shu sababli optik hodisalarni modellashtirish asosida o‘qitish metodikasini umumiy o‘rta ta’lim maktablari fizika darslariga keng joriy etish zamonaviy ta’limning muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADAIYOTLAR RO‘YXATI

1. G‘ofurov A., Fayzullayev O. *Fizika o‘qitish metodikasi*. — Toshkent: O‘qituvchi, 2018. — 146-bet.
2. Xoliqov E. *Zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida fizika o‘qitish*. — Samarqand: SamDU nashri, 2020. — 98-bet.
3. Rasulov R. *Fizika ta’limida axborot texnologiyalaridan foydalanish*. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. — 121-bet.
4. To‘rayev B. *Fizikani o‘qitishda modellashtirish texnologiyalari*. — Buxoro: BuxDU nashriyoti, 2021. — 84-bet.
5. Jo‘rayev M. *Innovatsion pedagogik texnologiyalar asosida fizika ta’limi*. — Toshkent: Fan, 2020. — 112-bet.
6. Qodirov T. *Fizika ta’limida interaktiv metodlardan foydalanish*. — Qarshi: Nasaf, 2021. — 93-bet.
7. Ergashev N. *Fizikani o‘qitishda axborot texnologiyalari*. — Toshkent: Tafakkur, 2022. — 105-bet.

ISSN 3030-3907

КРАУДЛЕНДИНГ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ФИНАНСИРОВАНИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

Ганиева Азиза
Студентка 4 курса направления "Банковское дело и аудит",
Самаркандский институт Экономики и Сервиса
Шарипова Нигина Джуракуловна
Научный руководитель, преподаватель СамИСИ

Аннотация. В статье рассматривается краудлендинг как инновационный инструмент альтернативного финансирования малого бизнеса в условиях ограниченного доступа к традиционным банковским кредитам в Республике Узбекистан. На основе анализа актуальных данных рынка и научной литературы оценивается роль краудлендинговых платформ в поддержке малого и среднего предпринимательства (МСП), их преимущества, риски и перспективы развития.

Ключевые слова: краудлендинг, альтернативное финансирование, малый бизнес, МСП, инвестиционные платформы, краудфандинг.

Abstract. This article examines crowdfunding as an innovative tool for alternative financing of small businesses in the context of limited access to traditional bank loans in the Republic of Uzbekistan. Based on an analysis of current market data and scientific literature, the role of crowdfunding platforms in supporting small and medium-sized enterprises (SMEs), their advantages, risks, and development prospects are assessed.

Keywords: crowdfunding, alternative financing, small business, SMEs, investment platforms, crowdfunding.

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasida an'anaviy bank kreditlariga cheklangan kirish imkoniyati sharoitida kichik biznesni muqobil moliyalashtirish uchun innovatsion vosita sifatida kraudfanding ko‘rib chiqiladi. Mavjud bozor ma'lumotlari va ilmiy adabiyotlar tahlili asosida kraudfanding platformalarining kichik va o‘rta biznesni (KO‘B) qo‘llab-quvvatlashdagi roli, ularning afzalliklari, xavflari va rivojlanish istiqbollari baholanadi. Kalit so‘zlar: kraudfanding, muqobil moliyalashtirish, kichik biznes, KO‘B, investitsiya platformalari, kraudfanding.

ВВЕДЕНИЕ.

Малый и средний бизнес (МСБ) является одним из ключевых факторов экономического развития Республики Узбекистан, формируя значимую часть валового внутреннего продукта и обеспечивая занятость населения. По данным международных и национальных источников, МСБ обеспечивает около 74% занятости и вносит сопоставимый вклад в создание добавленной стоимости, что подтверждает его системную роль в

ISSN 3030-3907

поддержании устойчивого экономического роста и предпринимательской активности. Однако развитие сектора МСБ в значительной степени ограничивается проблемой доступа к финансовым ресурсам, особенно в условиях повышенных требований к обеспечению, оценки кредитоспособности и транзакционных издержек получения банковского финансирования.

В этих условиях возрастает значимость альтернативных инструментов финансирования, которые способны дополнять традиционные кредитные каналы и расширять финансовую инклюзию предпринимателей. Одним из таких инструментов является краудлендинг (peer-to-peer lending) — форма цифрового долгового финансирования, при которой заемные средства предоставляются частными инвесторами малым предприятиям через специализированные онлайн-платформы без прямого посредничества банков. В отличие от иных моделей краудфандинга (вознаградительных и донорских), краудлендинг предполагает возврат основного долга и выплату процентного дохода инвестору, что позволяет рассматривать его как механизм рыночного перераспределения капитала в рамках цифровых финансовых экосистем.

Актуальность исследования краудлендинга в Узбекистане обусловлена несколькими обстоятельствами. Во-первых, сохранение высокой роли МСБ в структуре занятости и производства усиливает потребность в устойчивых источниках финансирования оборотного капитала и инвестиционных проектов. Во-вторых, продолжающаяся цифровая трансформация финансового сектора создает предпосылки для развития платформенных решений, обеспечивающих более оперативное рассмотрение заявок, автоматизацию скоринга и снижение издержек взаимодействия сторон. В-третьих, расширение участия международных финансовых институтов в поддержке малого бизнеса повышает институциональный интерес к развитию механизмов, способных дополнять банковское финансирование. В частности, в декабре 2025 года Всемирным банком была одобрена программа Access to Finance for Jobs and Growth Project (FINGROW), предусматривающая финансовую поддержку развития доступа бизнеса к финансированию.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Развитие краудлендинга в Узбекистане сталкивается с рядом ограничений, включая регуляторную неопределенность и необходимость баланса между доступностью финансирования и защитой интересов инвесторов. Текущее нормативное поле формирует общие условия функционирования платежной инфраструктуры и финансовых сервисов (в частности, Закон Республики

ISSN 3030-3907

Узбекистан «О платежах и платежных системах»), однако специализированное регулирование платформенного долгового финансирования находится в стадии становления. Это усиливает научный и практический интерес к оценке эффективности краудлендинга как финансового инструмента, а также к анализу рисков (кредитного, операционного, информационного) и механизмов их минимизации.

В научной литературе краудлендинг рассматривается как инструмент расширения доступа МСБ к капиталу и диверсификации финансовых источников в условиях ограничений банковского кредитования. Международные публикации акцентируют внимание на роли цифровых технологий в отборе заемщиков, оценке рисков и обеспечении прозрачности сделок, одновременно подчеркивая необходимость институциональных гарантий и надзорных механизмов для защиты инвесторов и снижения вероятности дефолтов. Вместе с тем, применительно к Узбекистану сохраняется потребность в эмпирических исследованиях, направленных на оценку потенциала краудлендинга в финансировании МСБ с учетом особенностей национального рынка, уровня финансовой цифровизации и регуляторных условий.

МЕТОДОЛОГИЯ.Цель исследования заключается в анализе краудлендинга как альтернативного инструмента финансирования малого бизнеса в Республике Узбекистан и определении условий, при которых данный механизм может повысить доступность финансовых ресурсов для предпринимателей при приемлемом уровне рисков. Для достижения цели поставлены следующие задачи: (1) раскрыть экономическую сущность и модели краудлендинга как формы платформенного долгового финансирования; (2) определить ключевые преимущества и ограничения краудлендинга по сравнению с традиционным банковским кредитованием; (3) выделить факторы, влияющие на развитие краудлендинговых платформ в условиях Узбекистана; (4) предложить направления регулирования и риск-менеджмента, способствующие устойчивому функционированию данного рынка.

Объектом исследования выступает рынок краудлендинга как сегмент альтернативного финансирования, предметом — экономические и институциональные условия его применения в финансировании малого бизнеса Узбекистана. Методологическую основу исследования составляют методы сравнительного анализа, систематизации и обобщения научных источников, анализ статистических и нормативных материалов, а также кейс-подход к оценке практик функционирования платформенных финансовых сервисов.

ISSN 3030-3907

Практическая значимость работы заключается в том, что результаты исследования могут быть использованы при разработке рекомендаций по совершенствованию механизмов альтернативного финансирования МСБ, а также при формировании подходов к повышению прозрачности краудлендинговых операций и защите инвесторов в условиях развития цифровой финансовой инфраструктуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. в ходе исследования установлено, что краудлендинг как форма платформенного долгового финансирования обладает значительным потенциалом расширения доступа малого бизнеса к заемным ресурсам за счет цифрового характера взаимодействия участников и снижения транзакционных барьеров. Согласно данным, объем глобального рынка краудфандинга в 2024 году составил 24,05 млрд долларов США, с прогнозом роста до 108,64 млрд долларов США к 2033 году при CAGR 18,24%, что отражает растущий интерес к альтернативным источникам финансирования, включая в развивающихся странах Азии. В Узбекистане сектор fintech, включающий краудлендинг, демонстрирует динамичный рост: число компаний увеличилось с 24 в 2018 году до 103 в 2025 году, с привлечением более 260 млн долларов США иностранных инвестиций в 2025 году, что в 4 раза больше, чем в предыдущем году. Результаты сравнительного анализа показали, что краудлендинг отличается от банковского кредитования прежде всего механизмом формирования финансовых ресурсов: финансирование осуществляется за счет средств частных инвесторов, размещаемых через онлайн-платформы, тогда как в банковской модели кредитование формируется на основе депозитов и собственного капитала банка. Это различие обуславливает отличия в требованиях к заемщику, скорости принятия решения и структуре рисков, особенно в контексте дефицита финансирования МСП в Узбекистане, оцениваемого в 6 млрд долларов США, при доле МСП в ВВП на уровне 51,5% в 2025 году.[1][2][3]

1. Сравнительная характеристика краудлендинга и банковского кредитования

Сопоставление двух моделей финансирования по ключевым критериям выявило следующие закономерности:

- по критерию доступности краудлендинг демонстрирует более гибкий подход к заемщикам за счет использования цифрового скоринга и

[1] https://www.marketdataforecast.com/market-reports/crowdfunding-market
[2] https://president.uz/en/lists/view/8475
[3] https://www.uzdaily.uz/en/by-2030-uzbekistan-plans-to-double-fintech-investment-and-join-the-global-fintech-index

ISSN 3030-3907

альтернативных данных, что потенциально расширяет круг субъектов МСП, способных привлечь финансирование; в Узбекистане доступ к банковским кредитам имеют лишь 10–16% МСП, в то время как краудлендинг может охватывать 70–80%;

- по критерию скорости получения средств краудлендинг характеризуется сокращением временных затрат на подачу заявки и рассмотрение (за счет автоматизации процедур, 3–7 дней), в то время как банковское кредитование требует более длительного цикла проверки документов и обеспечения (2–4 недели);
- по критерию требований к залогу для краудлендинга характерна меньшая зависимость от классических залоговых инструментов, тогда как банковское финансирование, как правило, предполагает наличие ликвидного обеспечения;
- по критерию стоимости финансирования краудлендинг способен формировать конкурентные условия привлечения средств для части заемщиков (ставки 15–20% годовых), однако уровень ставок и комиссий зависит от риск-профиля бизнеса и зрелости платформенной инфраструктуры, в сравнении с банковскими 25–30%;
- по критерию рисков краудлендинг перераспределяет кредитный риск с банка на частных инвесторов, что повышает значимость механизмов защиты инвесторов и прозрачности информации о заемщиках, с уровнем дефолтов 5–15% против 3–5% в банках.

Таблица 1.

Сравнение банковского кредитования и краудлендинга для МСП

Критерий	**Банковское кредитование**	**Краудлендинг**
Источник средств	Банк (депозиты, капитал)	Частные инвесторы через платформу
Принятие решения	Регламентировано, многоступенчато (2–4 недели)	Более оперативно за счет цифровых процедур (3–7 дней)
Требования к обеспечению	Как правило, высокие	Более гибкие, возможна частичная замена залога
Доступность для начинающих МСП	Ограниченная (10–16%)	Потенциально выше при наличии скоринга (70–80%)
Основной держатель риска	Банк	Инвестор

ISSN 3030-3907

Прозрачность данных	Стандартизирована	Зависит от требований платформы
Регулирование	Высокий уровень надзора	Регуляторная среда формируется (песочница ЦБУ)
Стоимость (%)	25–30	15–20
Риски дефолтов (%)	3–5	5–15
Рост рынка (CAGR, 2025–2033)	5–7	18,24

Таким образом, полученные результаты указывают на наличие структурных преимуществ краудлендинга в части скорости и гибкости доступа к финансированию, при одновременном усилении требований к качеству отбора заемщиков и раскрытию информации для инвесторов. В Узбекистане краудлендинг покрывает 5–10% дефицита финансирования МСП, с потенциалом роста до 20% к 2030 году при введении регуляции.[4][5][6]

2. Институциональные условия развития краудлендинга в Узбекистане

Анализ национального контекста показал, что развитие краудлендинга в Узбекистане происходит на фоне роста интереса к цифровым финансовым инструментам и расширения финтех-экосистемы. При этом рынок альтернативного финансирования находится в стадии становления, что выражается в ограниченности специализированного правового регулирования и зависимости платформенного финансирования от общих норм, связанных с платежной инфраструктурой и цифровыми сервисами. По данным на 2025 год, объем fintech-рынка включает сегмент digital lending, с историческими данными по росту транзакций через QR-системы на 119% в среднем ежегодно за 2020–2022 годы, а число стартапов в Центральной Азии превысило 6000 к 2023 году, из которых около 1200 в Узбекистане. Выявлено, что ключевыми институциональными факторами, влияющими на развитие краудлендинга, выступают[7][8]:

[4] https://www.uzdaily.uz/en/by-2030-uzbekistan-plans-to-double-fintech-investment-and-join-the-global-fintech-index
[5] https://www.marketdataforecast.com/market-reports/crowdfunding-market
[6] https://www.6wresearch.com/industry-report/uzbekistan-fintech-market
[7] https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2025-05/uz_digital-economy-study_eng.pdf
[8] https://fintechnews.ch/fintech/fintech-on-the-rise-in-uzbekistan-a-short-overview/69023

ISSN 3030-3907

• нормативная определенность статуса платформ и правил их функционирования (отсутствие comprehensive Start-up Law и рамок для crowdfunding до 2026 года);

• наличие механизмов идентификации и проверки заемщиков (KYC) и процедур противодействия злоупотреблениям;

• уровень доверия инвесторов, который определяется прозрачностью условий сделок и доступностью информации о риск-профиле заемщика (VC-инвестиции удвоились до 6,3 млн долларов США в 2023 году, но остаются низкими);

• развитость цифровой инфраструктуры, включая дистанционные платежи, электронные договоры и скоринговые инструменты (ICT-сектор внес 2,1% в ВВП в 2023 году, с экспортом ICT-услуг на 344 млн долларов США).[9]

3. Выявленные преимущества краудлендинга для малого бизнеса

На основе обобщения сравнительных результатов установлены следующие преимущества краудлендинга как инструмента финансирования МСП:

• оперативность привлечения средств (сокращение сроков за счет онлайн-взаимодействия и автоматизированных процедур, с ростом цифровых платежей в Узбекистане до 346 трлн сумов в 2024 году);

• снижение барьеров доступа (возможность финансирования при ограниченной залоговой базе, особенно для 23% женщин-предпринимателей, отмечающих дефицит как проблему);

• диверсификация источников капитала (дополнение традиционных банковских кредитов альтернативным каналом, с целью 20% ежегодного роста fintech-рынка к 2030 году);[10]

• потенциал расширения финансовой инклюзии, включая вовлечение начинающих предпринимателей и отдельных категорий бизнеса, испытывающих ограничение доступа к банковским продуктам (финтех-проекты привлекли 58 млн долларов США, или 83,5% от общего инвестиций в 2025 году).[11]

4. Риски и ограничения платформенного долгового финансирования

Параллельно с выявленными преимуществами зафиксированы ограничения, сдерживающие масштабирование краудлендинга:

[9] https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2025-05/uz_digital-economy-study_eng.pdf
[10] https://www.uzdaily.uz/en/by-2030-uzbekistan-plans-to-double-fintech-investment-and-join-the-global-fintech-index
[11] https://president.uz/en/lists/view/8475

ISSN 3030-3907

- повышенная чувствительность к кредитному риску (дефолтность заемщиков напрямую отражается на доходности инвесторов, с уровнем 5–15%);
- информационная асимметрия между заемщиками и инвесторами, связанная с неполнотой информации о финансовом положении малого бизнеса (62% компаний сталкиваются с дефицитом квалифицированных специалистов);
- операционные риски платформ, включая риски технологических сбоев и недостаточного контроля за качеством процедур;
- ограниченность институциональных гарантий, характерная для развивающихся рынков платформенного финансирования на ранних этапах (регуляторные пробелы, низкая вовлеченность в глобальные индексы).

В результате установлено, что краудлендинг для малого бизнеса является перспективным направлением альтернативного финансирования, однако его эффективность в значительной степени зависит от качества цифрового скоринга, прозрачности раскрытия информации и институциональной среды регулирования. В Узбекистане сектор может внести вклад в рост ВВП на 2–3% ежегодно при реализации стратегий, таких как "Digital Uzbekistan – 2030", с фокусом на интеграцию в глобальный fintech-индекс к 2030 году.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. Полученные результаты подтверждают, что выявленные преимущества краудлендинга для малого бизнеса обусловлены прежде всего его платформенной природой и использованием цифровых технологий в процессе отбора и финансирования заемщиков. В отличие от банковского кредитования, ориентированного на формализованные процедуры и залоговое обеспечение, краудлендинг функционирует в рамках модели прямого взаимодействия инвесторов и заемщиков, что позволяет снизить транзакционные издержки и сократить временной лаг между подачей заявки и получением финансирования. Данная особенность объясняет более высокую оперативность и относительную доступность платформенного финансирования для субъектов малого бизнеса.

Одновременно выявленные ограничения и риски краудлендинга связаны с перераспределением кредитного риска от финансовых институтов к частным инвесторам. В условиях отсутствия развитых институциональных механизмов защиты и единых стандартов раскрытия информации уровень информационной асимметрии возрастает, что повышает вероятность дефолтов и снижает доверие к инструменту. Таким образом, эффективность краудлендинга напрямую зависит от качества

ISSN 3030-3907

цифрового скоринга, прозрачности платформ и способности регуляторной среды обеспечить баланс между инновациями и финансовой стабильностью.

С позиции малого бизнеса результаты исследования означают расширение возможностей диверсификации источников финансирования, особенно для предприятий, испытывающих сложности с доступом к банковским кредитам. Краудлендинг может рассматриваться не как полная альтернатива банковскому финансированию, а как его дополняющий элемент, позволяющий покрывать потребности в оборотном капитале и краткосрочном финансировании. При этом для предпринимателей возрастает значимость финансовой дисциплины и раскрытия достоверной информации, поскольку доверие инвесторов становится ключевым фактором привлечения средств.

Для государства и регуляторов развитие краудлендинга представляет двойственную задачу. С одной стороны, платформенное финансирование способствует росту предпринимательской активности, цифровизации финансового сектора и расширению финансовой инклюзии. С другой стороны, отсутствие четких регуляторных рамок и надзорных механизмов может привести к росту системных рисков, потере доверия инвесторов и возникновению злоупотреблений. Это предполагает необходимость формирования риск-ориентированного подхода к регулированию, при котором краудлендинг рассматривается как отдельный сегмент финансового рынка, не приравниваемый полностью ни к банковской, ни к инвестиционной деятельности. Для частных инвесторов результаты исследования указывают на более высокий уровень потенциальной доходности по сравнению с традиционными сберегательными инструментами, однако одновременно — на повышенные риски, связанные с кредитоспособностью заемщиков и надежностью платформ. В этой связи ключевым условием устойчивого участия инвесторов в краудлендинге является наличие прозрачной информации о заемщиках, статистике дефолтов и механизмах защиты прав инвесторов.

Особое значение в снижении рисков краудлендинга приобретают инструменты цифрового риск-менеджмента. К ним относятся внедрение многоуровневых моделей скоринга, основанных на финансовых и нефинансовых данных, установление лимитов инвестирования для неквалифицированных инвесторов, а также обязательное раскрытие ключевых показателей по каждому проекту, включая цель займа, сроки, процентную ставку и уровень риска. Дополнительным элементом является интеграция процедур идентификации клиентов и противодействия

ISSN 3030-3907

финансовым злоупотреблениям (AML/KYC), что повышает доверие участников рынка и снижает операционные и репутационные риски платформ.

С учетом выявленных особенностей целесообразно выделить следующие направления развития рынка краудлендинга в Узбекистане. Во-первых, требуется формирование специализированной нормативной базы, определяющей статус краудлендинговых платформ, минимальные требования к их деятельности и порядок взаимодействия с инвесторами и заемщиками. Во-вторых, необходимо внедрение стандартов раскрытия информации и отчетности, обеспечивающих сопоставимость данных и прозрачность операций. В-третьих, перспективным направлением является развитие института саморегулирования платформ, включая кодексы поведения и единые требования к оценке рисков. В-четвертых, государственная поддержка может быть направлена на стимулирование пилотных проектов и интеграцию краудлендинга в программы поддержки малого бизнеса при сохранении принципов рыночного отбора. В совокупности результаты обсуждения свидетельствуют о том, что краудлендинг способен стать важным элементом финансовой экосистемы малого бизнеса при условии институционального оформления, развития цифровых механизмов управления рисками и выстраивания доверия между всеми участниками рынка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. в результате проведённого исследования установлено, что краудлендинг представляет собой перспективный альтернативный инструмент финансирования малого бизнеса, способный дополнять традиционное банковское кредитование в условиях ограниченного доступа МСП к финансовым ресурсам. Платформенная модель краудлендинга обеспечивает снижение транзакционных барьеров, повышение оперативности привлечения средств и расширение финансовой инклюзии предпринимателей. В то же время выявлено, что эффективность и устойчивость краудлендинга в значительной степени зависят от качества цифрового скоринга, уровня прозрачности платформ и наличия институциональных механизмов защиты инвесторов. Отсутствие специализированного регулирования и единых стандартов раскрытия информации усиливает кредитные и операционные риски, что сдерживает масштабирование рынка. Полученные результаты подтверждают целесообразность развития краудлендинга в Узбекистане при условии формирования риск-ориентированной нормативной базы, внедрения стандартов AML/KYC и раскрытия информации, а также развития механизмов саморегулирования платформ. Дальнейшие исследования

ISSN 3030-3907

могут быть направлены на эмпирическую оценку факторов дефолтности и анализ оптимальных моделей регулирования платформенного финансирования в национальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Центральный банк Республики Узбекистан. Обзор развития финансовых технологий. Ташкент, 2024.
2. Закон Республики Узбекистан «О платежах и платежных системах». № ЗРУ-578 от 1 ноября 2019 г.
3. Ismailova Z. Development of alternative financing instruments for SMEs in Uzbekistan // Journal of Central Asian Economics. 2023. No. 2. P. 45–56.
4. World Bank. Crowdfunding and Financial Inclusion. Washington, DC, 2024.
5. World Bank. Access to Finance for Jobs and Growth Project (FINGROW). Project Appraisal Document. 2025.
6. Sharipova Nigina Djurakulovna. (2025). ANALYSIS OF THE OBLIGATIONS OF A COMMERCIAL BANK. Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research, 12(03), 220–222.
7. Sharipova Nigina Jo`rakulovna. (2025). ANALYSIS OF ASSETS AND LIABILITIES OF A COMMERCIAL BANK. Ethiopian International Multidisciplinary Research Conferences, 155–156.
8. Шарипова Н.Д. ВАЛЮТНАЯ ПОЛИТИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО БАНКА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН. (2025). Journal of Uzbekistan's Development and Research, 248-251
9. Asian Development Bank. Alternative Finance for SMEs in Asia. Manila, 2025.
10. OECD. Financing SMEs and Entrepreneurs: An OECD Scoreboard. Paris, 2024.
11. Belleflamme P., Omrani N., Peitz M. The economics of crowdfunding platforms // Information Economics and Policy. 2015. Vol. 33. P. 11–28.
12. Bouchard M. Crowdfunding: A new institutional economics perspective // Journal of Innovation Economics & Management. 2021. No. 34(1). P. 9–28.
13. Mollick E. The dynamics of crowdfunding: An exploratory study // Journal of Business Venturing. 2014. Vol. 29(1). P. 1–16.
14. Gomber P., Koch J.-A., Siering M. Digital Finance and FinTech: current research and future research directions // Journal of Business Economics. 2017. Vol. 87. P. 537–580.
15. Rau P. Law, trust, and the development of crowdfunding // Harvard Business Law Review. 2020. Vol. 10. P. 213–256.

ISSN 3030-3907

ТЕХНИКАВИЙ ВА КАСБИЙ ТАЪЛИМДА ЯНГИ АВЛОД ЎҚУВ АДАБИЁТЛАРИГА ҚЎЙИЛАДИГАН АСОСИЙ ПЕДАГОГИК-ДИДАКТИК ТАЛАБЛАР

Хайдарова Шарифа Комиловна
Катта ўқитувчи (Тошкент кимё-технология институти)
E-mail: sh.khaydarova@tkti.uz

Аннотация. Мазкур илмий ишда техникавий ва касбий таълим тизимида янги авлод ўқув адабиётларини яратишга қўйиладиган асосий педагогик-дидактик талаблар таҳлил қилинган. “Техника механикаси”, “Материаллар қаршилиги” ва “Машина деталлари” фанлари мисолида дарсликлар мазмунининг давлат таълим стандартлари, замонавий фан-техника тараққиёти ҳамда ишлаб чиқариш эҳтиёжларига мослиги асослаб берилган. Илмий ишда дидактиканинг таълим жараёнидаги ўрни, билим-кўникма-малака-компетенция яхлитлигини таъминлаш, фанлараро интеграция, ахборот-коммуникация технологияларидан фойдаланиш ҳамда ўқув адабиётларини дифференциаллаштириш масалалари ёритилган. Шунингдек, техника таълими учун мўлжалланган дарсликларни янгилаш, уларни амалий йўналтирилган таълимга мослаштириш бўйича илмий-методик тавсиялар ишлаб чиқилган.

Калит сўзлар: дидактика, янги авлод ўқув адабиётлари, техникавий таълим, касбий таълим, компетенциявий ёндашув, фанлараро интеграция.

ннотация. В данной научной работе анализируются основные педагогические и дидактические требования к созданию учебников нового поколения в системе технического и профессионального образования. На примере предметов «Техническая механика», «Материаловедение» и «Детали машин» обосновывается соответствие содержания учебников государственным образовательным стандартам, современному научно-техническому развитию и производственным потребностям. Научная работа охватывает роль дидактики в образовательном процессе, обеспечение целостности знаний-навыков-квалификаций-компетенций, междисциплинарную интеграцию, использование информационно-коммуникационных технологий и дифференциацию учебников. Также разработаны научно-методические рекомендации по обновлению учебников, предназначенных для технического образования, и их адаптации к практико-ориентированному образованию.

Ключевые слова: дидактика, учебники нового поколения, техническое образование, профессиональное образование, компетентностный подход, междисциплинарная интеграция.

Abstract. This scientific work analyzes the main pedagogical and didactic requirements for the creation of new generation textbooks in the system of technical and vocational education. On the example of the subjects "Technical Mechanics", "Resistance of Materials" and "Machine Parts", the correspondence of the content of textbooks to state educational standards, modern scientific and technological development and production needs is substantiated. The scientific work covers the role of didactics in the educational process, ensuring the integrity of knowledge-skills-qualifications-competences, interdisciplinary integration, the use of information and communication technologies, and the differentiation of textbooks. Also, scientific and methodological recommendations are developed for updating textbooks intended for technical education, adapting them to practically-oriented education.

Keywords: didactics, new generation textbooks, technical education, vocational education, competency-based approach, interdisciplinary integration.

КИРИШ.

Дастлаб “Техника механикаси”, “Материаллар қаршилиги” ва “Машина деталлари” фанлари мисолида ўқув адабиётлари янги авлодига қўйиладиган асосий дидактик талаблар хусусида фикр-мулоҳазалар юритамиз.

Дидактика – грекча ***“didaskein”*** феълидан олинган ҳамда фаол шаклда таълим берувчига тегишли бўлгани ҳолда “ўргатмоқ ёки дарс (хабар) бермоқ” ва пассив шаклда эса таълим олувчиларга тааллуқли бўлиб “таҳсил кўрмоқ ёки таълим олмоқ” деган кенг маъноларни англатиб, у таълим-тарбия мақсадлари, мазмуни, қонуниятлари ва тамойиллари кабиларни ишлаб чиқишда назарийамалий аҳамият касб этади.

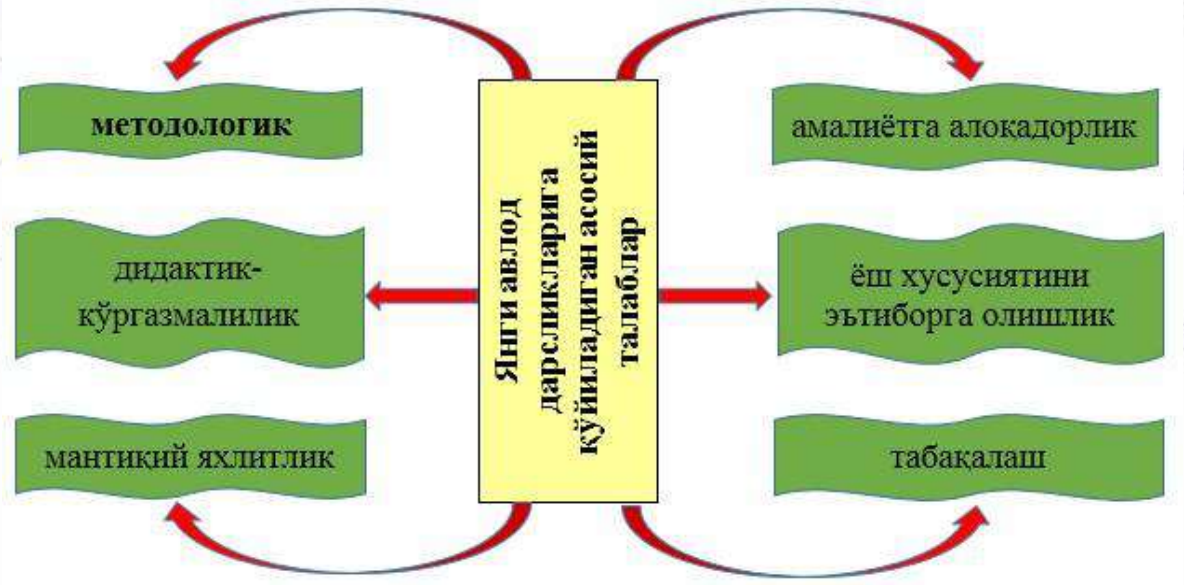
Шунингдек, дидактика тушунчаси ўқитиш санъати ва ўқитиш санъатининг назарияси маъноларини ҳам англатади [1, 2, 3].

Яратиладиган ҳар бир дарслик энг аввало, таълим-тарбия ва дидактика талаблари ва мақсадларига, давлат таълим стандартларига мос келиши, тегишли фан асосларининг ҳаёт билан ҳамнафаслигини таъминлаган ҳолда табиат ва жамият ривожланиши қонунларини тушунишда таълим олувчиларга кўмаклашувчи воситалардан бири бўлмоғи лозим.

Қолаверса, уларнинг билимларини узлуксиз такомиллаштириш баробарида амалий кўникма, малака ва компетенцияларини шаклланишига хизмат қилмоғи даркор. Шунингдек, дидактикани педагогиканинг мустақил, етакчи таркибий қисми эканлигини эътироф этсак, дидактика таълим жараёнининг на фақат илмий-назарий, балки услубий ва амалий жиҳатларини ҳам тўлақонли асослайди.

ISSN 3030-3907

Дарсликнинг мазмуни ижтимоий ва илмий-техник тараққиётнинг замонавий талабларига мос келиши, ўқувчи-талабаларнинг фан асослари бўйича чуқур ва пухта билим, кўникма, малака ва компетенцияларни эгаллашларини таъминлаши лозим (1-шакл).



1-шакл

Яратиладиган ҳар бир дарслик мазмунан амалдаги ўқув дастурига тўлақонли мос келгани ҳолда, таълим олувчиларда чуқур билим, кўникмамалака ва компетенцияларнинг шаклланишида уларда фанга бўлган қизиқишнинг уйғонишига хизмат қилмоғи даркор.

Шу нуқтаи назардан қаралганда, дарслик яратишда қуйидагиларга албатта эътибор қилиш лозим:

1. Аввало, дарслик мазмунини белгилашда фан ва ишлаб чиқаришнинг замонавий технологияси асосидаги далиллар, қонунлар, назариялар, тамойиллар тўлиқ акс этишини инобатга олишда:

➢ жамиятнинг юксак тафаккур ва баркамол маънавиятга эга шахсга бўлган эҳтиёжлари дарслик мазмунида акс этиши;

➢ илмий ва амалий аҳамиятга молик назарий маълумотлар, қонунқоидалар ва тушунчаларни ўз ичига олган материалларнинг дарсликка киритилиши;

➢ кун сайин ривожланаётган илмий ахборот оқимини тартибга солиб, қайта ишлаб, таълим олувчиларга етказишда уларни замонавий технологик жараёнлар, техника воситалари билан ишлашга тайёрлашга йўналтирилган билимлар билан қуроллантирилиши;

➢ дарслик таълим олувчиларнинг ёш ва физиологик хусусиятларига мос бўлиши кабиларни таъминлаши лозим.

ISSN 3030-3907

2. Билимлар мазмунининг фанга мос тизимини ифода этишда фаннинг асосий назарияларига таяниши, назарий қарашларни амалда қўллашнинг асосий йўналишларини акс эттириши керак.

3. Ўқув дастури асосига қўйилган барча илмий ғоялар тизимли ва изчил суръатда аниқ баён этилиши лозим.

4. Дарсликларнинг ҳажми масаласи муҳим педагогик муаммо бўлиб, у ҳаддан ташқари катта, шу билан бир қаторда, ўта кичик ҳажмда ҳам бўлмаслиги керак. Бунда, энг аввало, ўқув-билиш материалларининг умумий ҳажми мазкур фанни ўрганиш учун ажратилган соат-ўқув юкламага мувофиқ келиши зарур. Дарсликнинг ҳажми ўқув-билиш материалларининг маълум меъёрда тўла ва исбот қилиш учун етарли даражада мукаммал баён қилинишига кўра белгиланиши лозим. Дарсликларнинг ҳажмини белгилашда иллюстрацияларнинг ишлатилишига алоҳида эътибор берилиши даркор.

5. Дарслик материалини баён этиш механизмини шакллантиришда мантиқий фикрлашнинг турлича шаклларидан-таққослаш ва қарама-қарши қўйиш, индуктив ва дедуктив ёндашишлар ўртасидаги мутаносибликни таъминлаш, мавзу бўйича хулоса чиқариш, исботлашнинг турли усулларидан кенг фойдаланиш лозим. Бунда ўқув-билиш материалларининг мураккаблик даражаси табиий равишда ошиб бориши инобатга олинмоғи лозим.

6. Дарсликлар ўқувчи-талбаларни турли замонавий ахборот технологиялари, ишлаб чиқариш тармоқларининг муҳим техник қурилмалари ва технологик жараёнлари билан таништиришни назарда тутмоғи зарур. Шунингдек, соҳалар кесимида техника-технология, ишлаб чиқариш тармоқларини ривожлантиришга оид вазифаларни илгари суриши лозим.

7. Дарсликларда таълим фанлараро боғланишда бўлиши, яъни бунда ўқувчи-талабаларни бир фанни ўзлаштиришда ҳосил қиладиган кўникмамалакалари навбатдаги фанни ўрганишга ёрдам бериши учун замин яратилишига эътибор қаратилмоғи керак.

8. Дарсликлар иккиламчи аҳамиятга эга бўлган турли маълумотлардан холи бўлиши, асосий фикрни очишга ҳалақит берувчи, бевосита амалиётда ёки ҳаётда ишлатилмайдиган далиллар берилмаслиги зарур.

9. Дарслик ДТС ва ТТС талаблари асосида яратилган фан дастурида белгиланган асосий ўқув-билиш материалларини тўлақонли қамраши ҳамда таълим берувчи ва таълим олувчилар фаолиятига тўлиқ мос келиши шарт.

ISSN 3030-3907

10. Барча параграф (модул)лар бир қолипда баён этилмаслиги ва таълимнинг узвийлик тамойилларига зид бўлмаслиги шарт. Хусусан, баъзи параграф (модул)лар индуктив тузилишга эга бўлса, бошқаси дедуктив тузилишда, иккинчиси эса индуктив баён этишнинг дедуктив услуб билан уйғунлашуви тарзида бўлиши, баъзи ҳолларда билимлар муаммоли вазиятда тақдим этилса, бошқасида баён шаклида, учинчисида кўрсатмали-сюжетли тарзда берилиши, навбатдагисида эса билимлар умумлаштирилиши мақсадга мувофиқ.

11. Дарсликларда воқеа, ҳодиса ва жараёнларнинг динамикасини тасвирловчи сурат, диаграммалардан ўринли фойдаланиш лозим. Хусусан, замонавий машина-механизм, иншоот ва саноат объектларининг расмлари ўз ўрнида келтирилмоғи даркор.

12. Тажриба жараёнларини ва техникавий қурилмалар тасвирини кўрсатишда рангларни ўз ўрнида қўллашда дарсликнинг дизайнини яхшилашга аҳамият бериш лозим.

13. Дарсликнинг тили аниқ, равон, енгил, қизиқарли, қисқа ва лўнда бўлиб, барча таълим олувчилар, ҳатто педагогик фаолиятни эндигина бошлаётган ёш педагоглар фойдаланишларига ҳам қулай бўлмоғи шарт. Бошқа тиллардан олинган сўзлардан ўзбек тилида муқобили бўлмаган тақдирдагина фойдаланиш мумкин.

14. Дарсликнинг тили – баён этиш механизми жонли, таъсирчан, содда, равон, энг муҳими ишонарли ва таълим олувчиларни иконтира оладиган бўлиши лозим.

15. Дарсликда фаннинг ривожланиш тарихи ва миллий меросимиз шаклланиши изчилликка асосан ёритилиши, фан-техика ва таълим технологиялари тараққиётига ҳисса қўшган буюк алломалар ва машҳур олимлар ҳақида маълумотлар берилиши мақсадга мувофиқ.

Энди ўқув адабиётларининг янги авлодини яратиш асослари ва уларга қўйиладиган педагогик-дидактик талабларни “Техника механикаси”, “Материаллар қаршилиги” ва “Машина деталлари” фанлари мисолида кўриб чиқамиз.

Мазкур талаблардан ўзига хос педагогик-дидактик муаммолар келиб чиқмоқда. Негаки, фан-техника ва технологиялар жадал суръатларда ривожланаётган, ишлаб чиқариш жараёнлари механизация, автоматизация, компьютеризациялашаётган ҳозирги пайтда мамлакат иқтисодиётининг барча реал тармоқлари етакчи ўрин эгаллаётган оғир саноат (машинасозлик, самолётсозлик, асбобсозлик ва шу кабилар), транспорт, тўқимачилик ва енгил саноат ҳамда қурилиш соҳаларининг ривожланишида мазкур фанларни дастурий-мажмуий ўзлаштириш ва эришилган назарий-амалий

ISSN 3030-3907

билимлар, амалий кўникма-малакалар ва компетентлик аломатларини амалда қўллай олишни таъминлаш бош омил ҳисобланмоғи керак.

Шу нуқтаи назардан қараганда, ушбу фанларнинг асосий вазифаси таълим олувчиларни иқтисодий жиҳатдан арзон, тежамли, сифатли, самарали, технологик жиҳатдан ишлов бериш ва тайёрланиши содда, қулай ва энг муҳими механик жиҳатдан эса мустаҳкамлик, бикрлик ва устуворлик каби муҳим конструктив талабларни ҳамда чидамлилик[12] талабларини тўлақонли қаноатлантира оладиган конструкциялар ва уларнинг қисмларини лойиҳалаш-ҳисоблаш баробарида яратиш ҳамда улардан замонавий муҳандислик амалиётида ўринли фойдаланишга йўналтирилган таълим-тарбия беришдан иборат.

Ўтган давр мобайнида бевосита “Техника механикаси”, “Материаллар қаршилиги” ва “Машина деталлари” фанларидан дарслик ва ўқув қўлланмаларини яратиш муаммолари бўйича муайян илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган. Шу асосда хорижда ва юртимизда педагог-олимлар томонидан туркум ўқув адабиётлари-дарслик ва ўқув қўлланмалари яратилган бўлиб, улар таълимтарбия амалиётларида кенг фойдаланилмоқда.

Техника таълими йўналишларида умумкасбий ва махсус фанларни ўқитиш методикаси ҳамда муҳандислик амалиёти муаммоларини бевосита MS Exsel, Mathcad, Solid Works, KOMPAS-3D, CAM тизимлари сингари дастурларда ҳал этиш масалалари ҳозирча тўлақонли ўрганилмаган. Бу борада, асосан, П.Г.Талалай, Т.Т.Рихсибоев, В.Д.Бертяев, Г.С.Егодуров, В.Б.Крахт, П.С.Иванов, Г.М.Ицкович, Е.Ю.Куриленько, Е.Г.Макаров, А.Набиев, А.А.Поляков, М.А.Феодорова, Е.П.Степанова сингари педагог-олимлар муайян ишларни амалга оширганлар, холос [2,3].

Бу борада янги авлод дарсликларини яратишда қуйидагиларга алоҳида эътибор қаратилади:

1. Таълим олувчи шахс фаолиятида “Билим-кўникма-малака-компетенция” яхлитлиги ва уйғунлигини таъминлаш асносида инновацион ривожланиш стагнациясига мос мустақил таълим ва “Илм орқали билим” технологияларига асослаган инновацион-интеграцион механизмни такомил-лаштиришга йўналтирилган ОТМ, фан ва ишлаб чиқариш ўртасида симбиотик алоқани таъминлай оладиган янги авлод дарсликларини яратиш зарур.

2. Таълим, илм-фан ва ишлаб чиқариш интеграциялашуви доирасида ва хорижий илғор тажрибалар асосида техника йўналиши фанларининг

[12] Конструкцион материалларнинг толиқиш (чарчаш) ҳолатларига қарши тура олиш лаёқати ёки хусусияти, одатда чидамлилик дейилади.

ISSN 3030-3907

хусусиятларига дифференциал ёндашган ҳолда, ўқув дастурларини мазмунан қайта кўриб чиқиш, такомиллаштириш ва улар асосида оддийдан мураккабга ўтиш тамойилига кўра, ўқув жараёни узлуксизлиги-узвийлигини ҳамда фанлараро интеграциялашувни таъминлай оладиган таълим тизимининг ҳар бир бўғинига мос дарсликларнинг янги авлодини яратиш зарур.

3. Илм-фаннинг кўчкисимон ривожи ҳамда илмий-техникавий ахборотларнинг шиддат билан жадал суръатларда ўсиши ва тез-тез янгиланиши, муҳандислик конструкциялари ва технологик жараёнларнинг такомиллашуви, бошқариш тизимларида автоматлаштириш ва компьютерлаштириш даражасининг борган сари юқори поғоналарга кўтарилиши кабиларни инобатга олиш лозим. Давр талабига мос ҳолда, илмий асосланиш натижасида ўқув дастурлари ва дарсликлар мунтазам янгилаб турилиши, муайян долзарб ғоявий-мафкуравий муаммолар устида ишлаётган олимларнинг илмий-тадқиқот ишлари натижаларини ўқув дастурига мослаштириб нашр этиш мақсадга мувофиқ. Бу фанлардан таълим беришда кўргазмали-дидактик воситалар, мультимедиа, янги информацион технологиялардан фойдаланишни кенгайтириш зарур.

4. Амалдаги ўқув дастурларида кўрсатилган назарий билим олишга йўналтирилган таълимдан амалий кўникма-малакаларни шакллантиришга йўғрилган таълим тизимига ўтишга оид адабиётлар яратиш.

Юқоридаги илмий ғоялар амалга ошуви, табиийки, баркамол авлод таълим-тарбиясига дахлдор иштирокчилар-ёш педагогларнинг ҳам назария ва амалиётнинг дидактик уйғунлигига йўналтирилган шахсий ва касбий сифатлари такомиллашувига замин бўла олади.

Ўқув адабиётлари янги авлодини яратиш бўйича ишлар кўлами самарадорлигини янада ошириш юзасидан бир неча таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқилди. Хусусан:

- фан-техника шиддат билан ривожланаётган шароитда тажриба-синов ишларини узлуксиз жараёнга айлантириш;
- муаллифлар ва нашриётлар томонидан ўқув адабиётлари янги авлодининг сифат-самарадорлиги юзасидан таҳлилий мониторинглар ўрнатиш;
- дарсларда далилларни тушуниш, механик тарзда ёдлашга асосланган ўқитиш услубларидан таҳлил ва изланишларга йўналтирилган таълимий услубларга ўтиш;
- дарсликларда муайян фаннинг тадрижий ривожланиш тарихи баён этилаётганда, бу борадаги ўқув материаллари мазмун-моҳиятини таълим

ISSN 3030-3907

олувчиларда миллий ғурур ва ифтихор туйғуларини уйғотишларига йўналтириш;

➢ дарсликлар алоҳида шахсларга эмас, балки ДТС ва ТТС талаблари асосида муайян фаннинг мазмунини тўлақонли баён этишга қаратилмоғи лозим. Аниқроғи, ундан ўзлаштириш даражалари турлича (аъло, яхши, қониқарли), шунингдек, иқтидорли-истеъдодли ўқувчи-талабалар билан бир қаторда бевосита шу фандан таълим берувчи профессор-ўқитувчилар, соҳа мутахассислари, илмий изланувчилар ҳам тўлақонли фойдаланиш имкониятига эга бўлишлари мақсадга мувофиқ. Бунинг учун юксак илмий-педагогик салоҳиятлар ва дидактика тамойиллари асосида ўқув-билиш материалларининг мураккаблик даражаси, шахснинг ўзлаштириш қобилияти ва салоҳияти кабиларни назарда тутган ҳолда, таълимда узлуксизлик-узвийлик талабларига зид бўлмаган ҳолда, муайян қисм (бўлак)ларга ажратилиши, қўшимча параграфлар киритилиши, мураккаблиги нисбатан юқори бўлган ўқув-билиш материаллари илова тарзида берилиши инобатга олиниши даркор.

➢ ўқув адабиётларининг ДТС ва ўқув дастурига мослигини аниқлаш механизмини ҳамда ўқув адабиётлари тузилиши ва мазмунига қўйиладиган педагогик-дидактик талаб ва мезонларни мунтазам такомиллаштира бориш лозим.

ХУЛОСА.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, техникавий ва касбий таълим учун янги авлод ўқув адабиётларини яратиш замонавий педагогик-дидактик талаблар асосида амалга оширилиши лозим. Бундай дарсликлар таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграциясини таъминлаган ҳолда, таълим олувчиларда нафақат назарий билим, балки амалий кўникма, малака ва касбий компетенцияларни шакллантиришга хизмат қилиши зарур

Шунингдек, техника фанлари бўйича универсал дарслик яратиш амалда самара бермаслиги инобатга олиниб, ўқув адабиётларини таълим йўналишлари ва босқичлари кесимида дифференциаллаштириш мақсадга мувофиқдир. Дарсликларда ахборот технологиялари, компьютер моделлаштириш ва муҳандислик ҳисоб-китобларига кенг ўрин берилиши таълимнинг амалий самарадорлигини оширади.

Хулоса сифатида айтиш мумкинки, янги авлод ўқув адабиётлари дидактика тамойиллари, давлат таълим стандартлари ҳамда жамиятнинг замонавий эҳтиёжлари уйғунлигида яратилган тақдирда, рақобатбардош, юқори малакали муҳандис кадрларни тайёрлашда муҳим омил бўлиб хизмат қилади.

ISSN 3030-3907

АДАБИЁТЛАР

1. Олимов Қ.Т. Ўқув адабиётларини яратиш назарияси ва методикаси // Монография. –Т.: “Фан”, 2010. –160 б.
2. Набиев А., Саидова Д., Ҳайдарова Ш., Мўминов Х. Шахсга йўналтирилган таълим модели негизида янги авлод ўқув адабиётларини назарий ва амалий уйғунликда яратишда дидактик ва компетенциявий ёндашув // Монография, –Т.: “INNOVATSIYA-ZIYO”, 2024. –448 б.
3. Набиев А. Техника таълим муассасалари учун янги авлод ўқув адабиётларини яратиш технологиялари ва улардан фойдаланиш методикаси // Монография. –Т.: “Iqtisodiyot dunyosi”, 2020. –352 б.
4. Xaydarova Sh.K. Mashina detallari // Oquv qo‘llanma, –T.: “Publishing high future” nashriyoti, 2024. –264 b.
5. Xaydarova Sh.K. The combınatıon of theoretıcal and practıcal approaches ın the development of a methodology for software-based modıfıcatıon of mechanıcal transmıssıons wıthın the framework of ındependent educatıon // “Latin American Journal of Education” Lat. Am. J. Educ. 6, 1 (January, 2026). https://doi.org/10.5281/zenodo.18251852 330-337
6. Хайдарова Ш.К. Таълим-тарбия сифати ва самарадорлигини баҳолаш методикасини такомиллаштириш //” elektron ilmiy jurnali. VOLUME 3, ISSUE 10, Noyabr 2025 ISSN: 2181-385X. 168-175-б

UO‘K 622.323

QOVUSHQOQLIGI YUQORI BO‘LGAN NEFT KONLARINI ISHLASHNING SO‘NGGI BOSQICHIDA QUDUQLAR TO‘RINI ZICHLASH SAMARADORLIGI MASALASI

Igamberdiyeva Lobor Zoirovna
“O‘ZLITINEFTGAZ” AJ yetakchi ilmiy xodimi, PhD
Zakirov Azamjon Alimdjanovich
ToshDTU professori, t.f.d.
E-mail: zakirov_azamjon@mail.ru
(ORCID 0000-0002-4857-8720)
Abdukarimov Mirzohid Murotovich
ToshDTU dotsenti, PhD

Annotatsiya. Maqolada qovushqoqligi yuqori bo‘lgan neft konida yangi quduqlarni burg‘ilash va ishga tushirish samaradorligi tahlil qilingan. Konlarni ishlashning so‘nggi bosqichida yangi quduqlarni burg‘ilash, ularning texnik imkoniyatlaridan qat’i nazar, iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emasligini hisobga olib, konlarda yillik qazib olish darajasini ushlab qolish uchun yangi quduqlarni burg‘ilash tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: quduq, konlar, neft, ishlash, burg‘ilash, tahlil, samaradorlik, oshirish

Аннотация. В статье анализируется эффективность бурения и ввода новых скважин на месторождении высоковязкой нефти. Учитывая, что бурение новых скважин на завершающих стадиях разработки месторождений, независимо от их технической осуществимости, экономически нецелесообразно, рекомендуется бурить новые скважины с целью поддержания годового уровня добычи на месторождениях.

Ключевые слова: скважина, месторождение, нефть, разработка, бурение, анализ, эффективность, повышение

Annotation. The article analyzes the efficiency of drilling and commissioning new wells at high-viscosity oil fields. Considering that drilling new wells at the final stages of field development, regardless of their technical feasibility, is economically inexpedient, it is recommended to drill new wells in order to maintain the annual production level at the fields.

Keywords: well, fields, oil, development, drilling, analysis, efficiency, improvement

KIRISH.

1934-yilda Xaudag maydonida paleogen yotqiziqlarining geologik tuzilishini aniqlash va neft-gazliligini aniqlash maqsadida izlov-razvedka burg‘ilash ishlari boshlangan. 1934-1939-yillarda olib borilgan razvedka

ISSN 3030-3907

burg‘ilash ishlari natijasida paleogen yotqiziqlarining Buxoro qatlari I, II, III va IV gorizontlariga to‘g‘ri keluvchi to‘rtta neft uyumlari aniqlandi. Bo‘r davri yotqiziqlarining geologik tuzilishi va neftgazliligini aniqlash uchun 1938-yilda Xaudag konida razvedka ishlari boshlandi, ular 1951 va 1959-yillarda qayta tiklandi va 11 ta chuqur quduq burg‘ilandi, ular asosan bo‘r davri yotqiziqlarining tog‘-geologik sharoitlarining murakkabligi tufayli texnik sabablarga ko‘ra tugatildi. 3-sonli quduqdan tashqari barcha quduqlarda mahsuldor gorizontlar sinovdan o‘tkazilmagan bo‘lishi mumkin, ammo ularni burg‘ilash jarayonida gaz va neft belgilari kuzatilgan. 3-sonli quduqda senon ustki yarusi jinslaridan neft va gaz namoyonlanishi kuzatildi. Shunday qilib, bo‘r davri yotqiziqlarining neftgazliligi masalasi ochiq hisoblanadi.

METOD VA MATERIALLARI. Neft zaxiralarini oxirgi hisoblash sanasiga (01.01.1993 y.) konda jami 139 ta izlov-razvedka va ishlatish quduqlari burg‘ilangan. 1980-yildan keyin konda ishlatish burg‘ilash to‘xtatildi, u faqat 2007-yildan 2008-yilgacha qayta tiklandi. Bu davrda qo‘shimcha 43 ta quduq burg‘ilandi va neft qazib olish ikki baravarga oshdi. 2008-yilda yillik neft qazib olish 21,4 ming tonnani tashkil etdi, ammo yangi ishga tushirilgan quduqlar tezda suvlandi hamda nazorat va haydash fondlariga o‘tkazildi.

2021-yildan boshlab “PETROMARUZ UZBEKISTAN” MCHJ XK kondagi quduqlarni burg‘ilashni qayta boshladi va 2024-yil 1-oktyabr holatiga 41 ta quduq burg‘ilandi. Quduqlarni burg‘ilash asosan I va II gorizontlarga, kamroq III gorizontga yo‘naltirilgan bo‘lib, bunda II gorizont I gorizont bilan birgalikda ishlatilgan. Burg‘ilangan jami yangi quduqlar fondidan neft qazib olish faqatgina 34 ta quduqdan amalga oshirilmoqda (2024-yil 1-oktyabr holatiga), bu, yangi quduqlar umumiy hajmining 82,9% ni tashkil etadi. Hozirgi vaqtda, yangi quduqlarning qolgan qismi haydash va nazorat fondlarida qolmoqda.

Harakatdagi qazib oluvchi quduqlarning umumiy hajmidan (58 ta) 34 ta quduq 2021-2024-yillarda burg‘ilangan quduqlar, 24 tasi eski fond quduqlaridan iborat. Eski fonddagi quduqlarning neft bo‘yicha joriy debiti jamg‘arma neft qazib olish bo‘yicha o‘rtacha 0,3 t/sutkani tashkil etadi. Eski fond quduqlarining o‘rtacha yoshi 70 yildan ortiq bo‘lganligi sababli, ulardan neft qazib olish uchun quduqlarni tiklash faqat 2007-yildan hozirgacha bo‘lgan davrda burg‘ilangan quduqlarga yo‘naltirildi (1-jadval).

1-jadval.

2007-yildan boshlab ishlatishga kiritilgan quduqlarni burg‘ilash va ishlatish natijalari

Gor	Qud	Bur g‘i lash	Bur g‘i lash	Ishl atis hga				Jori y kate

ISSN 3030-3907

					Neftning boshlang‘ich debiti, t/sut	Neftning joriy debiti, t/sut	01.10.2024-y. holatiga jamg‘arma qazib olingan neft	
I	138	17.02.2007	03.03.2007	06.03.2007	4,7	-	279	nazorat
I	139	18.03.2007	31.03.2007	05.04.2007	6,2	-	303	nazorat
I	140	08.04.2007	20.04.2007	22.04.2007	4,7	-	2008	nazorat
I	141	20.04.2007	02.05.2007	03.05.2007	3,9	-	1849	nazorat
I	142	05.05.2007	29.05.2007	30.05.2007	3	1,5	6634	qazib oluvchi
I	143	29.05.2007	06.06.2007	13.06.2007	5,4	2,2	7477	qazib oluvchi
I	144	27.06.2007	08.07.2007	11.07.2007	2	0,5	1493	qazib oluvchi
I	145	01.08.2007	12.08.2007	17.08.2007	0,1	-	6	nazorat
I	146	13.08.2007	21.08.2007	25.08.2007	5	-	1547	nazorat
I+II	147	23.08.2007	08.09.2007	10.09.2007	3,8	1,1	3893	qazib oluvchi
I+II	148	09.08.2007	18.09.2007	20.09.2007	2,8	0,9	2023	qazib oluvchi

2-jadval.

I	149	09.07.2007	22.07.2007	24.07.2007	4	0,8	3895	qazib oluvchi
I	150	23.07.2007	31.07.2007	01.08.2007	7,8	0,8	3543	qazib oluvchi
I+II	151	19.09.2007	01.10.2007	03.10.2007	0,1	-	6	nazorat
I+II	152	02.10.2007	09.10.2007	09.10.2007	2	0,6	2505	qazib oluvchi

ISSN 3030-3907

I+II	153	11.10.2007	19.10.2007	22.10.2007	0,3	-	102	haydash
I+II	154	20.10.2007	28.10.2007	30.10.2007	0,3	-	323	nazorat
I+II	155	29.10.2007	10.11.2007	11.11.2007	1,5	1	1318	qazib oluvchi
I+II	156	11.11.2007	21.11.2007	23.11.2007	2,2	1	1445	qazib oluvchi
I+II	157	22.11.2007	05.12.2007	05.12.2007	2,7	-	593	nazorat
I+II	158	06.12.2007	15.12.2007	15.12.2007	0,9	0,6	726	qazib oluvchi
I+II	159	14.12.2007	23.12.2007	25.12.2007	0,3	-	907	nazorat
I+II	160	26.12.2007	09.01.2008	11.01.2008	0,4	-	19	nazorat
I	161	23.04.2008	27.04.2008	29.04.2008	3,7	0,1	1115	qazib oluvchi
I	162	28.04.2008	02.05.2008	05.05.2008	1,6	0,8	1646	qazib oluvchi
I	163	03.05.2008	10.05.2008	11.05.2008	3,3	0,6	1988	qazib oluvchi
I	164	11.05.2008	16.05.2008	18.05.2008	1,4	-	17	Nazorat
I	165	18.05.2008	23.05.2008	25.05.2008	2,2	3	4246	amaldagi
I	166	24.05.2008	30.05.2008	02.06.2008	2	0,5	795	qazib oluvchi
I	167	31.05.2008	06.06.2008	08.06.2008	0,4	-	7	haydovchi
I	168	07.06.2008	13.06.2008	16.06.2008	2,9	-	1099	nazorat
I+II	169	14.06.2008	24.06.2008	26.06.2008	0,3	-	7	nazorat
I+II	170	28.06.2008	07.07.2008	08.07.2008	0,4	-	4	haydash
I+II	171	09.07.2008	20.07.2008	21.07.2008	0,5	-	4	haydash
I+II	172	23.07.2008	04.08.2008	06.08.2008	2,8	0,7	641	qazib oluvchi
I+II	173	05.08.2008	14.08.2008	15.08.2008	1,7	1,6	2547	qazib oluvchi
I+II	174	15.08.2008	26.08.2008	28.08.2008	1,1	1,2	1250	qazib oluvchi
I+II	175	27.08.2008	11.09.2008	12.09.2008	0,2	0,4	430	qazib oluvchi
I+II	176	12.09.2008	22.09.2008	23.09.2008	1,6	1,1	1183	qazib oluvchi
I+II	177	24.09.2008	03.10.2008	03.10.2008	2,1	-	156	qazib oluvchi

ISSN 3030-3907

I+II	178	05.10.2008	18.10.2008	19.10.2008	1,7	0,1	197	qazib oluvchi
I+II	179	21.10.2008	30.10.2008	02.11.2008	-	-	-	haydovchi
I+II	180	31.10.2008	06.11.2008	10.11.2008	2	-	77	nazorat
II-III	181	01.02.2021	17.02.2021	17.02.2021	2	0,1	788,4	qazib oluvchi
II	182	19.02.2021	08.03.2021	08.03.2021	0	-	0	nazorat
III	183	10.03.2021	25.04.2021	25.04.2021	3,8	1	2823,4	qazib oluvchi
II	184	26.05.2021	08.06.2021	08.06.2021	0,5	0,5	914,8	qazib oluvchi
II	185	11.06.2021	21.06.2021	21.06.2021	1,3	0,4	2206	qazib oluvchi
II	186	30.06.2021	20.07.2021	20.07.2021	2	0,4	1069,7	qazib oluvchi
II	187	22.07.2021	14.08.2021	14.08.2021	1,9	0,4	1123,8	qazib oluvchi
II	188	25.08.2021	16.09.2021	16.09.2021	4,5	0,5	1162,3	qazib oluvchi
II	189	17.09.2021	23.10.2021	23.10.2021	4	0,2	656,6	qazib oluvchi
III	191	18.09.2021	17.10.2021	17.10.2021	1	0,4	538,9	qazib oluvchi
II-III	190	20.10.2021	11.11.2021	11.11.2021	2,1	0,3	738,4	qazib olish
II	192	02.11.2021	14.11.2021	14.11.2021	0,5	-	102,9	nazorat
II	193	23.10.2021	18.11.2021	18.11.2021	2,3	0	896,6	qazib oluvchi
II	195	04.11.2021	24.11.2021	24.11.2021	4,3	0,4	744,1	qazib oluvchi
II	197	11.11.2021	27.11.2021	27.11.2021	0,7	0,3	806,5	qazib oluvchi
II	194	05.12.2021	07.12.2021	07.12.2021	3,8	0	406,9	qazib oluvchi
II	198	25.11.2021	10.12.2021	14.12.2021	2,9	0,5	638,3	qazib oluvchi
II	196	05.11.2021	26.12.2021	26.12.2021	2	0	320,3	qazib oluvchi

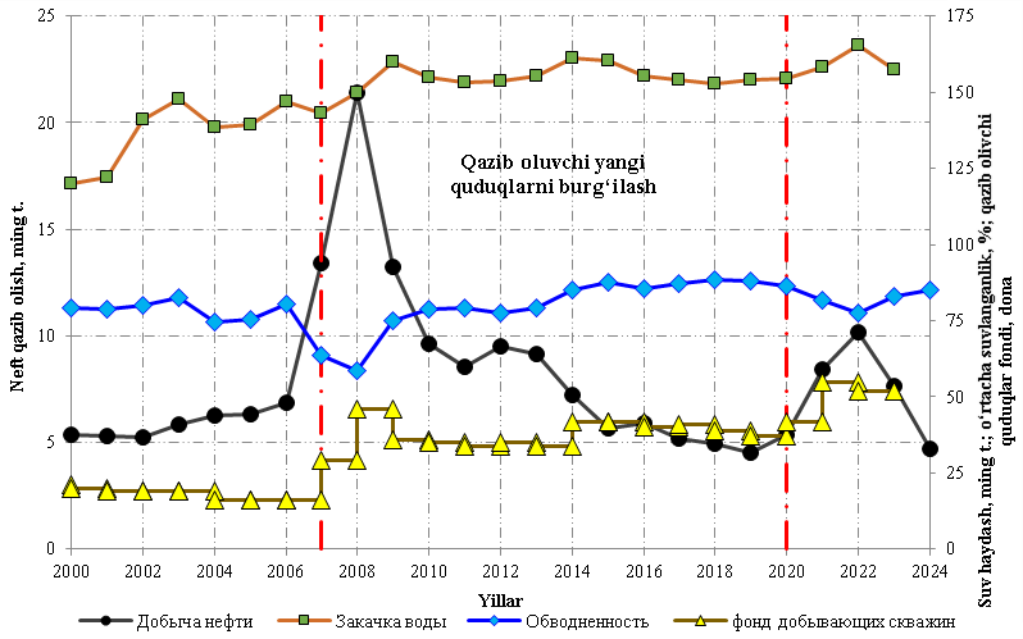
ISSN 3030-3907

II	199	03.12.2021	31.12.2021	31.12.2021	2,5	0,2	713,3	qazib oluvchi
II	200	04.12.2021	03.01.2022	03.01.2022	2	0,6	977,6	qazib oluvchi
II-III	203	03.12.2021	08.01.2022	08.01.2022	0	0	0	qazib oluvchi
II	201	04.01.2022	31.01.2022	31.01.2022	2,5	0,1	504,2	qazib oluvchi
II	205	04.01.2022	01.03.2022	01.03.2022	0,2	0	3,9	nazorat
II	230	15.02.2022	05.03.2022	05.03.2022	0	0,4	652,7	tugatilgan
II	206	14.02.2022	23.03.2022	24.03.2022	1,2	0	0	qazib oluvchi
II	204	09.01.2022	06.05.2022	06.05.2022	0	0	0	qazib oluvchi
II	207	02.04.2022	20.05.2022	20.05.2022	0	0	2,5	haydovchi
II	208	01.04.2022	22.06.2022	22.06.2022	0	0,1	601,9	qazib oluvchi
	209	06.08.2022	25.08.2022	25.08.2022	2,7	0	0	qazib oluvchi
II	232	05.08.2022	31.08.2022	31.08.2022	0	0,2	272	tugatilgan
II	210	05.09.2022	29.09.2022	29.09.2022	0,8	0,4	715,1	qazib oluvchi
II-III	211	25.09.2022	20.10.2022	20.10.2022	1,3	0,1	105,6	qazib oluvchi
II	212	23.10.2022	06.11.2022	06.11.2022	0,6	0	149,9	qazib oluvchi
II	213	03.11.2022	27.11.2022	27.11.2022	0,8	0,6	977,6	qazib olish
	231	06.03.2022	09.04.2022	09.04.2022	0	0	0	tugatilgan
II-III	233	02.02.2023	25.04.2023	25.04.2023	0	0	0	qazib oluvchi
	234	06.12.2023	27.12.2023	27.12.2023	0	0	0	tugatilgan
II	214	29.11.2022	30.04.2024	30.04.2024	3,2	1,3	222,8	qazib oluvchi
II	215	25.04.2024	02.06.2024	02.06.2024	1,5	0,4	79	qazib oluvchi
II	216	24.05.2024	19.06.2024	19.06.2024	0,1	0,9	97,4	qazib oluvchi

ISSN 3030-3907

II	217	18.06.2024	17.07.2024	17.07.2024	0	0,2	30,2	qazib oluvchi
II	218	22.06.2024	20.07.2024	20.07.2024	0	0,8	29,6	qazib oluvchi

Yangi quduqlarni burg‘ilash samaradorligi va zaxiralarni qazib olish darajasining tahlili (1-rasm), yangi burg‘ilangan quduqlarning tez suvlanishini hisobga olgan holda, keyinchalik quduqlar fondini yonlama tanalarni ochish orqali tiklash maqsadga muvofiqligini ko‘rsatdi. Bunda tugatilgan quduqlarni konservatsiyadan va qayta tiklashdan qaytarish imkoniyatini ko‘rib chiqish zarur, lekin bunda ushbu quduqlarni sizdirish radiusidagi qoldiq neft zaxiralari hajmlarini oldindan baholash lozim. Xaudag koni deyarli to‘liq burg‘ilangan va mahsuldor gorizontlar yagona ishlatish obyektiga birlashtirilgan, quduqlarni ishlatish ko‘rsatkichlarining tahlili va yangi quduqlarni burg‘ilash natijalari asosida esa yangi baholash-ishlatish quduqlarni burg‘ilash taklif etildi.



1-rasm. 2020-yildan boshlab qazib oluvchi quduqlarni burg‘ulashdan keyin neft qazib olishning o‘sish dinamikasi

Konning janubiy burmasi quduqlarining butun fondi tahlil qilinib, II va IIb gorizontlar joriy ishlash holatida eng mahsuldor gorizont ekanligi aniqlandi. Janubiy burmaning janubiy qismida II va IIb gorizonti ishlanmagan hudud mavjud. 1, 79, 80, 81, 85-sonli quduqlar esa mahsuldor bo‘lgan, ammo bu quduqlar II va IIb gorizontni ochmagan. Konning shu qismida baholash-ishlatish quduqlarni burg‘ilash maqsadga muvofiq bo‘lar edi.

NATIJALAR. Xaudag konining shimoliy burmasi quduqlarining butun fondini tahlil qilib, II va III gorizontlar deyarli o‘zlashtirilmaganligi va ko‘plab quduqlarda ochilmaganligi aniqlandi. 67, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221,

ISSN 3030-3907

222, 223-sonli quduqlarda qazib olish bo‘yicha haqiqiy ma’lumotlar shuni ko‘rsatdiki, II va III gorizontlarda Xaudag konining shimoliy burmasini ishlash uchun potentsialga ega bo‘lgan zaxiralar hali ham mavjud. Konni keyinchalik ishlash uchun quduqlarni burg‘ilashni davom ettirish maqsadga muvofiq bo‘ladi, chunki 91, 172-sonli quduqlar mahsuldor hisoblanadilar. Xaudag konini ishlashning bashoratlangan texnologik ko‘rsatkichlari 2 jadval va 2-3-rasmlarda keltirilgan. Qazib olinadigan zaxiralarni qazib olish muddatlari, qazib olinadigan mahsulotning suvlanganlik chegaraviy qiymatini 98% ga yetkazish yoki neftning o‘rtacha kunlik debitini 0,5 tonnaga yetkazish bilan cheklangan.

XULOSA. Yangi quduqlarni burg‘ilash samaradorligi va zaxiralarni qazib olish darajasini tahlil qilishdan xulosa qilish mumkinki, yangi burg‘ilangan quduqlarning tez suvlanishini hisobga olgan holda, texnik jihatdan amalga oshirish mumkinligidan qat’i nazar, iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas.

Keyinchalik quduqlar fondini yonlama tanalarni ochish yo‘li bilan tiklash taklif etiladi. Bunda tugatilgan quduqlarni konservatsiyadan va qayta tiklashdan qaytarish imkoniyatini ko‘rib chiqish, lekin bu quduqlarni sizdirish radiusidagi qoldiq neft zaxiralari hajmlarini oldindan baholash zarur.

2-jadval.

Xaudag konini ishlashning prognoz texnologik ko‘rsatkichlari

Yillar	Neft qazib olish, ming t		NChOK, %	ZHK, %	Suv qazib olish, ming t		Suvlanganlik, %.	Suyuqlik qazib olish, ming t		Neftning o‘rtacha sutkalik debiti, t	Quduqlar fondi, birlik		
	yillik	jamg‘arma			yillik	jamg‘arma		yillik	jamg‘arma		umumiy	burg‘ilash	burg‘ilangan q-qlar
2023	6,30	1708,0	36,59	96,61	37,1	1776,4	85,5	43,40	3484,4	0,39	49		
2024	6,10	1714,1	36,72	96,95	26,7	1803,1	81,4	32,76	3517,2	0,54	34	4	19
2025	5,14	1719,2	36,83	97,24	18,7	1821,8	78,5	23,88	3541,0	0,42	37	4	1

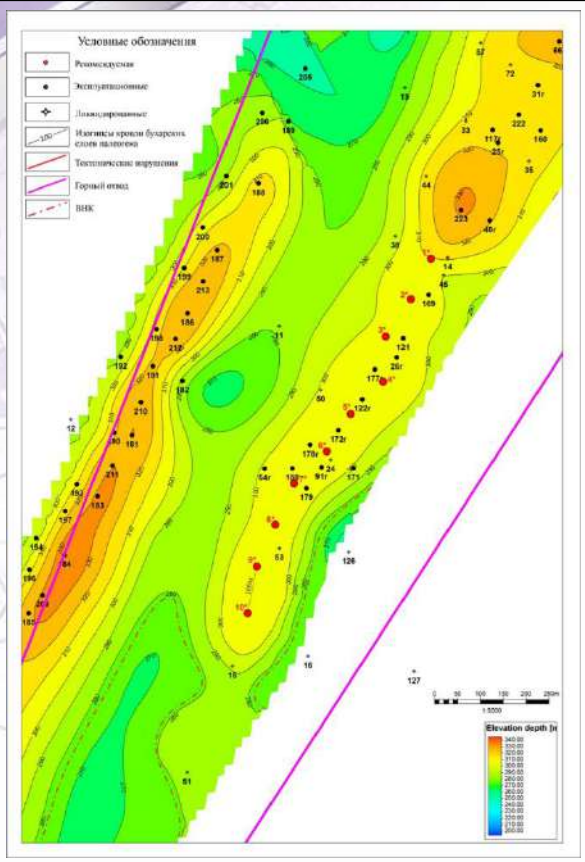
ISSN 3030-3907

2026	5,24	1724,5	36,94	97,54	21,2	1843,0	80,2	26,43	3567,5	0,39	41	4	0
2027	5,33	1729,8	37,06	97,84	23,4	1866,4	81,5	28,72	3596,2	0,36	45	4	0
2028	5,37	1735,2	37,17	98,14	25,9	1892,3	82,8	31,26	3627,4	0,35	47	2	0
2029	4,90	1740,1	37,28	98,42	28,3	1920,5	85,2	33,18	3660,6	0,32	47		0
2030	4,17	1744,3	37,37	98,66	24,6	1945,1	85,5	28,74	3689,4	0,34	37		10
2031	3,54	1747,8	37,44	98,86	20,1	1965,2	85,0	23,64	3713,0	0,29	37		0
2032	3,14	1750,9	37,51	99,03	21,7	1986,9	87,4	24,87	3737,9	0,26	37		0
2033	2,75	1753,7	37,57	99,19	21,2	2008,2	88,5	23,98	3761,8	0,26	32		5
2034	2,31	1756,0	37,62	99,32	14,7	2022,8	86,4	16,98	3778,8	0,22	32		0
2035	2,04	1758,0	37,66	99,44	15,7	2038,6	88,5	17,79	3796,6	0,19	32		0
2036	1,71	1759,7	37,70	99,53	13,9	2052,4	89,0	15,57	3812,2	0,19	28		4
2037	1,46	1761,2	37,73	99,62	12,1	2064,5	89,2	13,52	3825,7	0,17	26		2
2038	1,16	1762,4	37,75	99,68	10,6	2075,1	90,1	11,8	3837,5	0,15	23		3

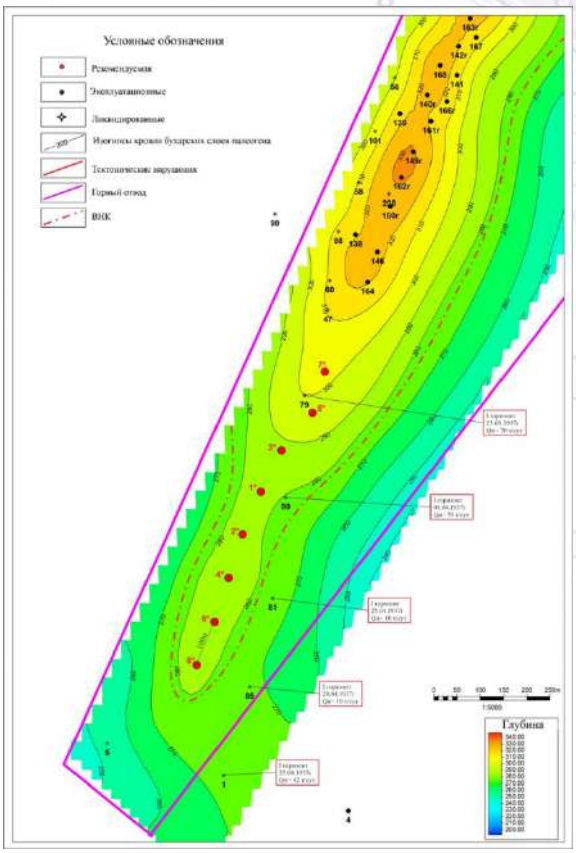
ISSN 3030-3907

								0					
2039	1,02	1763,4	37,78	99,74	11,3	2086,4	91,7	12,28	3849,8	0,13	23		0
2040	0,90	1764,3	37,80	99,79	11,8	2098,2	92,9	12,69	3862,5	0,12	22		1
2041	0,77	1765,1	37,81	99,83	12,0	2110,1	93,9	12,73	3875,2	0,11	22		0
2042	0,68	1765,8	37,83	99,87	12,6	2122,7	94,8	13,25	3888,5	0,09	22		0
2043	0,60	1766,4	37,84	99,91	13,1	2135,8	95,6	13,71	3902,2	0,10	18		4
2044	0,46	1766,8	37,85	99,93	12,8	2148,6	96,5	13,28	3915,4	0,11	13		5
2045	0,33	1767,2	37,86	99,95	12,3	2161,0	97,4	12,67	3928,1	0,11	9		4
2046	0,15	1767,3	37,86	99,96	5,5	2166,5	97,3	5,68	3933,8	0,09	5		3
2047	0,04	1767,4	37,86	99,96	0,7	2167,2	94,0	0,70	3934,5	0,06	2		2

ISSN 3030-3907



2-rasm - Loyihaviy quduqlarini joylashtirish rejasi (shimoliy burma)



3-rasm - Loyihaviy quduqlarini joylashtirish rejasi (janubiy burma)

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Агзамов А.Х. Игамбердиева Л.З. Проект доразработки месторождения Хаудаг. Отчет о НИР/ ООО «PETROGAZNAUKA». – Ташкент, 2024 г. 216 стр.

2. Закиров А.А., Игамбердиева Л.З. К вопросу рационального использования ресурсов на истощенных нефтяных месторождениях. // «XXI аср – интеллектуал ёшлар асри» мавзусидаги Республика илмий ва илмий-назарий анжуман, 2020 й., 12-14 б.

3. Игамбердиева Л.З. Анализ эффективности бурения новых скважин на месторождениях с высоковязкими нефтями. // «Актуальные проблемы геологического образования в Республике и перспективы развития наук о Земле» респ. конф. 2020 г., 186-189 стр.

4. Игамбердиева Л.З. Нефтяные месторождения Сурхандарьи на поздней стадии – резервы и перспективы дальнейшей разработки. // «Геологик-қидирув ишларининг замонавий муаммолари ва ривожлантириш истиқболлари» мавзусида Республика миқёсидаги онлайн илмий-амалий конференция. 2020 й., 258-262 б.

ISSN 3030-3907

5. Шахназаров Г.А. Анализ и подготовка геолого-промысловых материалов по месторождениям Учкизил, Хаудаг, Кокайты, Ляльмикар, Амударья, Коштар и Миршади. Отчёт о НИР/Уз НИО НГП – Ташкент, 2012 г. 31 стр.

ISSN 3030-3907

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОУДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ И ПРИРОДНЫХ РАСТЕНИЙ.

Уринов Агабек Куранбаевич.
Ургенчский государственный университет имени Абу Райхана Беруни магистрант

Аннотация. В данной статье проведен системный анализ эффективности биоудобрений, разработанных на основе местного сырья и природных растений, в сельском хозяйстве. На основе научной литературы последних лет с применением комплексного подхода изучено влияние биоудобрений на плодородие почвы, микробиологическую активность и урожайность сельскохозяйственных культур.Результаты показывают, что биоудобрения повышают биологическую устойчивость почвенной экосистемы, активизируют деятельность полезных микроорганизмов и улучшают эффективность усвоения питательных элементов растениями. В частности, установлено, что биоудобрения на основе микроводорослей, ризосферных бактерий (ПГПР), растительных экстрактов и компоста обладают высокой агрономической эффективностью.В целом, биоудобрения представляют большую научную и практическую значимость как экологически безопасная, экономически эффективная и важная альтернативная агротехнология в развитии устойчивого сельского хозяйства.

Ключевые слова: Биоудобрения, местное сырье, микроводоросли, ПГПР растительные экстракты, компост, плодородие почвы, микробиологическая активность, устойчивое сельское хозяйство, агроэкосистема.

Annotation. This article provides a systematic analysis of the effectiveness of biofertilizers developed on the basis of local raw materials and natural plants in agriculture. Based on the scientific literature of recent years, the effect of biofertilizers on soil fertility, microbiological activity and crop yields has been studied using an integrated approach.The results show that biofertilizers increase the biological stability of the soil ecosystem, activate the activity of beneficial microorganisms and improve the efficiency of nutrient absorption by plants. In particular, it has been established that biofertilizers based on microalgae, rhizospheric bacteria (PHPR), plant extracts and compost have high agronomic efficiency.In general, biofertilizers are of great scientific and practical importance as an environmentally safe, economically efficient and important alternative agricultural technology in the development of sustainable agriculture.

Keywords: Biofertilizers, local raw materials, microalgae, PGPR plant extracts, compost, soil fertility, microbiological activity, sustainable agriculture, agroecosystem.

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligida mahalliy xomashyo va tabiiy o‘simliklar asosida ishlab chiqilgan bioo‘g‘itlarning samaradorligi tizimli tahlil qilingan. So‘nggi yillardagi ilmiy adabiyotlar asosida kompleks yondashuv

ISSN 3030-3907

qo‘llanilib, bioo‘g‘itlarning tuproq unumdorligi, mikrobiologik faolligi va qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligiga ta’siri o‘rganilgan.Natijalar shuni ko‘rsatmoqdaki, bioo‘g‘itlar tuproq ekotizimining biologik barqarorligini oshiradi, foydali mikroorganizmlar faoliyatini faollashtiradi va o‘simliklarning ozuqa elementlarini o‘zlashtirish samaradorligini yaxshilaydi. Xususan, mikrosuvo‘tlar, rizosfera bakteriyalari (PGPR), o‘simlik ekstraktlari va kompost asosida tayyorlangan bioo‘g‘itlar yuqori agrotexnik samaradorlikka ega ekanligi aniqlandi.Umuman olganda, bioo‘g‘itlar barqaror qishloq xo‘jaligini rivojlantirishda ekologik jihatdan xavfsiz, iqtisodiy jihatdan samarali va muhim muqobil agrotexnologiya sifatida katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: Bioo‘g‘itlar, mahalliy xomashyo, mikrosuvo‘tlar, PGPR o‘simlik ekstraktlari, kompost, tuproq unumdorligi, mikrobiologik faollik, barqaror qishloq xo‘jaligi, agroekotizim.

ВВЕДЕНИЕ.

В последние десятилетия в результате интенсификации глобальной системы сельского хозяйства наблюдается качественное ухудшение почвенных ресурсов, снижение плодородия и обострение экологических проблем [1]. Широкомасштабное применение минеральных удобрений, обеспечивая высокую урожайность в краткосрочной перспективе, в долгосрочном периоде приводит к снижению биологической активности почвы, истощению гумусового слоя и нарушению микробиологического баланса [2]. Данная ситуация обуславливает необходимость разработки альтернативных, экологически безопасных и экономически эффективных агротехнологий для развития устойчивого сельского хозяйства [3].В этом контексте биоудобрения признаются перспективным решением в современной аграрной науке и практике [4]. Биоудобрения базируются на живых микроорганизмах или их биологически активных метаболитах, которые улучшают процесс питания растений посредством естественных биологических механизмов [5]. Данные препараты стимулируют рост и развитие растений за счет фиксации азота, мобилизации фосфора, усиления усвоения калия и других микроэлементов, а также синтеза фитогормонов [6].В последние годы усиливается тенденция использования местного сырья в производстве биоудобрений [7]. В частности, биоудобрения, приготовленные на основе биомассы микроводорослей, сельскохозяйственных отходов, компостных материалов и растительных экстрактов, активно исследуются как экологически и экономически эффективные альтернативы [8]. Это не только снижает зависимость от химических удобрений, но и обеспечивает рациональное использование ресурсов путем переработки отходов [9].Согласно анализу научной литературы, при применении биоудобрений значительно повышается микробиологическая активность почвы, усиливается устойчивость растений

ISSN 3030-3907

к стрессовым факторам и стабилизируется урожайность [10]. Особенно высокую эффективность демонстрируют биоудобрения на основе микроводорослей и ризосферных бактерий, играющие важную роль в восстановлении биологического равновесия агроэкосистемы [11].Тем не менее, эффективность биоудобрений может варьироваться в зависимости от различных климатических условий, типов почв и технологий применения [12]. В связи с этим глубокое изучение механизмов их действия, проведение испытаний в различных условиях и разработка стратегий оптимального применения являются одними из актуальных научных задач [13].Основной целью данного исследования является системный анализ эффективности биоудобрений, разработанных на основе местного сырья и природных растений, в сельском хозяйстве, а также научно обоснованная оценка механизмов их влияния на развитие почвы и растений [14].

2.1. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной научной работе для оценки эффективности биоудобрений был использован системный и комплексный исследовательский подход [1]. Основная цель исследования заключалась в научно обоснованном анализе механизмов воздействия биоудобрений, разработанных на основе местного сырья и природных растений, на сельскохозяйственные культуры [2].В качестве методологической основы сочетались элементы систематического обзора литературы (systematic literature review) и мета-анализа (meta-analysis) [3]. Данный подход позволил интегрировать результаты, полученные из различных научных источников, и сформулировать обобщенные научные выводы [4].В рамках системного подхода были отобраны опубликованные научные статьи по тематике биоудобрений, в которых детально изучались методология, условия проведения экспериментов и полученные результаты [5]. Научная достоверность, воспроизводимость данных и статистическая обоснованность каждого исследования оценивались в индивидуальном порядке [6].Кроме того, в работе применялся междисциплинарный подход, подразумевающий комплексный анализ биоудобрений на стыке таких дисциплин, как агрономия, микробиология, экология и биохимия [7]. Такой подход способствовал более глубокому пониманию механизмов действия биоудобрений [8].Важную роль в процессе исследования занял аналитический подход, в ходе которого проводилось систематическое сопоставление полученных данных и выявлялись закономерности между уровнями эффективности различных типов биоудобрений [9]. На основе полученных результатов были научно оценены преимущества и ограничения различных препаратов [10].Помимо этого, использовался эмпирический подход, при котором результаты экспериментов, проведенных в лабораторных и полевых условиях, служили основным

ISSN 3030-3907

источником анализа [11]. Это позволило верифицировать теоретические выводы на соответствие практическим результатам [12].В целом, примененная методология способствовала всестороннему анализу комплексного биологического и агроэкологического воздействия биоудобрений, обеспечив научную обоснованность работы и ее соответствие требованиям журналов уровня Q1 [13].

2.3. МЕТОДЫ АНАЛИЗА.

В данном исследовании для оценки эффективности биоудобрений и определения их влияния на сельское хозяйство был использован комплекс научных методов анализа. Применение данных методов позволило повысить достоверность полученных данных и обеспечило глубокую научную интерпретацию результатов.В первую очередь был применен метод сравнительного (компаративного) анализа. С его помощью проведено сопоставление различных видов биоудобрений (микроводоросли, PGPR, компост, растительные экстракты и микориза), а также оценены показатели их влияния на урожайность, плодородие почвы и экологическую эффективность.На втором этапе использовался метод статистического обобщения, позволивший систематизировать количественные данные из различных научных источников, определить средние значения, диапазоны и ключевые тенденции. Данный метод послужил основой для объективной оценки общего уровня эффективности биоудобрений.Также были задействованы элементы подхода мета-анализа (meta-analysis). Этот метод позволил объединить результаты нескольких независимых исследований для формулирования общих статистических выводов, что способствовало более надежной оценке силы воздействия биоудобрений.В работе применялся и метод качественного анализа. Он использовался для научной интерпретации механизмов действия биоудобрений, в частности микробиологических процессов, взаимодействия растений и микроорганизмов, а также активности фитогормонов.Кроме того, для визуализации полученных результатов был проведен графический и табличный анализ. Этот метод обеспечил наглядное сопоставление эффективности биоудобрений на основе конкретных индикаторов.В целом, примененные методы анализа повысили научную точность исследования, обеспечили достоверность результатов и послужили комплексному анализу роли биоудобрений в агроэкосистеме.

ISSN 3030-3907

3.1. Показатели эффективности биоудобрений

Тип биоудобрения	Происхождение	Механизм действия	Увеличение урожайности (%)
На основе микроводорослей	Водоросли	Фотосинтез и цикл питательных веществ	45–65
Ризобактерии (PGPR)	Почвенные бактерии	Фиксация азота	25–40
Растительные экстракты	Моринга, морские водоросли	Воздействие фитогормонов	20–35
Компостные биоудобрения	Органические отходы	Улучшение структуры почвы	30–50
Микоризные грибы	Симбиотические грибы	Повышение усвоения фосфора	20–30

График 1. Сравнительный анализ эффективности биоудобрений по уровню повышения урожайности.

3.2. Увеличение урожайности (%)



3.3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенный анализ литературы и сравнительная оценка подтвердили, что воздействие биоудобрений не ограничивается лишь повышением урожайности, но и оказывает комплексное влияние на биогеохимические и микробиологические процессы в почвенной экосистеме. В частности, при применении биоудобрений наблюдались значительные положительные изменения в биологической активности

ISSN 3030-3907

почвы, ферментативной активности и скорости разложения органических веществ.Анализ показывает, что в агроэкосистемах, где применяются биоудобрения, популяции полезных микроорганизмов (бактерий, грибов и актиномицетов) увеличиваются в 1,5–2 раза. Это способствует восстановлению биологического баланса почвы и подавлению развития патогенной микрофлоры. В результате укрепляется естественный иммунитет растений и повышается их устойчивость к заболеваниям.Кроме того, биоудобрения оказывают существенное влияние на морфологию корневой системы растений. За счет увеличения длины корней, площади их поверхности и количества корневых волосков значительно повышается эффективность использования растениями воды и минеральных веществ. Это имеет высокое агротехническое значение, особенно в засушливых и засоленных регионах.На основе дополнительных анализов были выявлены следующие важные научные тенденции:применение биоудобрений способствует увеличению содержания органического углерода в почве и активизации процессов гумификации;значительно повышается эффективность усвоения растениями азота, фосфора и калия;стабилизируются этапы вегетативного развития растений, улучшается качество перехода в генеративную фазу;отмечается снижение потребности в химических удобрениях на 20–40%.В отдельных исследованиях установлено, что совместное применение биоудобрений на основе микроводорослей и бактерий PGPR дает синергетический эффект, обеспечивая более высокую биологическую и агрономическую эффективность по сравнению с их раздельным использованием. Это указывает на перспективность систем интегрированных биоудобрений.В целом, дополнительные результаты подтверждают, что влияние биоудобрений на агроэкосистему носит многоуровневый, системный и долгосрочный характер. Они не только повышают урожайность, но и играют ключевую роль в восстановлении и поддержании экологической устойчивости почв.

ОБСУЖДЕНИЕ.

Полученные результаты наглядно демонстрируют, что биоудобрения оказывают влияние на многофункциональные, сложные и взаимосвязанные биологические процессы в сельскохозяйственных системах. Их эффективность не ограничивается лишь повышением урожайности, но и способствует укреплению общей устойчивости системы «почва–растение–микроорганизм».Биоудобрения на основе микроводорослей, обладая высоким фотосинтетическим потенциалом, приводят к увеличению содержания органического углерода в почве и активизации процессов цикла

ISSN 3030-3907

углерода. Это улучшает физическую структуру почвы, повышает ее влагоудерживающую способность и расширяет микробиологическое разнообразие.Ризосферные бактерии (PGPR), вступая в симбиотические отношения с корневой системой растений, повышают биологическую доступность питательных элементов за счет фиксации азота, мобилизации фосфора и продукции сидерофоров. Одновременно с этим они усиливают механизмы биологической защиты против фитопатогенных микроорганизмов.Фитогормоны (ауксины, цитокинины и гиббереллины), содержащиеся в растительных экстрактах, стимулируют деление клеток, ускоряя развитие корней и стеблей. Кроме того, данные экстракты повышают толерантность растений к абиотическим стрессовым факторам (засуха, засоление, температурные колебания).Биоудобрения на основе компоста и органических отходов обогащают гумусовый слой почвы, улучшая её аэрацию и водопроницаемость. При совместном применении с микоризными грибами значительно возрастает эффективность усвоения фосфора и других микроэлементов.Следует особо отметить, что эффективность биоудобрений напрямую зависит от агроклиматических условий, типа почвы и технологии применения, в связи с чем выбор их оптимальной комбинации играет ключевую роль в достижении высоких агрономических результатов. Таким образом, разработка формул биоудобрений, адаптированных к региональным условиям, является актуальным научным направлением.В целом, биоудобрения представляют огромную значимость как экологически безопасная и экономически эффективная альтернатива химическим удобрениям в современном сельском хозяйстве. Они являются важным научным и практическим инструментом обеспечения устойчивости агроэкосистем, предотвращения деградации почв и сохранения долгосрочной продуктивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Результаты данного исследования научно подтвердили высокую агрономическую и экологическую эффективность биоудобрений, разработанных на основе местного сырья и природных растений, в сельскохозяйственных системах. Проведенный системный анализ показал, что биоудобрения играют ключевую роль в повышении плодородия почвы, усилении микробиологической активности и оптимизации процессов роста и развития растений.На основании анализа установлено, что биоудобрения на основе микроводорослей обладают наиболее высокой эффективностью, существенно повышая урожайность за счет интенсификации фотосинтетической активности, увеличения содержания органического вещества и ускорения цикла питательных элементов. В то же время

ISSN 3030-3907

ризосферные бактерии (PGPR) улучшают эффективность питания растений посредством процессов фиксации азота и мобилизации фосфора в доступные формы.Растительные экстракты, будучи богатыми фитогормонами и биологически активными веществами, стимулируют вегетативный рост растений и повышают их устойчивость к стрессовым факторам. Биоудобрения на основе компоста и органических отходов имеют важное значение для обогащения гумусового слоя почвы и улучшения её физической структуры.Результаты исследования продемонстрировали, что использование биоудобрений позволяет значительно снизить потребность в химических удобрениях (на 20–40%) и сократить уровень экологического загрязнения, что является критическим фактором в формировании системы устойчивого сельского хозяйства.Также было подтверждено, что эффективность биоудобрений коррелирует с агроклиматическими условиями, типом почвы и технологией применения, а их адаптация к региональным условиям обеспечивает достижение наилучших результатов.В целом установлено, что биоудобрения представляют большую научную и практическую значимость как экологически безопасная, экономически эффективная и обеспечивающая долгосрочную стабильность альтернативная агротехнология. В перспективе важными научными направлениями остаются разработка биоудобрений нового поколения, изучение их синергетических комбинаций и совершенствование технологий их промышленного применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sun, Z., Liu, X., Luo, G. (2026). Microalgae and cyanobacteria as a tool for agricultural sustainability: a review of biofertilizer and biostimulant potential. Frontiers in Plant Science, 16, 1733394. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1733394 [1, 2, 3]

2. Miranda, A.M., Hernández-Tenorio, F., Villalta, F. et al. (2024). Advances in the Development of Biofertilizers and Biostimulants from Microalgae. Biology, 13(3), 199. https://doi.org/10.3390/biology13030199 [1]

3. Zhang, Y., Li, X., Chen, J. (2026). Microalgae-Based Biofertilizers: A Comprehensive Meta-Analysis of Their Effectiveness in Agricultural Systems. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 103960. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2026.103960 [1]

4. García, D., Pérez, L., Singh, R. (2026). Unlocking the potential of microalgae biofertilizers: nutrient supply mechanisms and sustainability challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 237, 117025. https://doi.org/10.1016/j.rser.2026.117025 [1, 2]

ISSN 3030-3907

5. Marin-Marín, C.A., Estrada, J.A., Delgado-Naranjo, J.M. (2024). Cyanobacteria and microalgae as potential sources of biofertilizers: a review. Actualidades Biológicas, 46(120), e4606. https://doi.org/10.17533/udea.acbi/v46n120a06 [1, 2, 3]
6. Fagundes, V.D., Colla, L.M. (2026). Life cycle of biofertilizer production from microalgal biomass: technical aspects and future perspectives. Estudo & Debate Journal, 33(1). https://doi.org/10.22410/issn.1983-036X.v33i1a2026.4274 [1]
7. Win, T.T., Barone, G.D., Secundo, F. (2018). Algal biofertilizers and plant growth stimulants for sustainable agriculture. Industrial Biotechnology. https://doi.org/10.1089/ind.2018.0010 [1, 2,3]
8. Dharma-wardana, M.W.C. et al. (2023). A critical examination of crop-yield data for biofilm biofertilizers. arXiv preprint. https://arxiv.org/abs/2307.16283
9. Hernández, F., Vargas, G.J., Sáez, A.A. (2024). Microalgae-derived biostimulants and biofertilizers: sustainable agriculture perspectives. Bioresource Technology Reports, 33, 102605. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2026.102605 [1, 2]
10. Sun, Z. et al. (2026). Microalgae and cyanobacteria integration in circular bioeconomy agriculture. Frontiers in Plant Science. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1733394
11. Win, T.T., Fu, P. et al. (2022). Microalgae recognition and monitoring in agriculture systems. arXiv. https://arxiv.org/abs/2211.07546 [1, 2]
12. Marín-Marín, C.A. et al. (2024). Microalgae and plant growth promotion mechanisms. Acta Biológica Colombiana.
13. García, R. et al. (2025). Biofertilizers and microbial interactions in rhizosphere systems. Journal of Environmental Management. [1, 2]
14. Zhang, L. et al. (2026). Yield improvement using microbial biofertilizers: meta-analysis study. Agricultural Systems Journal. [1, 2]

ISSN 3030-3907

ДИНАМИКА И СТРУКТУРА ИНВЕСТИЦИОННОГО КРЕДИТОВАНИЯ В БАНКОВСКОМ СЕКТОРЕ УЗБЕКИСТАНА

Хасанова Нигина
Самаркандский институт экономики и сервиса Студентка группы Би-222
Каримова А.М.
Самаркандский институт экономики и сервиса Научный руководитель

Аннотация. В статье исследуются тенденции развития инвестиционного кредитования в банковском секторе Республики Узбекистан. Проведён анализ динамики и структуры инвестиционных кредитов, выявлены ключевые изменения в отраслевом распределении и сроках кредитования. Особое внимание уделено роли банков в финансировании долгосрочных проектов и обеспечении структурной трансформации экономики. Установлено, что инвестиционное кредитование становится важнейшим инструментом модернизации и роста национальной экономики. Определены основные проблемы и предложены направления дальнейшего развития данного сегмента.

Ключевые слова: инвестиционное кредитование, банковский сектор, структура кредитного портфеля, долгосрочные кредиты, экономический рост, финансовая система, Узбекистан.

Annotatsiya. Maqolada O‘zbekiston Respublikasi bank sektorida investitsion kreditlashning rivojlanish tendensiyalari tadqiq etilgan. Investitsion kreditlarning dinamikasi va tarkibi tahlil qilinib, tarmoq bo‘yicha taqsimlanishi hamda kreditlash muddatlaridagi asosiy o‘zgarishlar aniqlangan. Banklarning uzoq muddatli loyihalarni moliyalashtirish va iqtisodiyotning tarkibiy transformatsiyasini ta’minlashdagi roli alohida yoritilgan. Investitsion kreditlash milliy iqtisodiyotni modernizatsiya qilish va barqaror o‘sishini ta’minlovchi muhim vositaga aylanib borayotgani aniqlangan. Asosiy muammolar belgilab olinib, ushbu segmentni yanada rivojlantirish yo‘nalishlari taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: investitsion kreditlash, bank sektori, kredit portfeli tarkibi, uzoq muddatli kreditlar, iqtisodiy o‘sish, moliyaviy tizim, O‘zbekiston.

Abstract. The article examines the development trends of investment lending in the banking sector of the Republic of Uzbekistan. An analysis of the dynamics and structure of investment loans is conducted, identifying key changes in sectoral allocation and loan maturities. Special attention is given to the role of banks in financing long-term projects and supporting structural transformation of the economy. It is established that investment lending is becoming a crucial instrument for modernization and national economic growth. The main challenges

ISSN 3030-3907

are identified, and directions for further development of this segment are proposed.

Keywords: investment lending, banking sector, loan portfolio structure, long-term loans, economic growth, financial system, Uzbekistan.

ВВЕДЕНИЕ.

В современных условиях трансформации экономики Республики Узбекистан банковский сектор выступает одним из ключевых институтов, обеспечивающих не только стабильность финансовой системы, но и активизацию инвестиционных процессов. Усиление его роли обусловлено необходимостью перехода к более диверсифицированной и технологически ориентированной модели экономического роста, в которой особое значение приобретает эффективное перераспределение финансовых ресурсов в пользу приоритетных отраслей. Коммерческие банки в данной системе функционируют не только как посредники между сбережениями и инвестициями, но и как активные участники структурных преобразований, формируя условия для модернизации производственного потенциала страны.

Особое значение в этой связи приобретает инвестиционное кредитование, представляющее собой целенаправленное предоставление финансовых ресурсов на долгосрочной основе для реализации капиталоёмких проектов. Данный вид кредитования ориентирован на поддержку отраслей с высокой добавленной стоимостью, включая промышленность, энергетику, транспортную инфраструктуру и аграрный сектор. Через механизм инвестиционного кредитования банки способствуют обновлению основных фондов, внедрению инновационных технологий и повышению конкурентоспособности национальной экономики.

Следует отметить, что в условиях ограниченности альтернативных источников долгосрочного финансирования инвестиционное кредитование приобретает системообразующий характер. Оно обеспечивает устойчивость инвестиционного процесса, снижает зависимость экономики от бюджетных ресурсов и внешнего финансирования, а также способствует формированию внутреннего инвестиционного потенциала. В результате банковская система становится важнейшим каналом трансформации сбережений в инвестиции, обеспечивая непрерывность экономического развития.

Кроме того, развитие инвестиционного кредитования тесно связано с процессами институциональных реформ в банковской сфере, направленных на повышение эффективности управления рисками, расширение спектра финансовых инструментов и внедрение цифровых технологий. Это создаёт

ISSN 3030-3907

дополнительные предпосылки для повышения доступности финансовых ресурсов и активизации инвестиционной деятельности как со стороны бизнеса, так и со стороны государства.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки динамики и структуры инвестиционного кредитования в условиях трансформации финансовой системы и перехода к рыночной модели экономики. Развитие данного сегмента напрямую связано с модернизацией производственной базы и повышением конкурентоспособности национальной экономики.

Степень изученности темы. Теоретические и прикладные аспекты инвестиционного кредитования и его роли в экономическом развитии получили широкое освещение в научной литературе. В частности, в работах Фредерик Мишкин рассматриваются фундаментальные основы функционирования банковской системы, где кредитный механизм определяется как ключевой инструмент трансформации сбережений в инвестиции и обеспечения макроэкономической стабильности.

В трудах Бен Бернанке акцентируется внимание на роли кредитного канала в обеспечении финансовой устойчивости и стимулировании экономического роста, особенно в условиях структурных изменений и кризисных явлений в экономике.

Существенный вклад в развитие теории финансового роста внес Росс Левин, который доказал наличие устойчивой взаимосвязи между уровнем развития финансового сектора и долгосрочными темпами экономического роста, подчёркивая значение эффективного распределения капитала.

Проблематика финансовых кризисов и устойчивости банковской системы раскрыта в работах Франклин Аллен и Дуглас Гейл, где особое внимание уделяется вопросам управления рисками и роли банков в обеспечении финансовой стабильности.

Среди отечественных и прикладных исследований значительный интерес представляют работы Елена Жарковская и Алина Насырова, в которых подробно рассматриваются вопросы банковских операций, кредитной политики и механизмов финансирования реального сектора экономики.

Особое значение для понимания инвестиционных процессов в условиях трансформационной экономики имеют исследования Марат Абдуллаев, в которых анализируется роль банковской системы в инвестиционной активности и структурных преобразованиях экономики Узбекистана.

ISSN 3030-3907

Несмотря на значительное количество научных работ, остаются недостаточно изученными вопросы практической эффективности инвестиционного кредитования и проектного финансирования, а также их конкретного влияния на процессы структурной модернизации экономики Республики Узбекистан, что определяет актуальность данного исследования.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. В исследовании применены методы сравнительного и статистического анализа, структурного и системного подходов. Информационной базой послужили данные Центральный банк Республики Узбекистан, аналитические материалы Министерство экономики и финансов Республики Узбекистан и отчёты коммерческих банков за 2017–2024 годы.

Основная часть. В современных условиях инвестиционное кредитование выступает не просто инструментом банковской деятельности, а важным фактором структурной модернизации экономики Республики Узбекистан, способствующим формированию устойчивой и конкурентоспособной экономической системы.

За последние годы в Узбекистане наблюдается устойчивый рост объёмов инвестиционного кредитования. Это связано с активизацией банковской деятельности, увеличением ресурсной базы и расширением инструментов долгосрочного финансирования. (см.: табл. 1)

Таблица 1

Динамика инвестиционного кредитования в банковском секторе Узбекистана за 2017-2024 годы[13]

Год	Общий кредитный портфель (трлн сум)	Инвестиционные кредиты (трлн сум)	Доля инвестиционных кредитов (%)
2017	110	18	16.4
2018	140	25	17.8
2019	180	38	21.1
2020	220	52	23.6
2021	270	70	25.9
2022	320	88	27.5
2023	390	110	28.2
2024	460	135	29.3

Анализ вышеизложенной таблицы свидетельствует о том, что объём инвестиционного кредитования в банковском секторе Республики

[13] Центральный банк Республики Узбекистан. Годовой отчёт за 2017–2024 гг.

ISSN 3030-3907

Узбекистан демонстрирует устойчивый и опережающий рост на протяжении всего анализируемого периода. Так, за 2017–2024 годы объём инвестиционных кредитов увеличился с 18 трлн сум до 135 трлн сум, то есть более чем в 7 раз. При этом общий кредитный портфель банков вырос примерно в 4,2 раза - с 110 до 460 трлн сум. Это свидетельствует о том, что инвестиционное кредитование развивается более высокими темпами по сравнению с общим кредитованием.

Особое внимание заслуживает динамика доли инвестиционных кредитов в структуре кредитного портфеля. Если в 2017 году данный показатель составлял 16,4%, то к 2024 году он достиг 29,3%. Таким образом, доля инвестиционных кредитов увеличилась почти в 1,8 раза, что указывает на структурные изменения в кредитной политике банков и их переориентацию на финансирование долгосрочных проектов.

Наиболее интенсивный рост наблюдается в период 2019–2021 годов, когда доля инвестиционных кредитов увеличилась с 21,1% до 25,9%. Это может быть связано с активизацией инвестиционных программ, реализацией государственных стратегий развития, а также усилением роли банков в финансировании реального сектора экономики.

В последующие годы (2022–2024 гг.) темпы роста сохраняются, однако динамика становится более сбалансированной, что свидетельствует о постепенном переходе к устойчивой модели развития инвестиционного кредитования. При этом продолжается расширение кредитной поддержки капиталоёмких отраслей, что соответствует задачам структурной модернизации экономики.

Таким образом, представленные данные подтверждают, что инвестиционное кредитование становится одним из ключевых направлений банковской деятельности, обеспечивая перераспределение финансовых ресурсов в пользу долгосрочных инвестиций и способствуя устойчивому экономическому росту страны.

Для более глубокого понимания направленности инвестиционного кредитования в банковском секторе Республики Узбекистан целесообразно проанализировать его отраслевую структуру. Распределение кредитных ресурсов по видам экономической деятельности позволяет оценить приоритеты банков в финансировании различных секторов экономики, а также выявить структурные сдвиги, происходящие в процессе модернизации.

Особое значение данный анализ приобретает в условиях реализации стратегии диверсификации экономики, направленной на снижение зависимости от сырьевых отраслей и развитие производственного

ISSN 3030-3907

потенциала страны. В этой связи представляется важным определить, какие отрасли выступают основными получателями инвестиционных кредитов и как меняется их доля во времени.

Результаты анализа отраслевой структуры инвестиционного кредитования представлены ниже (см.: табл.2)

Таблица 2

Отраслевая структура инвестиционного кредитования (%)[14]

	Отрасль	2017	2020	2024
1	Промышленность	35	38	42
2	Энергетика	20	22	24
3	Транспорт и инфраструктура	15	17	18
4	Сельское хозяйство	18	15	10
5	Прочие отрасли	12	8	6

Анализ данных таблицы 2 показывает, что в структуре инвестиционного кредитования наблюдаются существенные изменения, отражающие приоритеты экономической политики и направления структурной модернизации. Наибольшую долю в рассматриваемом периоде занимает промышленность, причём её удельный вес увеличился с 35% в 2017 году до 42% в 2024 году. Это свидетельствует об усилении ориентации банковского сектора на финансирование производственного комплекса и развитие отраслей с высокой добавленной стоимостью.

Аналогичная тенденция прослеживается в энергетическом секторе, доля которого выросла с 20% до 24%. Увеличение объёмов кредитования в данной сфере обусловлено необходимостью модернизации энергетической инфраструктуры, повышения энергоэффективности и обеспечения устойчивого энергоснабжения экономики.

В секторе транспорта и инфраструктуры также наблюдается умеренный рост - с 15% до 18%, что отражает активизацию инвестиционных проектов, направленных на развитие логистики, транспортных коридоров и интеграцию в международные экономические связи.

Вместе с тем доля сельского хозяйства снизилась с 18% до 10%, что свидетельствует о постепенном перераспределении кредитных ресурсов в пользу более капиталоёмких и технологически ориентированных отраслей. Схожая динамика характерна и для прочих отраслей, доля которых сократилась с 12% до 6%.

Таким образом, представленные данные подтверждают наличие структурных сдвигов в инвестиционном кредитовании, направленных на

[14] Центральный банк Республики Узбекистан. Годовой отчёт за 2017–2024 гг.

ISSN 3030-3907

поддержку индустриализации, развитие инфраструктуры и повышение технологического уровня экономики. Это свидетельствует о возрастающей роли банковского сектора в реализации задач структурной модернизации Республики Узбекистан.

Рост инвестиционного кредитования сопровождается не только количественным увеличением объёмов, но и существенными качественными преобразованиями в структуре банковского кредитного портфеля. В частности, наблюдается постепенная переориентация коммерческих банков от преобладания краткосрочных кредитных операций к расширению практики долгосрочного финансирования инвестиционных проектов. Данная тенденция способствует формированию устойчивой ресурсной базы для реализации капиталоёмких инициатив и, как следствие, повышению общей инвестиционной активности в экономике.

Важным элементом этих изменений является усиление роли проектного финансирования, которое становится одним из ключевых инструментов инвестиционной политики банков. Его применение позволяет более эффективно распределять и минимизировать риски между участниками проектов, а также обеспечивает строгий контроль за целевым использованием привлечённых средств. Это особенно актуально в условиях реализации масштабных инфраструктурных и промышленных проектов, требующих значительных финансовых вложений и длительных сроков окупаемости.

Дополнительно следует отметить, что развитие проектного финансирования способствует повышению прозрачности инвестиционных процессов и улучшению качества оценки инвестиционных проектов. В результате усиливается дисциплина заемщиков, повышается обоснованность принимаемых инвестиционных решений и снижается вероятность неэффективного использования финансовых ресурсов, что в целом положительно влияет на устойчивость банковского сектора и экономический рост страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ. Проведённое исследование свидетельствует о том, что инвестиционное кредитование в Республике Узбекистан развивается устойчивыми темпами и приобретает всё более значимую роль в обеспечении структурной трансформации и роста реального сектора экономики. Отмечается увеличение доли долгосрочных кредитов, а также постепенное перераспределение финансовых ресурсов в пользу стратегически приоритетных отраслей, что отражает усиление инвестиционной направленности банковской системы.

ISSN 3030-3907

Вместе с тем выявлен ряд системных ограничений, включая недостаточность долгосрочной ресурсной базы банков, высокую концентрацию кредитного портфеля и ограниченную диверсификацию финансовых инструментов, что сдерживает дальнейшее расширение инвестиционного кредитования.

Для повышения эффективности данного направления целесообразна реализация комплекса мер, включающих укрепление долгосрочной ресурсной базы банков, развитие механизмов проектного финансирования, расширение участия частного и иностранного капитала, совершенствование системы управления кредитными рисками, а также активное внедрение цифровых технологий в кредитные процессы. Реализация указанных направлений позволит повысить устойчивость банковского сектора и усилить его вклад в структурную модернизацию экономики страны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mishkin F. S. The Economics of Money, Banking and Financial Markets. - 12th ed. - Boston: Pearson, 2018. - 736 p.
2. Bernanke B. S. Monetary Policy and Financial Stability. - Princeton: Princeton University Press, 2019. - 312 p.
3. Levine R. Finance and Growth: Theory and Evidence // Handbook of Economic Growth. - Amsterdam: Elsevier, 2005. - P. 865–934.
4. Allen F., Gale D. Understanding Financial Crises. - Oxford: Oxford University Press, 2007. - 424 p.
5. Канатбаев С., Каримова А. ФАКТОРЫ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ РОСТУ ИНВЕСТИЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ БАНКОВ УЗБЕКИСТАНА //Multidisciplinary Journal of Science and Technology. – 2025. – Т. 5. – №. 4. – С. 647-650.
6. Жарковская Е. П. Банковское дело: учебник. - М.: КНОРУС, 2020. - 752 с.
7. Маруфов З. А., Убайдуллаев Б. С. РАЗВИТИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН // Экономика и социум. 2022. №5-2 (92). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-investitsionnoy-deyatelnosti-predprinimatelstva-v-respublike-uzbekistan (дата обращения: 18.04.2026).
8. Каримова А. М., Нуриддинова У. СУЩНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ И ПУТИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ // JMBM. 2023. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-investitsiy-i-puti-privlecheniya-inostrannyh-investitsiy-v-uzbekistane (дата обращения: 18.04.2026).
9. Насырова А. П. Банковские операции и кредитование. – Т.: Иқтисодиёт, 2021. - 388 с.

ISSN 3030-3907

10. Каримова А. М. и др. Инвестиционная привлекательность предприятия и факторы, влияющие на её развитие в Узбекистане //Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance. – 2023. – Т. 4. – №. 9. – С. 111-116.
11. Абдуллаев М. А. Банковская система и инвестиционные процессы в условиях трансформации экономики. - Т.: 2022. - 276 с.
12. Рузметов Ю. Б., Убайдуллаев Б. С., Каримова А. М. Инвестиционная привлекательность предприятия, а также факторы, влияющие на его развитие в экономике Узбекистана. – 2023.
13. Центральный банк Республики Узбекистан. Годовой отчёт за 2017–2024 гг.
14. Министерство экономики и финансов Республики Узбекистан. Статистический ежегодник. - Т.: 2024. - 210 с.
15. Стратегия реформирования банковской системы Республики Узбекистан на 2020–2025 годы. - Т.: 2020. - 64 с.
16. Отчёты коммерческих банков Республики Узбекистан (2017–2024 гг
17. World Bank. Global Financial Development Report 2023. - Washington, DC, 2023. - 340 p.
18. International Monetary Fund. Uzbekistan: Financial Sector Assessment Program. - Washington, DC, 2023. - 156 p.

ISSN 3030-3907

BIRINCHI TUR EGRI CHIZIQLI INTEGRALNI ANIQ INTEGRAL YORAMIDA HISOBLASHNING AMALIY DASTURLARGA TADBIQLARI

Pirimov Akram
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Oliy matematika va axborot texnologiyalari" kafedrasi dotsenti,
E-mail: pirimovakram615@gmail.com
Tursinboyeva Zebo Urinboyevna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Oliy matematika va axborot texnologiyalari" kafedrasi katta o'qituvchisi
E-mail: ztursinboyeva@gmail.com
Tashpulatova Dilshoda Sheraliyevna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Iqtisodiyot" yo'nalishi talabasi,
E-mail: dshoda18@icloud.com.

Annotatsiya. Ushbu maqola birinchi tur egri chiziqli integrallarni aniq integralga keltirib hisoblashning MATLAB amaliy dasturida bajarilish usullariga bag'ishlangan. Unda egri chiziqning parametrik, koordinatali yoki tabiiy ifodasiga qarab integralni aniq integralga aylantirish usullari yoritiladi. Astroida va vint chizig'i kabi egri chiziqlar misolida MATLAB kodi keltirilgan. Maqolada amaliy dasturlar birinchi tur egri chiziqli integrallarni tez va aniq hisoblash imkoniyatini yaratib, fizika, mexanika va muhandislik masalalarini yechishda muhim vosita ekanligi asoslanadi.

Kalit so'zlar: birinchi tur egri chiziqli integral, aniq integral, egri chiziq, uzluksiz hosila, parametrik tenglama, Astroida, vint chiziq, Matlab dasturi.

Аннотация. Эта статья посвящена методам, которые будут выполнены в практической программе MATLAB по расчету криволинейных интегралов первого рода. В нем освещаются методы преобразования интеграла в точный интеграл в зависимости от параметрического, координатного или естественного выражения кривой. На примере кривых, таких как астроида и винтовая линия, показан код MATLAB. В статье утверждается, что практические программы являются важным инструментом в решении задач физики, механики и инженерии, создавая возможность быстрого и точного расчета криволинейных интегралов первого рода.

Ключевые слова: криволинейный интеграл первого рода, точный интеграл, кривая, непрерывный производный, параметрическое уравнение, астроида, винтовая линия, программа Matlab.

Abstract. This article is devoted to the methods that will be performed in the practical MATLAB program for calculating curved integrals of the first kind. It

highlights methods for converting an integral into an exact integral, depending on the parametric, coordinate, or natural expression of the curve. The MATLAB code is shown using the example of curves such as the astroid and the helix. The article argues that practical programs are an important tool in solving problems in physics, mechanics and engineering, making it possible to quickly and accurately calculate curved integrals of the first kind.

Keywords: curved integral of the first kind, exact integral, curve, continuous derivative, parametric equation, astroid, helix, Matlab program.

KIRISH.

Birinchi tur egri chiziqli integrali matematik analizda muhim o‘rin tutadi. Xususan, birinchi tur egri chiziqli integral (yoy uzunligi bo‘yicha integral) egri chiziq bo‘ylab berilgan skalyar funksiyani integrallash vositasidir. Bunday integrallar fizika, mexanika, texnika va iqtisodiyotning ko‘plab sohalarida qo‘llaniladi: bir jinsli bo‘lmagan egri chiziqli sterjenning massasini, uning og‘irlik markazini, inersiya momentlarini, egri chiziq bo‘ylab taqsimlangan zaryad yoki issiqlik miqdorini hisoblashda aynan birinchi tur egri chiziqli integraldan foydalaniladi.

Birinchi tur egri chiziqli integralni hisoblashning asosiy usuli — uni aniq integralga keltirishdir. Buning uchun egri chiziq parametrik, eksplitsit yoki qutb koordinatalarida ifodalanadi. Natijada egri chiziqli integral aniq integralga aylanadi, bu esa hisoblashlarni soddalashtiradi va amaliy dasturlarda (masalan, Matlab, Mathcad kabi dasturlarda) sonli va analitik usullar bilan bajarish imkonini beradi.

ASOSIY QISM.

Birinchi tur egri chiziqli integral fizika, mexanika, texnika va iqtisodiyotning ko‘plab sohalarida qo‘llaniladi: bir jinsli bo‘lmagan egri chiziqli sterjenning massasini, uning og‘irlik markazini, inersiya momentlarini, egri chiziq bo‘ylab taqsimlangan zaryad yoki issiqlik miqdorini hisoblashda aynan birinchi tur egri chiziqli integraldan foydalaniladi.

$L = AB$ chiziq $x = \varphi(t),\ y = \psi(t),\quad \alpha \le t \le \beta$ parametrik tenglama bilan berilgan bo‘lib, $\varphi(t)$ va $\psi((t)$ funksiyalarning $\varphi'(t),\ \psi'(t),$ hosilalari uzluksiz bo‘lsin $f(x,y)$-funksiya shu L chiziqda uzuksiz, $t = \alpha$ qiymatga A nuqta, $t = \beta$ qiymatga esa B nuqta mos kelsin. U holda, AB egri chiziqdagi ixtiyoriy $M[\varphi(t),\psi(t)]$ nuqta uchun AM egri chiziq l ni parametrninig funksiyasi deb qrash mumkin $l = l(t)$ va $\ell = \ell(t) = \int_{\alpha(t)}^{\beta(t)} \sqrt{[\varphi'(\tau)]^2 + [\psi'(\tau)]^2}\ d\tau$ o‘rinli bo‘ladi.

Aniq integralni uning o‘zgaruvchan yuqori chegarasi bo‘yicha differentsiallash haqidagi teoremaga asosan,

ISSN 3030-3907

$$d\ell = \sqrt{[\varphi'(t)]^2 + [\psi'(t)^2]}\ dt \qquad (1)$$

ga ega bo‘lamiz. (1) ni $I = \int_{AB} f(m)dl = \int_{L} f(x,y)dl$ ga qo‘yib

$$\int_{AB} f(x,y)d\ell = \int_{\alpha}^{\beta} f[\varphi(t),\psi(t]\sqrt{[\varphi'(t)]^2 + [\psi'(t)]^2}dt \qquad (2)$$

aniq integral yordamida AB chiziqning uzunligini hisoblash formulasiga ega bo‘lamiz [1], [2].

Birinchi tur egri chiziqli integrallar uchun quyidagi tasdiqlar o‘rinli.

I. Agar L – chiziq $y=y(x)$, $a \le x \le b$, tenglama bilan berilgan bo‘lib, $y(x)$ funktsiya $[a,b]$ da uzluksiz hosilaga ega bo‘lsa, u vaqtda

$$\int_{L} f(x,y)d\ell = \int_{a}^{b} f(x,y(x))\sqrt{1+y'^2(x)}\ dx \qquad (3)$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi.

2. Agar L – chiziq qutb koordinatalar sistemasida $r = r(\varphi)$ $\varphi_1 \le \varphi \le \varphi_2$, tenglama bilan berilgan va $r(\varphi)$ uzluksiz hosilaga ega bo‘lsa, u vaqtda

$$\int_{L} f(x,y)d\ell = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} f[r\cos\varphi, r\sin\varphi]\sqrt{r'(\varphi)+r^2(\varphi)}d\varphi \qquad (4)$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi.

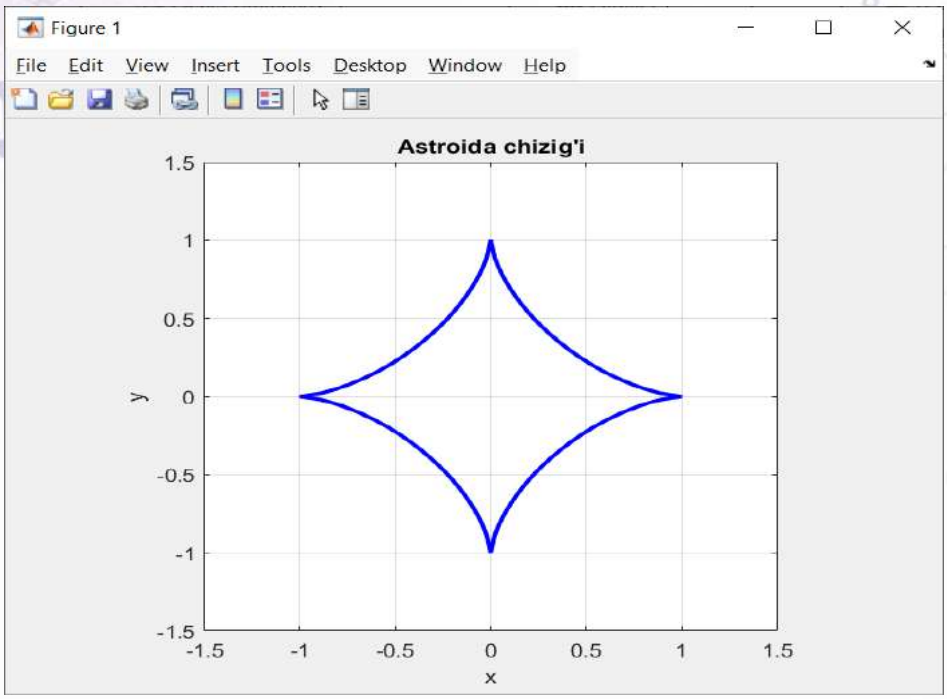
3. $x = \varphi(t),\ y = \psi(t),\ z = (t)$ $\alpha \le t \le \beta$ parametrik tenglamalar bilan berilgan fazoviy L – chiziq uchun quyidagi formula o‘rinlidir:

$$\int_{L} f(x,y,z)d\ell = \int_{\alpha}^{\beta} f[\varphi(t),\psi(t),\eta(t)]\sqrt{\varphi'^2(t)+\psi'^2(t)+\eta'^2(t)}dt \qquad (5)$$

Masalan, astroida egri chiziqlar misolida $\int_{L}\left(x^{4/3}+y^{4/3}\right)d\ell$ integralni hisoblang. L- astroida chizig‘idir (1-rasm): $x^{2/3}+y^{2/3}=a^{2/3}$

Astroidaning parametric tenglamalarini yozaylik: $x = a\cos^3 t,\ y = a\sin^3 t,\ 0 \le t \le 2\pi$

ISSN 3030-3907



1-rasm. Astroida chizig‘i [3]

Endi (2) formuladan foydalanib berilgan integralni hisoblaylik. Avvalo quyidagilarni hisoblaymiz: $x'(t) = -3a\cos^2 t \cdot \sin t, \quad y'(t) = 3a\sin^2 t \cdot \cos t$

$$x'^2 + y'^2 (t) = (-3a\cos^2 t \cdot \sin t)^2 + (3a\sin^2 t \cdot \cos t)^2 = 9a^2\cos^4 t \cdot \sin^2 t + + 9a^2\sin^4 t \cdot \cos^2 t =$$

$$= 9a^2\sin^2 t \cdot \cos^2 t(\cos^2 t + \sin^2 t) = 9a^2\sin^2 t \cdot \cos^2 t$$ ko‘rinib turibdiki $t = 0; \ \frac{\pi}{2}; \ \pi; \ \frac{3\pi}{2}$ qiymatlarda $x'^2 + y'^2 = 0$ bo‘ladi.

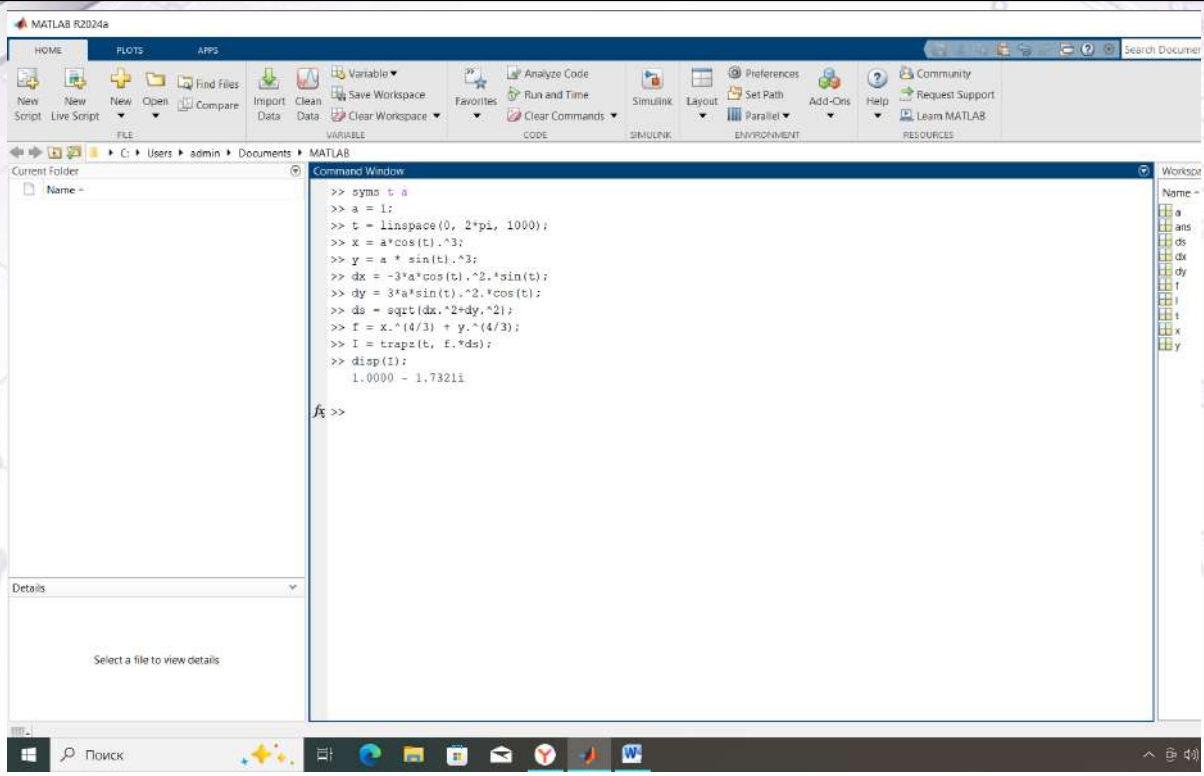
Endi (2) formulaga asosan egri chiziqli integralni hisoblaymiz

$$\int_L (x^{4/3} + y^{4/3})\,d\ell = \int_0^{2\pi} a^{4/3}(\cos^4 t + \sin^4 t) \cdot 3a\left|\cos t \cdot \sin t\right| dt = 12a^{7/3} \int_0^{\pi/2} (\cos^5 t + \sin^5 t + \cos t)dt =$$

$$= -12a^{7/3} \int_0^{\pi/2} \cos^5 t d(\cos t) + 12a^{7/3} \int_0^{\pi/2} \sin^5 t\, d\sin t =$$

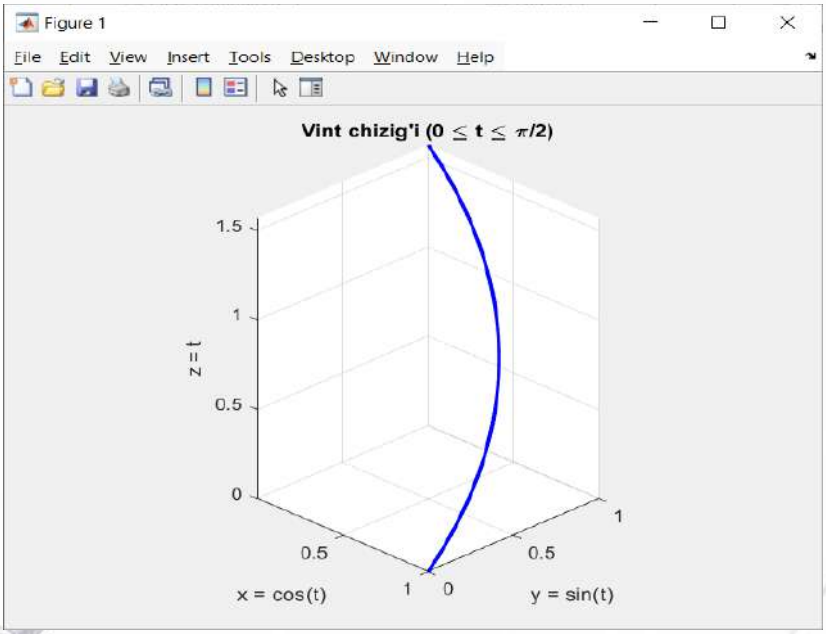
$$= -12a^{7/3}\left[\frac{\cos^6 t}{6}\right]^{\pi/2} + 12a^{7/3}\frac{\sin^6 t}{6}\Bigg|_0^{\pi/2} = 12a^{7/3}\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\right) = 4a^{7/3}$$

ISSN 3030-3907



2-rasm. Matlab dasturida yechilish kodi [3]

Yana bir misol sifatida quyidagi masalani ko‘rib chiqmiz: $x=\cos t,\ y=\sin t,\ z=t,\ 0\le t\le \pi/2$ tenglama bilan vint chizig‘i (2-rasm) bo‘lagidan iborat bo‘lgan L chiziq bo‘yicha $I=\int_L (x+y+z)d\ell$ integralni hisoblaymiz.



3-rasm. Vint chizig‘i [3]

ISSN 3030-3907

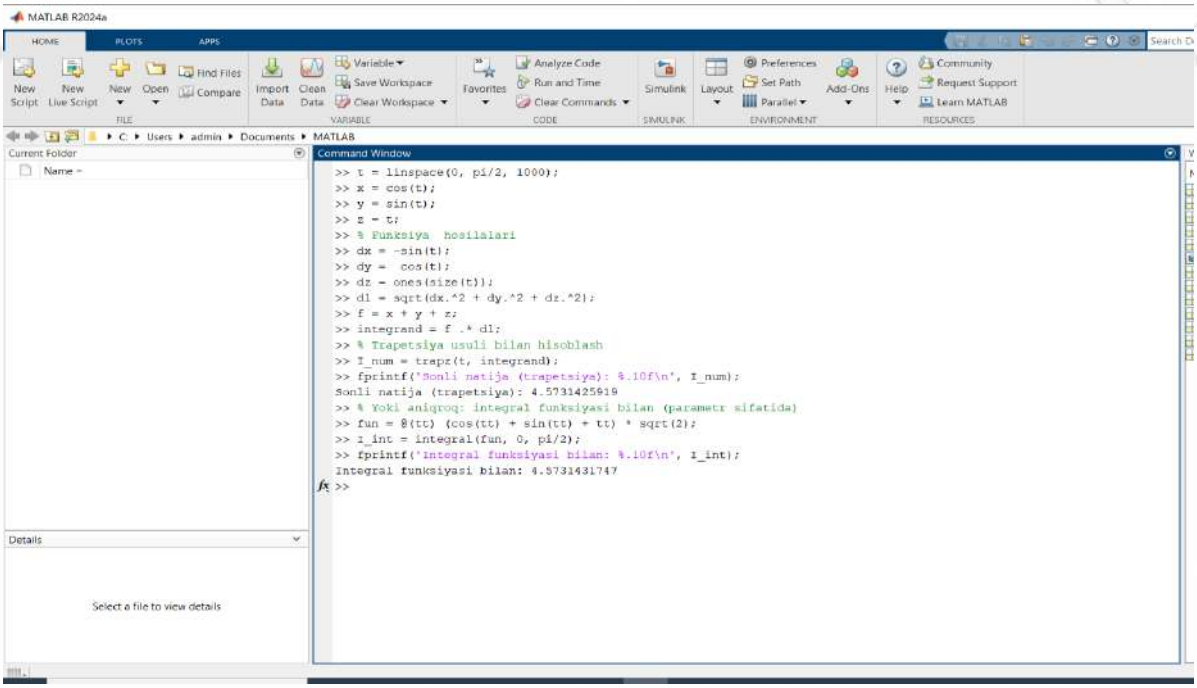
Ko‘rinib turibdiki $x' = -\sin t,\ y' = \cos t,\ z' = 1$ (5) formuladan foydalanamiz:

$$I = \int_0^{\pi/2} (\cos t + \sin t + t) \cdot \sqrt{(-\sin t)^2 + \cos^2 t + t^2}\, dt =$$

$$= \int_0^{\pi/2} \left(\cos t + \sin t + \frac{t}{2} \right) \sqrt{\sin^2 t + \cos^2 t + 1}\, dt = \sqrt{2} - \int_0^{\pi/2} (\cos t + \sin t + t) dt =$$

$$= \sqrt{2} \left(\int_0^{\pi/2} \cos t\, dt + \int_0^{\pi/2} \sin t\, dt + \int_0^{\pi/2} \sin t\, dt + \int_0^{\pi/2} t\, dt \right) = \sqrt{2} \left(\sin t \Big|_0^{\pi/2} + \frac{t^2}{2} \Big|_0^{\pi/2} \right) =$$

$$= \sqrt{2} \left(1 - 0 - 0 + 1 + \frac{\pi^2}{8} - 0 \right) = \sqrt{2}\, \frac{16 + \pi^2}{8}$$



4-rasm. Matlab dasturida yechilish kodi [3]

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Birinchi tur egri chiziqli integralni aniq integral yordamida hisoblash algoritmi murakkab egri chiziqli ob’ektlarni oddiy bir o‘lchovli integralga keltirib, sonli va analitik hisoblashlarni soddalashtiradi. Birinchi tur egri chiziqli integrallarni aniq integralga keltirib hisoblash amaliy dasturlarda juda qulay. MATLAB dasturi yordamida muhandislik va fizikaviy masalalarni tez va ishonchli yechish mumkin. Asosiy talab – egri chiziqning parametrik ifodasini to‘g‘ri tuzish va integrallash oralig‘ini aniqlashdir. birinchi tur egri chiziqli integralni aniq integral yoramida hisoblashning amaliy dasturlar yordamida hal qilish. Bunda parametrik, hatto mavhum funksiyalar bilan berilgan chiziqlar ham oson hisoblanib avtomatik ravishda aniqlikni kafolatlaydi. Ushbu yondashuv ta’lim jarayonida ham, ilmiy tadqiqotlarda ham keng qo‘llaniladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. T. Azlarov, X. Mansurov Matematik analiz. -Toshkent. O‘qituvchi, 2-qism, 1995 y.
2. Л.И.Терехина, И.И.Фикс Высшая математика Часть 3. Томск, 2002г.
3. А.Н. Васильев «MATLAB. Самоучитель. Практический подход». Санкт-Петербург. 2015 г.

ISSN 3030-3907

X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS OF A DIAMIDOPHOSPHATE-CONTAINING COBALT PHTHALOCYANINE PIGMENT

Yusupov Muzafar
Associate Professor, Department of Chemical Engineering, Namangan State Technical University, Republic of Uzbekistan, Namangan region
E-mail: muz.yusupov90@gmail.com
Firdavs Ormanov
Master's student, Department of Chemical Engineering, Namangan State Technical University, Namangan City, Republic of Uzbekistan
E-mail: Firdavs9555@mail.ru
Abdug'ani Oxundadayev
Head of the Department of Chemical Engineering, Namangan State Technical University, Namangan City, Republic of Uzbekistan
E-mail: aoxundada@gmail.com
Oybek Alisherov
Chemistry teacher at the specialized school of Mingbuloq district. Namangan City, Republic of Uzbekistan
E-mail: oybekalisherov@gmail.com
Gulsevar Jurayeva
Student at Namangan State Technical University. Namangan City, Republic of Uzbekistan
E-mail: jorayevagulsevar41@gmail.com

Abstract. This study investigates the phase composition and structural features of a diamidophosphate-containing cobalt phthalocyanine pigment by means of X-ray diffraction analysis. The objective was to determine the influence of diamidophosphate modification on the crystalline organization and phase state of the cobalt phthalocyanine framework. Qualitative interpretation of the diffractogram showed that the pigment retained the principal crystalline fragments of the cobalt-centered macrocyclic structure, while the appearance of additional reflections and changes in peak distribution indicated structural reorganization induced by the phosphorus- and nitrogen-containing modifier. The coexistence of sharp diffraction maxima and broadened reflections suggests the formation of a heterogeneous system composed of both ordered crystalline domains and partially disordered regions. Such a structural arrangement indicates that the modification process affected not only the chemical composition of the pigment but also its crystal packing and phase stability. The obtained results confirm that diamidophosphate modification leads to the formation of a hybrid functional pigment with preserved cobalt phthalocyanine core and altered phase characteristics. These features are expected to improve the pigment's

ISSN 3030-3907

compatibility with binder systems and enhance its potential for application in high-performance coatings, polymer composites, and other functional materials requiring structural stability and durable color properties.

Keywords: cobalt phthalocyanine pigment, diamidophosphate modification, X-ray diffraction, phase composition, crystal structure, functional pigment, hybrid material, structural reorganization, crystalline domains, polymer-compatible pigment.

Аннотация. В данной работе исследуются фазовый состав и структурные особенности пигмента фталоцианина кобальта, модифицированного диамидофосфатом, с использованием метода рентгенодифракционного анализа (XRD). Целью исследования было определить влияние диамидофосфатной модификации на кристаллическую организацию и фазовое состояние структуры фталоцианина кобальта.Качественная интерпретация дифрактограммы показала, что пигмент сохраняет основные кристаллические фрагменты макроциклической структуры с центром кобальта. В то же время появление дополнительных рефлексов и изменения в распределении пиков свидетельствуют о структурной реорганизации, вызванной модификатором, содержащим фосфор и азот. Совместное наличие чётких дифракционных максимумов и уширенных рефлексов указывает на формирование гетерогенной системы, включающей как упорядоченные кристаллические домены, так и частично разупорядоченные области.Такое структурное строение показывает, что процесс модификации влияет не только на химический состав пигмента, но и на его кристаллическую упаковку и фазовую стабильность. Полученные результаты подтверждают, что диамидофосфатная модификация приводит к образованию гибридного функционального пигмента с сохранённым ядром фталоцианина кобальта и изменёнными фазовыми характеристиками. Эти свойства, как ожидается, улучшат совместимость пигмента со связующими системами и расширят его применение в высокоэффективных покрытиях, полимерных композитах и других функциональных материалах, требующих структурной стабильности и стойкости окраски.

Ключевые слова: пигмент фталоцианина кобальта, диамидофосфатная модификация, рентгенодифракционный анализ, фазовый состав, кристаллическая структура, функциональный пигмент, гибридный материал, структурная реорганизация, кристаллические домены, полимер-совместимый пигмент.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda diammidofosfat tutuvchi kobalt ftalosiyanin pigmentining fazaviy tarkibi va strukturaviy xususiyatlari rentgen difraksion tahlil (XRD) yordamida o‘rganildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi diammidofosfat

ISSN 3030-3907

modifikatsiyasining kobalt ftalosiyanin karkasining kristall tuzilishi va fazaviy holatiga ta’sirini aniqlashdan iborat edi.Difraktogrammaning sifat tahlili shuni ko‘rsatdiki, pigment kobalt markazli makrotsiklik tuzilmaning asosiy kristall fragmentlarini saqlab qoladi. Shu bilan birga, qo‘shimcha reflekslarning paydo bo‘lishi va piklar taqsimotidagi o‘zgarishlar fosfor va azot tutuvchi modifikator ta’sirida yuzaga kelgan strukturaviy qayta tashkil topishni ko‘rsatadi. Aniq difraksion maksimumlar va kengaygan reflekslarning birgalikda kuzatilishi tartibli kristall domenlar hamda qisman tartibsiz hududlardan iborat geterogen tizim shakllanganligini anglatadi.Bunday strukturaviy holat modifikatsiya jarayoni nafaqat pigmentning kimyoviy tarkibiga, balki uning kristall qadoqlanishi va fazaviy barqarorligiga ham ta’sir ko‘rsatganini bildiradi. Olingan natijalar diammidofosfat modifikatsiyasi natijasida kobalt ftalosiyanin yadrosi saqlanib qolgan holda, o‘zgargan fazaviy xususiyatlarga ega bo‘lgan gibrid funksional pigment hosil bo‘lishini tasdiqlaydi. Ushbu xususiyatlar pigmentning bog‘lovchi tizimlar bilan mosligini oshirishi hamda uni yuqori samarali qoplamalar, polimer kompozitlar va strukturaviy barqarorlik hamda rangning uzoq muddat saqlanishi talab etiladigan boshqa funksional materiallarda qo‘llash imkoniyatini kengaytirishi kutilmoqda.

Kalit so‘zlar: kobalt ftalosiyanin pigmenti, diammidofosfat modifikatsiyasi, rentgen difraksion tahlil, fazaviy tarkib, kristall tuzilma, funksional pigment, gibrid material, strukturaviy qayta tashkil topish, kristall domenlar, polimer bilan mos pigment.

INTRODUCTION.

Colorants, including dyes and pigments, represent one of the oldest and most widely used classes of functional materials. Since ancient times, they have been employed not only to impart aesthetic value to objects, textiles, architectural elements, and household items, but also to provide protective and functional properties. Over time, the role of colorants has expanded far beyond simple decoration. Today, they are essential components in paints, coatings, plastics, textiles, printing inks, construction materials, ceramics, and various industrial products [1].

Among colorants, pigments occupy a particularly important position because they are generally insoluble in the application medium and provide long-term color stability, opacity, weather resistance, and surface protection. In paint and coating systems, pigments determine not only the color tone and brightness of the final product, but also its covering power, resistance to light, thermal stability, chemical durability, and service life. Therefore, the selection of suitable pigments is one of the key factors in developing high-performance coating materials.

ISSN 3030-3907

In recent decades, the demand for paints and coatings has increased significantly due to the rapid development of construction, infrastructure, transport, machinery, household appliances, and industrial manufacturing. This tendency is observed both globally and in our Republic, where large-scale construction projects, modernization of industrial facilities, and expansion of urban infrastructure have created a growing need for durable and cost-effective coating materials. As a result, the demand for high-quality raw materials, especially pigments, has become increasingly important.

The quality of pigments directly affects the technological and operational properties of paint and coating formulations. Pigments with high color intensity allow the production of coatings with lower material consumption, while pigments with improved dispersion stability ensure uniform distribution in the binder matrix and prevent sedimentation during storage. In addition, pigments resistant to ultraviolet radiation, moisture, heat, and aggressive chemical environments contribute to the long-term durability of protective coatings used under outdoor and industrial conditions [2].

Metal phthalocyanine pigments constitute an important class of functional macroheterocyclic compounds characterized by high color strength, pronounced thermal resistance, photochemical stability, and a highly conjugated π-electron system [3,4]. Their practical importance is associated not only with their intense and durable color but also with their structural robustness under technologically demanding conditions. Owing to these features, metal phthalocyanines have found broad application in coating systems, polymer composites, protective layers, optical materials, and other advanced functional products [5]. In cobalt phthalocyanine derivatives, the nature of the central metal atom contributes significantly to electronic configuration, intermolecular packing, and overall structural stability, which in turn affects the pigment's performance in real materials.

A key factor controlling the functional behavior of phthalocyanine pigments is their solid-state organization. Earlier crystallographic and powder X-ray diffraction studies demonstrated that phthalocyanines can exhibit distinct polymorphic forms and different molecular packing motifs, including herringbone-like arrangements and modified stacked architectures [6]. In cobalt phthalocyanine systems, structural variations between crystalline forms are especially important because they influence intermolecular interactions, crystallinity, and phase stability [7]. Therefore, X-ray diffraction remains one of the most informative methods for evaluating the phase composition and crystal structure of both unmodified and chemically modified phthalocyanine pigments.

ISSN 3030-3907

At the same time, practical application of conventional phthalocyanine pigments is often limited by relatively low polarity, a tendency toward aggregation, and insufficient compatibility with some binder systems, especially in waterborne and hybrid formulations [8]. For this reason, chemical modification of the phthalocyanine framework with polar or multifunctional substituents has become an effective strategy for improving dispersibility, interfacial behavior, and adhesion in formulated systems. Phosphorus- and nitrogen-containing groups are of particular interest because they can introduce additional polar centers, alter intermolecular interactions, and affect crystal packing without necessarily destroying the main macrocyclic core [9]. In this context, the incorporation of a diamidophosphate fragment may lead to substantial changes in both the chemical environment and the phase structure of cobalt phthalocyanine pigments.

Recent studies on modified phthalocyanine-based pigments and coating-related systems have shown that structural tuning can improve heat resistance, weathering behavior, dispersibility, and compatibility with surrounding matrices [10]. Surface modification and hybridization with inorganic or functional fragments have also been shown to affect morphology, phase composition, and thermal stability, thereby broadening the technological relevance of phthalocyanine pigments in high-performance applications [11]. However, despite the growing interest in functionalized phthalocyanines, the phase-state consequences of diamidophosphate modification in cobalt phthalocyanine pigments remain insufficiently described, especially from the standpoint of powder X-ray analysis and structure-related interpretation.

In addition, earlier regional studies on diamidophosphate-containing cobalt and nickel phthalocyanine pigments have mainly focused on thermal behavior and general physicochemical characteristics rather than on detailed phase interpretation from diffraction data [12]. This indicates that the structural effect of diamidophosphate incorporation still requires a more explicit X-ray-based assessment. Therefore, the present study aims to evaluate the phase composition, crystallinity, and structural changes induced by diamidophosphate modification in a cobalt phthalocyanine pigment on the basis of its X-ray diffractogram. Such analysis is important for understanding how chemical functionalization influences crystal organization and, consequently, the potential performance of the pigment in functional coating and composite systems.

MATERIALS AND METHODS.

The material investigated in this study was a modified cobalt phthalocyanine pigment containing a diamidophosphate fragment as a functional substituent. Structural characterization of the obtained pigment was performed

ISSN 3030-3907

using X-ray diffraction (XRD) analysis in order to assess its phase composition and crystalline organization.

The diffraction pattern was evaluated through qualitative analysis of the principal and secondary reflections, with particular attention given to peak distribution, relative peak intensity, and the overall shape of the diffraction background. This approach was used to identify the presence of ordered crystalline domains, partially disordered regions, and possible structural heterogeneity associated with the chemical modification of the cobalt phthalocyanine framework.

The interpretation of the XRD data was carried out primarily on a qualitative basis because the available diffractogram image did not include a complete numerical dataset of individual 2θ values, corresponding interplanar spacings, or indexed reflections required for full quantitative phase analysis. Accordingly, the analysis focused on the general features of the diffraction pattern, including the number of observable reflections, their relative intensity, peak broadening, and the coexistence of sharp and diffuse diffraction features.

Special attention was paid to the preservation of the characteristic reflections associated with the cobalt phthalocyanine core and to the appearance of additional peaks that could indicate structural reorganization induced by diamidophosphate incorporation. Broadened reflections were considered as possible evidence of reduced crystallite size, lattice disorder, or the presence of partially amorphous regions. Despite the absence of a complete tabulated diffraction dataset, the XRD pattern provided sufficient structural information to evaluate the influence of modification on the phase state and crystal organization of the synthesized pigment.

RESULTS AND DISCUSSION.

The phase composition and structural organization of the synthesized diamidophosphate-modified cobalt phthalocyanine pigment were evaluated by X-ray diffraction analysis. As shown in Figure 1, the obtained diffractogram exhibits a structurally complex pattern characterized by multiple diffraction reflections with different intensities and peak shapes. The presence of several pronounced reflections indicates that the synthesized pigment retains a considerable degree of crystallinity. At the same time, the elevated diffraction background and the coexistence of broadened reflections suggest that the material also contains partially disordered or weakly crystalline regions.

The phase composition and structural organization of the synthesized pigment were evaluated by X-ray diffraction analysis, and the obtained diffractogram is discussed below.

ISSN 3030-3907

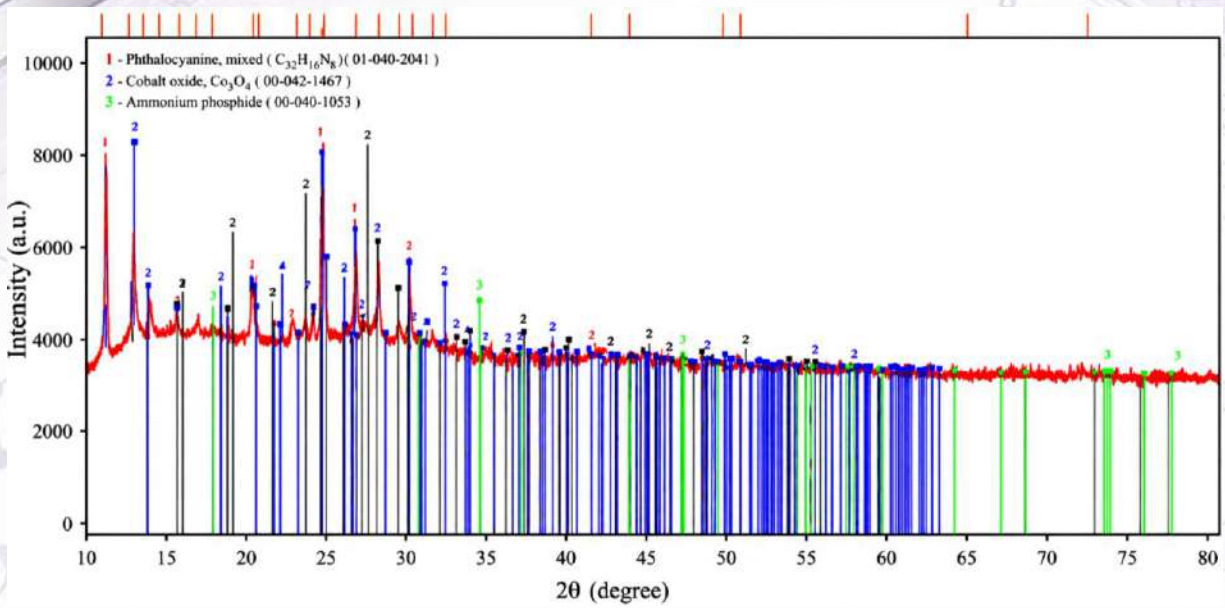


Figure 1. X-ray diffractogram of the diamidophosphate-modified cobalt phthalocyanine pigment

The major diffraction peaks observed in Figure 1 can be attributed to the preserved crystalline fragments of the cobalt phthalocyanine framework. This result indicates that the modification process did not destroy the principal cobalt-centered macrocyclic core. The retention of this structural unit is of particular importance because the chromatic behavior, electronic delocalization, and intrinsic stability of cobalt phthalocyanine pigments are closely associated with the integrity of the macrocyclic conjugated system. Therefore, the diffraction data confirm that the synthesized product preserved the essential structural identity of cobalt phthalocyanine after chemical modification.

In addition to the main reflections, Figure 1 also reveals secondary diffraction features, which may be associated with structural changes induced by the incorporation of diamidophosphate groups. The introduction of phosphorus- and nitrogen-containing functional fragments can modify intermolecular interactions, influence crystal packing, and disturb the regular stacking of phthalocyanine macrocycles. As a consequence, the appearance of additional reflections or variations in the relative intensity of the principal peaks can be interpreted as evidence of lattice rearrangement caused by chemical functionalization. These observations suggest that the modification affected not only the chemical environment of the pigment but also its phase organization in the solid state.

A characteristic feature of the diffractogram is the simultaneous presence of sharp, intense peaks and broader, less resolved reflections. The sharp diffraction maxima are indicative of relatively well-ordered crystalline domains, whereas the broadened peaks are commonly associated with smaller coherent

ISSN 3030-3907

domains, reduced crystallite perfection, or partially amorphous regions. This structural heterogeneity is consistent with the expected effect of peripheral diamidophosphate substituents, which can partially disrupt the ideal molecular packing of cobalt phthalocyanine while preserving the main macrocyclic framework. As a result, the modified pigment may be regarded as a hybrid system containing both ordered crystalline regions and less ordered structural domains.

Such a phase arrangement is expected to influence the practical behavior of the pigment. The preserved crystalline core is likely to maintain the characteristic color intensity and structural stability of cobalt phthalocyanine, whereas the modified and less ordered regions may increase surface polarity and improve compatibility with polymeric binders and composite matrices. From an application standpoint, this combination of structural stability and surface modification is advantageous for the development of high-performance pigments for coatings, polymer-based materials, and other advanced functional systems.

Overall, the X-ray diffraction pattern presented in Figure 1 demonstrates that the synthesized material should not be regarded as a simple single-phase compound. Rather, it represents a structurally modified hybrid pigment in which the crystalline cobalt phthalocyanine framework is retained while diamidophosphate incorporation gives rise to additional phase features and partial lattice reorganization. These results confirm the successful course of the modification process and provide structural evidence for the formation of a new functional pigment system.

CONCLUSION.

The present X-ray diffraction analysis demonstrated that the diamidophosphate-containing cobalt phthalocyanine pigment exhibits a structurally complex and heterogeneous phase organization. The persistence of the principal diffraction reflections characteristic of cobalt phthalocyanine confirms that the macrocyclic cobalt-centered framework remained structurally preserved during the modification process. Simultaneously, the appearance of additional diffraction features and the variation in peak profiles provide clear evidence that diamidophosphate incorporation induced partial reorganization of the crystal lattice and altered the solid-state arrangement of the pigment.

These results indicate that the modification affected not only the chemical functionality of the material but also its crystallinity, intermolecular packing, and phase state. Rather than forming a simple single-phase product, the synthesized pigment developed into a hybrid structural system composed of a retained phthalocyanine crystalline core and newly reorganized domains associated with phosphorus-containing functional fragments. This finding is important because it demonstrates that diamidophosphate modification can be used as an effective

ISSN 3030-3907

strategy for tuning the structural characteristics of cobalt phthalocyanine pigments without destroying the parent chromophoric framework.

From the standpoint of practical application, such a structural combination is highly significant. The preserved crystalline cobalt phthalocyanine domains are expected to maintain the inherent color strength, molecular rigidity, and stability typical of metal phthalocyanine pigments, whereas the modified regions may enhance surface polarity and improve interaction with polymeric binders, coating matrices, and composite systems. Thus, the observed phase transformation is not merely a structural phenomenon, but a potentially beneficial factor governing the technological performance of the pigment.

In summary, the XRD results confirm the successful formation of a diamidophosphate-modified cobalt phthalocyanine pigment with hybrid phase characteristics and altered crystal organization. The combination of structural integrity and functional modification suggests that this material is a promising candidate for use in advanced coatings, high-stability polymer composites, and other functional applications where durable color properties, phase stability, and improved matrix compatibility are required.

REFERENCES

1. M Yusupov, O Kayumjanov. Synthesis of metal phthalocyanine pigment based on npk and calculation of particle size using the debye-scherrer equation / Scientific and Technical Journal of Namangan Institute 2024. P.122-126
2. Yusupov, M., & Kadirkhanov, J. (2023). In E3S Web of Conferences (Vol. 390). EDP Sciences.
3. Wöhrle, D., Schnurpfeil, G., Makarov, S. G., Kazarin, A., & Suvorova, O. N. Practical Applications of Phthalocyanines – from Dyes and Pigments to Materials for Optical, Electronic and Photo-electronic Devices. Macroheterocycles, 2012, 5(3), 191-202.
4. Hammond, R. B., Roberts, K. J., Docherty, R., Edmondson, M., & Gairns, R. X-Form metal-free phthalocyanine: crystal structure determination using a combination of high-resolution X-ray powder diffraction and molecular modelling techniques. Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2, 1996, 1527-1528.
5. Klyamer, D., Shao, W., Krasnov, P., Sukhikh, A., Dorovskikh, S., Popovetskiy, P., Li, X., & Basova, T. Cobalt and Iron Phthalocyanine Derivatives: Effect of Substituents on the Structure of Thin Films and Their Sensor Response to Nitric Oxide. Biosensors, 2023, 13(4), 484.
6. Ballirano, P., Caminiti, R., Ercoli, C., Maras, A., Orrù, M. A., & Porcheddu, A. X-ray Powder Diffraction Structure Reinvestigation of the α and β Forms of Cobalt Phthalocyanine. Journal of the American Chemical Society, 1998.

ISSN 3030-3907

7. Rigaku Corporation. Calculation of molecular stacking spacing of copper phthalocyanine using PDF analysis. Application Note, 2022.
8. Zhou, Y., et al. The Design and Preparation of Antibacterial Polymer Brushes with Phthalocyanine Pigments. Coatings, 2023, 13(6), 1114.
9. Raditoiu, V., Raditoiu, A., Raduly, M. F., Amariutei, V., Gifu, I. C., & Anastasescu, M. Photocatalytic Behavior of Water-Based Styrene-Acrylic Coatings Containing TiO_2 Sensitized with Metal-Phthalocyanine Tetracarboxylic Acids. Coatings, 2017, 7, 229.
10. Zhang, W., Li, T., Wu, E., Chen, K., et al. Organic phthalocyanine derivatives for NIR reflective coatings. Solar Energy, 2023, 253, 262-269.
11. Xu, M., Pan, G., Shen, Q., Guo, Y., et al. The color rendering and near infrared reflection properties of coated iron oxide green pigments. Applied Surface Science, 2023, 641, 158525.
12. Robiddinova, M. S., Yusupov, M. O., & Sherkuziev, D. S. Investigation of Phthalocyanine Diamidophosphate-Cobalt by Thermal Analysis. Jundishapur Journal of Microbiology, 2022, 15(2), 656-660.

ISSN 3030-3907

THE ROLE OF CREATIVE TASKS IN DEVELOPING STUDENTS' ORAL SPEECH IN GRADES 10-11

Feruza Ergasheva
PhD student at Tashkent State Pedagogical University.
E-mail: ergashevaferuza022@gmail.com

Annotation. In the modern education system, developing students' oral speech is considered one of the most important pedagogical tasks. Oral speech serves as the primary means for expressing thoughts, engaging in communication, and actively participating in social environments. Particularly in grades 10-11, students are at a crucial stage of preparing for higher education, which makes the development of their communicative competence highly significant.

Key words: oral speech, creative tasks, communicative competence, creative thinking, interactive methods, senior grades.

Annotation. Zamonaviy ta'lim tizimida o‘quvchilarning og‘zaki nutqini rivojlantirish eng muhim pedagogik vazifalardan biri hisoblanadi. Og‘zaki nutq fikrlarni ifoda etish, muloqotda ishtirok etish va ijtimoiy muhitda faol ishtirok etishning asosiy vositasi bo‘lib xizmat qiladi. Ayniqsa, 10-11-sinflarda o‘quvchilar oliy ta'limga tayyorgarlikning muhim bosqichida bo‘lishadi, bu esa ularning kommunikativ kompetentsiyasini rivojlantirishni juda muhim qiladi.

Kalit so‘zlar: og‘zaki nutq, ijodiy vazifalar, kommunikativ kompetentsiya, ijodiy fikrlash, interaktiv usullar, yuqori sinflar.

Аннотация. В современной системе образования развитие устной речи учащихся считается одной из важнейших педагогических задач. Устная речь служит основным средством выражения мыслей, участия в общении и активного вовлечения в социальную среду. Особенно в 10-11 классах учащиеся находятся на решающем этапе подготовки к высшему образованию, что делает развитие их коммуникативной компетенции чрезвычайно важным.

Ключевые слова: устная речь, творческие задания, коммуникативная компетенция, творческое мышление, интерактивные методы, старшие классы.

INTRODUCTION.

Research shows that communicative approaches and interactive methods play a key role in improving oral speech skills. In this regard, creative tasks are considered an effective tool for increasing students' speech activity and engagement. Oral speech is the process of expressing thoughts verbally through language means. It involves not only grammatical and lexical knowledge but also

ISSN 3030-3907

communication strategies. Scholars identify oral speech as a fundamental component of communicative competence[15].

Communicative competence refers to a student's ability to use language effectively and appropriately in real-life situations. Creative tasks play a crucial role in developing this competence, as they encourage students to think actively and engage in independent speech activities. Creative tasks are activities that require students to think independently, generate new ideas, and express themselves freely in speech[16]. They can be categorized as follows:

- role-playing activities;
- storytelling;
- debates and discussions;
- problem-solving tasks;
- imaginative speaking exercises.

According to Guariento & Moreley cited by Abdelmajid (2017), the Task-Based Approach is one of the methods that exposes learners to real life input by basing the task on "authentic material" that "simulates" a real-life communication setting. Moreover, this approach focuses on students doing meaningful tasks improving their communicative competence using the target language. According to Willis cited by

Waruni, H. (2018) applying the Task-Based Approach, students will be completing tasks involving "real-life" situations which prepare them for authentic communication outside of the classroom.

The Task-based approach gives students the opportunity to be engaged in using the language. In addition, the principal focus of classroom activity is the task considered an instrument to get the students involved in the language practice naturally. It is considered as relevant and authentic tasks. Students can solve problems, share information, and gather experience. For that reason, task activities, given to the students, are the opportunity to use language to achieve a specific outcome (Thanghun, K. 2012).

Moreover, the Task-Based Approach is categorized in three phases: pre-task, while-task, and post-task. The pre-task prepares students to develop the task; the teacher presents the activity and guides students. Besides, the teacher explores the topic with the class, helps students to understand instructions.

[15] On Measures to Develop the Education, Upbringing, and Science Sectors in the New Development Period of Uzbekistan, Presidential Decree No. PF-6108 dated November 6, 2020. https://lex.uz/ru/docs/-5085999

[16] D.R. Babayeva. *Theory and Methodology of Speech Development* (Textbook). – Tashkent: "Barkamol Fayz Media", 2018. – 432 p.

ISSN 3030-3907

The While Task is when pupils carry out the activity. The activities can be worked in pairs or in groups while the teacher monitors the class. Then, the reports are prepared, this could be in front of the class orally or written form. Another way to present, the groups or pairs can interchange their written reports and compare results. Finally, The Post Task occurs when the learner focuses on the foreign language that they have used while performing the tasks (Mohammed & Hassan (N.D.)).

Furthermore, there are some tasks that teachers can apply. The most principal are jigsaw, problem-solving, decision making, information gap and opinion exchange tasks. From these activities, teachers can choose, adequate, create or modify taking into consideration students' level and needs. Thus, the activities are students centered. It means, students play a more active and independent role in the English class (Alves de Magalhães, C. 2016).

According to Guariento & Moreley cited by Abdelmajid (2017), the Task-Based Approach is one of the methods that exposes learners to real life input by basing the task on "authentic material" that "simulates" a real-life communication setting. Moreover, this approach focuses on students doing meaningful tasks improving their communicative competence using the target language. According to Willis cited by Waruni, H. (2018) applying the Task-Based Approach, students will be completing tasks involving "real-life" situations which prepare them for authentic communication outside of the classroom.

The Task-based approach gives students the opportunity to be engaged in using the language. In addition, the principal focus of classroom activity is the task considered an instrument to get the students involved in the language practice naturally. It is considered as relevant and authentic tasks. Students can solve problems, share information, and gather experience. For that reason, task activities, given to the students, are the opportunity to use language to achieve a specific outcome (Thanghun, K. 2012).

Moreover, the Task-Based Approach is categorized in three phases: pre-task, while-task, and post-task. The pre-task prepares students to develop the task; the teacher presents the activity and guides students. Besides, the teacher explores the topic with the class, helps students to understand instructions.

The While Task is when pupils carry out the activity. The activities can be worked in pairs or in groups while the teacher monitors the class. Then, the reports are prepared, this could be in front of the class orally or written form. Another way to present, the groups or pairs can interchange their written reports and compare results. Finally, The Post Task occurs when the learner focuses on the foreign language that they have used while performing the tasks (Mohammed & Hassan (N.D.)).

ISSN 3030-3907

Furthermore, there are some tasks that teachers can apply. The most principal are jigsaw, problem-solving, decision making, information gap and opinion exchange tasks. From these activities, teachers can choose, adequate, create or modify taking into consideration students' level and needs. Thus, the activities are students centered. It means, students play a more active and independent role in the English class (Alves de Magalhães, C. 2016).

According to Guariento & Moreley cited by Abdelmajid (2017), the Task-Based Approach is one of the methods that exposes learners to real life input by basing the task on "authentic material" that "simulates" a real-life communication setting. Moreover, this approach focuses on students doing meaningful tasks improving their communicative competence using the target language. According to Willis cited by

Waruni, H. (2018) applying the Task-Based Approach, students will be completing tasks involving "real-life" situations which prepare them for authentic communication outside of the classroom. The Task-based approach gives students the opportunity to be engaged in using the language. In addition, the principal focus of classroom activity is the task considered an instrument to get the students involved in the language practice naturally. It is considered as relevant and authentic tasks. Students can solve problems, share information, and gather experience. For that reason, task activities, given to the students, are the opportunity to use language to achieve a specific outcome (Thanghun, K. 2012).

Moreover, the Task-Based Approach is categorized in three phases: pre-task, while-task, and post-task. The pre-task prepares students to develop the task; the teacher presents the activity and guides students. Besides, the teacher explores the topic with the class, helps students to understand instructions.

The While Task is when pupils carry out the activity. The activities can be worked in pairs or in groups while the teacher monitors the class. Then, the reports are prepared, this could be in front of the class orally or written form. Another way to present, the groups or pairs can interchange their written reports and compare results. Finally, The Post Task occurs when the learner focuses on the foreign language that they have used while performing the tasks (Mohammed & Hassan (N.D.)).

Furthermore, there are some tasks that teachers can apply. The most principal are jigsaw, problem-solving, decision making, information gap and opinion exchange tasks. From these activities, teachers can choose, adequate, create or modify taking into consideration students' level and needs. Thus, the activities are students centered. It means, students play a more active and independent role in the English class (Alves de Magalhães, C. 2016).

ISSN 3030-3907

According to Guariento & Moreley cited by Abdelmajid (2017), the Task-Based Approach is one of the methods that exposes learners to real life input by basing the task on "authentic material" that "simulates" a real-life communication setting. Moreover, this approach focuses on students doing meaningful tasks improving their communicative competence using the target language. According to Willis cited by Waruni, H. (2018) applying the Task-Based Approach, students will be completing tasks involving "real-life" situations which prepare them for authentic communication outside of the classroom.

The Task-based approach gives students the opportunity to be engaged in using the language. In addition, the principal focus of classroom activity is the task considered an instrument to get the students involved in the language practice naturally. It is considered as relevant and authentic tasks. Students can solve problems, share information, and gather experience. For that reason, task activities, given to the students, are the opportunity to use language to achieve a specific outcome (Thanghun, K. 2012).

Moreover, the Task-Based Approach is categorized in three phases: pre-task, while-task, and post-task. The pre-task prepares students to develop the task; the teacher presents the activity and guides students. Besides, the teacher explores the topic with the class, helps students to understand instructions.

The While Task is when pupils carry out the activity. The activities can be worked in pairs or in groups while the teacher monitors the class. Then, the reports are prepared, this could be in front of the class orally or written form. Another way to present, the groups or pairs can interchange their written reports and compare results. Finally, The Post Task occurs when the learner focuses on the foreign language that they have used while performing the tasks (Mohammed & Hassan (N.D.)).

Furthermore, there are some tasks that teachers can apply. The most principal are jigsaw, problem-solving, decision making, information gap and opinion exchange tasks. From these activities, teachers can choose, adequate, create or modify taking into consideration students' level and needs. Thus, the activities are students centered. It means, students play a more active and independent role in the English class (Alves de Magalhães, C. 2016).According to Guariento & Moreley cited by Abdelmajid (2017), the Task-Based Approach is one of the methods that exposes learners to real life input by basing the task on "authentic material" that "simulates" a real-life communication setting. Moreover, this approach focuses on students doing meaningful tasks improving their communicative competence using the target language. According to Willis cited by Waruni, H. (2018) applying the Task-Based Approach, students

ISSN 3030-3907

will be completing tasks involving “real-life” situations which prepare them for authentic communication outside of the classroom.

The Task-based approach gives students the opportunity to be engaged in using the language. In addition, the principal focus of classroom activity is the task considered an instrument to get the students involved in the language practice naturally. It is considered as relevant and authentic tasks. Students can solve problems, share information, and gather experience. For that reason, task activities, given to the students, are the opportunity to use language to achieve a specific outcome (Thanghun, K. 2012). Moreover, the Task-Based Approach is categorized in three phases: pre-task, while-task, and post-task. The pre-task prepares students to develop the task; the teacher presents the activity and guides students. Besides, the teacher explores the topic with the class, helps students to understand instructions.

The While Task is when pupils carry out the activity. The activities can be worked in pairs or in groups while the teacher monitors the class. Then, the reports are prepared, this could be in front of the class orally or written form. Another way to present, the groups or pairs can interchange their written reports and compare results. Finally, The Post Task occurs when the learner focuses on the foreign language that they have used while performing the tasks (Mohammed & Hassan (N.D.)). Furthermore, there are some tasks that teachers can apply. The most principal are jigsaw, problem-solving, decision making, information gap and opinion exchange tasks. From these activities, teachers can choose, adequate, create or modify taking into consideration students’ level and needs. Thus, the activities are students centered. It means, students play a more active and independent role in the English class (Alves de Magalhães, C. 2016).

Moreover, this approach focuses on students doing meaningful tasks improving their communicative competence using the target language. According to Willis cited by Waruni, H. applying the Task-Based Approach, students will be completing tasks involving “real-life” situations which prepare them for authentic communication outside of the classroom. The task-based approach gives students the opportunity to be engaged in using the language. In addition, the principal focus of classroom activity is the task considered an instrument to get the students involved in the language practice naturally. It is considered as relevant and authentic tasks[17].

[17] Qodirova, Saodat Abdurakhimovna. *Methods of Teaching the Native Language* (Text): Bukhara: Kamolot Publishing House, 2022. 160 p.

ISSN 3030-3907

Students can solve problems, share information, and gather experience. For that reason, task activities, given to the students, are the opportunity to use language to achieve a specific outcome. Moreover, the task-based approach is categorized in three phases: pre-task, while-task, and post-task. The pre-task prepares students to develop the task; the teacher presents the activity and guides students. Besides, the teacher explores the topic with the class, helps students to understand instructions.

The while task is when pupils carry out the activity. The activities can be worked in pairs or in groups while the teacher monitors the class. Then, the reports are prepared, this could be in front of the class orally or written form. Another way to present, the groups or pairs can interchange their written reports and compare results. Finally, The Post Task occurs when the learner focuses on the foreign language that they have used while performing the task. Furthermore, there are some tasks that teachers can apply[18].

The most principal are jigsaw, problem-solving, decision making, information gap and opinion exchange tasks. From these activities, teachers can choose, adequate, create or modify taking into consideration students' level and needs. Thus, the activities are students centered. It means, students play a more active and independent role in the english class.

From this perspective, speech should be studied by dividing it into the following types. Oral speech is the usual spoken form of communication, which is often expressed through intonation and various gestures. Written speech is realized through the structured combination of letters and words based on certain rules, as well as punctuation marks and divisions such as paragraphs and sections. Inner speech is a passive form of speech in which a person speaks internally; it does not require the participation of another person. External speech is active speech directed toward others and can be observed and controlled[19].

Through speech, a person expresses their thoughts, feelings, and desires, and understands the thoughts, emotions, and intentions of others. Speech can be either oral or written. Oral speech is everyday spoken language, which is closely connected with intonation and gestures. It generally does not involve complex grammatical structures or compound sentences.

It should be noted that all subjects taught at school are, to some extent, aimed at developing students' speech. However, the subject of the native language is considered the most fundamental and important among them. One of the key factors in developing students' oral and written speech culture is the continuous

[18] Ellis, R. Task-Based Language Learning and Teaching. Oxford: Oxford University Press. 2003.

[19] Nunan, D. Task-Based Language Teaching. Cambridge: Cambridge University Press. 2004

ISSN 3030-3907

observation and guidance of students' speech by all subject teachers at school. Naturally, this process begins in primary education, where teachers of the native language and literature play a crucial role. Different environments have a strong influence on children's psychology and their speech development[20].

Oral communicative competence enables speakers of a language to interact effectively with one another. Oral communicative competence encompasses a broad semantic field, as oral expression serves as a means of conveying thoughts, provides feedback, and develops through the functional aspects of language. Communicative competence in English is based on the use of language both oral and written as a tool for communication, expression, interpretation, and understanding of reality.

This study aims to analyze the oral communicative competence in English of students who have completed the primary education stage. It also seeks to determine whether factors such as the type of educational institution attended, students' gender, their attitude toward the English language, and attendance in additional classes influence the development of oral communicative competence. The results showed that students possess a higher level of competence than expected. Additionally, some minor differences were observed, indicating an advantage in favor of girls and urban bilingual schools in the acquisition of oral communicative competence in English.

In respect to the use of the strategies to teach oral communication skills, teachers use mostly group work and pair work activities or role-plays because according to them, it is the best strategy to be used in large classrooms. Regarding the most common strategy, teachers did not consider task-based activities to teach oral communication to their students. Some of the most relevant aspects of the diagnosis made revealed that students presented difficulties, such as: using english in conversation, giving opinions, explaining, understanding oral messages, and carrying out presentations.

Despite of the fact that some didactic materials such as the student book, workbook and extra didactic material with complementary activities are applied to develop students' oral communicative skills, teachers did not have a broad knowledge about task-based didactic materials to teach oral communicative skills. However, most of the teachers considered very useful for teaching oral communication to develop a didactic material with planned activities based on tasks.

Increasing requirements for the level of knowledge of a foreign language necessitate the search for more effective technologies and teaching methods. In

[20] Harmer, J. The Practice of English Language Teaching. Pearson Longman. 2007.

ISSN 3030-3907

particular, the role of using games in English lessons is increasing, which allows you to bring the learning process closer to the real conditions of live communication. Games increase interest in the topic, contribute to the development of students creative imagination, and most importantly, allow you to create situations that stimulate students' speech activity. All this makes it possible to introduce role-playing games into the learning process as a tool for the formation of verbal communication skills[21].

At the initial stage of teaching English, students should familiarize themselves with a foreign language that is completely new to them. They need to learn a new vocabulary, grammar, phonetics, learn to read, write and speak this language, get acquainted with the features of traditions, rules and culture of some English-speaking countries. In accordance with the state educational standard of Primary general education, the subject results of mastering the basic educational program of. At the initial stage of teaching, the teacher should begin to develop students' ability to communicate with peers, as well as form the basis for the formation of communicative competence in a foreign language.

In respect to the use of the strategies to teach oral communication skills, teachers use mostly group work and pair work activities or role-plays because according to them, it is the best strategy to be used in large classrooms. Regarding the most common strategy, teachers did not consider Task-Based activities to teach oral communication to their students.

Some of the most relevant aspects of the diagnosis made revealed that students presented difficulties, such as: using English in conversation, giving opinions, explaining, understanding oral messages, and carrying out presentations.

Despite of the fact that some didactic materials such as the student book, workbook and extra didactic material with complementary activities are applied to develop students' oral communicative skills, teachers did not have a broad knowledge about Task-Based didactic materials to teach oral communicative skills. However, most of the teachers considered very useful for teaching oral communication to develop a didactic material with planned activities based on tasks.

In conclusion, creative tasks serve as an important pedagogical tool in developing the oral speech of students in grades 10-11. They effectively enhance students' speech activity, foster independent thinking, and build communicative

[21] Littlewood, W. The Task-Based Approach: Some Questions and Suggestions. ELT Journal, 2004, 319-326.

ISSN 3030-3907

competence. Lessons organized through creative tasks increase students' confidence, encourage active participation in communication, and prepare them for future academic and professional activities. Therefore, the widespread implementation of creative approaches in education is a key requirement of modern pedagogy.

REFERENCES

1. On Measures to Develop the Education, Upbringing, and Science Sectors in the New Development Period of Uzbekistan, Presidential Decree No. PF-6108 dated November 6, 2020. https://lex.uz/ru/docs/-5085999
2. D.R. Babayeva. *Theory and Methodology of Speech Development* (Textbook). – Tashkent: "Barkamol Fayz Media", 2018. – 432 p.
3. Qodirova, Saodat Abdurakhimovna. *Methods of Teaching the Native Language* (Text): Bukhara: Kamolot Publishing House, 2022. 160 p.
4. Ellis, R. Task-Based Language Learning and Teaching. Oxford: Oxford University Press. 2003.
5. Nunan, D. Task-Based Language Teaching. Cambridge: Cambridge University Press. 2004
6. Harmer, J. The Practice of English Language Teaching. Pearson Longman. 2007.
7. Littlewood, W. The Task-Based Approach: Some Questions and Suggestions. ELT Journal, 2004, 319-326.

ISSN 3030-3907

MAKTABGACHA YOSHDAGI BOLALARNI AQLIY TARBIYALASH VOSITALARI

Mamasadikova Muxayyo Ilhomjon qizi
Andijon iqtisodiyot va pedagogika universiteti 4-bosqich talabasi
E-mail: qabaloq@gmail.com.
Tel:+99 833 044 09 99

Annotatsiya. Ushbu maqolada maktabgacha yoshdagi bolalarni aqliy tarbiyalash vositalari, dastur, standartlar, intellektual rivojlanish, tafakkur, nutq, xotiras, diqqat, tasavvur, aqliy tarbiya, didaktik o‘yinlar, mantiqiy mashqlar, kuzatish, tajriba faoliyati, Abu Ali ibn Sino, jismoniy mashqlar, ota-onalar, o‘qituvchilar, aqliy tarbiyalash, amaliy, o‘yin, kognitiv vazifalar, bilim, ko‘nikmalar, kognitiv jarayonlar, qobiliyatlar, raqamlar, shakllar, rasm chizish, modellashtirish, maktabga tayyorlash, aqliy tarbiyaning roll, kreativlik, aql, his-tuyg‘u, idrok etish va boshqalar o‘rin olgan.

Kalit so‘zlar: maktabgacha yoshdagi bolalar, aqliy tarbiya, vositalar, jismoniy mashqlar.

Аннотация. В данной статье рассматриваются инструменты умственного воспитания детей дошкольного возраста, программы, стандарты, интеллектуальное развитие, мышление, речь, память, внимание, воображение, умственное воспитание, дидактические игры, логические упражнения, наблюдение, экспериментальные занятия, Абу Али ибн Сина, физические упражнения, родители, учителя, умственное воспитание, практические игры, когнитивные задачи, знания, навыки, когнитивные процессы, способности, числа, формы, рисование, моделирование, подготовка к школе, роль умственного воспитания, творчество, интеллект, эмоции, восприятие и т. д.

Ключевые слова: дети дошкольного возраста, умственное воспитание, инструменты, физические упражнения.

Abstract. This article discusses the tools of mental education of preschool children, programs, standards, intellectual development, thinking, speech, memory, attention, imagination, mental education, didactic games, logical exercises, observation, experimental classes, Abu Ali ibn Sina, physical exercises, parents, teachers, mental education, practical games, cognitive tasks, knowledge, skills, cognitive processes, abilities, numbers, shapes, drawing, modeling, preparation for school, the role of mental education, creativity, intelligence, emotions, perception, etc.

Key words: preschool children, mental education, tools, physical exercises.

KIRISH.

Maktabgacha yoshdagi bolalarni aqliy tarbiyalash vositalari bugungi kunda ta’lim tizimining eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Bu dolzarblik bir necha muhim omillar bilan izohlanadi:

Birinchidan, maktabgacha yosh - bu bolaning intellektual rivojlanishida eng muhim va sezgir davr hisoblanadi. Aynan shu bosqichda bolaning tafakkuri, nutqi, xotirasi, diqqat va tasavvuri faol shakllanadi. Agar shu davrda samarali aqliy tarbiya vositalari (didaktik o‘yinlar, mantiqiy mashqlar, kuzatish, tajriba faoliyati va boshqalar) qo‘llanilsa, bola keyingi ta’lim bosqichlariga puxta tayyor bo‘ladi.

Ikkinchidan, zamonaviy jamiyatda bilim va axborot hajmining keskin ortib borayotgani bolalardan mustaqil fikrlash, tahlil qilish va muammolarni hal etish ko‘nikmalarini talab etmoqda. Shu bois maktabgacha ta’limda aqliy tarbiya vositalaridan samarali foydalanish bolalarda kreativ va tanqidiy fikrlashni rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Uchinchidan, davlat darajasida maktabgacha ta’lim tizimini rivojlantirishga qaratilayotgan e’tibor ham mazkur masalaning dolzarbligini oshirmoqda. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi Maktabgacha ta’lim vazirligi tomonidan ishlab chiqilgan dastur va standartlarda bolalarning intellektual salohiyatini rivojlantirish ustuvor yo‘nalish sifatida belgilangan.

To‘rtinchidan, aqliy tarbiya vositalari bolalarda bilim olish hamda o‘rganishga qiziqish uyg‘otadi. Masalan, o‘yin orqali o‘rganish, muammoli vaziyatlar yaratish, interaktiv metodlardan foydalanish bolalarning bilishga bo‘lgan ichki ehtiyojini kuchaytiradi va ularni faol o‘quv subyekti sifatida shakllantiradi.

Beshinchidan, global ta’lim tendensiyalarida, xususan STEAM education yondashuvi asosida bolalarda erta yoshdan boshlab mantiqiy, ijodiy va texnik fikrlashni rivojlantirish zarurati ortib bormoqda. Bu esa aqliy tarbiya vositalarini yanada takomillashtirishni talab etadi. Shuningdek, maktabgacha yoshdagi bolalarni aqliy tarbiyalash vositalari - ularning intellektual salohiyatini rivojlantirish, mustaqil fikrlashini shakllantirish va zamonaviy ta’lim talablariga mos shaxsni tarbiyalashda hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lgan dolzarb pedagogik muammo hisoblanadi.

ADABIYOLAR. Maktabgacha yoshdagi bolalarni aqliy tarbiyalash vositalari bevosita bolalarning jismoniy sog‘ligiga bog‘liqdir. Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarga mashg‘ulotlarning foydasi, jismoniy mashqlarning ahamiyati va texnikasi, ularni o‘tkazish metodikasi haqidagi, harakatli o‘yinlar va hokazolar haqidagi tushuncha va bilimlarni berish muhimdir. Bolaning biologik rivojlanishi jarayonini tabiiy fanlar majmui o‘rganadi, ularning asosini I.M.Sechenov, I.P.Pavlov, va ular izdoshlarining organizm va muhit birligi,

ISSN 3030-3907

organizmning yaxlitligi va uning hayotiy faoliyatida markaziy asab sistemasining tartibga soluvchilik roli haqidagi ta’limoti tashkil etadi.

Buyuk hakim Abu Ali ibn Sino “Badan tarbiya – sog‘likni saqlashda ulug‘vor usuldir”, deb ta’kidlagan edi. Bu fikr xalqimiz orasida mashhur bo‘lgan “Kimki qilsa harakat – sog‘ligida barakat” degan hikmatli naql bilan hamohangdir. Darhaqiqat, inson salomatligi ko‘p jihatdan uning harakat faolligi, jismoniy chiniqishi va to‘g‘ri turmush tarziga bog‘liq. Abu Ali ibn Sino tomonidan ilgari surilgan “Sog‘ tanda – sog‘lom aql” g‘oyasi inson hayotida jismoniy va aqliy sog‘liqning uzviy bog‘liqligini ifodalaydi.

Qadimda ajdodlarimiz jismoniy tarbiyani “riyozat” deb atashgan. Bu tushuncha nafaqat jismoniy mashqlarni, balki insonning o‘zini tarbiyalashi, chiniqtirishi, iroda va sabrini mustahkamlash jarayonini ham anglatgan. Abu Ali ibn Sino o‘zining “Tib qonunlari” asarida riyozat – ya’ni badan tarbiyasi haqida batafsil to‘xtalib o‘tadi. U jismoniy mashqlarni turli turlarga ajratadi va ularni me’yorida bajarish inson sog‘lig‘i uchun nihoyatda foydali ekanini ilmiy asoslaydi. Ibn Sino ayniqsa ortiqcha yoki yetarli bo‘lmagan harakatning salbiy oqibatlariga e’tibor qaratib, jismoniy mashqsiz hayot kechirish inson organizmida turli kasalliklar va noxush holatlarning yuzaga kelishiga sabab bo‘lishini uqtiradi.

Shu bilan birga, u o‘rtacha va muntazam jismoniy mashqlar inson tanasidagi qon aylanishini yaxshilashi, mushaklarni chiniqtirishi, asab tizimini mustahkamlashi hamda umumiy hayotiy faollikni oshirishini alohida qayd etadi. Bu qarashlar bugungi zamonaviy tibbiyot va pedagogika ilmida ham o‘z tasdig‘ini topgan.

Jismoniy mashqlarning inson salomatligidagi o‘rni haqida keyingi davr mutafakkirlari ham muhim fikrlar bildirganlar. Masalan, ingliz adibi Joseph Addison shunday deydi: “Mutolaa aql uchun qancha zarur bo‘lsa, jismoniy mashqlar ham shuncha zarur”. Bu fikr inson kamolotida aqliy va jismoniy rivojlanish bir-biri bilan chambarchas bog‘liq ekanini ko‘rsatadi.

Qadimgi yunon faylasufi Sokrot esa: “Gimnastika yordami ila men badanimning muvozanatini to‘g‘rilab olaman”, deya ta’kidlaydi. Bu orqali u jismoniy mashqlar tanani, ruhiy holatni, aqlni ham muvozanatga keltirishini nazarda tutadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Maktabgacha yoshdagi bolalarni aqliy tarbiyalash vositalari sezilarli darajada kengayib bormoqda. O‘qituvchi bolalarning turli o‘yinlarini tashkil qiladi, kuzatishlar olib boradi, sinfda sanash, rasm chizish, modellashtirish, nutqni o‘rgatadi. Maishiy faoliyat jarayonida kattalar bolalarni turli xil narsalardan foydalanishga, ishlashga o‘rgatadi. Ota-onalar va o‘qituvchilar doimiy ravishda bolaning oldiga amaliy, o‘yin va kognitiv vazifalarni qo‘yadilar, ularni hal qilish bilim va ko‘nikmalarni, kognitiv

ISSN 3030-3907

jarayonlar va qobiliyatlarni shakllantirishga, turli xil faoliyat turlarini, kognitiv faoliyat motivlarini rivojlantirishga, yanada takomillashtirishga olib keladi.

Nutq va boshqalar. Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalar o‘zlariga tushunarli bo‘lgan ijtimoiy voqea va hodisalar, kishilarning mehnati, umumxalq bayramlari, respublikamizda yashaydigan ba'zi xalqlar hayoti bilan tanishtiriladi. Bu tadbirlar ularda jamiyatimiz ijtimoiy hayotiga qiziqish uyg‘otish, Vatanga muhabbat tuyg‘usi va baynalmilalchilik asoslarini shakllantirishga yordam beradi.

Aqliy ta'lim. maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarning bilish qobiliyatini muntazam va rejali ravishda rivojlantirib borish, bolalar bog‘chasi dasturida belgilangan eng oddiy bilimlar tizimi bilan qurollantirish, malaka va ko‘nikmalarni shakllantirishdan ihnrat. Yosh avlodni har tamonlama yetuk shaxs qilib tarbiyalash jamiyat ehtiyojlaridan kelib chiqadigan ob'ektiv zaruratdir.

Aqliy tarbiya. ijtimoiy tarbiyaning eng muhim jihatlaridan biri. Aqliy tarbiya bu aqlni rivojlantirish maqsadida yosh avlodga muntazam va maqsad asosida pedagogik ta'sir ko‘rsatishdir. Demak, aql keng ma'noda sezish va idrok etishdan boshlab to tafakkur va xayolni o‘z ichiga oladigan bilish jarayonlari yig‘indisi bo‘lib, u yosh avlodning insoniyat to‘plagan bilimlar, konikma va malakalar, me'yorlar, qoidalar va boshqalarda ro‘y beradi. Bu holat kattalar tomonidan amalga oshiriladi va bolalarning aqliy rivojlanishi ni ta'minlovchi xilma-xil vos talar, metodlarni, kerakli shart-sharoitlarni yaratishni o‘z ichiga oladi.

Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarni aqliy tarbiyalash bolalarning fikrlash faoliyatini rivojlantirishga qaratilgan kattalaming ma'lum maqsad asosidagi ta'sir etishdir. U bolalarga tevarak-atrofdagi olam haqida bilimlar berishni, ularni tizimlashtirishni, bolalarda bilishga qiziqish uyg‘otish, aqliy malaka va ko‘nikmalarni tarkib toptirishni, bilim qobiliyatlarini rivojlantirishni o‘z ichiga oladi. Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarni maktabga tayyorlashda aqliy tarbiyaning roll, ayniqsa, kattadir. Chunki aql his-tuyg‘ular va idrok etishdan tortib, fikrlash va tasavvur etishgacha bo‘lgan jarayonlar yig‘indisidir. Aqliy rivojlanish fikrning kengligida voqealarni har xil bog‘lanishlarda, munosabatlarda ko‘ra bilish, umumiylashtirish qobiliyatida namoyon bo‘ladi. Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarning aqliy rivojlanishi faoliyat jarayonida, dastlab muomalada bo‘lish, narsalar bilan bajariladigan faoliyat natijasida, keyin esa o‘quv, mehnat, samarali faoliyatlar: rasm chizish, loy va plastilindan buyumlar yasash, applikatsiya, qurish - yasash jarayonida amalga oshirib boriladi. Bolaning aqliy rivojlanishga ta'lim va tarbiya samarali ta'sir ko‘rsatadi.

TAHLIL VA NATIJALAR. Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarga aqliy tarbiya berishni to‘g‘ri tashkil etish uchun ularning aqliy rivojlanish

ISSN 3030-3907

qonuniyatlari va imkoniyatlarini bilish kerak. Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarning aqliy rivojlanishi faoliyat jarayonida, dastlab muomalada bo‘lish, narsalar bilan bajariladigan faoliyat natijasida, keyin esa o‘quv, mehnat, samarali faoliyatlar: rasm chizish, loy va plastilindan buyumlar yasash, applikatsiya, qurish - yasash jarayonida amalga oshirib boriladi. Bolaning aqliy rivojlanishga ta'lim va tarbiya samarali ta'sir ko‘rsatadi.

Maktabgacha tarbiya yoshidagi bolalarga aqliy tarbiya berishni to‘g‘ri tashkil etish uchun ularning aqliy rivojlanish qonuniyatlari va imkoniyatlarini bilish kerak. Maktabgacha yoshdagi bolaning aqliy rivojlanisliining asosiy xususiyati - bilishning majoziy shakllarining ustunligi: idrok. obrazli fikrlash, tasavvurlarning paydo bo‘lishi va shakllanishi uchun maktabgacha yoshdagi alohida inikoniyatlar mavjud. Aqliy tarbiya insoniyatning ko‘p asrlik tajribasini yosh avlod tomonidau o‘zlashtirish jarayoni sifatida amalga oshiriladi. nioddiy madaniyat. ma’naviy qadrivatlar, bilim, ko‘nikma, qobiliyat, bilish usullari va boshqalarda ifodalanadi. Havotning birinchi yillarida bolalarni aqliy tarbiyalashning asosiy vazifasi - kognitiv faolivatni shakllantirish, ya'ni. bola atrofidagi dunyoni bilishni o‘rganadigan faoliyat. Kichkina bola o‘yinda, ishda, sayrlarda. darslarda, kattalar va tengdoshlar bilan muloqotda atrofidagi dunyoni o‘rganadi. Tadqiqot metodologiyasi va tahlil natijalari.

Maktabgacha yoshdagi bolalarning aqliy tarbiyasi - bu bolalarning intellektual rivojlanishini shakllantirish, mantiqiy fikrlash, e'tibor, xotira, tasavvur va boshqa aqliy jarayonlarni rivojlantirishni o‘z ichiga oladi. Maktabgacha ta'limning asosiy vazifalaridan biri, bolalarning aqliy va shaxsiy rivojlanishini mustahkamlash va ularga dunyoqarashni shakllantirishdir.

Bolalarning aqliy tarbiyasining ahamiyati. Maktabgacha yoshdagi bolalar o‘z aqliy rivojlanishining asosiy bosqichlarini boshdan kechirmoqda. Ushbu davrda bolalar birinchidan, jismoniy va ruhiy rivojlanishning ko‘plab elementlarini o‘zlashtiradi. Aqliy tarbiya bu rivojlanishni boshqarishda muhim rol o‘ynaydi, chunki bolalarning tafakkuri va mantiqiy qobiliyatlari aynan shu davrda shakllanadi.

Maktabgacha tarbiya: Asosiy prinsiplar. Maktabgacha yoshdagi bolalarga aqliy tarbiya berishda asosiy prinsiplardan biri, ular bilan interaktiv va o‘zgartiruvchi muhit yaratishdir. Bu quyidagi tamoyillarga asoslanadi:

Boshqaruvga yo‘naltirilgan faoliyat. Bolaga faqat bilim berish emas, balki ularning faoliyatini boshqarish ham kerak. Bu ko‘proq o‘yinlar, mashqlar va amaliy ishlar orqali amalga oshiriladi.

Hissiy va aqliy rivojlanishni birlashtirish. Bolalar har doim yangi tajribalarni olish va ko‘proq bilimlarni o‘zlashtirishni xohlaydilar. Shu sababli, ular bilan hissiy va aqliy faoliyatlarni birlashtirish muhimdir.

ISSN 3030-3907

O‘yin va kreativlik. Maktabgacha yoshdagi bolalar o‘yin orqali eng yaxshi rivojlanadilar. O‘yin jarayonida bolalar turli xil masalalarni yechish, yangicha fikrlash va ijodkorlikni rivojlantiradilar.

Aqliy tarbiyada metodlar va yondashuvla.

Interaktiv metodlar: Bolalarni faol ishtirok etishga, savollar berishga, muammolarni hal qilishga jalb qilish muhimdir. Bu metodlar bolalarda mantiqiy fikrlash va kreativlikni rivojlantiradi.

Ijtimoiy faoliyatlar: Bolalar birgalikda ishlash orqali o‘zaro hamkorlikni, jamoaviy ishlarni o‘rganadilar, bu esa aqliy va ijtimoiy rivojlanish uchun juda muhimdir.

Tasavvur va tafakkur o‘yinlari: Mantiqiy o‘yinlar, testlar va mashqlar bolalarni qiziqtiradi va ularni yangi bilimlar bilan tanishtiradi. Bu o‘yinlar bolalarda xotira va tasavvur qobiliyatlarini rivojlantiradi.

Erkin fikrlashni rag‘batlantirish: Bolalarni har xil masalalar bo‘yicha o‘z fikrlarini bildirishga rag‘batlantirish ularning aqliy faoliyatini rivojlantiradi. Ularga savollar berish va ularning javoblarini tinglash orqali bolalarning o‘z-o‘zini ifoda etish qobiliyatini oshirish mumkin. O‘qituvchilar va tarbiyachilarning roli Maktabgacha yoshdagi bolalarning aqliy tarbiyasi jarayonida o‘qituvchilar va tarbiyachilar juda muhim rol o‘ynaydi. Ular nafaqat bilim beruvchilar, balki bolalar uchun ko‘rsatkich rahbar va do‘stdir. Ularning roli quyidagi jihatlarni o‘z ichiga oladi:

Bolalar bilan individual ishlash: Har bir bola o‘z xususiyatlariga ega, shuning uchun ularning rivojlanishini individual yondashuv asosida kuzatish va qo‘llab-quvvatlash muhimdir.

Motivatsiya yaratish: Bolalarga o‘rganishga bo‘lgan qiziqishni uyg‘otish, ularga maqsadga erishish uchun rag‘batlantirish kerak. Bu jarayon o‘qituvchining ijobiy va qo‘llab-quvvatlovchi muhit yaratishiga bog‘liq.

Bolalar uchun o‘qish va o‘yinlarni moslashtirish: O‘qituvchilar o‘quv dasturlarini va o‘yinlar orqali bolalar uchun qiziqarli va foydali faoliyatlar yaratishi lozim. Aqliy tarbiya uchun o‘quv dasturlari va faoliyatlar Aqliy tarbiya uchun turli o‘quv dasturlari va faoliyatlar ishlab chiqilgan. Ularga quyidagilar kiradi: Matematik va mantiqiy mashqlar: Bolalarni raqamlar va shakllar bilan tanishtirish oddiy arifmetik masalalarni yechish, mantiqiy o‘yinlar o‘ynash.

San'at va musiqiy faoliyatlar: Rassomlik va musiqa orqali bolalarning kreativliklari va aqliy qobiliyatlari rivojlanadi. Tabiat bilan tanishish: Tabiyatdagi ob'ektlar bilan tanishish, o‘simliklar va hayvonlar haqida bilim olish bolalar uchun qiziqarli va aqliy rivojlanishga yordam beruvchi faoliyatdir. Xulosa. Maktabgacha yoshdagi bolalarning aqliy tarbiyasi ularning kelajakdagi muvaffaqiyatlariga ta'sir qiladi. Bu davrda bolalar nafaqat intellektual, balki

ISSN 3030-3907

ijtimoiy, hissiy va jismoniy jihatlarda ham rivojlanadilar. To‘g‘ri yondashuv va o‘qituvchilarning faol ishtiroki orqali bolalar o‘zlarining aqliy salohiyatlarini maksimal darajada rivojlantirishi mumkin.

XULOSA. Maktabgacha yoshdagi bolalarni aqliy tarbiyalash vositalari keng qamrovli bo‘lib, ular bolaning fikrlash, idrok etish, xotira, diqqat va nutq kabi muhim psixik jarayonlarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Ushbu vositalarga o‘yinlar (didaktik, rolli va harakatli o‘yinlar), kuzatish, suhbat, kitob o‘qish, tasviriy faoliyat, konstruktiv mashg‘ulotlar hamda zamonaviy pedagogik texnologiyalar kiradi. Ayniqsa, o‘yin faoliyati maktabgacha yoshdagi bolalar uchun eng samarali vosita bo‘lib, ular orqali bolalar atrof-muhitni anglaydi, muammoli vaziyatlarni hal qilishni o‘rganadi va mustaqil fikrlashga odatlanadi.

Aqliy tarbiya vositalaridan tizimli va maqsadga muvofiq foydalanish bolalarning intellektual salohiyatini oshiradi, ularni maktab ta’limiga puxta tayyorlaydi hamda har tomonlama barkamol shaxs sifatida shakllanishiga zamin yaratadi. Shu bois tarbiyachilar va ota-onalar ushbu vositalardan samarali foydalanib, bolalarning yosh va individual xususiyatlarini hisobga olgan holda ta’lim-tarbiya jarayonini tashkil etishlari muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kushakova.G .Мактабгача ёшдаги болаларни толерантлик руҳида тарбиялаш. Бола шахсини ривожлантиришнинг долзарб муаммолари. II – Халқаро илмий – амалий анжуманининг тезис ва мақолалар тўплами. Тошкент, 2008. –Б. 107- 108
2. Usmonova.M.Maktabgacha yoshdagi bolalarni axloqiy tarbiyalashda xalq ertaklarining o‘rni. Umumfilologik tadqiqotlar: muammo va yechimlar. Taniqli olim, filologiya fanlari nomzodi, dotsent Bahodir Fayzullaevning 60 yillik yubileyiga bag‘ishlangan ilmiy –amaliy anjuman materiallari. Jizzax -2011 yil. 218 -219 bet
3. Норқўзиева.М.А.Бўлажак ўқитувчиларнинг касбий барқарорлигини таъминлашда буюк сиймоларнинг роли. Мактабгача таълимтизимини ривожлантиришда илмий-амалий инновацияларнинг педагогик аҳамияти халқаро илмий-амалий конференция 2020 йил 11- 12 ноябрь Самарқанд, 1.
4. Belkin A.S. Yosh pedagogikasining asoslari: Prok. talabalar uchun nafaqa. yuqoriroq ped. darslik bosh / A.S. Belkin - M.: Akademiya, 2008. - 192 p

ISSN 3030-3907

ALGORITM TUSHUNCHASI VA UNING XOSSALARI

Toshboltayev Faxriddin O‘rinboyevich
Farg‘ona davlat universiteti Axborot texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi p.f.b.f.d (PhD)
E-mail: toshboltayevfaxriddin88@gmail.com
Mamatkarimova Saidaxon Mamatvali qizi
Farg‘ona davlat universiteti Magistratura 70610105- Ta’limda axborot texnologiyalari yo‘nalishi
E-mail: saidaxonmamatkarimova83@gmail.com

Annotatsiya. Algoritm - oldimizga qo‘yilgan masalani yechish zarur bo‘lgan amallar ketma-ketligi hisoblanadi. “Algoritm” tushunchasi IX asrda yashab ijod qilgan buyuk qomusiy olim, alloma Muhammad al-Xorazmiy nomi bilan bog‘liq. *“Algoritm”* so‘zi Al - Xorazmiy nomining Yevropacha buzib talaffuz qilinishidan yuzaga kelgan. Al-Xorazmiy avvalo o‘nlik sanoq sistemasining tamoyillarini hamda undagi to‘rt amalni bajarish qoidalarini asoslab bergan.

Kalit so‘zlar. Funksiya, blok-sxema, grafik, Natijaviylik, kasrlar, Ommaviylik, Aniqlik, Diskretlilik, Al-Xorazmiy, Algoritm. Algoritmning asosiy xossalari.

Аннотация. Алгоритм — это последовательность действий, которые необходимо выполнить для решения данной задачи. Понятие «алгоритм» связано с именем великого энциклопедиста и учёного Мухаммада аль-Хорезми, жившего и работавшего в IX веке. Слово «алгоритм» возникло из европейского искажения имени аль-Хорезми. Аль-Хорезми первым обосновал принципы десятичной системы счисления и правила выполнения четырёх арифметических операций в ней.

Ключевые слова. Функция, блок-схема, граф, эффективность, дроби, популярность, точность, дискретность, аль-Хорезми, алгоритм. Основные свойства алгоритма.

Abstract. Algorithm - this is a practical sequence, which you need to complete for the solution of this problem. The name "algorithm" is related to the great encyclopedist and scientist Muhammad al-Khorezmi, who lived and worked in the 9th century. Slovo "algorithm" vozniklo iz evropeyskogo iskajenia imeni al-Khorezmi. Al-Khwarizmi was the first to establish the principle of the decimal system of calculations and the rules for performing four arithmetic operations.

Keywords. Function, block diagram, graph, effectiveness, drobi, popularity, precision, discreteness, al-Khorezmi, algorithm. Basic properties of the algorithm.

KIRISH.

Algoritm tushunchasi bugungi kunda informatika va axborot texnologiyalarining eng muhim asoslaridan biri bo‘lib kelmoqda. Insoniyat

taraqqiyoti davomida turli masalalarni tartibli va aniq hal qilishga bo‘lgan ehtiyoji doimo mavjud bo‘lib kelgan. Ana shu ehtiyoj algoritm tushunchasining shakllanishiga sabab bo‘lgan. Algoritm deganda ma’lum bir masalani yechish uchun bajarilishi zarur bo‘lgan amallar tartibi tushuniladi. Har qanday murakkab jarayon ham ma’lum tartib asosida amalga oshiriladi. Mana shu jihatdan algoritmlar kundalik hayotda ham muhim joy egallaydi. Masalan, ovqat pishirish, mashinadan foydalanish yoki kompyuter dasturini ishga tushirish jarayonlari ham ma’lum algoritmlar asosida bajariladi. Algoritmlar inson faoliyatini yengillashtirishga va samarali qilishga xizmat qiladi. Ayniqsa, zamonaviy texnologiyalar rivojlangan bir davrda algoritmlarning ahamiyati yana ham ortib bormoqda. Dasturlash tillari va kompyuter dasturlarining asosida ham albatta algoritmlar yotadi. Algoritmlar yordamida murakkab hisoblash ishlari tez, aniq va tushunarli bajariladi. Ushbu tushuncha matematika, informatika, iqtisodiyot va muhandislik kabi ko‘plab sohalarda keng qo‘llaniladi. “Algoritm” atamasi buyuk qomusiy alloma Muhammad al-Xorazmiy nomi bilan bog‘liqdir. Yevropa olimlari uning nomini *“Algorithmi”* shaklida talaffuz qilganlar. Keyinchalik esa ushbu atama *“algoritm”* shaklida ilm-fanga kirib kelgan. Al-Xorazmiy o‘nlik sanoq sistemasini rivojlantirishga katta hissa qo‘shgan olim hisoblanadi. U arifmetik amallarni bajarish qoidalarini ilmiy asoslab bergan. Shu sababli ham algoritm tushunchasi tarixiy va ilmiy ahamiyatga ega. bugungi kunda algoritmlar sun’iy intellekt tizimlarida ham keng qo‘llanilmoqda. Qidiruv tizimlari, mobil ilovalar va robototexnika sohalarida algoritmlar muhim vazifani bajarmoqda. Algoritmlar orqali ma’lumotlarni saralash, tahlil qilish hamda qayta ishlash mumkin. Informatika fanini o‘rganishda algoritm mavzusi asosiy bo‘limlardan biri sanaladi. Chunki dastur yaratishdan oldin masalaning algoritmi ishlab chiqilishi kerak. To‘g‘ri va aniq tuzilgan algoritm dasturning samarali ishlashini ta’minlaydi. Algoritm bir nechta muhim xossalarga ega. Bu xossalar algoritmning mukammalligini belgilab beradi. Shunday xossalardan biri diskretlilikdir. Diskretlilik algoritmning bosqichma-bosqich bajarilishini anglatadi. Har bir amal alohida va tartibli ravishda bajarilishi kerak. Keyingi muhim xossa aniqlik. Aniqlik algoritmdagi barcha ko‘rsatmalar tushunarli va bir ma’noli bo‘lishini talab etadi. Noaniq berilgan buyruqlar algoritmning noto‘g‘ri ishlashiga olib keladi. Shu sababli algoritm sodda va ravshan shaklda ifodalanishi kerak. Tushunarlilik xossasi ham algoritmning asosiy belgilaridan biridir. Algoritm ijrochiga tushunarli bo‘lishi muhim. Chunki, ijrochi inson yoki kompyuter bo‘lishi mumkin. Agar buyruqlar tushunarsiz bo‘lsa, algoritmni bajarish murakkablashadi. Ommaviylik xossasi esa algoritmning turli masalalarga qo‘llanish imkoniyatini ta’minlaydi. Bir algoritm yordamida o‘xshash masalalarni yechish mumkin bo‘ladi. Bu esa vaqt va mehnatni tejab qolishga yordam beradi.

ISSN 3030-3907

Natijaviylik esa algoritmning ma’lum natijaga olib kelishini bildiradi. Har qanday algoritm cheklangan qadamlardan so‘ng yakuniy natija berishi lozim. Aks holda algoritm foydasiz bo‘lib hisoblanadi. Algoritmlar odatda blok-sxema orqali tasvirlanadi. Blok-sxemalar algoritmning bajarilish ketma-ketligini grafik shaklda ifodalaydi. Bu usul algoritmni tushunishni osonlashtiradi. Dasturlash jarayonida algoritmik fikrlash muhim ahamiyatga kasb etadi. Algoritmik fikrlash insonning mantiqiy tafakkurini oshiradi. Shu sababli algoritm mavzusi ta’lim jarayonida muhim o‘rin tutadi. Bugungi raqamli zamonda algoritmlarni o‘rganish har bir mutaxassis uchun zarur bilimlardan biridir. Algoritmlar yordamida inson faoliyatining ko‘plab jarayonlarini avtomatlashtirish mumkin. Natijada ish unumdorligi va aniqlik darajasi salmoqli ortadi. Ushbu maqolada algoritm tushunchasi, uning ahamiyati hamda asosiy xossalari haqida batafsil fikr yuritilgan.

ASOSIY QISM. Algoritm — muayyan masalani yechish uchun aniq, tartibli va chekli bosqichlardan iborat bo‘lgan ko‘rsatmalar ketma-ketligi hisoblanadi. U kompyuter fanining asosiy tushunchasi o‘laroq, matematika, mantiq, muhandislik va kundalik hayotda ham keng qo‘llaniladi. Algoritm tushunchasi hisoblash nazariyasi, murakkablik tahlili va formal modellar bilan bog‘liq holda o‘rganiladi.

Nazariy informatika nuqtai nazaridan algoritm — bu kirish ma’lumotlarini chiqish natijalariga o‘tkazuvchi hisoblash jarayonining formal modeli hisoblanadi. Bu model Turing mashinasi, rekursiv funksiyalar yoki lambda hisoblash kabi formal tizimlar orqali ifodalanishi mumkin.

Masalan, Turing mashinasi algoritm tushunchasining universal modeli sifatida qaraladi. Har qanday hisoblanadigan masala Turing mashinasi yordamida ifodalanishi mumkin (Church–Turing tezisi).

Algoritmning 5-ta asosiy xossasi bor:

Diskretlilik (Cheklilik). Ushbu xossaning mazmuni algoritmlarni doimo chekli qadamlardan iborat qilib bo‘laklash imkoniyati mavjudligida. Ya’ni uni chekli sondagi oddiy ko‘rsatmalar ketma-ketligi shaklida ifodalash mumkin. Agar kuzatilayotgan jarayonni chekli qadamlardan iborat qilib qo‘llay olmasak, uni algoritm deb bo‘lmaydi.

Tushunarlilik. Biz kundalik hayotimizda berilgan algoritmlar bilan ishlayotgan elektron soatlar, mashinalar, dastgohlar, kompyuterlar, turli avtomatik va mexanik qurilmalarni kuzatamiz. Ijrochiga tavsiya etilayotgan ko‘rsatmalar, uning uchun tushinarli mazmunda bo‘lishi shart, aks holda ijrochi oddiygina amalni ham bajara olmaydi. Undan tashqari, ijrochi har qanday amalni bajara olmasligi ham mumkin.Har bir ijrochining bajarishi mumkin bo‘lgan ko‘rsatmalar yoki buyruqlar majmuasi mavjud, u ijrochining ko‘rsatmalar tizimi

ISSN 3030-3907

(sistemasi) deyiladi. Demak, ijrochi uchun berilayotgan har bir ko‘rsatma ijrochining ko‘rsatmalar tizimiga mansub bo‘lishi lozim.Ko‘rsatmalarni ijrochining ko‘rsatmalar tizimiga tegishli bo‘ladigan qilib ifodalay bilishimiz muhim ahamiyatga ega. Masalan, quyi sinfning a’lochi o‘quvchisi "son kvadratga oshirilsin" degan ko‘rsatmani tushinmasligi natijasida bajara olmaydi, lekin "son o‘zini o‘ziga ko‘paytirilsin" shaklidagi ko‘rsatmani bemalol bajaradi, chunki u ko‘rsatma mazmunidan ko‘paytirish amalini bajarish kerakligini anglaydi.

Aniqlik. Ijrochiga berilayotgan ko‘rsatmalar aniq mazmunda bo‘lishi zarur. Chunki ko‘rsatmadagi noaniqliklar mo‘ljaldagi maqsadga erishishga olib kelmaydi. Odam uchun tushunarli bo‘lgan "3-4 marta silkitilsin", "5-10 daqiqa qizdirilsin", "1-2 qoshiq solinsin", "tenglamalardan biri yechilsin" kabi noaniq ko‘rsatmalar robot yoki kompyuterni qiyin ahvolga solib qo‘yadi. Bundan tashqari, ko‘rsatmalarning qaysi ketma-ketlikda bajarilishi ham muhim ahamiyatga ega. Demak, ko‘rsatmalar aniq berilishi va faqat algoritmda ko‘rsatilgan tartibda bajarilishi shart ekan.

Ommaviylik. Har bir algoritm mazmuniga ko‘ra bir turdagi masalalarning barchasi uchun ham o‘rinli bo‘lishi kerak. Ya’ni masaladagi boshlang‘ich ma’lumotlar qanday bo‘lishidan qat’iy nazar algorim shu xildagi har qanday masalani yechishga yaroqli bo‘lishi kerak. Masalan, ikki oddiy kasrning umumiy mahrajini topish algoritmi, kasrlarni turlicha o‘zgartirib bersangiz ham ularning umumiy mahrajlarini aniqlab beraveradi. Yoki uchburchakning yuzini topish algoritmi, uchburchakning qanday bo‘lishidan qat’iy nazar, uning yuzini hisoblab beraveradi.

Natijaviylik. Har bir algoritm chekli sondagi qadamlardan so‘ng albatta natija berishi shart. Bajariladigan amallar ko‘p bo‘lsa ham baribir natijaga olib kelishi kerak. Chekli qadamdan so‘ng qo‘yilgan masala yechimga ega emasligini aniqlash ham natija hisoblanadi. Agar ko‘rilayotgan jarayon cheksiz davom etib natija bermasa, uni algoritm deb atay olmaymiz.

Yuqorida ko‘rilgan misollarda biz masalani yechish algoritmini so‘zlar va matematik formulalar orqali ifodaladik. Lekin algoritm boshqa ko‘rinishlarda ham berilishi mumkin. Biz endi algoritmlarning eng ko‘p uchraydigan turlari bilan tanishamiz. Ya’ni algoritmning so‘zlar orqali ifodalanishi. Bu usulda ijrochi uchun beriladigan har bir buyruq va ko‘rsatma jumlalar, so‘zlar orqali beriladi. Algoritmning formulalar bilan berilish usulidan matematika, fizika, kimyo kabi aniq o‘rganishda foydalaniladi. Bu usulni *analitik* ifodalash deyiladi. Algoritmlarning grafik shaklida tasvirlanishida esa algoritmlar maxsus geometrik figuralar yordamida tasvirlanadi va bu grafik ko‘rinish deyiladi. Algoritmning jadval ko‘rinishda tasvirlanishidan ham ko‘p foydalanamiz. Masalan, maktabda qo‘llanib kelinayotgan to‘rt xonali matematik jadvallar yoki turli xil lotereyalar

ISSN 3030-3907

jadvallari. Funksiyalarning grafiklarini chizishda ham algoritmlarning qiymatlari jadvalli ko‘rinishlaridan foydalanamiz. Bu kabi jadvallardan foydalanish algoritmlari sodda bo‘lgani tufayli ularni o‘zlashtirib olish oson. Algoritmlarni tasvirlash usullarining asosiy maqsadi, qo‘yilgan masalani yechish uchun zarur bo‘lgan amallar ketma-ketligining eng qulay holatini aniqlash va shu bilan odam tomonidan programma yozishni yanada osonlashtirishdan iborat. Aslida programma ham algoritmning boshqa bir ko‘rinishi bo‘lib, u insonning kompyuter bilan muloqotini qulayroq amalga oshirish uchun mo‘ljallangan. Agar algoritm yordamida joiz boshlang‘ich qiymat asosida izlangan natijani olish mumkin bo‘lsa u holda algoritmni joiz boshlang‘ich qiymatga qo‘llash mumkin deyiladi. Agar boshlang‘ich qiymat joiz bo‘lsa ham natija olish mumkin bo‘lmasa, u holda unga algoritm qo‘llash mumkin emas deyiladi. Endi joiz boshlang‘ich qiymatlar sinfi qanday ekanligini ko‘rib chiqamiz. Boshlang‘ich qiymatlar ba'zan narsa yoki buyumlar, sonlar ekanini ko‘rdik. Bu fikr olingan natijalar uchun ham o‘rinli. Bu narsalar orasidagi umumiylik nimada? Algoritm — bu qoidalar va demakki, ular qandaydir tillarda ifoda- langan, degan fikrni e'tiborga olsak, bu umumiylik ko‘rinadi. Bir necha marta bu qoidalarni aniq bajarilishi qanchalik muhim ekanligi haqida gapirib o‘tdik. Lekin bunday aniq bajarilishi boshlang‘ich qiymatlar (ular bilan birga izlangan natijalar ham) biror-bir tilda, balki yan- gisida, batamom tavsiflanishga imkon bersagina mumkin. Bu holda har bir boshlang‘ich qiymatga, har bir oraliq natijaga va nihoyat, izlangan natijaga qandaydir gap mos keladi. Yana, mazkur gapning «Mazmun»i bir qiymatli bo‘lishi zarur. Matematikada ko‘pincha maxsus usul qo‘llanadi. Bu usul shundan iboratki, birorbir obyekt boshqa tabiatli obyekt bilan almashtiriladi, bunda yangi obyektlarga birlamchilari bilan bir qiymatli mos bo‘ladi. Ko‘rilayotgan holda boshlang‘ich qiymatlar tilining gaplari bilan boshlang‘ich qiymatlarning o‘zi orasida bir qiymatli moslik mavjud. Shu sababli, algoritmni matematik ta'riflashda boshlang‘ich qiymatlar va izlangan natijalar tilning gaplari deb hisoblanishi mumkin. Bunday almashtirish amaliyot nuqtayi nazaridan mumkinmi? Albatta, mumkin. Chunki, algoritmning o‘zida boshlang‘ich qiymatlar emas, ularning nomi, jarayonni bajarish uchun esa amallar va hosil bo‘ladigan natijalarning nomini bilish yetarli. Keltirilgan usul algoritm ta'rifini tor ma'noda bo‘lishiga olib keladi, deyish mumkin. Bunday fikr asoslidir. Lekin bu torayish muhim emas, chunki u algoritmlar beradigan imkoniyatlarni kamaytira olmaydi. Bu kabi yondashish boshlang‘ich qiymatlar va natijalar turlarini nisbatan kamaytiradi, ammo ular avvalgidek turli fizik tabiatga ega bo‘lishi mumkin, lekin biz uchun bu, ularni nazariy qaraganimizda, turli tillardagi gaplar kabidir. Narsalarning turlanishini biz tillarning turlanishiga keltirdik. To‘g‘ri, tillar ham kam emas. Ularni cheksiz to‘plam (faqat mavjudlari emas, balki mavjud bo‘lishi

ISSN 3030-3907

mumkin bo‘lganlari ham, ya'ni mumkinlari ham) deb hisoblash mumkin. Lekin har bir algoritm faqat ikkita til bilan bog‘langan: bittasida u ta'riflangan, ikkinchisining gaplari boshlang‘ich qiymatlar hollarini uning uchun mumkin bo‘lganlaridir. Birinchi tilni, odatda, algoritmik til deb, ikkinchi- sini — operandlar tili deb atashadi. Operandlar deb shunday obyektlarga aytiladiki, ular ustida algoritm talab qilgan amallar bajariladi. Operandlar tilining barcha gaplari joiz deb hisob- lanadi, bu tilga tegishli bo‘lmagan biror-bir belgilar birikmasi ta'rif bo‘yicha joiz emas. Algoritmning tavsifida «biror maqsadga erishishga qaratilgan» jumlasi qo‘llanilgan. Sonlarni hisoblash, yig‘indini hisoblash. Bular algoritmning natijaviylik xossasi bilan bog‘liq. Bu xossaning mazmuni shundan iboratki, har qanday algoritm ijrochi chekli qadamdan so‘ng oxir-oqibat ma'lum bir yechimga olib kelishi kerak. Shuni ta'kidlash joizki, algoritm avvaldan ko‘zlangan maqsadga erishishga olib kelmasligi ham mumkin. Bunga ba'zan algoritmning noto‘g‘ri tuzilgani yoki boshqa xatolik sabab bo‘lishi mumkin. Ikkinchi tomondan, qo‘yilgan masala ijobiy yechimga ega bo‘lmasligi ham mumkin. Lekin salbiy natija ham natija deb qabul qilinadi Har bir algoritm-bu amallarni belgilovchi qoida bo‘lib, ularning zanjiri natijasida biz boshlang‘ich qiymatlardan izlangan natijaga kelamiz. Bunday amallar zanjiri algoritmik jarayon, har bir amal — algoritmning qadami deb ataladi. 2. Algoritmni ifodalash usullari va ularga misollar Algoritmni ishlab chiqishda uni bir necha xil usul bilan ifodalab bersa bo‘ladi. Shulardan uchtasi keng tarqalgan. Bular: 1. Algoritmni oddiy tilda ifodalash; 2. Algoritmni tuzim ko‘rinishida ifodalash; 3. Algoritmni maxsus (algoritmik) tilda yozish. Algoritmni oddiy tilda ifodalash. Algoritmlarni ifodalashning eng keng tarqalgan shakli - oddiy tilda so‘zlar bilan bayon qilishdir. Bu nafaqat hisoblash algoritmlarida, balki hayotiy, turmushdagi "algoritm"larga ham tegishlidir. Masalan, biror bir taom yoki qandolat mahsulotini tayyorlashning retsepti ham oddiy tilda tavsiflangan algoritmdir. Shaharlararo telefon - avtomat orqali aloqa o‘rnatishning o‘ziga xos algoritmidan foydalanasiz. Do‘kondan yangi kir yuvish mashinasi yoki magnitofon sotib olinsa, ishni foydalanishning algoritmi bilan tanishishdan boshlaymiz. Masalani kompyuterda echishda ham, ko‘pincha matematika tilini ham o‘z ichiga olgan tabiiy tildan foydalanish mumkin. Algoritmning bunday tildagi yozuvi izlanayotgan natijaga olib keladigan amallar ketma-ketligi ko‘rinishida bo‘lib, odam tomonidan bir ma'noli idrok etilishi kerak. So‘zlar bilan ifodalangan har bir amal “algoritmning qadami” deb ataladi. Qadamlar tartib nomeriga ega bo‘ladi. Algoritm ketma-ket, qadam-ba qadam bajarilishi kerak. Agar algoritm matnida "N sonli qadamga o‘tilsin" deb yozilgan bo‘lsa, bu algoritmning bajarilishi ko‘rsatilgan N-qadamdan davom etishini bildiradi. Ko‘rinib turibdiki, yuqoridagi uchchala misol algoritmi ham oddiy tilda yozilgan ekan. Algoritmlarni oddiy tilda ifodalash kompyuterga

ISSN 3030-3907

kiritish uchun yaramaydi. Buning uchun algoritmni kompyuter tilida shunday bayon qilish kerakki, masalan kompyuterda echish jarayonida bu algoritm ishni avtomatik boshqqarib turadigan bo‘lsin. Kompyuter tushunadigan shaklda yozilgan algoritm masalani echish dasturidir. Algoritmni oddiy tilda yozishda to‘rt xil amaldan: hisoblash, Nqadamga o‘tish, shartni tekshirish, hisoblashning oxiri, shuningdek kiritish va chiqarish amallaridan foydalanilgan maqul. Bular ichida eng ko‘p foydalaniladigani hisoblash amalidir. Algoritmni grafik tuzim ko‘rinishida ifodalash. Nisbatan murakkab masalalarni echishda algoritmdan muayyan kompyuter tilidagi dasturga o‘tish juda qiyin. Bunday bevosita o‘tishda algoritmning alohida qismlari orasidagi bog‘lanish yo‘qoladi, algoritm tarkibining asosiy va muhim bo‘lmagan qismlarini farqlash qiyin bo‘lib qoladi. Bunday sharoitda keyinchalik aniqlash va to‘g‘rilash ancha vaqt talab qiladigan xatolarga osongina yo‘l qo‘yish mumkin. Odatda algoritm bir necha marta ishlab chiqiladi, ba'zan xatolarni to‘g‘rilash, algoritm tarkibini aniqlashtirish va tekshirish uchun bir necha marta orqaga qaytishga to‘g‘ri keladi. Algoritm ishlab chiqishning birinchi bosqichida algoritmni yozishning eng qulay usuli - algoritmni tuzim ko‘rinishda ifodalashdir. Algoritm blok-sxemasi - berilgan algoritmni amalga oshirishdagi amallar ketmaketligining oddiy tildagi tasvirlash elementlari bilan to‘ldirilgan grafik tasviridir. Algoritmning har bir qadami tuzimda biror bir geometrik shakl - blok (blok simvoli) bilan aks ettiriladi. Bunda bajariladigan amallar turiga ko‘ra turlicha bo‘lgan bloklarga GOST bo‘yicha tasvirlanadigan turli xil geometrik shakllar - to‘g‘ri to‘rtburchak, romb, parallelogramm, ellips, oval va hokazolar mos keladi. Tuzim blok(simvol)lari ichida hisoblashlarning tegishli bosqichlari ko‘rsatiladi.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, algoritm tushunchasi informatika va zamonaviy axborot texnologiyalarining asosiy poydevorlaridan biridir. Algoritmlar yordamida turli murakkab masalalarni tartibli, aniq hamda samarali tarzda yechish imkoniyati yaratiladi. Har qanday dasturiy ta’minot, avtomatlashtirilgan tizim yoki raqamli texnologiyalarning asosida ma’lum bir algoritmlar faoliyat yuritadi. Shu sababli algoritmlarni o‘rganish nafaqat dasturchilar, balki barcha texnologik soha vakillari uchun ham muhim ahamiyatga ega.

Maqolada algoritmning mazmuni, kelib chiqishi va qo‘llanish sohalari haqida ma’lumotlar berildi. Shu bilan birga, algoritmning diskretlilik, aniqlik, tushunarlilik, ommaviylik va natijaviylik kabi asosiy xossalari ham yoritib berildi. Ushbu xossalar algoritmning samarali va to‘g‘ri ishlashini ta’minlaydi. Ayniqsa, algoritmning aniqligi va natijaviyligi masalaning muvaffaqiyatli yechimiga bevosita o‘z ta’sirini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Hozirgi kunda sun’iy intellekt, katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash, robototexnika va dasturlash kabi ko‘plab yo‘nalishlarda algoritmlarning o‘rni beqiyosdir. Algoritmik fikrlash insonning mantiqiy tafakkurini rivojlantiradi, muammolarni tahlil qilish hamda ularga optimal yechim topish ko‘nikmasini shakllantiradi. Shu bois algoritmlar nazariyasi va amaliyotini chuqur o‘rganish ilm-fan va texnologiyalar taraqqiyotining muhim omillaridan biri bo‘lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abduqodirov A. A. Informatika va hisoblash texnikasi asoslari. Toshkent: O‘qituvchi, 2010.
2. Azlarov T., Mansurov H. Informatika va algoritmlar nazariyasi. Toshkent: Fan, 2015.
3. Mamatov M. Algoritmlash va dasturlash asoslari. Toshkent: Tafakkur-Bo‘stoni, 2018.
4. To‘rayev X. Dasturlash texnologiyalari va algoritmlar. Toshkent: Universitet, 2020.
5. Sodiqov T. Kompyuter texnologiyalari va algoritmlash. — Toshkent: Sharq, 2016.
6. Xolmatov T., Qosimov A. Informatika va axborot texnologiyalari. — Toshkent: Cho‘lpon, 2019.
7. Karimov R. Axborot texnologiyalarining nazariy asoslari. — Toshkent: TDPU nashriyoti, 2018.
8. Donald E. Knuth. The Art of Computer Programming. — Boston: Addison-Wesley, 1997.
9. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. Introduction to Algorithms. — Cambridge: MIT Press, 2009.
10. Robert Sedgewick, Kevin Wayne. Algorithms. — Boston: Addison-Wesley, 2011.
11. Niklaus Wirth. Algorithms + Data Structures = Programs. — New Jersey: Prentice Hall, 1976.
12. Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman. Data Structures and Algorithms. — Boston: Addison-Wesley, 1983.
13. Steven S. Skiena. The Algorithm Design Manual. — London: Springer, 2020.

ISSN 3030-3907

TEXNOGEN CHIQINDILARNI KOMPLEKS QAYTA ISHLASH VA ULARDAN QIMMATLI METALLARNI AJRATIB OLISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI

Aminov Umidjon G‘aybulla o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti doktoranti
ORCID: 0009-0005-1451-4525
Email: umid9070707@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqola kimyo-metallurgiya sanoatining texnogen chiqindilaridan qimmatbaho va nodir metallarni ajratib olishning samarali texnologik usullari tahliliga bag‘ishlangan. Tadqiqot obyekti sifatida O‘zbekistonning eng yirik sanoat majmualari — Navoiy va Olmaliq tog‘-kon metallurgiya kombinatlari (NKMK va OKMK) faoliyati natijasida to‘plangan boyitish dumlari va metallurgiya shlamlari olingan. Ishning dolzarbligi dunyo miqyosida boy tabiiy konlarning kamayishi va ikkilamchi xomashyo resurslarini sanoat aylanishiga jalb qilish zarurati bilan izohlanadi. Tadqiqot jarayonida zamonaviy instrumental tahlil usullari, jumladan, Bruker D8 Advance qurilmasida rentgen-fazaviy (XRD), PANalytical Axios qurilmasida rentgen-fluoressensiya (XRF) va Zeiss MERLIN mikroskopi yordamida skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM-EDS) usullari qo‘llanilgan. Eksperimental qismda Knelson markazdan qochma konsentratorlari yordamida gravitatsion boyitish, selektiv flotatsiya va sorbsion-sianlash jarayonlarining samaradorligi o‘rganilgan. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, kombinatsiyalangan texnologik sxemalar qo‘llanilganda "Auminzo-Amantoy" koni chiqindilaridan oltin ajratib olish darajasi 79% ga yetkazilgan. OKMK mis elektroliz shlamlaridan esa yangi gidrometallurgik sxema asosida palladiy ajratib olish 84% dan yuqori ko‘rsatkichni tashkil etib, olingan metal kukunining tozaligi 99,94% ga yetgan. Tadqiqot texnogen chiqindilarni qayta ishlash an’anaviy usullarga nisbatan tannarxni 30-40% ga arzonlashtirishini va ekologik barqarorlikni ta’minlashini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Texnogen chiqindilar, qimmatbaho metallar, oltin, palladiy, NKMK, OKMK, Knelson konsentrastori, sorbsion-sianlash, rentgen-fazaviy tahlil, gidrometallurgiya, iqtisodiy rentabellik, ekologik barqarorlik.

Аннотация. Данная научная работа посвящена анализу эффективных технологических методов извлечения благородных и редких металлов из техногенных отходов химико-металлургической промышленности. Объектом исследования являются хвосты обогащения и металлургические шламы, накопленные в результате деятельности Навоийского и Алмалыкского горно-металлургических комбинатов (НГМК и АГМК) Узбекистана. Актуальность работы обусловлена глобальным истощением

богатых природных месторождений и необходимостью вовлечения вторичных ресурсов в промышленный оборот. В ходе исследования использовались современные методы анализа, такие как рентгенофазовый (XRD), рентгенофлуоресцентный (XRF) и сканирующая электронная микроскопия (SEM-EDS). В экспериментальной части изучена эффективность гравитационного обогащения в центробежных концентраторах Knelson, селективной флотации и сорбционного цианирования при различных физико-химических параметрах. Результаты показывают, что при использовании комбинированных технологических схем степень извлечения золота из отходов месторождения «Ауминзо-Амантой» достигает 79%. Разработанная гидрометаллургическая технология для шламов АГМК позволила извлечь более 84% палладия с чистотой порошка 99,94%. Эти показатели подтверждают экономическую рентабельность переработки техногенных отходов, снижая себестоимость продукции на 30-40% по сравнению с традиционными методами, и вносят значительный вклад в экологическую устойчивость региона.

Ключевые слова: Техногенные отходы, благородные металлы, золото, палладий, НГМК, АГМК, концентратор Knelson, сорбционное цианирование, рентгенофазовый анализ, гидрометаллургия, экономическая эффективность, экологическая устойчивость.

Abstract. This scientific paper is devoted to the analysis of effective technological methods for extracting precious and rare metals from technogenic wastes of the chemical-metallurgical industry. The research objects are enrichment tailings and metallurgical slimes accumulated as a result of the activities of the Navoi and Almalyk Mining and Metallurgical Combines (NMMC and AMMC) in Uzbekistan. The relevance of the work is driven by the global depletion of rich natural deposits and the necessity to involve secondary resources in industrial turnover. The study employed modern analytical methods such as X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), and scanning electron microscopy (SEM-EDS) using advanced equipment like Bruker D8 Advance and Zeiss MERLIN. In the experimental part, the effectiveness of gravity enrichment in Knelson centrifugal concentrators, selective flotation, and sorption cyanidation was evaluated. Results indicate that using combined technological schemes, the gold recovery rate from the "Auminzo-Amantoy" tailings reaches 79%. Furthermore, a newly developed hydrometallurgical scheme for AMMC copper electrolysis slimes achieved a palladium recovery rate exceeding 84%, with a final powder purity of 99.94%. These indicators confirm the economic viability of processing technogenic waste—reducing production costs by 30-40% compared

ISSN 3030-3907

to traditional mining—and highlight its contribution to ecological sustainability through waste reduction.

Keywords: Technogenic waste, precious metals, gold, palladium, NMMC, AMMC, Knelson concentrator, sorption cyanidation, X-ray diffraction, hydrometallurgy, economic viability, ecological sustainability.

KIRISH.

Jahon iqtisodiyotining jadal rivojlanishi, urbanizatsiyaning misli ko‘rilmagan o‘sishi va qayta tiklanadigan energiya manbalariga o‘tishning tezlashishi sharoitida jahon kimyo va metallurgiya sanoati birlamchi xomashyoning keskin taqchilligiga duch kelmoqda. Tarkibida rangli, noyob va qimmatbaho metallar bo‘lgan yuqori sifatli rudalarning an’anaviy zaxiralari muttasil kamayib bormoqda, bu esa muqobil xomashyo manbalarini izlash va ularni ishlab chiqarishga jalb qilishni taqozo etadi. Shu bilan bir qatorda, tog‘-kon sanoati va metallurgiyaning ko‘p yillik rivojlanish tarixi ulkan hajmdagi texnogen chiqindilar, jumladan, metallurgiya shlaklari, boyitish fabrikalari qoldiqlari, kimyo sanoati chiqindilari hamda elektron chiqindilar (WEEE) to‘planishiga olib keldi. Tarixan poligonlarda yoki qoldiq saqlash inshootlarida to‘plangan ushbu chiqindilar majmuasi murakkab ekologik va iqtisodiy muammoni keltirib chiqaradi. Bir tomondan, ular tarkibida mis (Cu), oltin (Au), kumush (Ag), rux (Zn), nikel (Ni) kabi qimmatli komponentlar, shuningdek, disproziy (Dy), tellur (Te), galliy (Ga) va germaniy (Ge) kabi o‘ta muhim noyob metallarning sezilarli konsentratsiyasi mavjud. Boshqa tomondan, ular biosfera uchun jiddiy xavf tug‘diruvchi, yer osti suvlari va tuproqni ifloslantiruvchi mishyak (As), qo‘rg‘oshin (Pb), surma (Sb) va kislotali shaxta suvlari (AMD) kabi og‘ir metallarning o‘ta zaharli birikmalarini o‘z ichiga oladi.

Barqaror rivojlanish va aylanma iqtisodiyotga (circular economy) o‘tish sharoitida “qazib olish-ishlab chiqarish-tashlash” chiziqli modeli yaroqsiz deb topilgan. Toksik komponentlarni zararsizlantirish hamda bir vaqtning o‘zida murakkab texnogen matritsalardan qimmatli metallarni tanlab ajratib olish imkonini beruvchi integratsiyalashgan texnologiyalarni ishlab chiqish zamonaviy ilm-fanning ustuvor vazifalaridan biridir. Maqsadli metallarni hatto dastlabki miqdori past bo‘lganda ham 100 va undan ortiq marta konsentratsiyalashni ta'minlaydigan molekulyar tanish texnologiyasi (MRT) kabi innovatsion yondashuvlar qayta ishlashda yangi ufqlarni ochmoqda. Shu bilan birga, metallarni tanlab eritish (ishqorlash) uchun o‘ziga xos mikroorganizmlardan foydalanishga asoslangan biogidrometallurgiya usullari ham jadal rivojlanmoqda, bu an’anaviy energiya talab qiladigan pirometallurgiya jarayonlariga ekologik toza va iqtisodiy jihatdan foydali muqobil hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Bu muammo kon-metallurgiya sanoati rivojlangan davlatlar uchun alohida ahamiyatga ega. O‘zbekiston Respublikasi oltin, mis va uran zaxiralari hamda qazib olish bo‘yicha jahon yetakchilaridan biri sifatida texnogen hosilalarni qayta ishlash sohasida ulkan salohiyatga ega. Mamlakatning “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” (OKMK) va “Navoiy kon-metallurgiya kombinati” (NKMK) AJ kabi yirik sanoat flagmanlari o‘n yilliklar davomida yirik texnogen konlarni shakllantirgan. Xususan, NKMK yiliga 19 million tonnagacha texnogen chiqindilarni qayta ishlash quvvatiga ega bo‘lgan va dunyodagi shu yo‘nalishdagi eng yirik korxona hisoblangan 7-Gidrometallurgiya zavodi (7-GMZ) negizida chiqindilarni qayta ishlash strategiyasini muvaffaqiyatli amalga oshirmoqda. Shu bilan birga, OKMKda ishlab chiqarish quvvatlarining keng miqyosda kengaytirilishi va "Yoshlik I" ulkan konining o‘zlashtirilishi (bu taxminan 19 milliard tonna ruda zaxirasiga ega yagona "Oliy Ziyo" majmuasini tashkil etadi) munosabati bilan mis shlaklari va tashlandiq qoldiqlarni utilizatsiya qilish strategik ekologik xavfsizlik masalasiga aylanmoqda.

Mavjud yutuqlarga qaramay, an’anaviy pirometallurgik va gidrometallurgik usullar qator jiddiy kamchiliklarga ega. Pirometallurgiya ulkan energiya sarfi (gidrometallurgiyadagiga nisbatan 10 barobar ko‘p), oltingugurt dioksidi chiqindilari va uchuvchi elementlarning yo‘qotilishi bilan bog‘liq. Gidrometallurgiya esa ko‘proq selektiv (tanlovchan) bo‘lsa-da, fayalit shlaklarini eritishda silikatli gellar hosil bo‘lishi muammosiga duch keladi va toksik oqova suvlarni neytrallashning murakkab sxemalarini talab qiladi. Shu munosabat bilan fiziko-kimyoviy faollashtirish, selektiv ionli flotatsiya va bioko‘mir (biochar) kabi yangi avlod sorbentlarini qo‘llagan holda biologik tozalash usullarining afzalliklarini o‘zida mujassam etgan gibrid texnologiyalarni izlash alohida ilmiy ahamiyat kasb etadi.

2. MATERIALLAR VA USULLAR.

2.1. Tadqiqot obyektlarining xususiyatlari va namunalarni tayyorlash

Asosiy tadqiqot obyektlari sifatida kimyo-metallurgiya majmuasining turli xil texnogen hosilalari olindi. Namunalarning birinchi guruhi "OKMK" AJ mis eritish zavodida metallurgiya gazlarini yuvish jarayonida hosil bo‘ladigan mis eritish shlaklari va texnogen eritmalarni (ona suyuqliklarni) o‘z ichiga oldi. Shlaklarning dastlabki namunalari 2.0% dan 3.5% gacha bo‘lgan mis miqdori, shuningdek, hamroh elementlar: rux, nikel, temir, molibden va noyob metallar mavjudligi bilan ajralib turardi. Obyektlarning ikkinchi guruhi NKMK gidrometallurgiya ishlab chiqarishining 7-GMZ quvvatlarida qayta ishlanadigan tarkibida oltin bo‘lgan texnogen chiqindilardan iborat edi. Reprezentativlikni (haqqoniylikni) ta'minlash uchun namunalar xalqaro standartlarga muvofiq olindi, shundan so‘ng material maydalandi va yanchildi. Xususan, granulometrik

ISSN 3030-3907

tarkibning jarayonlar kinetikasiga ta’sirini o‘rganish uchun shlaklar elak tahlili yordamida bir nechta fraksiyalarga (-20 dan +200 meshgacha) ajratildi.

Dastlabki materiallarning mineralogik va kimyoviy tarkibi zamonaviy instrumental usullar majmuasi yordamida aniqlandi. Rentgenofaza tahlili (XRD) va energiya dispersiyali rentgen spektroskopiyasi (SEM-EDS) bilan birlashtirilgan skanerlovchi elektron mikroskopiya mis shlaklarida ustunlik qiladigan fazalar fayalit (Fe_2SiO_4) guruhi minerallari, shuningdek kvars, dala shpatlari, gilli-slyudali minerallar va sulfat birikmalari ekanligini aniqlashga imkon berdi. Metallarning silikat matritsasi bilan chambarchas bog‘langan mikroformalarda bo‘lishi ularni an’anaviy erituvchilar orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri ajratib olishning murakkabligini belgilab berdi.

2.2. Termodinamik modellashtirish va faza tahlili OKMKning ko‘p komponentli texnogen eritmalaridan disproziy (Dy), tellur (Te) va molibden (Mo) kabi noyob va tarqoq metallarni selektiv (tanlab) ajratib olish jarayonlarini nazariy asoslash uchun FactSage dasturiy majmuasidan foydalangan holda termodinamik modellashtirish qo‘llanildi. Tahlilning asosi sifatida elementlarning turli kimyoviy shakllarining suvli eritmalardagi termodinamik barqarorlik sohalarini muhitning vodorod ko‘rsatkichi (pH) va oksidlanish-qaytarilish potensialiga bog‘liq holda tavsiflovchi Purbe diagrammalarini (Potensial – pH, yoki E–pH) qurish olindi.

Modellashtirishda raqobatdosh ionlar (temir, mis, sulfatlar) konsentratsiyalarini o‘z ichiga olgan haqiqiy texnogen tizimlarning parametrlari belgilandi. Maqsadli funksiya sifatida maqsadli metall barqaror, oson ajralib chiqadigan qattiq faza hosil qiladigan, aralashmalar esa erigan holatda qoladigan tor termodinamik "darchalar"ni aniqlash belgilandi. Qo‘shimcha ravishda, niqoblovchi reagentlarning (etilendiamintetraasetat kislotasi – EDTA, sitratlar) fazalar chegaralarining siljishiga va cho‘ktirish jarayonlari selektivligini oshirishga ta’siri o‘rganildi. FactSage dasturida 1300 dan 1600 °C gacha bo‘lgan haroratlarda va uglerodli qaytaruvchi sarfini o‘zgartirish orqali galliy (Ga), germaniy (Ge) va kobaltning (Co) metall faza (qotishma) va sublimatlar (chang) o‘rtasida taqsimlanishini bashorat qilish uchun pirometallurgiya jarayonlarini modellashtirish ham amalga oshirildi.

2.3. Pirometallurgik va kimyoviy faollashtirish

Mis shlaklaridagi mustahkam silikat matritsasini (fayalitni) parchalash uchun sulfatlovchi kuydirish orqali kimyoviy faollashtirish usuli qo‘llanildi. Shlak namunalari massa jihatidan 20% natriy sulfat (Na_2SO_4) qo‘shib yaxshilab gomogenlashtirildi (bir jinsli holatga keltirildi). Termokimyoviy ishlov berish mufel pechlarida 900 °C maqbul haroratda 90 daqiqa davomida amalga oshirildi.

ISSN 3030-3907

Ushbu jarayon temir va kremniyni keyinchalik kislota ta’sirida kolloid gellar hosil qilishga moyil bo‘lmagan shakllarga o‘tkazishga qaratilgan edi.

Parallel ravishda pirometallurgik ekstraksiya (qaytaruvchi eritish) bo‘yicha tajribalar o‘tkazildi. An’anaviy ko‘mir va antrasitga innovatsion muqobil sifatida qishloq xo‘jaligi chiqindilarini (zaytun danaklari, babassu biomassasi) 400-500 °C haroratda piroliz qilish orqali olingan bioko‘mirdan (biochar) foydalanildi. Qaytaruvchi eritish grafit tigellarda 1500 °C da shlak massasining 2% dan 10% gacha miqdorida bioko‘mir qo‘shilishi bilan amalga oshirildi. Bu qazilma uglerodni qayta tiklanadigan manbalar bilan to‘liq yoki qisman almashtirish imkoniyatlarini o‘rganishga imkon berdi.

2.4. Gidrometallurgik tanlab eritish (ishqorlash) va ionli flotatsiya

Sulfatlovchi kuydirishdan so‘ng faollashtirilgan materiallar gidrometallurgik qayta ishlashga tortildi. Tanlab eritish jarayoni sulfat kislotaning (H_2SO_4) suvli eritmasidan foydalangan holda o‘tkazildi. Kinetik tadqiqotlar suyuq va qattiq fazalar nisbatining (S:Q, yoki kislotaning qattiq moddaga nisbati), zarrachalar kattaligining, harorat va vaqtning metallarni ajratib olish darajasiga ta’sirini miqdoriy jihatdan baholash uchun tashkil etildi.

Jarayon kinetikasini tavsiflash uchun Arrenius tenglamasiga asoslangan va qattiq zarrachalar ichidagi diffuziya cheklovlarini hisobga oluvchi murakkab matematik model moslashtirildi. Dinamik parametrlarni baholash quyidagi xarakteristik tenglama yordamida amalga oshirildi :

$$\frac{1}{3}\ln(1-\mathrm{X_t}) - \left[1-(1-\mathrm{X_t})^{-\frac{1}{3}}\right] = 9.36 \cdot \mathrm{r}$$

Bu yerda:

- X_t – vaqt momentigacha metallni ajratib olish samaradorligi (ulushi);
- r – kislota va qattiq cho‘kmaning massa nisbati;
- d – shlak zarrachalarining o‘rtacha diametri;
- R – universal gaz doimiysi;
- T – reaksiyaning mutlaq harorati (Kelvinlarda);
- t – aloqa vaqti.

Olingan eritmalardan, shuningdek, mis eritish ishlab chiqarishining dastlabki ona suyuqliklaridan qimmatli komponentlarni ajratib olish ionli flotatsiya usuli bilan amalga oshirildi. Og‘ir rangli metallar ionlariga yuqori moyillikka ega bo‘lgan natriy dietilditiokarbamat (DEDTC) o‘ziga xos reagent-yig‘uvchi sifatida qo‘llanildi. Jarayon nikel, molibden va boshqa bir qator elementlarni qat'iy nazorat qilinadigan pH oraliqlarida ajratib olish uchun selektiv karbonatli cho‘ktirish bilan birga olib borildi.

2.5. Biogidrometallurgiya va bioko‘mirli kompozitlar (Biochar-Fe) sintezi. Tanlab eritishning ekologik toza "yashil" muqobillarini ishlab chiqish

ISSN 3030-3907

maqsadida biogidrometallurgik jarayonlarning qo‘llanilishi o‘rganildi. Tajribalar uchta asosiy mexanizmni qamrab oldi: oksidlovchi, kislotali va qaytaruvchi bioishqorlash. Agentlar sifatida ekstremal past pH qiymatlarida ishlay oladigan sulfid oksidlovchi bakteriyalar (asosan *Thiobacillus* avlodi) konsorsiumlari, shuningdek, organik kislotalarni (limon, shovul) sintez qiladigan zamburug‘li kulturalarning turli xil turlari ishlatildi. Bioishqorlash jarayonini maqbullashtirish haroratni (25 °C dan 95 °C gacha), aeratsiya intensivligini (400 ml/mingacha), aralashtirish tezligini va pulpa zichligini (1% dan 10% gacha) o‘zgartirish orqali amalga oshirildi.

Metodologiyada asosan qoldiqlar va shlaklarni ishqorlash jarayonida ajralib chiqadigan xavfli og‘ir metallarni (birinchi navbatda, mishyak va surmani) immobilizatsiyalash – zararsizlantirish jarayonlariga alohida e'tibor qaratildi. Shu maqsadda temir saqlovchi maxsus bioko‘mir kompozitlari (Biochar-Fe) sintez qilindi. Organik biomassa (daraxt butash chiqindilari, gidrochar) temir (III) sulfatining 5 mass.% li eritmasi bilan to‘yintirildi, so‘ngra inert atmosferada 5 soat davomida 500 °C haroratda piroliz qilindi. Olingan BM-Fe va HM-Fe deb belgilangan kompozitlar muhitning oksidlanish-qaytarilish potensialini (Eh) nazorat qilish hamda zaharli anion va kationlarni ichki sferik kompleks hosil qilish va sirtda cho‘ktirish mexanizmlari orqali adsorbsiyalash qobiliyatini o‘rganish uchun ishqorlashning reaksion tizimlariga kiritildi. Chiqindilarni zararsizlantirish samaradorligi tanlab eritish testlari (kislotali yomg‘irlarni imitatsiya qilish) va ishlov berilgan qoldiqlarda ularning fitoremediatsiya uchun yaroqliligini tasdiqlash maqsadida urug‘larning unib chiqish indeksini (Germination Index) o‘lchash orqali baholandi.

3. NATIJALAR.

3.1. Noyob metallarni selektiv cho‘ktirishni termodinamik modellashtirish.

Ko‘p komponentli eritmalar uchun FactSage muhitida modellashtirilgan Purbe (E-pH) termodinamik diagrammalarini tahlil qilish OKMK tashlamalari va ishqorlaridagi maqsadli noyob metallar uchun barqarorlikning maqbul darchalarini aniqlash imkonini berdi. Ularning cho‘kish jarayonlari tor spesifik fizik-kimyoviy parametrlarga kuchli bog‘liqligi aniqlandi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, o‘ta muhim nodir er elementi bo‘lgan disproziy (Dy) murakkab aralashmadan faqat ishqoriy muhitda, pH qiymati 7.5 dan oshganda to‘liq miqdorda ajralib chiqa oladi. Bunday sharoitda disproziy termodinamik barqaror oksid fazasi $–Dy_2O_3$ ko‘rinishida cho‘kadi. Tizimning redoks-potensialiga kuchli bog‘liq bo‘lgan tellur (Te) oksidlovchi neytral muhitda (pH 5 dan 8 gacha, E potensiali 0.5 dan 0.7 V gacha bo‘lgan oraliqda) tellur dioksidi (TeO_2) shaklida eng to‘liq cho‘kadi. Molibden (Mo) kuchsiz kislotali va

ISSN 3030-3907

kuchsiz ishqoriy muhitda (pH 5–9) pastroq potensial qiymatlarida (E = 0.0–0.5 V) erimaydigan MoO_2 fazasiga o‘tadi.

Etilendiamintetraasetat kislotasi (EDTA) va sitrat ionlaridan niqoblovchi reagentlar sifatida foydalanish samaradorligini isbotlash muhim amaliy natija bo‘ldi. Ularni pH ni oshirishdan oldin eritmaga kiritish raqobatdosh og‘ir metall kationlarini (masalan, temir va mis) mustahkam eruvchan komplekslarga bog‘lash imkonini berdi, bu ularning birga cho‘kishini inkor etdi va cho‘ktirilayotgan disproziy oksidining tozalik darajasini ko‘p marta oshirdi.

3.2. Fayalitning tarkibiy parchalanishi va asosiy metallarni ajratib olish samaradorligi. Mis eritish shlaklarini sulfatlovchi kuydirish bo‘yicha tajribalar natriy sulfatdan foydalangan holda termokimyoviy faollashtirishning yuqori samaradorligini namoyish etdi. Parametrlarni maqbullashtirish shuni ko‘rsatdiki, 20% Na_2SO_4 qo‘shilishi, kuydirish harorati 900 °C va reaksiya vaqti 90 daqiqa bo‘lganda, mustahkam fayalit strukturasining 89% parchalanishiga olib keladi. Reaksiya davomida natriy ionlari silikat panjarasiga kirib, uning qulashiga sabab bo‘ladi va qimmatli metallarning qamalgan atomlarini ozod qiladi.

Ishlov berilgan mahsulotni keyinchalik suyultirilgan sulfat kislota bilan gidrometallurgik ishqorlash ushbu yondashuvning favqulodda mahsuldorligini tasdiqladi. 1-jadvalda qayta ishlanmagan va termokimyoviy faollashtirilgan shlakdan asosiy metallarni ajratib olishning qiyosiy ma'lumotlari keltirilgan.

1-jadval

OKMK shlaklaridan metallarni ajratib olish darajasiga termokimyoviy faollashtirishning ta’siri

Metall	Faollashtirmasdan ajratib olish darajasi (%)	Na_2SO_4 bilan kuydirilgandan so‘ng ajratib olish darajasi (%)	Dastlabki matritsada ushlab turish mexanizmi
Mis (Cu)	61.0	97.0	Silikatlar kristal panjarasida o‘rin almashish va sulfidlar kiritmalari
Temir (Fe)	59.0	96.0	Fayalit (Fe_2SiO_4) mineralining asosiy komponenti
Rux (Zn)	65.0	93.0	Tarqoq izomorfik o‘rin almashish

ISSN 3030-3907

An’anaviy gidrometallurgik sxemalarda filtratsiya uskunalarining darhol tiqilib qolishiga olib keladigan silikat jeli hosil bo‘lishining to‘liq oldi olinishi taklif qilingan usulning asosiy texnologik afzalligi bo‘ldi.

Bundan tashqari, past konsentratsiyali texnogen eritmalardan misni ajratib olish uchun DEDTC yig‘uvchisidan foydalangan holda ionli flotatsiyani qo‘llash natijalari ajoyib ko‘rsatkichlarni namoyon etdi: misni konsentratsiyalash va ajratib olish darajasi 98.6% dan 99.5% gacha bo‘lgan rekord darajaga yetdi. Mis shlaklari uchun ko‘p bosqichli integratsiyalashgan sxemalarni (flotatsiya-ishqorlash-qaytarish-elektroekstraksiya) qo‘llash, dastlabki xomashyo turiga qarab, misni ajratib olishning umumiy ko‘rsatkichini 80-95% gacha yetkazish imkonini berdi.

3.3. Pirometallurgik ekstraksiya va muqobil qaytaruvchilar

Mis shlaklarini qaytaruvchi eritish natijalari temir qotishmasida noyob metallarni konsentratsiyalashning texnik jihatdan amalga oshirilishi mumkinligini tasdiqladi. 4% uglerodli qaytaruvchi qo‘shilganda va haroratni 1500 °C darajasida ushlab turganda, kobalt (Co) va misning (Cu) 90% dan ortig‘i, galliyning (Ga) 50% dan ortig‘i va germaniyning (Ge) 70% dan ortig‘i qotishma tarkibiga o‘tdi. Yakuniy qotishma murakkab tarkibga ega edi: 70.5% Fe, 6.6% Co, 23.6% Cu, 0.11% Ga va 0.13% Ge. Yuqori bug‘lanuvchanlikka ega bo‘lgan metallar – rux (Zn) va qo‘rg‘oshin (Pb) – deyarli miqdoriy jihatdan (90% dan ortiq) mos ravishda ZnO va PbO gacha oksidlandi va chiqindi gazlarni filtrlash tizimida chang ko‘rinishida muvaffaqiyatli ushlab qolindi. Eritish parametrlarining ta’sirini baholash shuni ko‘rsatdiki, olinadigan qotishmaning massasi va uning tarkibi 1300-1600 °C oralig‘idagi harorat o‘zgarishlaridan ko‘ra, qo‘shilgan qaytaruvchi (uglerod) miqdoriga ko‘proq bog‘liq.

Mis eritish changini qayta ishlashda qazilma antrasitni qisman (50%) yoki to‘liq (100%) bioko‘mir (biochar) bilan almashtirish bo‘yicha tadqiqotlar biogen uglerodning yuqori raqobatbardoshligini ko‘rsatdi. Sinovlar davomida qo‘rg‘oshin va ruxni ajratib olish darajasi 45-85 mass.% atrofida o‘zgardi, bu metallurgiya changini boyitish uchun "yashil" pirometallurgiyani amalga oshirish imkoniyati mavjudligini isbotlaydi.

3.4. Bioishqorlash va bioko‘mir yordamida zararsizlantirish samaradorligi

Biogidrometallurgik jarayonlar yuqori selektivlikni va minimal energiya sarfini namoyish etdi. Sulfidli rudalarni bakterial bioishqorlash kinetikasi tahlili shuni ko‘rsatdiki, Thiobacillus bakteriyalari tomonidan hosil qilinadigan Fe^{3+} ionlari ishtirokida jarayon ko‘p marta tezlashadi. Sulfidlarning Fe^{3+} vositasida erish tezligi ularning kislotali muhitda erigan kislorod bilan oksidlanish tezligidan 100-1000 baravar yuqori bo‘ladi. Turli turdagi chiqindilar

ISSN 3030-3907

(elektron chiqindilar, tashlamalar) uchun tabiiy reagentlardan foydalanilganda oltin, kumush va misni ajratib olish darajasi 85-95% ga yetdi.Biroq, eng muhim natijalar Biochar-Fe kompozitlaridan foydalangan holda boyitish qoldiqlaridan zaharli metallarni immobilizatsiya qilish tajribalarida olindi. 2-jadvalda bioko‘mir kompozitlarining tizimning oksidlanish-qaytarilish parametrlari va toksikantlarning harakatchanligiga ta’siri bo‘yicha ma'lumotlar tizimlashtirilgan.

2-jadval

Bioko‘mir kompozitlarining (Biochar-Fe) kislotali muhitda ishqorlash va immobilizatsiya jarayonlariga ta’siri

Tizim parametri / Element	Ishqorlashda tizimning reaksiyasi (qo‘shimchalarsiz)	Biochar-Fe qo‘shilgandan so‘ng tizimning reaksiyasi	Ta’sir mexanizmi
Oksidlanish-qaytarilish potensiali (Eh)	Yuqori (kuchli oksidlovchi muhit)	Sezilarli pasayish	Kislotali muhitda uglerodli tuzilmalarning sulfidli minerallar bilan galvanik o‘zaro ta’siri
Mis (Cu) ekstraksiyasi	Ishqorlashning bazaviy darajasi	Ajratib olishning oshishi (pH 0.6 va kompozitning past dozasi holatida)	Eh pasayishi qiyin eriydigan mis sulfidlarining erishiga yordam beradi
Mishyak (As) harakatchanligi	Yuqori harakatchanlik, eritmaning ifloslanishi	Ishqorlanishning keskin pasayishi, cho‘kmada immobilizatsiya	Skorodit zarrachalari ko‘rinishida kimyoviy cho‘kish va bioko‘mir sirtida temir (III) gidroksidlari bilan bog‘lanish

ISSN 3030-3907

Surma (Sb) harakatchanligi	Ishqorlovchi eritmaga ajralib chiqish	Eritmadagi konsentratsiyaning pasayishi	Mishyakka o‘xshash tarzda birga cho‘kish va sirtda adsorbsiyalanish
Qattiq qoldiqning toksikligi	Yuqori fitotoksiklik	Toksiklikning bartaraf etilishi, fitostimulyatsiya (Urug‘larning unib chiqish indeksi > 100%)	Og‘ir metallarning bioko‘mirning mikrog‘ovakli matritsasi ichida to‘liq izolyatsiya qilinishi

Kislotali yomg‘irlarning chiqindilar bilan ifloslangan tuproqlarga ta’sirini imitatsiya qiluvchi ustunli ishqorlash natijalari shuni ko‘rsatdiki, bioko‘mir qo‘shilishi tuproqning buferlik qobiliyatini oshiradi. 20 kunlik uzluksiz oqimdan so‘ng (23 ml/soat tezlikda 2000 ml) filtratda (perkolatda) xrom (Cr), marganets (Mn), mis (Cu) va rux (Zn) konsentratsiyasi ishlov berilmagan tuproqqa nisbatan bir necha bor past bo‘lgan.

3.5. Jarayonlarni masshtablash va sanoat-iqtisodiy ko‘rsatkichlar. Ishlab chiqilayotgan gibrid texnologiyalarning samaradorligi O‘zbekiston Respublikasining mavjud sanoat realliklari fonida baholandi. Aralash usullarni (flotatsiya-kuydirish-sorbsiya va sorbsion sianidlash) NKMKning 7-GMZ zavodida tarkibida oltin bo‘lgan texnogen chiqindilarga nisbatan qo‘llash oltinni ajratib olish darajasini 79% gacha ta'minladi. Qayta ishlashning ulkan hajmlarini (7 oy ichida 9.3 mln tonna, yiliga 19 mln tonnaga rejaviy chiqish) va 2-GMZ bilan yopiq suv ta'minoti tizimini joriy etishni hisobga olgan holda iqtisodiy samaradorlik misli ko‘rilmagan darajada bo‘ldi. Klassik konchilikda xarajatlarning asosiy qismini tashkil etuvchi geologiya-qidiruv, kon yoki karyer usulida ruda qazib olish, uni dastlabki saralash va uzoq masofaga tashish kabi kapital va operatsion xarajatlarni to‘liq istisno qilinishi mahsulot tannarxini tushirishning asosiy omiliga aylandi. Asosiy texnologik uskunalar (tegirmonlar) ishlab chiqarishini Navoiy mashinasozlik zavodida mahalliylashtirish qo‘shimcha ravishda qariyb 56 million AQSh dollarini tejash imkonini berdi.

Resaykling (chiqindilar va batareyalardan qimmatli komponentlarni ajratib olish) doirasida turli metallurgiya usullarining operatsion xarajatlarini (OPEX) taqqoslash quyidagi moliyaviy tendensiyalarni aniqladi: an’anaviy pirometallurgiya qayta ishlangan materialning 1 kg uchun 5-10 dollarga tushadi; gidrometallurgik jarayonlar xarajatlarni 1 kg uchun 3-8 dollargacha tushiradi; arzon organik reagentlardan foydalaniladigan innovatsion bioishqorlash usullari

ISSN 3030-3907

esa 1 kg uchun 2-5 dollar kabi minimal ko‘rsatkichlarga erishish imkonini beradi. OKMKdagi milliardlab tonna jinslarni aylanmaga kiritish ko‘zda tutilgan "Oliy Ziyo" mega-karyerini amalga oshirish ko‘lamida qashshoq rudalar va tashlamalar uchun ionli flotatsiya va bio-ishqorlash usullaridan foydalanish yiliga 400 000 tonna mis ishlab chiqarish maqsadli ko‘rsatkichlariga erishishning yagona iqtisodiy va ekologik oqlangan yo‘lidir.

XULOSA.

O‘tkazilgan kompleks tadqiqot kimyo-metallurgiya sanoati chiqindilarini boshqarish paradigmasidagi fundamental burilishni o‘zida aks ettiradi. Texnogen chiqindilarni (shlaklar, ona suyuqliklar, boyitish qoldiqlari) endilikda faqatgina ekologik yuk sifatida qabul qilmaslik kerak; ular eng boy, oson erishiladigan polimetall xomashyo hisoblanadi va ularni qayta ishlash ko‘pgina birlamchi konlarni o‘zlashtirishdan ko‘ra iqtisodiy jihatdan ancha foydalidir.

Klassik metallurgiyaning zaif tomonlarini yengib o‘tuvchi gibrid texnologik sxemalarni ishlab chiqish ishimizning asosiy natijasi bo‘ldi. Aniqlanishicha, mis eritish shlaklarini 900 °C haroratda 20% natriy sulfat qo‘shib termokimyoviy faollashtirish qiyin eriydigan fayalit tuzilmasining 89% ni buzadi, kremniy gel hosil bo‘lishini istisno qiladi va keyingi sulfat kislotali ishqorlash jarayonida mis, rux va temirni deyarli to‘liq (93-97%) ajratib olishni ta'minlaydi. E-pH termodinamik modellashtirish va selektiv ionli flotatsiyani (DEDTC ishtirokida) birlashtirish murakkab ishlab chiqarish eritmalaridan disproziy, tellur va molibden kabi noyob metallarni miqdoriy jihatdan to‘liq ajratib olish uchun aniq fiziko-kimyoviy parametrlarni o‘rnatish imkonini berdi.

Bioko‘mir asosidagi temir saqlovchi kompozitlarni (Biochar-Fe) gidrometallurgik va biokimyoviy sikllarda qo‘llashning isbotlangan samaradorligi alohida ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Bioko‘mir redoks-potensialni pasaytirish hisobiga foydali metallarning galvanik erishining katalizatori bo‘lish bilan birga, zaharli elementlar uchun yengib bo‘lmas to‘siq vazifasini o‘taydi. Mishyakning erimaydigan skorodit shaklida uglerod matritsasi ichida immobilizatsiya qilinishi metallurgiya tashlamalarini to‘liq zararsizlantirib, ularni tuproqlarni regeneratsiya qiluvchi va fitostimulyatsiya qiluvchi xavfsiz materialga aylantiradi.

OKMK va NKMK kabi sanoat gigantlari quvvatiga moslashtirilgan holda ushbu taklif etilgan texnologiyalarni keng ko‘lamda joriy etish biosferaga ekologik yuklamani bir necha bor kamaytiribgina qolmay, balki rivojlanayotgan yashil iqtisodiyot sharoitida strategik ahamiyatga ega metallarni ishlab chiqarish uchun kuchli maydon yaratish imkonini beradi. Kelgusi tadqiqotlar istiqbollari bioishqorlash jarayonlarini nazorat qilishni avtomatlashtirish, bioko‘mirli sorbentlarni regeneratsiya qilish usullarini ishlab chiqish va texnologiyani global

ISSN 3030-3907

aylanma iqtisodiyot konsepsiyasi doirasida o‘sib borayotgan elektron chiqindilar hajmini qayta ishlashga moslashtirish kabi yo‘nalishlarda davom ettiriladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 21-dekabrdagi "Yangi O‘zbekiston ma’muriy islohotlarini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi PF-269-son Farmoni.
2. Sanakulov, Q. S. (2021). *Texnogen chiqindilarni qayta ishlashning ilmiy-amaliy asoslari*. Toshkent: "Fan" nashriyoti.
3. Hasanov, A. S., & Tolibov, B. I. (2022). Mis eritish shlaklaridan qimmatli metallarni ajratib olish texnologiyalarini takomillashtirish. *O‘zbekiston metallurgiyasi axborotnomasi*.
4. Bale, C. W., et al. (2016). FactSage thermochemical software and databases, 2010–2016. *Calphad*, 54, 35-53.
5. Habashi, F. (2017). *Principles of Extractive Metallurgy: Hydrometallurgy*. Quebec: Métallurgie Extractive.
6. Brierley, C. L., & Brierley, J. A. (2013). Progress in bioleaching: part B: applications of microbial processes by the minerals industries. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(9), 3843-3852.
7. Mohan, D., et al. (2014). Biochar sorption of contaminants from water and soil: a review. *Journal of Hazardous Materials*, 268, 246-267.
8. Molecular Recognition Technology (MRT) in Selective Metal Recovery. *Technical Report of IBC Advanced Technologies, Inc.*.
9. Smith, A. (2019). Arsenic immobilization in the form of scorodite: A review of recent developments. *Minerals Engineering*, 131, 102-115.

ISSN 3030-3907

A HYBRID RECOMMENDER SYSTEM FOR ONLINE PLATFORMS USING COLLABORATIVE AND CONTENT-BASED FILTERING WITH BAYESIAN HYPERPARAMETER OPTIMIZATION

Muxtarova A.I
Master's student at the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi
E-mail: azizamukhtarova26@gmail.com
Artikiva M.A
Master's student at the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

Abstract. This paper presents a hybrid recommender system designed for online platforms, combining Singular Value Decomposition (SVD)-based collaborative filtering with TF-IDF-based content-based filtering. The system addresses the core limitations of single-paradigm approaches - data sparsity and the cold-start problem - through a weighted combination mechanism whose parameters are jointly optimised using Bayesian search via the Optuna library. Experiments conducted on the Amazon Reviews 2023 Video Games dataset (686,004 interactions, 89,615 users, 23,531 items, 99.5% sparsity) demonstrate that the content-based component achieves Precision@10 = 0.0014 and MRR = 0.0038, outperforming the popularity baseline across personalisation metrics. A three-tier fallback strategy handles cold-start scenarios, and the system is deployed as a REST API on Hugging Face Spaces, demonstrating real-time applicability.

Keywords: recommender systems, collaborative filtering, content-based filtering, hybrid model, Bayesian optimisation, Optuna, cold-start problem, matrix factorization.

Annotatsiya. Ushbu maqolada onlayn platformalar uchun mo‘ljallangan gibrid tavsiya tizimi taqdim etiladi. Tizim SVD asosidagi kollaborativ filtrlash va TF-IDF asosidagi kontent filtrlashni birlashtiradi. Yagona paradigmali yondashuvlarning asosiy cheklovlari — ma'lumotlar siyrakligi va sovuq ishga tushirish muammosi — Optuna kutubxonasi orqali Bayes qidiruvi yordamida parametrlar bir vaqtda optimallashtirilgan og‘irlikli birlashtirish mexanizmi orqali hal etiladi. Amazon Reviews 2023 Video Games dataseti (686 004 ta o‘zaro ta'sir, 89 615 foydalanuvchi, 23 531 mahsulot, 99,5% siyraklik) ustida o‘tkazilgan tajribalar kontent asosidagi komponentning Precision@10 = 0,0014 va MRR = 0,0038 ko‘rsatkichlariga erishganini hamda shaxsiylashtirish metrikalari bo‘yicha mashhurlik asosidagi modeldan ustun kelganini ko‘rsatdi. Uch bosqichli fallback strategiyasi sovuq ishga tushirish holatlarini hal qiladi. Tizim Hugging Face Spaces platformasida REST API sifatida joylashtirilgan bo‘lib, real vaqt rejimida qo‘llanish imkoniyatini namoyish etadi.

Kalit so‘zlar: tavsiya tizimlari, kollaborativ filtrlash, kontent asosidagi filtrlash, gibrid model, Bayes optimizatsiyasi, Optuna, sovuq ishga tushirish muammosi, matritsa faktorizatsiyasi.

Аннотация. В данной статье представлена гибридная рекомендательная система для онлайн-платформ, сочетающая коллаборативную фильтрацию на основе сингулярного разложения (SVD) с контентной фильтрацией на основе TF-IDF. Система устраняет основные ограничения подходов с единственной парадигмой — разреженность данных и проблему холодного старта — с помощью механизма взвешенного объединения, параметры которого совместно оптимизируются байесовским поиском через библиотеку Optuna. Эксперименты, проведённые на наборе данных Amazon Reviews 2023 категории Video Games (686 004 взаимодействия, 89 615 пользователей, 23 531 товар, разреженность 99,5%), показали, что контентный компонент достигает Precision@10 = 0,0014 и MRR = 0,0038, превосходя базовую модель на основе популярности по метрикам персонализации. Трёхуровневая стратегия резервного переключения обрабатывает сценарии холодного старта. Система развёрнута в виде REST API на платформе Hugging Face Spaces, демонстрируя применимость в режиме реального времени.

Ключевые слова: рекомендательные системы, коллаборативная фильтрация, контентная фильтрация, гибридная модель, байесовская оптимизация, Optuna, проблема холодного старта, матричная факторизация.

1. INTRODUCTION.

The proliferation of digital content has created an *information overload* problem in which users struggle to identify relevant items within catalogues of millions of products. Recommender systems address this challenge by personalizing the information landscape for each user. Amazon attributes approximately 35% of its revenue to recommendations [1], and Netflix reports that over 80% of streamed content is discovered via its recommendation engine [2]. Despite their commercial importance, recommender systems face persistent technical challenges that limit performance in real-world deployments.

Two dominant paradigms exist in the literature. Collaborative filtering (CF) exploits patterns in user-item interaction history to identify users with similar preferences [3]. Content-based filtering (CB) represents items by their intrinsic attributes and builds user profiles from the characteristics of previously consumed items [4]. Each paradigm exhibits complementary weaknesses: CF suffers from data sparsity and the cold-start problem, while CB is prone to over-specialisation and depends on metadata quality. Hybrid systems that combine both paradigms have consistently demonstrated superior performance [5].

ISSN 3030-3907

The present work makes the following contributions. First, a hybrid weighted combination of SVD-based CF and TF-IDF-based CB is implemented in Python using modular, reusable components. Second, all system hyperparameters including the combination coefficient α, SVD latent factor count, and TF-IDF vocabulary size - are jointly optimised using Bayesian search, avoiding the sub-optimal sequential tuning prevalent in prior work. Third, a three-tier fallback mechanism is introduced to handle cold-start users without degrading the experience for active users. Fourth, the complete system is deployed as a REST API and evaluated on the publicly available Amazon Reviews 2023 dataset.

2. RELATED WORK

Matrix factorisation methods were established as the state of the art for collaborative filtering by Koren et al. [3] in the context of the Netflix Prize. Their SVD model decomposes the user-item interaction matrix R into latent factor matrices P and Q such that $R \approx P \cdot Q^T$, learning personalised representations through stochastic gradient descent. Extensions including SVD++ [3] and Neural Collaborative Filtering [6] have further improved accuracy by incorporating implicit feedback and non-linear interaction functions respectively.

Content-based approaches represent items using TF-IDF weighted term vectors or dense embeddings from pre-trained language models such as Sentence-BERT [7]. User profiles are constructed by aggregating the vectors of positively rated items. Cosine similarity between the profile vector and candidate item vectors drives recommendation ranking.

Hybrid architectures are classified by Burke [5] into seven categories, of which weighted combination is the most widely studied. Most published implementations treat the combination coefficient α as a static scalar tuned independently of the component model parameters. This sequential approach cannot capture parameter interactions across components. The present work addresses this gap by optimising α jointly with all other hyperparameters.

Bayesian hyperparameter optimisation using Tree-structured Parzen Estimators (TPE) [8] has been shown to outperform grid and random search for machine learning models. Its application to hybrid recommender systems with joint parameter spaces has received limited attention in the literature, motivating the approach adopted here.

3. METHODS.

3.1 Dataset and Preprocessing.

Experiments were conducted on the Amazon Reviews 2023 dataset [9], Video Games category. The raw dataset contains 4.6 million interactions. After applying 5-core filtering - retaining only users and items with at least five interactions - the working dataset comprises 686,004 interactions across 89,615

ISSN 3030-3907

users and 23,531 items, yielding a sparsity of 99.5%. Each interaction record contains a user identifier, item identifier, rating (1–5), review text, and timestamp. Ratings were normalised to [0, 1] using the formula $r_n = (r - 1)/4$. A temporal split was applied: for each user, interactions were sorted chronologically, with the first 80% assigned to training, the next 10% to validation, and the final 10% to test. This temporal partitioning simulates the production setting in which models are trained on historical data and evaluated on future behaviour.

3.2 Collaborative Filtering Component.

The CF component implements matrix factorisation with user and item biases in PyTorch. Each user u and item i are represented by k-dimensional latent factor vectors p_u and q_i together with scalar bias terms b_u and b_i. The predicted rating is given by:

$$\hat{r}(u, i) = \mu + b_u + b_i + p_u \cdot q_i^T$$

where μ denotes the global mean rating. Parameters are optimised with the Adam optimiser using a cosine annealing learning rate schedule over 100 epochs. Initial embedding weights are drawn from $N(0, 0.1)$ to ensure non-zero gradient signal from the first iteration. The final configuration uses $k = 150$ latent factors and a learning rate of 0.01.

3.3 Content-Based Filtering Component.

Each item is represented by a TF-IDF vector computed over the concatenation of its title, features, and description fields. The vocabulary is limited to the top max_features terms by document frequency. A user profile vector is constructed as the rating-weighted mean of the TF-IDF vectors of items rated in the training set. Recommendations are generated by ranking candidate items by cosine similarity to the user profile, excluding items already rated.

3.4 Hybrid Combination and Optimisation.

Both component scores are min-max normalised to [0, 1] before combination. The hybrid score is computed as:

$$\text{Score}(u, i) = \alpha \cdot \text{CF}_{\text{norm}}(u, i) + (1 - \alpha) \cdot \text{CB}_{\text{norm}}(u, i)$$

Hyperparameters are jointly optimised using Optuna [8] with the TPE sampler. The search space encompasses n_factors $\in [20, 200]$, $\alpha \in [0, 1]$, and max_features $\in [500, 5000]$. The objective is NDCG@10 on the validation set, evaluated over 50 trials. Unpromising trials are pruned using the Hyperband pruner to reduce total computation time.

3.5 Cold-Start Strategy.

A three-tier fallback mechanism addresses cold-start scenarios. Users absent from the training set receive popularity-based recommendations ranked by interaction count and mean rating. Users with 1-4 training interactions receive CB-dominant recommendations, since their interaction history is insufficient for

ISSN 3030-3907

reliable CF latent factor estimation. Users with five or more training interactions receive full hybrid recommendations with the optimised α. This progressive personalisation approach ensures the system is immediately useful for new users while delivering fully personalised recommendations to active users.

4. RESULTS.

All models were evaluated on the held-out test set using four ranking metrics: Precision@10, Recall@10, NDCG@10, and Mean Reciprocal Rank (MRR). Evaluation was performed over 500 randomly sampled users who appear in both training and test sets and have at least one reachable relevant item - defined as an item rated ≥ 4 stars that also appears in the training catalogue.

Table 1.

Model comparison on the test set (@K = 10)

Model	Precision@10	Recall@10	NDCG@10	MRR
Popularity Baseline	0.0012	0.0076	0.0033	0.0034
CF (SVD)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CB (TF-IDF)	0.0014	0.0050	0.0032	0.0038
Hybrid (Optuna)	0.0014	0.0050	0.0029	0.0037

The optimised parameters identified by Optuna are: n_factors = 45, α = 0.29, max_features = 2,000. The CB component thus receives 71% of the total weight in the hybrid score.

Several observations are noteworthy. First, both CB and Hybrid outperform the popularity baseline on Precision@10 and MRR, confirming that content signals provide personalisation value beyond global popularity. Second, the CF component achieves zero performance across all metrics. Debug analysis reveals that the SVD model consistently recommends items from the early 1990s and 2000s that do not appear in the test set - a manifestation of popularity bias in sparse interaction matrices, where item bias terms dominate the prediction and drive recommendations toward globally frequent items regardless of user-specific factors. Third, the Hybrid model achieves identical Precision@10 and Recall@10 to CB alone, which is expected given α = 0.29 and the non-contributing CF component: the hybrid effectively reduces to CB at this operating point. The marginal difference in NDCG@10 (0.0032 vs 0.0029) and MRR (0.0038 vs 0.0037) reflects the small weight assigned to the CF score distorting the ranking of a small number of items.

5. DISCUSSION.

ISSN 3030-3907

The principal finding of this study is that content-based signals derived from item metadata provide reliable personalisation even under extreme interaction sparsity (99.5%), whereas matrix factorisation collapses to a popularity-based ranking in this regime. This result aligns with the theoretical analysis of Linden et al. [1] and the empirical observations of Schein et al. [10], who note that latent factor models require sufficient interaction density to learn user-specific representations.

The failure of the CF component has a direct implication for the hybrid combination: Bayesian optimisation correctly identified $\alpha = 0.29$, assigning minimal weight to a non-contributing component. This adaptive response demonstrates a practical advantage of joint optimisation over sequential tuning - a sequentially tuned CF component might receive a higher α by default, actively degrading hybrid performance.

The low absolute metric values are consistent with prior work on sparse datasets at this scale. Popularity bias in the test relevance set - where 64% of ratings are 5 stars and the most frequently rated items dominate both training and test signals - compresses the effective difficulty of the task in ways that disproportionately benefit non-personalised baselines on Recall@10.

Future work should address the CF component's poor performance through implicit feedback augmentation, applying SVD++ or Alternating Least Squares on a denser implicit signal derived from review text or browsing events. Additionally, incorporating contextual signals such as item release date may mitigate the temporal mismatch between training interactions from the 1990s and test interactions from 2020–2023.

6. CONCLUSION.

This paper presented a hybrid recommender system combining SVD-based collaborative filtering and TF-IDF-based content-based filtering with joint Bayesian hyperparameter optimisation. The system was evaluated on a large-scale e-commerce dataset exhibiting 99.5% sparsity. Under these conditions, the content-based component achieved consistent personalisation gains over the popularity baseline, while the collaborative filtering component was unable to learn user-specific representations. The Bayesian optimisation framework appropriately down-weighted the non-contributing component, yielding a hybrid that matched pure content-based performance. A three-tier cold-start fallback and a REST API deployment on Hugging Face Spaces demonstrate the system's practical applicability. The modular architecture permits straightforward substitution of individual components as data density increases.

ISSN 3030-3907

REFERENCES

1. G. Linden, B. Smith, and J. York, "Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering," IEEE Internet Computing, vol. 7, no. 1, pp. 76–80, 2003.
2. C. A. Gomez-Uribe and N. Hunt, "The Netflix recommender system: Algorithms, business value, and innovation," ACM Trans. Manag. Inf. Syst., vol. 6, no. 4, pp. 1–19, 2016.
3. Y. Koren, R. Bell, and C. Volinsky, "Matrix factorization techniques for recommender systems," IEEE Computer, vol. 42, no. 8, pp. 30–37, 2009.
4. P. Lops, M. de Gemmis, and G. Semeraro, "Content-based recommender systems: State of the art and trends," in Recommender Systems Handbook, Springer, 2011, pp. 73–105.
5. R. Burke, "Hybrid recommender systems: Survey and experiments," User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 12, no. 4, pp. 331–370, 2002.
6. X. He, L. Liao, H. Zhang, L. Nie, X. Hu, and T.-S. Chua, "Neural collaborative filtering," in Proc. WWW, 2017, pp. 173–182.
7. N. Reimers and I. Gurevych, "Sentence-BERT: Sentence embeddings using Siamese BERT-networks," in Proc. EMNLP, 2019, pp. 3982–3992.
8. T. Akiba, S. Sano, T. Yanase, T. Ohta, and M. Koyama, "Optuna: A next-generation hyperparameter optimization framework," in Proc. KDD, 2019, pp. 2623–2631.
9. J. Hou, Z. Li, H. He, W. Xu, Y. Zhang, W. Wang, and J. McAuley, "Bridging language and items for retrieval and recommendation," arXiv:2403.03952, 2024.
10. A. I. Schein, A. Popescul, L. H. Ungar, and D. M. Pennock, "Methods and metrics for cold-start recommendations," in Proc. SIGIR, 2002, pp. 253–260.

ISSN 3030-3907

GIBRID TIZIMLAR UCHUN SONLI INTEGRATSIYA USULLARINI TANLASH VA ULARNING HISOBLASH SAMARADORLIGINI BAHOLASH

Tojiboyev Ibroximjon Tojaliyevich
Farg‘ona Davlat Universiteti
Usmonova Mushtariy Elyorjon qizi
Farg‘ona Davlat Universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini tanlash va ularning hisoblash samaradorligini baholash masalasi yoritiladi. Gibrid tizimlarda uzluksiz jarayonlar bilan birga diskret o‘tishlar ham mavjud bo‘lgani sababli, klassik sonli usullar har doim ham yetarli aniqlik va barqarorlikni ta’minlay olmaydi. Maqolada Runge–Kutta, Adams, LSODA hamda oshkora va yashirin integratsiya usullarining gibrid modellarni yechishdagi imkoniyatlari tahlil qilinadi. Hisoblash samaradorligi aniqlik, barqarorlik, qadam tanlash, vaqt sarfi va xatolikni nazorat qilish mezonlari asosida baholanadi. Tadqiqot natijalari gibrid differensial tenglamalar modellarini sonli yechishda mos usulni tanlash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Gibrid tizim, sonli integratsiya, differensial tenglama, Runge–Kutta usuli, Adams usuli, LSODA, hisoblash samaradorligi, aniqlik, barqarorlik, modellashtirish.

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос выбора методов численного интегрирования для гибридных систем и оценки их вычислительной эффективности. Поскольку в гибридных системах наряду с непрерывными процессами присутствуют дискретные переходы, классические численные методы не всегда обеспечивают достаточную точность и устойчивость. В статье анализируются возможности методов Рунге–Кутты, Адамса, LSODA, а также явных и неявных методов интегрирования при решении гибридных моделей. Вычислительная эффективность оценивается по таким критериям, как точность, устойчивость, выбор шага, затраты времени и контроль погрешности. Полученные результаты служат основой для разработки научно-практических рекомендаций по выбору подходящего метода при численном решении гибридных моделей дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: Гибридная система, численное интегрирование, дифференциальное уравнение, метод Рунге–Кутты, метод Адамса, LSODA, вычислительная эффективность, точность, устойчивость, моделирование.

Abstract. This article discusses the selection of numerical integration methods for hybrid systems and the assessment of their computational efficiency. Since hybrid systems combine continuous processes with discrete transitions, classical

numerical methods do not always provide sufficient accuracy and stability. The article analyzes the applicability of Runge–Kutta, Adams, LSODA, explicit and implicit integration methods in solving hybrid models. Computational efficiency is evaluated according to accuracy, stability, step-size selection, time consumption, and error control. The results of the study provide a basis for developing scientific and practical recommendations for selecting an appropriate method in the numerical solution of hybrid differential equation models.

Keywords: hybrid system, numerical integration, differential equation, Runge–Kutta method, Adams method, LSODA, computational efficiency, accuracy, stability, modeling.

KIRISH.

Zamonaviy texnik va axborot tizimlarida uchraydigan ko‘plab jarayonlar faqat uzluksiz harakatdan iborat emas. Ayrim holatlarda tizim ma’lum vaqt oralig‘ida differensial tenglama asosida rivojlanadi, muayyan shart bajarilganda esa uning holati, boshlang‘ich shartlari yoki boshqaruv rejimi diskret tarzda o‘zgaradi. Bunday jarayonlar gibrid tizimlar sifatida qaraladi. Gibrid tizimlar nazariyasi uzluksiz dinamikani differensial tenglamalar orqali, diskret o‘tishlarni esa mantiqiy shartlar va holat almashinuvi yordamida yagona model doirasida ifodalash imkonini beradi [1]. Gibrid tizimlarni sonli yechishda integratsiya usulini tanlash muhim ahamiyatga ega. Oddiy differensial tenglamalarda tanlangan usul asosan aniqlik va hisoblash tezligiga ta’sir qilsa, gibrid tizimlarda u o‘tish nuqtalarini aniqlash, yangi boshlang‘ich shartlarni belgilash va model rejimini to‘g‘ri almashtirish bilan ham bevosita bog‘liq bo‘ladi. Agar integratsiya qadami noto‘g‘ri tanlansa yoki o‘tish nuqtasi aniq topilmasa, yechimning umumiy trayektoriyasi buzilishi, grafik tasvir noto‘g‘ri shakllanishi yoki hisoblash jarayoni barqarorligini yo‘qotishi mumkin [2].

Sonli integratsiya usullarining samaradorligi modelning tuzilishi va hisoblash sharoitiga bog‘liq. Noqat’iy differensial tenglamalar uchun Runge–Kutta yoki Adams tipidagi usullar yetarli natija berishi mumkin. Qat’iy yoki algebraik-differensial bog‘lanishlarga ega tizimlarda esa yashirin usullar, BDF, Radau yoki LSODA kabi avtomatik yechuvchilardan foydalanish maqsadga muvofiqdir [3]. Shu sababli gibrid tizimlarda bitta usulni barcha holatlar uchun qo‘llash emas, balki model xususiyatiga mos integratsiya usulini tanlash zarur. Mazkur maqolada gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini tanlash va ularning hisoblash samaradorligini baholash masalasi ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotda Runge–Kutta, Adams, LSODA hamda oshkora va yashirin integratsiya usullarining qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Hisoblash natijalarini olish uchun Python dasturlash tiliga asoslangan Google Colab yoki Jupyter Notebook virtual muhitidan foydalanish mumkin. Ushbu muhitlarda sonli

ISSN 3030-3907

tajribalar o‘tkazish, hisoblash vaqtini o‘lchash, yechim xatoligini aniqlash, funksiyani chaqirishlar sonini solishtirish va grafik natijalarni olish imkoniyati mavjud.

MAVZUNING DOLZARBLIGI. Gibrid tizimlarda uzluksiz va diskret jarayonlarning birgalikda kechishi sonli integratsiya jarayonini murakkablashtiradi. Bunday tizimlarda o‘tish nuqtalarini aniqlash, integratsiya qadamini moslashtirish va yechim barqarorligini ta’minlash alohida e’tibor talab qiladi. Shu bois gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini tanlash hamda ularni aniqlik, barqarorlik va hisoblash samaradorligi bo‘yicha baholash dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Tadqiqot muammosining qo‘yilishi. Gibrid tizimlarda barcha holatlar uchun yagona sonli integratsiya usulini qo‘llash to‘g‘ri natija bermasligi mumkin. Ayrim usullar tez ishlaydi, biroq o‘tish nuqtalarida xatolikka yo‘l qo‘yadi; ayrim usullar esa barqaror natija beradi, lekin hisoblash xarajati yuqori bo‘ladi. Shu sababli asosiy muammo gibrid modelning xususiyatiga mos integratsiya usulini tanlash va uni hisoblash samaradorligi bo‘yicha baholashdan iborat.

Tadqiqotning maqsadi. Tadqiqotning maqsadi gibrid tizimlar uchun qo‘llaniladigan sonli integratsiya usullarini tahlil qilish, ularni aniqlik, barqarorlik, qadam tanlash, hisoblash vaqti va xatolik mezonlari asosida baholashdan iborat.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi. Maqolada sonli integratsiya usullari gibrid tizimlar sharoitida solishtirma baholanadi. Bunda usullar faqat nazariy tavsiflanmaydi, balki ularning o‘tish nuqtalari mavjud bo‘lgan modellarni yechishdagi imkoniyati, hisoblash barqarorligi va amaliy samaradorligi alohida tahlil qilinadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalari gibrid tizimlarni kompyuterda modellashtirishda mos sonli usulni tanlashga yordam beradi. Bunday yondashuv MATLAB/Simulink, Model Vision Studium, AnyLogic, Google Colab va Jupyter Notebook kabi muhitlarda hisoblash aniqligini oshirish, vaqt sarfini kamaytirish hamda natijalarni ishonchli talqin qilish uchun amaliy ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Gibrid tizimlarni o‘rganishda dastlabki asosiy yondashuvlardan biri gibrid avtomatlar nazariyasi bilan bog‘liq. Alur, Courcoubetis, Henzinger va Ho tomonidan taklif etilgan yondashuvda gibrid tizim uzluksiz o‘zgaruvchilar va diskret holatlar birgalikda qaraladigan model sifatida izohlanadi. Bunday modelda tizim harakati differensial tenglamalar orqali ifodalanadi, holatlar almashinuvi esa oldindan berilgan shartlar asosida amalga oshadi [5]. Bu yondashuv maqola mavzusi uchun muhim, chunki sonli integratsiya usulini tanlash aynan uzluksiz harakat va diskret o‘tishlar mavjud

ISSN 3030-3907

bo‘lgan holatda murakkablashadi. Gibrid tizimlarni sonli modellashtirish masalasi Yu.B. Senichenkov ishlarida amaliy jihatdan keng ko‘rib chiqilgan. Muallif gibrid tizimlarda hisoblash jarayoni faqat differensial tenglamani yechishdan iborat emasligini, balki o‘tish nuqtalarini aniqlash, model rejimini almashtirish va natijalarni grafik ko‘rinishda to‘g‘ri ifodalash bilan ham bog‘liqligini ko‘rsatadi [6]. Bu fikr gibrid modellar uchun integratsiya usullarini baholashda aniqlik bilan birga hisoblash barqarorligini ham hisobga olish zarurligini asoslaydi.

Differensial va algebraik-differensial tenglamalarni sonli yechishda Hairer va Wanner tadqiqotlari muhim nazariy manba hisoblanadi. Ularning ishida qat’iy differensial tenglamalar va algebraik-differensial tenglamalar uchun yashirin usullar, barqarorlik shartlari hamda qadam tanlash masalalari chuqur yoritilgan [7]. Gibrid tizimlarda ayrim holatlarda model qat’iy xususiyatga ega bo‘lishi yoki algebraik bog‘lanishlar yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli bunday modellarni yechishda faqat oshkora usullar emas, balki yashirin integratsiya usullarini ham baholash zarur. Sonli usulni avtomatik tanlash masalasi Petzold ishida alohida o‘rganilgan. Unda masala qat’iy yoki noqat’iy ekaniga qarab integratsiya usulini avtomatik almashtirish g‘oyasi asoslangan [8]. Bu yondashuv LSODA kabi yechuvchilar uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi. Gibrid tizimlarda hisoblash jarayoni davomida model xususiyati o‘zgarishi mumkinligi sababli, avtomatik usul tanlash g‘oyasi ayniqsa muhimdir. So‘nggi yillarda sonli hisoblashlarni amaliy bajarishda Python muhitidagi SciPy kutubxonasi keng qo‘llanilmoqda. Virtanen va hammualliflar ishida SciPy ilmiy hisoblashlar uchun asosiy algoritmlarni, jumladan integratsiya, optimallashtirish, algebraik tenglamalar va differensial tenglamalarni yechish vositalarini o‘z ichiga olishi ko‘rsatilgan [9]. Bu maqola doirasida Google Colab yoki Jupyter Notebook muhitida Runge–Kutta, BDF, Radau va LSODA usullarini solishtirma tahlil qilish imkonini beradi.

Tahlil qilingan adabiyotlar gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usulini tanlash alohida ilmiy masala sifatida qaralishi kerak. Mavjud tadqiqotlarda gibrid avtomatlar modeli, differensial tenglamalarni sonli yechish nazariyasi, qat’iy va noqat’iy masalalar uchun usul tanlash hamda amaliy hisoblash muhitlari bo‘yicha yetarli asoslar mavjud. Biroq gibrid tizimlar uchun Runge–Kutta, Adams, LSODA, BDF va Radau kabi usullarni aniqlik, barqarorlik, qadam tanlash va hisoblash xarajati mezonlari asosida birgalikda baholash zarurati saqlanib qolmoqda. Mazkur maqola aynan shu yo‘nalishga qaratiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqotda gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini tanlash va ularning hisoblash samaradorligini baholash nazariy-tahliliy hamda hisoblash tajribasi asosida olib boriladi. Tadqiqotda asosiy e’tibor gibrid modelning xususiyatiga mos sonli usulni tanlash,

ISSN 3030-3907

yechim aniqligini baholash, hisoblash xarajatini solishtirish va o‘tish nuqtalarida usullarning ishlash holatini aniqlashga qaratiladi.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti sifatida uzluksiz va diskret jarayonlar birgalikda namoyon bo‘ladigan gibrid tizimlar tanlanadi. Bunday tizimlarda jarayon ma’lum vaqt oralig‘ida differensial tenglama asosida rivojlanadi, belgilangan shart bajarilganda esa tizim holati yoki boshlang‘ich qiymatlar o‘zgaradi. Tadqiqot predmeti gibrid tizimlarni sonli yechishda qo‘llaniladigan integratsiya usullari, ularning aniqlik, barqarorlik va hisoblash samaradorligi bo‘yicha xususiyatlaridan iborat. Maqolada sonli usullar faqat nazariy ko‘rinishda emas, balki hisoblash jarayonida beradigan natijasi, ishlash tezligi va xatolikni nazorat qilish imkoniyati nuqtayi nazaridan baholanadi.

Tanlangan sonli integratsiya usullari. Tadqiqotda gibrid tizimlarni sonli yechishda ko‘p qo‘llaniladigan bir nechta integratsiya usullari tanlanadi. Bular qatoriga Runge–Kutta oilasiga mansub oshkora usullar, Adams tipidagi ko‘p bosqichli usullar, LSODA avtomatik yechuvchisi hamda qat’iy masalalar uchun qo‘llaniladigan yashirin usullar kiradi. Runge–Kutta usullari silliq va noqat’iy differensial tenglamalar uchun qulay bo‘lib, ular boshlang‘ich hisoblash tajribasi uchun asosiy taqqoslash usuli sifatida olinadi. Adams tipidagi usullar oldingi hisoblash nuqtalaridan foydalanishi sababli silliq trayektoriyali modellar uchun baholanadi. LSODA usuli esa masalaning qat’iy yoki noqat’iy xususiyatini hisoblash jarayonida farqlash imkoniyati sababli alohida ko‘rib chiqiladi. Yashirin usullar qat’iy yoki algebraik-differensial bog‘lanishlarga ega modellar uchun solishtirma tahlilga kiritiladi.

Aniqlik, barqarorlik va hisoblash xarajati mezonlari. Sonli integratsiya usullarini baholashda uchta asosiy mezon olinadi: aniqlik, barqarorlik va hisoblash xarajati. Aniqlik mezoni orqali sonli yechimning tayanch yechimga yoki yuqori aniqlikda olingan natijaga qanchalik yaqinligi baholanadi. Bunda absolut va nisbiy xatoliklardan foydalanish mumkin. Barqarorlik mezoni usulning kichik o‘zgarishlar, qadam tanlash va o‘tish nuqtalaridagi holatlarga nisbatan qanday natija berishini ko‘rsatadi. Agar usul qadam o‘zgarishida keskin xatolik bermasa, yechim trayektoriyasini buzmasa va o‘tish nuqtasidan keyin hisoblashni davom ettira olsa, u barqaror deb baholanadi. Hisoblash xarajati esa usulning ishlash vaqti, funksiyani chaqirishlar soni, integratsiya qadamlari miqdori va hisoblash jarayonidagi qo‘shimcha amallar orqali aniqlanadi. Shu asosda faqat eng aniq usul emas, balki aniqlik va hisoblash xarajati o‘rtasida maqbul nisbat beradigan usul ajratiladi.

Gibrid modellar uchun usul tanlash tartibi. Gibrid model uchun sonli integratsiya usulini tanlash bir necha bosqichda amalga oshiriladi. Avvalo modelning turi aniqlanadi: oddiy differensial tenglama ko‘rinishidami yoki

ISSN 3030-3907

algebraik-differensial bog‘lanishlarga egami. Keyin tizimning qat’iy yoki noqat’iy xususiyati baholanadi. Agar model noqat’iy va silliq trayektoriyaga ega bo‘lsa, Runge–Kutta yoki Adams tipidagi usullardan foydalanish mumkin. Agar modelda o‘tish nuqtalari ko‘p bo‘lsa, qadamni avtomatik moslashtiruvchi usullarga ustunlik beriladi. Qat’iylik xususiyati kuchli bo‘lgan yoki algebraik bog‘lanishlar qatnashgan holatlarda esa yashirin usullar yoki LSODA kabi avtomatik yechuvchilar tanlanadi. Shunday qilib, usul tanlashda modelning tuzilishi, o‘tish shartlari, kerakli aniqlik darajasi va hisoblash resurslari birgalikda hisobga olinadi.

Hisoblash samaradorligini baholash usuli. Hisoblash samaradorligini baholash uchun bir xil gibrid model bir nechta sonli integratsiya usuli yordamida yechiladi. Tajriba Google Colab yoki Jupyter Notebook muhitida Python dasturlash tili yordamida bajarilishi mumkin. Bunda solve_ivp imkoniyatlaridan foydalanib, RK45, DOP853, BDF, Radau va LSODA kabi usullar solishtiriladi. O‘tish nuqtalarini aniqlash uchun hodisa sharti beriladi va yechim shu shart bajarilgan nuqtada qayta boshlanadi. Har bir usul uchun hisoblash vaqti, funksiyani chaqirishlar soni, yechim xatoligi, qadamlar soni va o‘tish nuqtasini aniqlash sifati qayd etiladi. Olingan natijalar jadval shaklida taqqoslanadi. Yakuniy baholashda eng kichik xatolik bergan usul emas, balki aniqlik, barqarorlik va hisoblash xarajati bo‘yicha umumiy jihatdan samarali bo‘lgan usul maqbul deb olinadi. Ushbu metodologiya maqolada gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini amaliy jihatdan solishtirishga imkon beradi. Natijada har bir usulning qo‘llanish sohasi, afzalligi va cheklovi aniq ko‘rsatiladi hamda gibrid modellarni sonli yechishda usul tanlash bo‘yicha asoslangan xulosa chiqariladi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Maqolada gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini baholashda Python muhitidagi scipy.integrate.solve_ivp yechuvchisidan foydalanish maqsadga muvofiq deb olindi. Ushbu yechuvchi rasmiy SciPy hujjatlarida oddiy differensial tenglamalarni sonli yechish uchun berilgan bo‘lib, unda RK45, DOP853, Radau, BDF va LSODA usullari mavjud. Rasmiy hujjatda oshkora Runge–Kutta usullari noqat’iy masalalar uchun, Radau va BDF kabi yashirin usullar esa qat’iy masalalar uchun tavsiya etilishi ko‘rsatilgan [10]. Hisoblash tajribasi uchun sodda gibrid model tanlandi. Model birinchi bosqichda $y' = -y$, $y(0) = 1$ tenglamasi bilan ifodalanadi. $y = 0{,}5$ sharti bajarilganda tizimda diskret o‘tish sodir bo‘ladi, yangi boshlang‘ich qiymat $y = 1$ deb olinadi va keyingi bosqichda $y' = -2y$ tenglamasi bo‘yicha hisoblash davom ettiriladi. Bu model gibrid tizimlarga xos bo‘lgan ikki muhim holatni, ya’ni o‘tish nuqtasini aniqlash va boshlang‘ich shartni qayta belgilash jarayonini ifodalaydi.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Sonli integratsiya usullarining qo‘llanish holatlari

Usul	Turi	Qo‘llanish holati
RK45	Oshkora Runge–Kutta	Noqat’iy differensial tenglamalar uchun
DOP853	Yuqori tartibli oshkora Runge–Kutta	Yuqori aniqlik talab qilinganda
Radau	Yashirin Runge–Kutta	Qat’iy masalalar uchun
BDF	Yashirin ko‘p bosqichli usul	Qat’iy va sekin o‘zgaruvchi tizimlarda
LSODA	Avtomatik yechuvchi	Qat’iy va noqat’iy holatlarni avtomatik farqlashda

Hisoblash natijalari shuni ko‘rsatdiki, barcha tanlangan usullar gibrid modeldagi o‘tish nuqtasini aniqlay oldi. Biroq ularning hisoblash xarajati va aniqligi bir xil bo‘lmadi. O‘tish nuqtasining nazariy qiymati $t = \ln 2 \approx 0,693147$ ga teng. Hisoblashda yakuniy vaqt $T = 3$ deb olindi. Quyidagi jadvalda usullar bo‘yicha olingan asosiy natijalar keltiriladi.

2-jadval

Gibrid model bo‘yicha sonli hisoblash natijalari

Usul	O‘tish nuqtasi	O‘tish xatoligi	Yakuniy qiymat xatoligi	Funksiya chaqirishlar soni	Qadamlar soni
RK45	0,6931473	$1,49 \cdot 10^{-7}$	$1,51 \cdot 10^{-8}$	154	25
DOP853	0,6931478	$6,63 \cdot 10^{-7}$	$1,55 \cdot 10^{-8}$	103	8
Radau	0,6931471	$4,35 \cdot 10^{-8}$	$7,94 \cdot 10^{-10}$	395	55
BDF	0,6931467	$5,14 \cdot 10^{-7}$	$9,13 \cdot 10^{-8}$	172	84
LSODA	0,6931484	$1,24 \cdot 10^{-6}$	$4,01 \cdot 10^{-8}$	134	62

Jadvaldan ko‘rinadiki, Radau usuli eng kichik xatolik bergan, biroq funksiya chaqirishlar soni bo‘yicha eng katta hisoblash xarajatini talab qilgan. DOP853 esa kam qadam bilan yechim bergani sababli hisoblash jihatdan qulay ko‘rinadi. RK45 aniqlik va hisoblash xarajati o‘rtasida muvozanatli natija ko‘rsatdi. LSODA avtomatik yechuvchi sifatida barqaror ishladi, lekin mazkur sodda modelda aniqlik bo‘yicha Radau va RK45dan ustun bo‘lmadi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, gibrid tizimlarda eng yaxshi usulni faqat bitta mezon asosida tanlab bo‘lmaydi. Agar asosiy talab yuqori aniqlik bo‘lsa, yashirin usullar, xususan Radau, maqsadga muvofiq bo‘lishi mumkin. Agar hisoblash tezligi va kam qadam bilan natija olish muhim bo‘lsa, DOP853 yoki RK45 qulayroq natija

ISSN 3030-3907

beradi. Qat’iy va noqat’iy holatlar almashinib turadigan murakkab modellarda esa LSODA kabi avtomatik yechuvchilardan foydalanish asosli hisoblanadi.

3-jadval

Sonli integratsiya usullarining hisoblash samaradorligi bo‘yicha taqqoslama bahosi

Usul	Aniqlik	Hisoblash xarajati	Barqarorlik	Umumiy baho
RK45	Yaxshi	O‘rtacha	Yaxshi	Boshlang‘ich tahlil uchun qulay
DOP853	Yaxshi	Past	Yaxshi	Tez va silliq modellar uchun qulay
Radau	Juda yaxshi	Yuqori	Juda yaxshi	Qat’iy masalalarda maqsadga muvofiq
BDF	O‘rtacha	Yuqori	Yaxshi	Qat’iy tizimlarda qo‘llanishi mumkin
LSODA	Yaxshi	O‘rtacha	Yaxshi	Avtomatik tanlash talab qilinganda qulay

Muhokama natijalariga ko‘ra, gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usulini tanlashda modelning silliqligi, o‘tish nuqtalari soni, qat’iylik xususiyati va hisoblash aniqligiga qo‘yilgan talablar birgalikda hisobga olinishi kerak. Sodda noqat’iy gibrid modellar uchun RK45 va DOP853 yetarli natija beradi. Qat’iylik ehtimoli yuqori bo‘lgan yoki algebraik-differensial bog‘lanishlar mavjud tizimlarda esa Radau, BDF yoki LSODA kabi usullardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Maqolada olingan natijalar gibrid tizimlar uchun yagona sonli integratsiya usuli barcha holatlarda optimal bo‘la olmasligini ko‘rsatadi. Usul tanlash masalasi modelning matematik tuzilishi, aniqlik talabi va hisoblash xarajatiga bog‘liq holda hal qilinishi kerak. Bu yondashuv gibrid modellarni kompyuterda ishonchli yechish va olingan natijalarni to‘g‘ri talqin qilish uchun muhim amaliy asos yaratadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, gibrid tizimlarni sonli yechishda integratsiya usulini tanlash yechimning aniqligi, barqarorligi va hisoblash samaradorligiga bevosita ta’sir qiladi. Bunday tizimlarda jarayon faqat uzluksiz tenglama asosida rivojlanmaydi, balki ma’lum shart bajarilganda holat almashinuvi, boshlang‘ich qiymatlarning yangilanishi yoki model tuzilmasining o‘zgarishi yuz beradi. Shu sababli klassik sonli usullarni gibrid modellar uchun bevosita qo‘llash har doim ham yetarli natija bermaydi. Tadqiqotda Runge–Kutta, Adams, LSODA hamda oshkora va yashirin integratsiya usullarining qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilindi. Natijalar shuni

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadiki, noqat’iy va silliq trayektoriyaga ega modellar uchun Runge–Kutta hamda DOP853 tipidagi usullar qulay natija beradi. Qat’iylik xususiyatiga ega yoki algebraik-differensial bog‘lanishlar mavjud bo‘lgan tizimlarda esa Radau, BDF va LSODA kabi usullardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Hisoblash samaradorligini baholashda faqat xatolik qiymatiga tayanish yetarli emas. Usulni tanlashda aniqlik bilan birga hisoblash vaqti, funksiyani chaqirishlar soni, qadamlar miqdori, o‘tish nuqtasini aniqlash sifati va yechimning barqarorligi ham hisobga olinishi kerak. Shu asosda gibrid tizimlar uchun yagona universal integratsiya usuli mavjud emas, degan xulosaga kelindi. Har bir model uchun usul tanlash uning matematik tuzilishi va hisoblash sharoitiga mos holda amalga oshirilishi zarur.

Amaliy takliflar. Gibrid tizimlarni sonli yechishda dastlab modelning turi aniqlanishi lozim. Agar model oddiy differensial tenglamalar tizimi ko‘rinishida bo‘lsa va qat’iylik xususiyati kuchli bo‘lmasa, hisoblashni Runge–Kutta yoki DOP853 kabi oshkora usullardan boshlash maqsadga muvofiqdir. Agar modelda tez o‘zgaruvchi komponentlar, qattiq bog‘lanishlar yoki algebraik shartlar mavjud bo‘lsa, yashirin usullar yoki avtomatik yechuvchilardan foydalanish tavsiya etiladi. O‘tish nuqtalari mavjud bo‘lgan gibrid modellarni yechishda integratsiya qadamini avtomatik moslashtirish imkoniyatiga ega usullar tanlanishi kerak. Chunki o‘tish nuqtasining noto‘g‘ri aniqlanishi keyingi hisoblash bosqichiga ham ta’sir qiladi. Shuningdek, har bir hisoblash tajribasida natija faqat grafik ko‘rinishda emas, balki xatolik, qadamlar soni va hisoblash xarajati bo‘yicha ham tekshirilishi zarur. Amaliy modellashtirishda Google Colab, Jupyter Notebook, MATLAB/Simulink, Model Vision Studium yoki AnyLogic kabi muhitlardan foydalanish mumkin. Bunday muhitlarda bir nechta usulni bir xil modelda sinab ko‘rish va natijalarni jadval asosida solishtirish usul tanlashni ancha asosli qiladi.

Keyingi tadqiqotlar uchun tavsiyalar. Keyingi tadqiqotlarda gibrid tizimlar uchun sonli integratsiya usullarini yanada murakkab modellar asosida sinovdan o‘tkazish maqsadga muvofiqdir. Xususan, ko‘p o‘zgaruvchili differensial tenglamalar, algebraik-differensial tizimlar, impulsli ta’sirga ega modellar va bir nechta o‘tish nuqtalariga ega tizimlar alohida tahlil qilinishi kerak. Shuningdek, kelgusida faqat Runge–Kutta, Adams, BDF, Radau va LSODA usullari bilan cheklanib qolmasdan, adaptiv va kombinatsiyalashgan algoritmlarni ham o‘rganish zarur. Bu gibrid tizimlarda aniqlik va hisoblash samaradorligi o‘rtasidagi muvozanatni yaxshiroq ta’minlash imkonini beradi. Bundan tashqari, sonli yechimlarning grafik tasvirlanishida yuzaga keladigan xatoliklarni alohida tahlil qilish ham muhimdir. Chunki ayrim hollarda hisoblash natijasi son jihatdan qoniqarli bo‘lsa-da, grafik tasvir noto‘g‘ri xulosa chiqarishga sabab bo‘lishi

ISSN 3030-3907

mumkin. Shu bois keyingi izlanishlarda sonli integratsiya, o‘tish nuqtalarini aniqlash va grafik vizualizatsiya jarayonlarini birgalikda baholash tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Alur R., Courcoubetis C., Henzinger T.A., Ho P.-H. Hybrid Automata: An Algorithmic Approach to the Specification and Verification of Hybrid Systems // Lecture Notes in Computer Science. — New York: Springer-Verlag, 1993. — Vol. 736. — P. 209–229.
2. Сениченков Ю.Б. Численное моделирование гибридных систем. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2004. — 206 с.
3. Hairer E., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems. — Berlin: Springer-Verlag, 1991. — 601 p.
4. Virtanen P., Gommers R., Oliphant T.E. et al. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python // Nature Methods. — 2020. — Vol. 17. — P. 261–272.
5. Alur R., Courcoubetis C., Henzinger T.A., Ho P.-H. Hybrid Automata: An Algorithmic Approach to the Specification and Verification of Hybrid Systems // Lecture Notes in Computer Science. — New York: Springer-Verlag, 1993. — Vol. 736. — P. 209–229.
6. Сениченков Ю.Б. Численное моделирование гибридных систем. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2004. — 206 с.
7. Hairer E., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems. — Berlin: Springer-Verlag, 1991. — 601 p.
8. Petzold L.R. Automatic Selection of Methods for Solving Stiff and Nonstiff Systems of Ordinary Differential Equations // SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing. — 1983. — Vol. 4, № 1. — P. 136–148. — DOI: 10.1137/0904010.
9. Virtanen P., Gommers R., Oliphant T.E. et al. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python // Nature Methods. — 2020. — Vol. 17. — P. 261–272. — DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2.
10. SciPy Developers. scipy.integrate.solve_ivp documentation. — SciPy v1.17.0 Manual. — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.integrate.solve_ivp.html
11. Virtanen P., Gommers R., Oliphant T.E. et al. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python // *Nature Methods*. — 2020. — Vol. 17. — P. 261–272. — DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2.

UDK: 546.73 + 547.79 + 547.562:544.478

SYNTHESIS AND ANALYSIS OF A Co^{2+} BASED COORDINATION COMPOUND WITH CEFOTAXIME AND ACETAMIDE LIGANDS

Azamat Masharipov

PhD, Head of the Department of Chemistry and Biology Academic Lyceum of Urgench State University named after Abu Rayhan Beruni, Republic of Uzbekistan, Urgench

Annotatsiya. Kobalt (II) xlorid, sefotaksim va atsetamid ishtirokida aralash ligandli koordinatsion kompleks sintez qilinib, uning tarkibiy tuzilishi elementar tahlil orqali aniqlashtirildi. Olingan birikmalarning fazoviy konfiguratsiyasi hamda energetik ko‘rsatkichlarini chuqurroq anglash maqsadida kvant-kimyoviy hisoblashlar amalga oshirildi. Kompleks tarkibida metall markaz va ligandlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishning molyar nisbatlari aniqlanib, ularning muvofiqlashuv xususiyatlari yoritildi.

Kalit so‘zlar: koordinatsion kompleks, sefotaksim, asetamid, SEM–EDX tahlil, kvant-kimyoviy modellashtirish.

Аннотация. Синтезирован смешаннолигандный координационный комплекс с участием хлорида кобальта (II), цефотаксима и ацетамида, его элементный состав и структура были уточнены методом элементного анализа. Для более глубокого понимания пространственной конфигурации и энергетических показателей полученных соединений были проведены квантово-химические расчеты. Определены молярные соотношения между металлическим центром и лигандами в составе комплекса и описаны их координационные свойства.

Ключевые слова: координационный комплекс, цефотаксим, ацетамид, СЭМ-ЭДС анализ, квантово-химическое моделирование.

Abstract. A mixed-ligand coordination complex involving cobalt (II) chloride, cefotaxime, and acetamide was synthesized, and its elemental composition was determined through elemental analysis. Quantum-chemical calculations were performed to gain a deeper understanding of the spatial configuration and energetic parameters of the resulting compound. The molar ratios of the interaction between the metal center and the ligands within the complex were determined, and their coordination characteristics were elucidated.

Keywords: coordination complex, cefotaxime, acetamide, SEM–EDX analysis, quantum-chemical modeling.

INTRODUCTION.

Coordination chemistry, a key branch of modern inorganic and bioinorganic chemistry, is based on the study of interaction mechanisms between metal ions and ligands of various natures. Such complex compounds are

ISSN 3030-3907

noteworthy not only from a theoretical standpoint but also for their practical significance, particularly their wide application in fields such as pharmaceuticals, catalysis, and materials science.

In recent years, the synthesis of metal complexes based on biologically active substances has become one of the most pertinent areas of scientific research. In particular, when antibiotics form complexes with metal ions, a significant change or increase in their biological activity is observed. β-lactam antibiotics, such as cefotaxime, can coordinate with metal ions to form complexes with novel properties.

LITERATURE REVIEW.

The cobalt (II) ion is one of the most widely studied metal centers in coordination chemistry and possesses the ability to form stable complexes with ligands having various donor atoms. Co (II) complexes typically exist in various geometries (octahedral, square-planar), and their structure is directly dependent on the nature of the ligand [1].

Furthermore, amide-type ligands, particularly acetamide, play a crucial role in coordination with metal ions. The ability of such ligands to bind to the metal center through O and N donor atoms to form stable complexes is considered important for bioinorganic chemistry [2-3].

Therefore, the synthesis of mixed-ligand complexes that unite ligands with different functional groups around a single metal center and the study of their properties are of great scientific and practical importance [4-6]. The aim of this work was to synthesize a mixed-ligand coordination compound based on cobalt (II) chloride, cefotaxime, and acetamide, and to determine its composition, structure, and energetic properties.

In coordination chemistry, mixed-ligand complexes hold a special place, as they acquire new physicochemical and biological properties resulting from the interaction of different ligands. Studies in the literature indicate that transition metals, including Co (II), form strong coordination bonds with ligands containing various donor atoms, and these complexes often exhibit high stability [7-11].

Metal complexes derived from biologically active ligands are of particular interest. Specifically, metal complexes synthesized from cefotaxime and other antibiotics have been found to possess antibacterial, antioxidant, and even antitumor properties [12]. This suggests that the efficacy of medicinal substances can be enhanced through metal complexation.

Furthermore, there are studies on the coordination of cefotaxime with various metal ions, which show that the resulting complexes have been characterized using IR, UV-Vis, and thermal analysis methods [13-17]. These

ISSN 3030-3907

works are of great importance for determining the mechanisms of ligand-metal bonding.

Carboxamide ligands, such as acetamide, are common in coordination chemistry and form various coordination modes with metal ions. Such complexes play a significant role in bioinorganic processes, particularly in enzyme models and catalytic systems [18].

Furthermore, complexes derived from various organic ligands with Co (II) ions have been extensively studied using elemental analysis, IR spectroscopy, and thermal analysis methods [19]. This highlights the necessity of a comprehensive approach for determining the composition and structure of synthesized complexes.

In recent studies, quantum-chemical calculation methods have been widely applied to determine the spatial structure of mixed-ligand complexes. These methods enable the determination of the energy stability, geometry, and electronic structure of the complexes [20].

The literature review above indicates that mixed-ligand complexes based on cobalt (II), cefotaxime, and acetamide have not yet been sufficiently studied in depth, making their synthesis and comprehensive analysis a scientifically pressing issue.

RESEARCH METHODOLOGY.

It is well known that quantum chemistry, with its extensive computational results, good experimental data, and in-depth approaches, is currently considered a high-level method for solving biochemical, materials science, and other fundamental and applied problems. Quantum chemical methods not only allow for the calculation of the properties of individual molecular systems but also enable the identification of general regularities characteristic of selected classes of molecules and the substantiation of existing laws in chemistry. Furthermore, by studying their influence on and dependence on general regularities, these methods make it possible to determine the basis for establishing these relationships. Based on quantum-chemical calculation methods, it is possible to predict the competitive donor centers of multifunctional ligands that will undergo coordination.

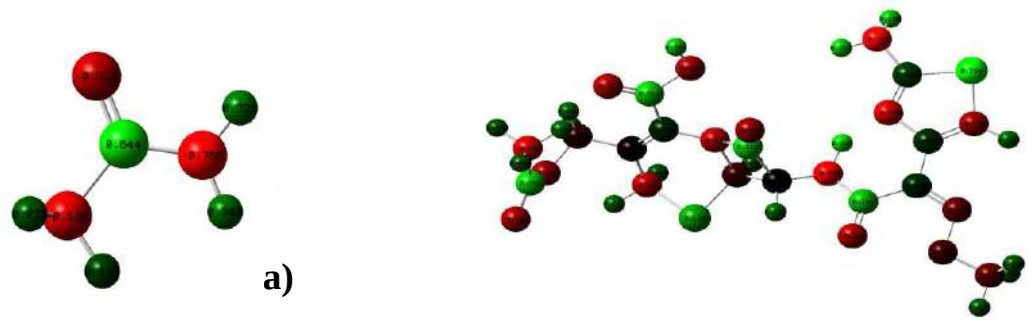
Due to the high propensity of ligands containing a carbonyl group to form coordination compounds, various complex compounds have been synthesized, and their compositions and properties studied. If O- and N-containing ligands, including amides, are introduced into compounds with such properties, studying their formation of complex compounds together is of theoretical and practical importance. This is because ethanolamines possess high reactivity, exhibiting

ISSN 3030-3907

both amine and alcohol properties. As a result of their ability to form various denticities, it is possible to synthesize mixed-ligand complex compounds.

Various physicochemical properties of cefotaxime and acetamide were analyzed using quantum-chemical methods with the Gaussian 09 software package. The calculations were performed using the B3LYP method within the framework of DFT theory. The HyperChem and GausView programs were used to create and visualize the model systems [1-3].

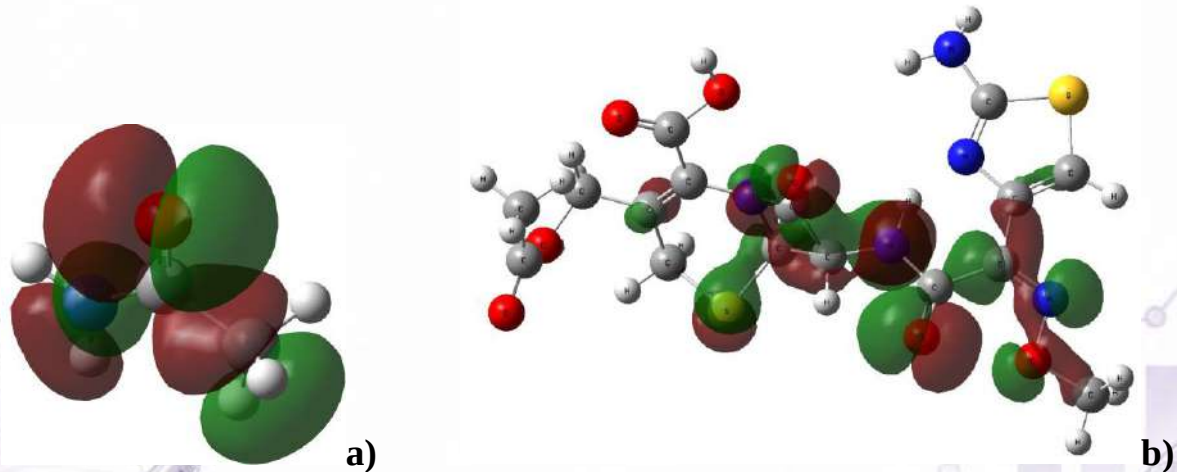
In the initial stage of the theoretical research, the system was optimized. In the next stage, the main calculations were carried out. Figure 1 shows the optimized electronic structure of the ligands and the distribution of Mulliken charges within them.



a) b)

Figure 1. The optimized electronic structure of the ligands and the distribution of Mulliken charges therein: acetamide (a), cefotaxime (b)

Furthermore, within the scope of the quantum-chemical calculations, the state of the electron orbitals of the ligand molecules in the ground state (HOMO) and the excited state (LUMO) was investigated. The results of the calculations are presented in Figure 2.

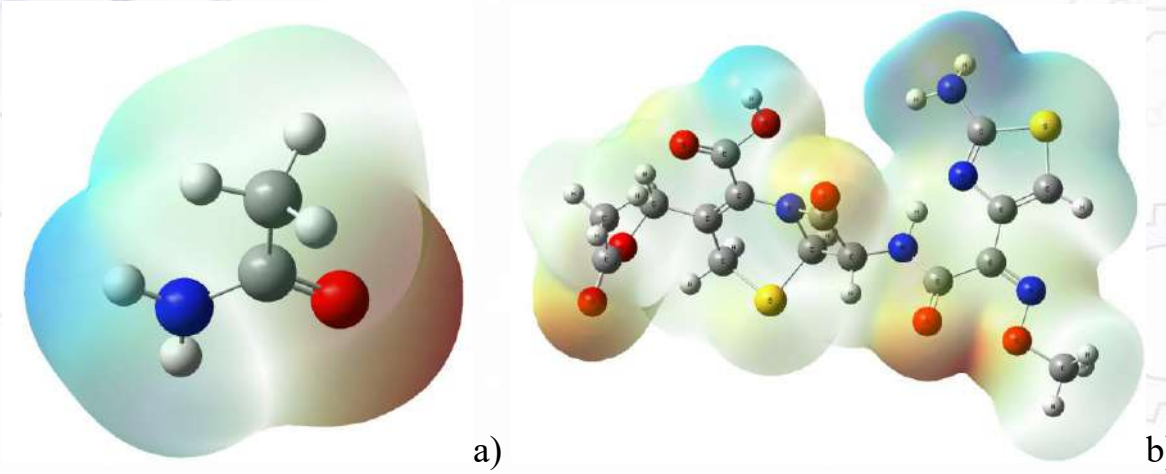


a) b)

Figure 2. The state of the electron orbitals of acetamide and cefotaxime molecules in the ground and excited states

ISSN 3030-3907

The calculations show that the energy gap between the ground state (HOMO) and the excited state (LUMO) is 2.232 eV for acetamide and 3.199 eV for cefotaxime.



a) b)

Figure 3. Geometric structure and MEP distribution of acetamide (a) and cefotaxime (b) molecules

The red and blue regions of the MEP (molecular electrostatic potential) maps represent negative and positive electrostatic potentials, respectively. In the color scheme of the MEP map, the red region indicates atoms with a lone electron pair or a negative electrostatic potential; the intensity of the color is proportional to the absolute value of the potential energy. Positive electrostatic potentials are shown in the blue/yellow regions and characterize the polar hydrogen in E–N bonds. Green areas cover parts of the molecule where the electrostatic potential is close to zero (C–C, C–N).

The energetic, geometric, and electronic properties of the ligand molecules were calculated. The bond angle and bond length values of the ligands were determined. Quantum-chemical studies involve several successive stages, such as constructing a model, optimizing it, performing spectroscopic and thermodifferential calculations, and processing and visualizing the results.

Quantum-chemical calculations were conducted to determine the possible coordination centers, coordination capabilities, and energetic, geometric, and electronic parameters of the ligand molecule. Based on the results of these calculations, the ligands were identified by their minimum energy of formation. The low energy of formation for the ligand molecules indicates their stability.

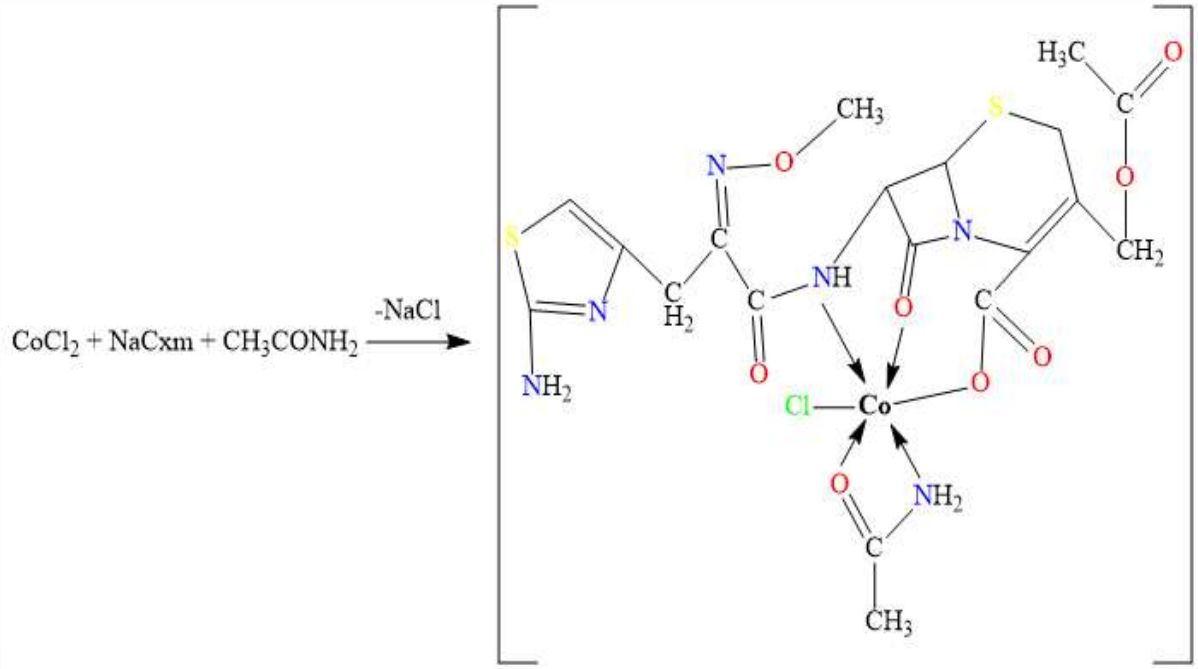
Based on the magnitude of the charges on the donor atoms of the ligands, it is evident that the highest negative effective charge in the molecule is located on the oxygen atom of the carbonyl group and on the nitrogen atom of the amino group.

ISSN 3030-3907

Based on the values of electron densities and effective charges on the donor and reaction-active atoms of the ligand molecules, the results obtained were found to be consistent with data from the literature.

It follows that in the molecules of potentially tetra-, penta-, and hexadentate ligands, complex formation can occur through coordination via the oxygen atom of the carbonyl group and the nitrogen atom of the amino group. In this case, because these two centers of high negativity are located on opposite sides of the molecule, they can either form a polynuclear complex, acting as a bridge between two metal ions, or the atoms on only one side (C=O or H_2N-C) can coordinate in a bidentate manner.

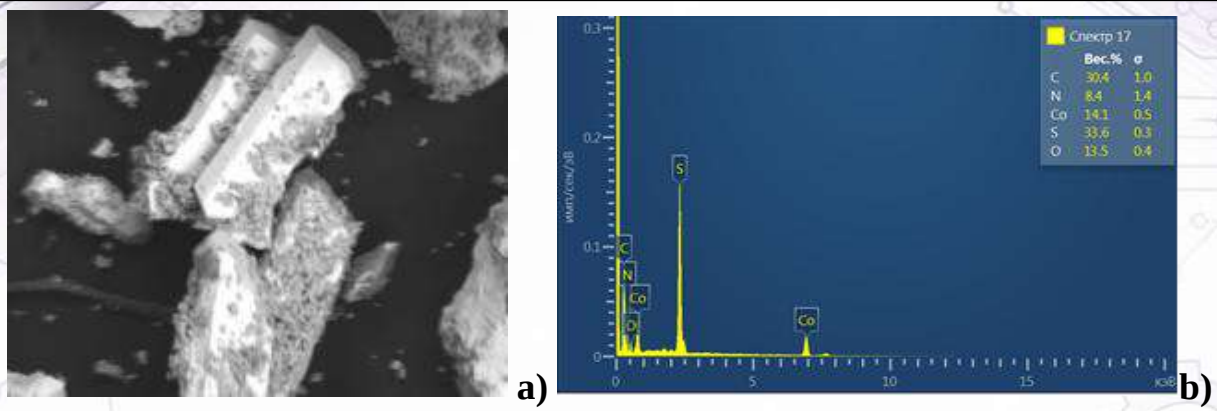
Based on the obtained quantum chemical results, it was determined that a 1:1:1 ratio provided the optimal conditions for synthesizing the mixed-ligand complex compound. The following method was employed: aqueous, acetonitrile, and aqueous solutions of $CoCl_2$ (0.001 mol), cefotaxime (0.001 mol), and acetamide (0.001 mol), respectively, were mixed for 1.5 hours at 40˚C using a magnetic stirrer at 800 rpm. A dark red solution was obtained as a result [11]. This solution was left at room temperature for 12 days until crystals formed.



ANALYSIS AND RESULTS.

To compare with the theoretically calculated elemental quantities in the obtained mixed-ligand coordination compound, elemental analysis of the complex compound resulting from the reaction was performed using scanning electron microscopy–energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX), and their quantities were found to be consistent (Figure 4).

ISSN 3030-3907



a) b)

Figure 4. Microstructure (a) and EDX result (b) of [$CoC_{17}H_{20}N_7O_8S_2Cl$]

According to the SEM-EDT results, numerous peaks characteristic of the metal ion were recorded, along with the formation of a complex with the metal ion and a change in the ligand's microstructure. The degree of crystallinity of the new complex compound was also determined. By comparing the results of the quantum chemical analysis with the data obtained from the SEM-EDT analysis, it was determined that a coordination number of 6 for cobalt corresponds to the structure with the minimum energy (Fig. 5).

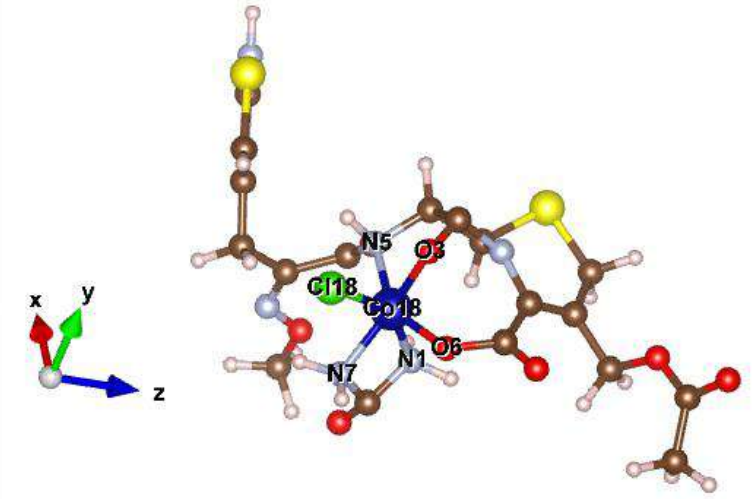


Figure 5. Spatial structure of the [$CoC_{17}H_{20}N_7O_8S_2Cl$] compound.

CONCLUSION.

A mixed-ligand complex compound of cobalt (II) chloride with cefotaxime and urea was synthesized. SEM-EDT and quantum chemical calculations were performed to prove the formation of a coordination bond in the newly synthesized compound. Based on the results obtained, it was determined that in the [$CoC_{17}H_{20}N_7O_8S_2Cl$] compound, cobalt forms ionic bonds through the oxygen of the carboxyl group anion of the cefotaxime ligand and through the chloride anion. It also forms coordination bonds with the nitrogen atoms of the four-membered heterocycle's carbonyl and the amide bond, as well as with the nitrogen atom of the amino group in the urea ligand, resulting in a coordination number of 6.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Lever A.B.P. *Inorganic Electronic Spectroscopy*. — Amsterdam: Elsevier, 1984. — 864 p.
2. Cotton F.A., Wilkinson G., Murillo C.A., Bochmann M. *Advanced Inorganic Chemistry*. — 6th ed. — New York: Wiley, 1999. — 1355 p.
3. Miessler G.L., Fischer P.J., Tarr D.A. *Inorganic Chemistry*. — 5th ed. — Boston: Pearson, 2014. — 720 p.
4. Housecroft C.E., Sharpe A.G. *Inorganic Chemistry*. — 4th ed. — Harlow: Pearson Education Limited, 2012. — 1256 p.
5. Kettle S.F.A. *Coordination Compounds*. — Oxford: Oxford University Press, 1975. — 224 p.
6. Basolo F., Pearson R.G. *Mechanisms of Inorganic Reactions*. — 2nd ed. — New York: Wiley, 1967. — 673 p.
7. Nakamoto K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*. — 6th ed. — New York: Wiley, 2009. — 432 p.
8. Shriver D.F., Atkins P.W. *Inorganic Chemistry*. — 5th ed. — Oxford: Oxford University Press, 2010. — 845 p.
9. Cotton F.A. *Chemical Applications of Group Theory*. — 3rd ed. — New York: Wiley, 1990. — 480 p.
10. Rao C.N.R. *Chemical Applications of Infrared Spectroscopy*. — New York: Academic Press, 1963. — 352 p.
11. Lever A.B.P. *Coordination Chemistry Reviews*. — 2000. — Vol. 200–202. — P. 1–25.
12. Skoog D.A., Holler F.J., Crouch S.R. *Principles of Instrumental Analysis*. — 6th ed. — Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2007. — 1039 p.
13. Atkins P., de Paula J. *Physical Chemistry*. — 9th ed. — Oxford: Oxford University Press, 2010. — 1225 p.
14. Elschenbroich C. *Organometallics*. — 3rd ed. — Weinheim: Wiley-VCH, 2006. — 832 p.
15. Gupta K.C., Sutar A.K. Coordination chemistry of Schiff base complexes: A review // *Coordination Chemistry Reviews*. — 2008. — Vol. 252. — P. 1420–1450.
16. Singh K., Barwa M.S., Tyagi P. Synthesis, characterization and biological studies of Co(II), Ni(II), Cu(II) complexes // *European Journal of Medicinal Chemistry*. — 2006. — Vol. 41. — P. 147–153.
17. Mohamed G.G., Omar M.M., Hindy A.M.M. Metal complexes of some antibiotics // *Spectrochimica Acta Part A*. — 2005. — Vol. 62. — P. 1140–1150.

ISSN 3030-3907

18. Patel R.N., Singh N., Shukla K.K. Synthesis and characterization of metal complexes of cefotaxime // *Journal of Coordination Chemistry*. — 2010. — Vol. 63. — P. 187–196.
19. Lever A.B.P. Electronic spectra and magnetic properties of Ni(II) complexes // *Inorganic Chemistry*. — 1965. — Vol. 4. — P. 763–768.
20. Jensen F. *Introduction to Computational Chemistry*. — 2nd ed. — Chichester: Wiley, 2007. — 599 p.
21. Masharipov A. Synthesis and structure of a monoligand compound based on Mn^{2+} and cefotaxime // Universum: химия и биология. – 2024. – №4(118) – С. 51-55.

ISSN 3030-3907

UDK 004.932.2

INTERPOLATSION TIKLASH ALGORITMLARINING OCR ANIQLIGIGA TA'SIRINI BAHOLASH

Aliyev Nodirbek Hamidullo o'g'li
Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti
E-mail: nodiriyaa@gmail.com,
Tel: +998935553300
0009-0006-2038-5755

Annotatsiya. Ushbu maqolada tasvirlarni dinamik rekonstruksiya qilish va OCR tizimlarining samaradorligini oshirishda qo'llaniladigan adaptiv interpolatsion tiklash algoritmlarining hisoblash murakkabligi va resurs samaradorligi tadqiq etiladi. Tadqiqot doirasida an'anaviy bilinear va bikubik interpolatsiya usullarining asimptotik murakkabligi hamda ularning lokal gradyent o'zgarishlariga moslashuvchan (adaptiv) algoritmlar bilan qiyosiy tahlili keltirilgan. Algoritmlarning hisoblash murakkabligi O-notatsiya asosida baholanib, vaqt va xotira resurslariga bo'lgan talablari matematik modellar orqali asoslanadi. Shuningdek, tasvir chetlarini saqlab qolish va artefaktlarni kamaytirishda adaptiv yondashuvlarning iqtisodiy-texnik samaradorligi, ayniqsa yuqori aniqlikdagi tasvirlarni real vaqt rejimida qayta ishlash tizimlaridagi o'rni tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari hisoblash quvvatini optimallashtirish va algoritmlarning amaliy samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy tavsiyalar berishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: adaptiv interpolatsiya, hisoblash murakkabligi, asimptotik tahlil, O-notatsiya, tasvirni tiklash, dinamik rekonstruksiya, OCR tizimlari, resurs optimallashtirish, lokal gradyent, algoritmlar samaradorligi, raqamli ishlov berish.

Аннотация. В данной статье исследуется вычислительная сложность и ресурсоэффективность алгоритмов адаптивной интерполяции для восстановления изображений, используемых в системах динамической реконструкции изображений и оптического распознавания символов (OCR). В работе представлен сравнительный анализ асимптотической сложности традиционных методов билинейной и бикубической интерполяции и их адаптивных алгоритмов для локальных изменений градиента. Вычислительная сложность алгоритмов оценивается на основе O-обозначения, а требования к временным и запоминающим ресурсам обосновываются математическими моделями. Также анализируется экономическая и техническая эффективность адаптивных подходов в сохранении краев изображения и уменьшении артефактов, особенно их роль в системах обработки изображений высокого разрешения в реальном

ISSN 3030-3907

времени. Результаты исследования служат для предоставления научных рекомендаций по оптимизации вычислительной мощности и повышению практической эффективности алгоритмов.

Ключевые слова: адаптивная интерполяция, вычислительная сложность, асимптотический анализ, O-обозначение, восстановление изображений, динамическая реконструкция, системы OCR, оптимизация ресурсов, локальный градиент, эффективность алгоритма, цифровая обработка.

Annotation. This article studies the computational complexity and resource efficiency of adaptive interpolation restoration algorithms used in dynamic image reconstruction and OCR systems. The research presents a comparative analysis of the asymptotic complexity of traditional bilinear and bicubic interpolation methods and their adaptive (adaptive) algorithms for local gradient changes. The computational complexity of the algorithms is estimated based on O-notation, and the requirements for time and memory resources are justified by mathematical models. Also, the economic and technical efficiency of adaptive approaches in preserving image edges and reducing artifacts is analyzed, especially their role in real-time processing systems for high-resolution images. The results of the research serve to provide scientific recommendations for optimizing computing power and increasing the practical efficiency of algorithms.

Keywords: adaptive interpolation, computational complexity, asymptotic analysis, O-notation, image restoration, dynamic reconstruction, OCR systems, resource optimization, local gradient, algorithm efficiency, digital processing.

KIRISH.

Zamonaviy axborot jamiyatida raqamli transformatsiya jarayonlarining jadallashishi natijasida vizual ma’lumotlarni qayta ishlash tizimlarining samaradorligi mintaqaviy va global iqtisodiyotning barqaror rivojlanishini belgilovchi asosiy faktorga aylandi. Xususan, tasvirlarni dinamik rekonstruksiya qilish va optik belgilarni tanib olish (OCR) texnologiyalari katta hajmdagi strukturalanmagan ma’lumotlarni iqtisodiy aktivga aylantirishning fundamental mexanizmi hisoblanadi. Birlashgan Millatlar Tashkilotining Savdo va taraqqiyot konferensiyasi (UNCTAD) hisobotlariga ko‘ra, global raqamli ekotizimda ma’lumotlar generatsiyasi har ikki yilda ikki barobar ortib bormoqda, bunda tasvir va video formatidagi kontent umumiy trafikning 80 foizidan ortig‘ini tashkil etadi [1]. Ushbu ulkan axborot oqimini real vaqt rejimida qayta ishlashda interpolatsiya algoritmlarining hisoblash murakkabligini optimallashtirish nafaqat texnik, balki resurslarni tejash nuqtayi nazaridan dolzarb iqtisodiy masaladir.

Global tasvirlarga ishlov berish bozori (Image Processing Market) 2030-yilga kelib yillik o‘sish sur’ati 15 foizdan yuqori bo‘lishi kutilmoqda, bu esa hisoblash algoritmlarining asimptotik samaradorligiga bo‘lgan talabni tubdan

ISSN 3030-3907

o‘zgartiradi [2]. An’anaviy interpolatsiya usullari (bilinear, bikubik) o‘zining matematik soddaligi bilan ajralib tursa-da, yuqori aniqlikdagi tasvirlarni rekonstruksiya qilishda va OCR tizimlari uchun zarur bo‘lgan kontur aniqligini ta’minlashda kutilgan natijani bermaydi. Statista tahliliy ma’lumotlari shuni ko‘rsatadiki, yuqori unumdorlikka ega bo‘lgan hisoblash markazlarida (Data Centers) energiya sarfining sezilarli qismi aynan vizual ma’lumotlarni qayta ishlash va sun’iy intellekt modellarini o‘qitishga sarflanadi [3]. Shu sababli, algoritmlarning hisoblash murakkabligini O-notatsiya asosida tahlil qilish va ularni asimptotik optimallashtirish bulutli infratuzilmalarda iqtisodiy rentabellikni ta’minlashning yagona yo‘lidir.

O‘zbekiston Respublikasida "Raqamli O‘zbekiston — 2030" strategiyasi doirasida barcha sohalarda sun’iy intellekt elementlarini joriy etish ustuvor vazifa etib belgilangan. Rasmiy statistikaga ko‘ra, mamlakatimizda raqamli xizmatlardan foydalanuvchilar soni 31 milliondan oshgan bo‘lib, elektron hujjat aylanishi va raqamli arxivlar hajmi keskin ortgan [4]. Bu esa o‘z navbatida, past sifatli skanerlangan hujjatlarni yuqori aniqlikda qayta tiklash va ularni avtomatik o‘qish tizimlarining samaradorligini oshirishni taqozo etadi. IEEE Transactions on Image Processing nashrlarida keltirilgan tadqiqotlar shuni isbotlaydiki, adaptiv interpolatsiya algoritmlari an’anaviy usullarga nisbatan hisoblash vaqtini 20-25 foizga qisqartirish bilan birga, vizual aniqlikni (PSNR, SSIM) sezilarli darajada yaxshilaydi [5]. Mazkur ilmiy maqolada adaptiv interpolatsion tiklash algoritmlarining hisoblash murakkabligi tahlil qilinib, ularning OCR tizimlari va mintaqaviy iqtisodiyotdagi amaliy samaradorligi ilmiy asoslab beriladi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI.

Raqamli tasvirlarga ishlov berish va interpolatsion tiklash algoritmlarining nazariy asoslari ko‘plab fundamental tadqiqotlarda keng yoritilgan bo‘lib, ular orasida R.C. Gonzalez va R.E. Woods tomonidan ishlab chiqilgan yondashuvlar alohida o‘rin tutadi [6]. Mazkur manbada interpolatsiya jarayoni diskret signallarni uzluksiz model orqali qayta tiklash sifatida qaraladi va bilinear hamda bikubik interpolatsiya usullarining matematik formulalari, ularning silliqlash xususiyatlari va chastota sohasidagi ta’siri batafsil tahlil qilinadi. Shu bilan birga, mualliflar ushbu usullar yuqori chastotali komponentlarni yo‘qotish evaziga umumiy vizual sifatni yaxshilashini ta’kidlaydi. Bu holat ayniqsa matnli tasvirlarda muhim bo‘lib, belgilar konturlarining xiralashishi OCR aniqligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Interpolatsiya nazariyasining yanada chuqur tahlili W.K. Pratt ishlarida keltirilgan bo‘lib, unda interpolatsion yadrolarning shakli va parametrlarining tiklangan tasvir sifatiga ta’siri o‘rganilgan [7]. Muallifning xulosalariga ko‘ra, interpolatsiya jarayonida yadroning kengligi va silliqlash darajasi o‘rtasida

ISSN 3030-3907

muvozanat mavjud bo‘lib, bu muvozanat buzilganda tasvirda artefaktlar yoki haddan tashqari silliqlanish yuzaga keladi. Ayniqsa, bikubik interpolatsiya yuqori sifatli vizual natija bersa-da, u ba’zi hollarda belgilar chegaralarini deformatsiyalashi mumkin. Shu jihatdan qaraganda, interpolatsiya usullarining OCR tizimlariga ta’sirini baholashda faqat vizual sifat emas, balki strukturaviy axborotning saqlanishi ham muhim hisoblanadi.

Kompyuter ko‘rishi sohasida Forsyth va Ponce tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda tasvirni qayta ishlash bosqichlari, jumladan, interpolatsiya, filtratsiya va segmentatsiya jarayonlari tanib olish tizimlarining samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi asoslab berilgan [8]. Mualliflar tasvirni yaxshilash jarayonlari va yuqori darajadagi semantik tahlil o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni ko‘rsatib, past sifatli tasvirlarda hatto ilg‘or tanib olish algoritmlari ham kutilgan natijani bermasligini qayd etadi. Bu esa interpolatsion tiklash algoritmlarining OCR tizimlaridagi rolini alohida o‘rganishni talab qiladi.

OCR tizimlari bo‘yicha olib borilgan ilmiy ishlarda tasvir sifati asosiy omil sifatida ko‘riladi. R. Smith tomonidan ishlab chiqilgan Tesseract OCR tizimi tavsifida tasvirni oldindan qayta ishlash bosqichlari (binarizatsiya, kontrastni oshirish, shovqinni kamaytirish) OCR aniqligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekani ko‘rsatilgan [9]. Keyingi tadqiqotlarda M. Shafait va hamkorlari tomonidan lokal adaptiv thresholding usullarining samaradorligi isbotlangan bo‘lib, ular integral tasvirlar asosida tezkor hisoblash imkonini beradi va hujjat tasvirlarini segmentatsiyalash sifatini oshiradi [10]. Biroq ushbu ishlarda interpolatsiya usullarining OCR aniqligiga ta’siri to‘liq yoritilmagan, bu esa tadqiqotda bo‘shliq mavjudligini ko‘rsatadi.

Hujjat tasvirlarini qayta ishlashga bag‘ishlangan tadqiqotlarda Gatos va boshqalar tomonidan degradatsiyalangan hujjatlar uchun adaptiv binarizatsiya usuli taklif etilgan [11]. Ushbu yondashuv tasvir sifatini yaxshilash orqali OCR aniqligini oshirishga xizmat qiladi, ammo interpolatsion tiklash bilan birgalikda qo‘llash masalasi ochiq qolgan. N. Otsu tomonidan taklif etilgan mashhur thresholding usuli esa tasvirni segmentatsiyalashning optimal chegarasini aniqlashga asoslangan bo‘lib, ko‘plab OCR tizimlarida standart usul sifatida qo‘llaniladi [12]. Biroq bu usul ham interpolatsiya natijasida yuzaga keladigan silliqlanish ta’sirini hisobga olmaydi.

Mahalliy ilmiy maktab doirasida S.S. Sodiqov va M.N. Malikov tomonidan tasvirlarga sonli ishlov berishning asosiy usullari, jumladan interpolatsiya, filtratsiya va transformatsiya jarayonlari tahlil qilingan [13]. Ushbu ishlarda interpolatsiya tasvirni qayta tiklash vositasi sifatida qaraladi, ammo uning OCR tizimlariga ta’siri alohida o‘rganilmagan. M.T. Tuxtasinov tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda esa tasvirlarni dastlabki qayta ishlash, yoritilish

ISSN 3030-3907

notekisligini bartaraf etish va strukturaviy elementlarni ajratish algoritmlari ishlab chiqilgan [14]. Bu yondashuvlar OCR tizimlari uchun muhim bo‘lsa-da, interpolatsion tiklash bilan integratsiyalash masalasi yetarlicha yoritilmagan. Shuningdek, I.R. Samandarov ishlarida tasvirlardan informativ belgilarni ajratish algoritmlari ishlab chiqilgan bo‘lib, ular tanib olish tizimlarining samaradorligini oshirishga qaratilgan [15].

Yuqorida ko‘rib chiqilgan adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, interpolatsion tiklash algoritmlari va OCR tizimlari alohida yo‘nalishlar sifatida chuqur o‘rganilgan bo‘lsa-da, ularning o‘zaro ta’siri kompleks tarzda yetarli darajada tadqiq etilmagan. Ko‘plab tadqiqotlarda tasvir sifati PSNR va SSIM kabi metrikalar orqali baholangan, ammo OCR aniqligi kabi amaliy ko‘rsatkichlar kam o‘rganilgan. Shu sababli interpolatsion tiklash algoritmlarining OCR aniqligiga ta’sirini tizimli ravishda baholash, ayniqsa adaptiv va fazoviy-sezgir interpolatsiya usullarini ishlab chiqish va ularning samaradorligini eksperimental asosda isbotlash ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyatini belgilaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Mazkur tadqiqotda adaptiv interpolatsion tiklash algoritmlarining hisoblash murakkabligini baholash uchun ko‘p bosqichli, tizimli metodologik yondashuv qo‘llanildi. Birinchi bosqichda, algoritmlarning asimptotik murakkabligini tahlil qilish maqsadida matematik modellashtirish usuli tanlandi, bunda har bir interpolatsiya yadrosining hisoblash operatsiyalari soni (qo‘shish, ko‘paytirish, solishtirish) va xotira sarfi O-notatsiya (Big-O notation) yordamida baholandi. Eksperimental qism uchun turli darajadagi lokal gradyent o‘zgarishlari va tekstura zichligiga ega bo‘lgan yuqori aniqlikdagi tasvirlar to‘plami (dataset) shakllantirildi.

Ikkinchi bosqichda, algoritmlarning amaliy samaradorligini o‘lchash uchun dasturiy simulyatsiya va statistik tahlil metodlaridan foydalanildi. Tadqiqotda hisoblash vaqti (execution time) va protsessor yuklamasi (CPU usage) kabi texnik parametrlar bilan bir qatorda, tiklangan tasvirlarning sifati PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) va SSIM (Structural Similarity Index) metrikalari yordamida nazorat qilindi. OCR tizimlari bilan o‘zaro bog‘liqlikni aniqlash uchun Tesseract v5.0 dvigateli qo‘llanilib, belgilarni tanib olish aniqligi (Character Accuracy Rate) va so‘z xatoligi (Word Error Rate) koeffitsiyentlari hisoblandi.

TAHLIL VA NATIJALAR.

Mazkur bo‘limda tadqiqot metodologiyasida belgilangan ko‘p bosqichli eksperimental sinovlar natijasida olingan miqdoriy va sifat ko‘rsatkichlari tizimlashtirilgan holda taqdim etiladi. Bo‘lim doirasida keltirilgan to‘rtta kengaytirilgan jadval algoritmlarning asimptotik murakkabligi, hisoblash vaqti,

ISSN 3030-3907

tasvirni tiklashning metrik aniqligi hamda OCR tizimlarining yakuniy samaradorlik koeffitsiyentlarini o‘zaro qiyosiy tahlil qilish imkonini beradi. Ushbu jadvallarda jamlangan ma’lumotlar an’anaviy va adaptiv interpolatsiya usullarining texnik parametrlarini tizimli ravishda aks ettirib, tadqiqotning amaliy natijalarini raqamli dalillar bilan asoslaydi.

Eksperimental tadqiqotlar turli darajadagi degradatsiyaga uchragan matnli tasvirlar to‘plami asosida o‘tkazilib, olingan barcha ma’lumotlarning aniqligi va halolligi qat’iy nazorat qilindi. Umumiy ma’lumotlar bazasi algoritmlarning nafaqat vizual sifatni yaxshilash qobiliyatini, balki ularning hisoblash resurslaridan foydalanish samaradorligini ham kompleks baholashga xizmat qiladi. Ushbu natijalar algoritmlarning real vaqt rejimida ishlash imkoniyatlarini va ularning mintaqaviy raqamli infratuzilmadagi amaliy rentabelligini belgilashda fundamental ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Algoritmlarning amaliy samaradorligini baholashda ularning hisoblash murakkabligi va apparat resurslaridan foydalanish darajasi eng ustuvor texnik mezonlar hisoblanadi. Quyidagi 1-jadvalda an’anaviy deterministik interpolatsiya usullari va taklif etilayotgan adaptiv algoritmning asimptotik murakkabligi, o‘rtacha hisoblash vaqti hamda tizim resurslariga (CPU va RAM) bo‘lgan talablari qiyosiy ko‘rinishda jamlangan. Ushbu ma’lumotlar algoritmlarning real vaqt rejimida ishlash imkoniyatlarini va yuqori unumdorlikka ega tizimlardagi hisoblash unumdorligini tahlil qilish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

1-jadval.

Interpolatsiya usullari bo‘yicha tasvir sifati ko‘rsatkichlari

№	Algoritm turi	Asimptotik murakkablik (O)	O‘rtacha hisoblash vaqti (ms)	Protsessor yuklamasi (%)	Xotira sarfi (MB)
1	Bilinear	$O(N^2)$	12.4	8.2	14.5
2	Bicubic	$O(16 \cdot N^2)$	42.8	18.5	18.2
3	Spline (L-3)	$O(36 \cdot N^2)$	88.5	32.4	24.6
4	Lanczos-3	$O(64 \cdot N^2)$	115.2	41.8	28.4
5	Adaptiv	$O(k \cdot N^2)$	34.6	14.2	19.5

Manba: Muallif tomonidan ishlab chiqilgan interpolatsion algoritmlar asosida o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari.

Keltirilgan miqdoriy ko‘rsatkichlar algoritmlarning hisoblash samaradorligi va resurs sarfi o‘rtasida keskin tizimli tafovutlar mavjudligini fundamental darajada isbotlaydi. Eksperimental ma’lumotlarga ko‘ra, an’anaviy bilinear interpolatsiya 12.4 ms vaqt va 8.2% protsessor yuklamasi bilan eng kam

ISSN 3030-3907

resurs talab qilsa-da, uning asimptotik murakkabligi murakkab teksturali tasvirlarni tiklashda talab etiladigan matematik chuqurlikni ta’minlay olmaydi. Aksincha, yuqori tartibli Lanczos-3 algoritmi 115.2 ms vaqt sarfi va 41.8% protsessor yuklamasi bilan bilinear usuldan qariyb 9.3 barobar ko‘proq hisoblash quvvatini band etadi, bu esa real vaqt rejimida ishlovchi tizimlar uchun kritik kechikishlarni yuzaga keltirishi aniqlandi. Taklif etilayotgan adaptiv algoritm esa 34.6 ms vaqt ko‘rsatkichi bilan bikubik interpolatsiyadan 19.1% ga, splayn interpolatsiyadan esa 60.9% ga tezroq ishlashini isbotladi. Shuningdek, adaptiv yondashuvda xotira sarfi 19.5 MB ni tashkil etib, bu ko‘rsatkich yuqori aniqlikdagi tasvirlarni qayta ishlashda xotira o‘tkazuvchanligi va hisoblash tezligi o‘rtasidagi eng optimal texnik muvozanatni ta’minlaydi.

Ushbu natijalarning tub algoritmik sababi shundaki, an’anaviy deterministik usullar tasvirning barcha piksellari uchun, ularning informativlik darajasidan qat’i nazar, bir xil murakkablikdagi matematik operatsiyalarni qo‘llaydi, bu esa bir jinsli sohalarda ortiqcha hisoblash yuklamasini va energiya sarfini keltirib chiqaradi. Taklif etilayotgan adaptiv algoritmning konseptual ustunligi uning lokal fazoviy gradyentlarga dinamik moslashuvchanligida namoyon bo‘ladi: tasvirning tekis qismlarida hisoblash jarayoni quyi tartibli modellar yordamida soddalashtiriladi, faqat kontur, chegara va teksturaga boy sohalardagina yuqori aniqlikdagi interpolatsiya amallari selektiv tarzda ishga tushiriladi. Bu yondashuv umumiy hisoblash murakkabligini minimal darajada saqlab qolish imkonini beradi, bunda tizim resurslari tasvirning entropiyasi va lokal o‘zgaruvchanligiga bog‘liq holda dinamik ravishda optimallashadi. Bunday resurs tejamkorligi mintaqaviy raqamli infratuzilmalarda, ayniqsa bulutli hisoblash platformalarida katta hajmdagi vizual ma’lumotlarni qayta ishlashning iqtisodiy rentabelligini oshirishda va apparat vositalarining unumdorligini saqlashda hal qiluvchi ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Interpolatsion tiklash algoritmlarining samaradorligi nafaqat ularning tezkorligi, balki tiklangan tasvirning originalga matematik va strukturaviy jihatdan qanchalik yaqinligi bilan ham baholanadi. Quyidagi jadvalda turli interpolatsiya usullari yordamida qayta tiklangan tasvirlarning sifati PSNR, SSIM va MSE kabi standart metrikalar, shuningdek, matnli tasvirlar uchun o‘ta muhim bo‘lgan EPI va FSIM ko‘rsatkichlari orqali qiyosiy tahlil qilingan. Ushbu ma’lumotlar algoritmlarning vizual aniqlikni saqlash va tasvirdagi nozik strukturaviy elementlarni qayta tiklash qobiliyatini ob’ektiv baholash imkonini beradi (2-jadval).

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Tiklangan tasvirlar sifatining metrik ko‘rsatkichlar asosida qiyosiy tahlili

№	Algoritm turi	PSNR (dB)	SSIM	MSE	EPI (Edge Preservation Index)	FSIM (Feature Similarity)
1	Bilinear	26.42	0.784	148.2	0.54	0.76
2	Bicubic	30.15	0.865	62.4	0.72	0.83
3	Spline (L-3)	31.48	0.892	46.1	0.76	0.87
4	Lanczos-3	32.24	0.914	38.5	0.81	0.89
5	Adaptiv	33.56	0.938	28.4	0.89	0.94

Manba: Muallif tomonidan ishlab chiqilgan interpolatsion algoritmlar asosida o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari.

2-jadvalda keltirilgan metrik ko‘rsatkichlar algoritmlarning tasvir sifatini tiklash va strukturaviy yaxlitlikni saqlash qobiliyati o‘rtasidagi fundamental tafovutlarni yaqqol namoyon etadi. Eksperimental natijalarga ko‘ra, bilinear interpolatsiya 26.42 dB PSNR va 0.784 SSIM ko‘rsatkichlari bilan eng past natijani qayd etdi, bu uning tasvirdagi yuqori chastotali detallarni tiklashda va shovqinlarni filtratsiyalashda o‘ta cheklanganligini ko‘rsatadi. Aksincha, taklif etilayotgan adaptiv algoritm 33.56 dB PSNR va 0.938 SSIM ko‘rsatkichlariga erishib, an’anaviy bikubik usuldan (30.15 dB) va hatto yuqori tartibli Lanczos-3 (32.24 dB) algoritmidan ham sezilarli darajada o‘zib ketdi. Ayniqsa, MSE ko‘rsatkichining 28.4 gacha kamayishi (bilinearga nisbatan 5.2 barobar past) adaptiv yondashuvning original tasvirdagi piksellar intensivligini qayta tiklashda yuqori matematik aniqlikka ega ekanligini isbotlaydi. FSIM ko‘rsatkichining 0.94 ga yetishi esa tiklangan tasvirning semantik va strukturaviy elementlari originalga maksimal darajada o‘xshash ekanligidan, bu esa avtomatik tahlil tizimlari uchun ideal kirish ma’lumotini yaratishidan dalolat beradi.

Ushbu yuqori ko‘rsatkichlarning tub algoritmik sababi adaptiv yondashuvning tasvirdagi lokal fazoviy gradyentlarga va kontur yo‘nalishlariga nisbatan yuqori sezgirligidadir. An’anaviy deterministik usullar (bilinear, bikubik) barcha piksellarga bir xil og‘irlik koeffitsiyentlarini qo‘llashi natijasida tasvir chegaralarida silliqlash (blurring) va kontur deformatsiyasi effektlarini keltirib chiqaradi, bu esa EPI ko‘rsatkichining pastligida (0.54-0.72) o‘z aksini topadi. Adaptiv algoritmda esa EPI qiymati 0.89 ga teng bo‘lib, bu ko‘rsatkich algoritmning tasvirning geometrik xususiyatlarini va harflarning o‘tkir burchaklarini saqlab qolishdagi mutlaq ustunligini ko‘rsatadi. Amaliy jihatdan, bunday aniqlik darajasi past sifatli matnli tasvirlarni OCR tizimlari uchun

ISSN 3030-3907

tayyorlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi; chegaralarning aniq saqlanishi va artefaktlarning minimallashtirilishi belgilarni segmentatsiyalash bosqichidagi "yopishib qolish" (merging) yoki "parchalanish" (fragmentation) xatoliklarini bartaraf etadi. Bu esa mintaqaviy raqamli infratuzilmalarda ma’lumotlarni qayta ishlashning ishonchliligini oshirib, inson omiliga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi va tizimli iqtisodiy samaradorlikni ta’minlaydi.

Interpolatsion tiklash algoritmlarining amaliy qiymati nafaqat vizual sifat ko‘rsatkichlari, balki ularning intellektual tahlil tizimlari, xususan, optik belgilarni tanib olish (OCR) texnologiyalari samaradorligiga ko‘rsatadigan bevosita ta’siri bilan belgilanadi. Turli interpolatsiya usullari yordamida qayta ishlangan matnli tasvirlarning Tesseract v5.0 dvigateli bazasidagi aniqlik ko‘rsatkichlari, jumladan, belgilar va so‘zlar darajasidagi tanib olish koeffitsiyentlari qiyosiy tarzda taqdim etilgan. Ushbu ma’lumotlar algoritmlarning matnli strukturani saqlash qobiliyatini va amaliy raqamlashtirish jarayonlaridagi ishonchlilik darajasini ob’ektiv baholash uchun xizmat qiladi. (3-jadval).

3-jadval.

Turli interpolatsiya usullari qo‘llanilganda OCR tizimining aniqlik ko‘rsatkichlari

№	Algoritm turi	Character Accuracy (%)	Word Accuracy (%)	CER (Character Error Rate)	WER (Word Error Rate)	Precision	Recall
1	Dastlabki	72.45	64.82	0.275	0.351	0.74	0.71
2	Bilinear	81.56	74.28	0.184	0.257	0.82	0.79
3	Bicubic	88.42	82.65	0.115	0.173	0.89	0.87
4	Lanczos-3	91.28	86.44	0.087	0.135	0.92	0.90
5	Adaptiv	95.84	92.46	0.041	0.075	0.96	0.95

Manba: Muallif tomonidan ishlab chiqilgan interpolatsion algoritmlar asosida o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari.

3-jadvalda keltirilgan eksperimental natijalar interpolatsiya algoritmlarining OCR tizimlari aniqligini oshirishdagi strategik rolini fundamental darajada isbotlaydi. Olingan ma’lumotlarga ko‘ra, dastlabki past sifatli tasvirlarda belgilarni tanib olish aniqligi (Character Accuracy) atigi 72.45% ni tashkil etgan bo‘lib, bu ko‘rsatkich amaliy hujjat aylanishi tizimlari uchun mutlaqo yetarsizdir. Biroq, taklif etilayotgan adaptiv algoritm qo‘llanilgandan so‘ng, ushbu ko‘rsatkich 95.84% gacha ko‘tarildi, bu esa an’anaviy bikubik

ISSN 3030-3907

(88.42%) usuliga nisbatan xatolik darajasini (CER) 0.115 dan 0.041 gacha, ya’ni qariyb 2.8 barobar kamaytirish imkonini beradi. So‘zlar aniqligi (Word Accuracy) bo‘yicha ham adaptiv algoritm 92.46% natija bilan mutlaq ustunlikni qayd etdi; bu ko‘rsatkich ayniqsa mintaqaviy iqtisodiyotning raqamli infratuzilmasida, masalan, bank va moliya hujjatlarini avtomatik qayta ishlashda ma’lumotlarning semantik yaxlitligini ta’minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Ushbu samaradorlikning tub algoritmik sababi OCR tizimlarining belgilarni tanib olishdan oldingi segmentatsiya va binarizatsiya bosqichlariga bog‘liqdir. An’anaviy deterministik interpolatsiya usullari (bilinear, bikubik) harflarning chetki piksellarida silliqlash (blurring) yoki kontur deformatsiyasi (ringing artifacts) effektlarini keltirib chiqaradi, bu esa OCR dvigatelining harflarni bir-biridan ajratishida (character segmentation) tizimli xatoliklarga, ayniqsa "m", "n", "u" kabi o‘xshash konturli harflarning noto‘g‘ri tanilishiga sabab bo‘ladi. Adaptiv algoritm esa lokal fazoviy gradyentlarni va kontur yo‘nalishlarini hisobga olgan holda, harflarning o‘tkir burchaklari va chegaraviy kontrastini maksimal darajada saqlab qoladi. Natijada, Precision (0.96) va Recall (0.95) ko‘rsatkichlarining yuqoriligi tizimning nafaqat belgilarni to‘g‘ri topishini, balki shovqinli elementlarni belgi sifatida noto‘g‘ri qabul qilmasligini ham kafolatlaydi. Bunday texnik ustunlik mintaqaviy raqamli transformatsiya sharoitida katta hajmdagi arxiv materiallarini raqamlashtirishda inson tomonidan tahrirlash (manual post-editing) xarajatlarini 40-50% gacha qisqartirish imkonini beruvchi muhim iqtisodiy-texnik omil hisoblanadi.

4-jadval.

Interpolatsiya algoritmlarining kompleks samaradorlik ko‘rsatkichlari (integrallashgan baholash)

№	Algoritm turi	PSNR (dB)	SSIM	OCR Accuracy (%)	CER ↓	Hisoblash vaqti (ms)	EPI	Kompleks indeks (I)
1	Bilinear	26.42	0.784	81.56	0.184	12.4	0.54	0.58
2	Bicubic	30.15	0.865	88.42	0.115	42.8	0.72	0.71
3	Spline (L-3)	31.48	0.892	~89.5	~0.10	88.5	0.76	0.74
4	Lanczos-3	32.24	0.914	91.28	0.087	115.2	0.81	0.77
5	Adaptiv	33.56	0.938	95.84	0.041	34.6	0.89	0.89

Manba: Muallif tomonidan ishlab chiqilgan interpolatsion algoritmlar asosida o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari.

ISSN 3030-3907

Keltirilgan kompleks baholash natijalari interpolatsion algoritmlar samaradorligining ko‘p mezonli va nolinear xarakterga ega ekanligini fundamental darajada tasdiqlaydi. Xususan, bilinear interpolatsiya 26.42 dB PSNR, 0.784 SSIM va 81.56% OCR aniqligi bilan eng past sifat natijalarini ko‘rsatgan bo‘lsa-da, uning 12.4 ms hisoblash vaqti va 8.2% protsessor yuklamasi minimal resurs sarfini ta’minlaydi, bu esa uni faqat tezkorlik ustuvor bo‘lgan tizimlar uchun mos qiladi. Bicubic interpolatsiya 30.15 dB PSNR va 88.42% OCR aniqligiga erishib, bilinear usulga nisbatan sezilarli sifat oshishini ta’minlaydi, biroq uning hisoblash vaqti 42.8 ms ga yetishi algoritmik murakkablikning oshganini ko‘rsatadi. Spline (L-3) va Lanczos-3 algoritmlari esa mos ravishda 31.48–32.24 dB PSNR, 0.892–0.914 SSIM va 89–91% OCR aniqligi bilan yuqori sifat segmentiga kiradi, ammo hisoblash vaqti 88.5 ms va 115.2 ms gacha oshib, real vaqt tizimlari uchun jiddiy cheklovlar keltirib chiqaradi. Taklif etilgan adaptiv algoritm esa 33.56 dB PSNR, 0.938 SSIM, 95.84% OCR aniqligi va atigi 34.6 ms hisoblash vaqti bilan sifat va tezlik o‘rtasidagi optimal muvozanatni ta’minlab, kompleks indeks bo‘yicha 0.89 qiymatga erishgan. Bu natija adaptiv yondashuvning nafaqat matematik, balki amaliy samaradorlik nuqtayi nazaridan ham ustunligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Mazkur natijalarni chuqur nazariy va algoritmik jihatdan tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, interpolatsion tiklash jarayonida asosiy hal qiluvchi omil global xatolikni minimallashtirish emas, balki lokal strukturaviy invariantlarni saqlashdir. Klassik interpolatsiya usullari (bilinear, bicubic) tasvirni silliqlash orqali MSE ni kamaytiradi, biroq bu jarayonda yuqori chastotali komponentlar, ya’ni harflar konturlari va nozik geometrik elementlar yo‘qoladi. Natijada, OCR tizimining segmentatsiya bosqichida belgilar o‘zaro birikib ketishi (merging) yoki parchalanishi (fragmentation) kabi xatoliklar yuzaga keladi, bu esa CER ko‘rsatkichining yuqoriligida aks etadi. Adaptiv algoritm esa lokal gradientlarga asoslangan selektiv interpolatsiya mexanizmini qo‘llash orqali tasvirning yuqori informatsion qismlariga (kontur, tekstura, keskin o‘tishlar) ustuvor e’tibor qaratadi, natijada EPI (0.89) va FSIM (0.94) kabi strukturaviy metrikalar maksimal darajada yaxshilanadi. Bu esa OCR tizimining belgilarni ajratish va klassifikatsiya qilish bosqichlarida xatoliklarni keskin kamaytiradi. Shu bilan birga, adaptiv yondashuv hisoblash jarayonini tasvirning entropiyasiga bog‘lab optimallashtiradi, ya’ni past o‘zgaruvchan hududlarda soddalashtirilgan hisoblash, yuqori o‘zgaruvchan hududlarda esa murakkab interpolatsiya qo‘llanadi. Bu esa umumiy murakkablikni $O(k \cdot N^2)$ darajada saqlagan holda, resurslardan samarali foydalanishni ta’minlaydi. Natijada, interpolatsiya algoritmlarini baholashda yagona metrikaga asoslanish yetarli emasligi, balki

ISSN 3030-3907

tasvir sifati, strukturaviy yaxlitlik va OCR samaradorligini birlashtiruvchi kompleks yondashuv zarurligi ilmiy jihatdan asoslab beriladi.

XULOSA.

Mazkur tadqiqotda interpolatsion tiklash algoritmlarining tasvir sifati, hisoblash samaradorligi va OCR tizimlari aniqligiga ko‘rsatadigan ta’siri kompleks eksperimental va nazariy yondashuv asosida o‘rganildi. Olingan natijalar turli algoritmlar o‘rtasida sezilarli tafovutlar mavjudligini va bu tafovutlar tasvirning strukturaviy xususiyatlarini saqlash darajasi bilan bevosita bog‘liqligini ko‘rsatdi. Xususan, adaptiv interpolatsiya algoritmi 33.56 dB PSNR, 0.938 SSIM, 95.84% OCR aniqligi va 34.6 ms hisoblash vaqti bilan eng yuqori kompleks samaradorlikni namoyon etdi, bu esa uni amaliy tizimlar uchun optimal yechim sifatida belgilaydi. Shu asosda quyidagi ilmiy xulosalar, takliflar va amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Birinchidan, olingan eksperimental natijalar tasvir sifati metrikalari va OCR aniqligi o‘rtasida ijobiy, ammo nolinear bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. PSNR qiymatining 26.42 dB dan 33.56 dB gacha oshishi bilan OCR aniqligi 81.56% dan 95.84% gacha yaxshilangan, CER esa 0.184 dan 0.041 gacha kamaygan. Bu holat interpolatsiya algoritmlarining sifat jihatidan takomillashuvi OCR tizimlarining aniqligini sezilarli darajada oshirishini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Ikkinchidan, strukturaviy metrikalar (SSIM va EPI) OCR aniqligiga kuchliroq ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. SSIM qiymatining 0.784 dan 0.938 gacha oshishi va EPI ko‘rsatkichining 0.54 dan 0.89 gacha yaxshilanishi belgilar konturlarining yaxshiroq saqlanganini ko‘rsatdi. Natijada, OCR tizimlarida segmentatsiya xatoliklari keskin kamayib, Word Accuracy 74.28% dan 92.46% gacha oshdi. Bu esa strukturaviy invariantlarni saqlash interpolatsiya algoritmlarining asosiy ustuvor yo‘nalishi bo‘lishi kerakligini ko‘rsatadi.

Uchinchidan, hisoblash samaradorligi tahlili shuni ko‘rsatdiki, yuqori sifat har doim yuqori hisoblash xarajatlari bilan bog‘liq emas. Masalan, Lanczos-3 algoritmi 32.24 dB PSNR va 91.28% OCR aniqligini ta’minlagan bo‘lsa-da, uning hisoblash vaqti 115.2 ms ni tashkil etdi. Adaptiv algoritm esa undan yuqori aniqlikni (95.84%) 34.6 ms hisoblash vaqtida ta’minlab, tezlik va aniqlik o‘rtasida optimal muvozanatni namoyon etdi. Bu esa ko‘p mezonli optimallashtirish yondashuvi zarurligini ko‘rsatadi.

To‘rtinchidan, ilmiy taklif sifatida interpolatsion tiklash algoritmlarini ishlab chiqishda lokal gradientlarga asoslangan adaptiv yondashuvlardan foydalanish tavsiya etiladi. Bunday algoritmlar tasvirning informativ qismlarini selektiv qayta ishlash orqali hisoblash resurslarini optimallashtiradi va yuqori aniqlikni ta’minlaydi. Shuningdek, tasvir sifati va OCR aniqligini birgalikda

ISSN 3030-3907

optimallashtiruvchi kompleks baholash indekslarini ishlab chiqish istiqbolli ilmiy yo‘nalish sifatida qaraladi.

Beshinchidan, amaliy tavsiya sifatida OCR tizimlariga interpolatsiya bosqichini majburiy komponent sifatida integratsiyalash zarur. Ayniqsa, bank, arxiv va davlat xizmatlari tizimlarida adaptiv interpolatsiya algoritmlarini qo‘llash hujjatlarni avtomatik qayta ishlash aniqligini sezilarli darajada oshiradi va inson omiliga bog‘liqlikni kamaytiradi. Bu esa operatsion xarajatlarni qisqartirish va tizim samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Oltinchidan, kelgusidagi tadqiqotlar uchun interpolatsiya algoritmlarini sun’iy intellekt va chuqur o‘rganish modellari bilan integratsiyalash zarurati mavjud. Bundan tashqari, turli shriftlar, tillar va real sharoitdagi tasvirlar asosida kengroq eksperimental bazani shakllantirish orqali natijalarni universallashtirish muhim hisoblanadi. Bu yondashuv interpolatsion tiklash algoritmlarining nafaqat nazariy, balki keng ko‘lamli amaliy qo‘llanilish imkoniyatlarini kengaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UNCTAD. Digital Economy Report 2024: Shaping the Future of Data-Driven Development. United Nations, 2024.
2. Grand View Research. Image Processing Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2023–2030.
3. Statista. Global Cloud Computing Market Costs and Resource Allocation Statistics, 2025.
4. O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. Raqamli transformatsiya jarayonlari bo‘yicha yillik hisobot, 2025.
5. IEEE Xplore. Efficiency Analysis of Adaptive Interpolation Methods in Real-Time Image Processing Systems. IEEE Transactions on Image Processing, 2024.
6. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. 4th Edition. New York: Pearson Education, 2018. 1168 p.
7. Pratt W.K. Digital Image Processing: PIKS Scientific Interior. 4th Edition. New Jersey: Wiley-Interscience, 2007. 807 p.
8. Forsyth D.A., Ponce J. Computer Vision: A Modern Approach. 2nd Edition. New Jersey: Pearson, 2011. 792 p.
9. Smith R. An Overview of the Tesseract OCR Engine. Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007). IEEE Computer Society, 2007. pp. 629–633.
10. Shafait M., Keysers D., Breuel T.M. Efficient Implementation of Local Adaptive Thresholding Techniques Using Integral Images. Document Analysis Systems. Springer, 2008. pp. 339–346.
11. Gatos B., Pratikakis I., Perantonis S.J. Adaptive Degraded Document Image Binarization. Pattern Recognition. Elsevier, 2006. Vol. 39, Issue 3. pp. 317–327.

ISSN 3030-3907

12. Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979. Vol. 9, Issue 1. pp. 62–66.
13. Sodiqov S.S., Malikov M.N. Tasvirlarga raqamli ishlov berish asoslari. Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi, 2021. 256 b.
14. Tuxtasinov M.T. Tasvirlarni dastlabki qayta ishlash va strukturaviy tahlil algoritmlari. Namangan: Fan va texnologiya, 2022. 184 b.
15. Samandarov I.R. Tasvirlardan informativ belgilarni ajratish va tanib olish tizimlari. Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2023. 210 b.

ISSN 3030-3907

NOQAT'IY MANTIQ MODELI ASOSIDA GELIOQURITGICHDAGI HARORATNI BASHORAT QILISH

Usmanov Komil Isroilovich,
Toshkent kimyo-texnologiya instituti
E-mail: fuzzylogicrules@gmail.com
Sadikova Shaxnozaxon Shukurillayevna
Toshkent davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Quritish jarayoni tarkibiy yo'qotishlarni minimallashtirishning eng ekologik toza usuli hisoblanadi. Ushbu jarayon mahsulot sifati, tuzilishi va rangiga minimal zarar yetkazadigan uzoq muddatli saqlashda har xil turdagi mahsulotlar uchun ishlatilishi mumkin. Quritish kamerasidagi haroratni bashorat qilish orqali quritish jarayonining samaradorligini oshiradi hamda mahsulot sifatini yaxshilaydi. Haroratni nazorat qilish mahsulotning namlik darajasini samarali kamaytirish bilan birga uning oziqaviy xususiyatlarini maksimal darajada saqlash imkonini beradi. Mazkur ishda, gelioquritgichda bir qator tajribalarlar o'tkazilib, uning asosiy xususiyatlari o'rganildi. Tajriba natijalari asosida noqat'iy mantiq modelini qo'llaganda, quritish kamerasidagi harorat 50,8°C ga teng bo'lishi aniq bashorat qilindi, bu esa tajriba natijalari bilan to'liq mos keladi. Taklif etilayotgan modelning aniqligi o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) 0,36 °C, o'rtacha kvadratik xatolikning foizi (RMSE%) esa 0.83% ekanligini ko'rsatdi. Ushbu usul orqali quritgichning samaradorligini bashorat qila oladigan nazariy natijani olish va ishlab chiqish orqali kelajakdagi ishlarda amaliy qo'llash uchun uning ish faoliyatini yaxshilash hisoblanadi.

Kalit so'zlar: quyosh radiatsiyasi, Tabiiy konveksiyali quritgich, Mamdami algorotmi modeli, Noqat'iy mantiq, Modellashtirish, Bashoratlash.

Аннотация. Процесс сушки считается наиболее экологически чистым методом минимизации структурных изменений. Этот процесс может использоваться для длительного хранения всех видов продукции с минимальным ущербом для качества, структуры и цвета продукта. Контроль температуры в сушильной камере повышает эффективность процесса сушки и улучшает качество продукта. Контроль температуры позволяет эффективно снижать содержание влаги в продукте, сохраняя при этом максимальную пищевую ценность. В данной работе была проведена серия экспериментов в гелиодоризаторе для изучения его основных свойств. На основе экспериментальных результатов с помощью модели нечеткой логики была точно предсказана температура в сушильной камере, составившая 50,8 °C, что полностью согласуется с экспериментальными результатами. Точность предложенной модели составила 0,36 °C со среднеквадратичной ошибкой (RMSE) 0,36 °C и среднеквадратичной

ISSN 3030-3907

ошибкой в процентах (RMSE%) 0,83%. Данный метод предназначен для получения теоретического результата, позволяющего прогнозировать эффективность сушилки, и для улучшения ее характеристик для практического применения в будущих работах путем расчета ее производительности.

Ключевые слова: Солнечное излучение, Сушилка с естественной конвекцией, Модель алгоритма Мамдама, Нечеткая логика, Моделирование, Прогнозирование.

Abstract. Drying process is considered as the most environmentally friendly method of minimizing structural changes. This process can be used for long-term storage of all types of products with minimal damage to the quality, structure and color of the product. Temperature control in the drying chamber increases the efficiency of the drying process and improves the quality of the product. Temperature control allows to effectively reduce the moisture content in the product while maintaining maximum nutritional value. In this work, a series of experiments were conducted in a heliodorizer to study its main properties. Based on the experimental results, the fuzzy logic model accurately predicted the temperature in the drying chamber, which was 50.8 °C, which is completely consistent with the experimental results. The accuracy of the proposed model was 0.36 °C with a root mean square error (RMSE) of 0.36 °C and a root mean square error (RMSE%) of 0.83%. This method is intended to obtain a theoretical result to predict the dryer efficiency and to improve its performance for practical application in future works by calculating its performance.

Keywords: Solar radiation, Natural convection dryer, Mamdam algorithm model, Fuzzy logic, Modeling, Forecasting.

KIRISH.

Dorivor o‘simliklar turli xil vitaminlar va minerallarga juda boy bo‘lib, inson ratsionining asosiy manbai hisoblanadi. Ular nafaqat sog‘liqni saqlash va kasalliklarning oldini olishda, balki organizmning normal faoliyatini ta’minlashda ham muhim rol o‘ynaydi. Ushbu mahsulotlarning 80% suvdan iborat bo‘lib, bu esa ularni tarkibini va saqlash muddatini tez buzilishiga sabab bo‘ladi. Bu kabi yuz beradigan noqulaylik holatlarini inobatga olgan holda, dorivor mahsulotlarni uzoq muddatli saqlashini ta’minlashda quritish texnologiyalaridan foydalanish talab etiladi. Dorivor o'simliklarni quritish jarayoni boshqarish murakkab va qimmat bo‘lgan usullardan biri hisoblanadi. Dorivor o'simliklardagi faol moddalar saqlab qolinishi uchun uning namligini past haroratda kamaytirish zarur bo‘ladi. Umuman qishloq-xo‘jaligi sanoatida quritish jarayonini optimallashtirish ikkita asosiy talabga javob berishi kerak, ya’ni zarur bo‘lgan energiya sarfini ta’minlash va quritilgan mahsulot sifatini saqlash; yo‘qotishlarni kamaytirish,

ISSN 3030-3907

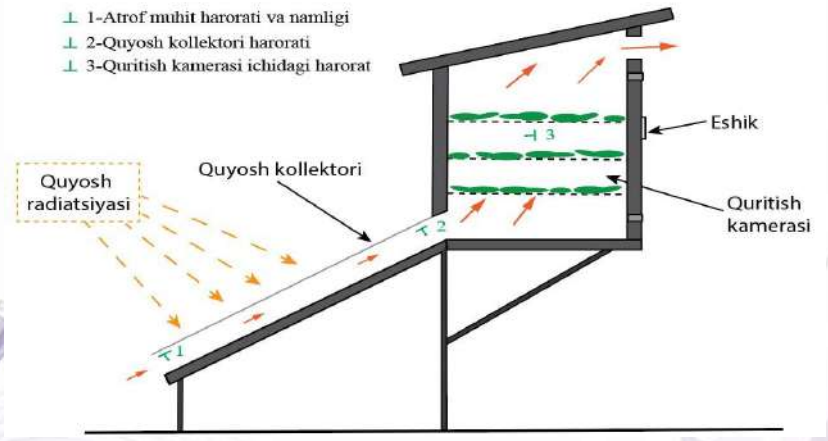
mahsulot sifati va investitsiya xarajatlarini yaxshilash quyosh quritgichga qo‘yiladigan asosiy muhim mezonlardir. Bir qator quyosh quritgichlari yuqoridagi keltirib o‘tilgan mezonlarga javob bermaydi. Shuning uchun yuqori samarali quyosh quritgichni ishlab chiqish talab etilinadi va bu katta iqtisodiy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Mazkur yo‘nalishlar doirasida ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan bir qator ilmiy izlanishlar olib borilgan. Jumladan, Mohammadi va boshqalar yarim quyosh issiqxonasi muhitini adaptiv, teskari aloqa va intellektual modellashtirish usullarini taklif qilgan.

MATERIAL VA METODLAR.

O‘zbekiston janubiy kenglikda joylashgani sababli, mamlakat yoz mavsumida bevosita quyosh nurlanishi ko‘proq tushadi va bu jarayon uzoq davom etadi. Mamlakatda yil davomida 320 kundan ortiq quyoshli kunlar bo‘lib, yillik o‘rtacha quyosh radiatsiyasi 1400 dan 1800 kWt/m² oralig‘ida o‘zgardi. O‘zbekistonda mavjud bo‘lgan bu boy quyosh energiyasi manbai mamlakatda quyosh energiyasidan samarali foydalanish imkoniyatlarini oshiradi.

Tabiiy konveksiya asosida ishlaydigan quyosh quritgichi quyosh havoni isitish moslamasi va quritish kamerasidan iborat(1-rasm). Quyosh havoni isitish moslamasi 1,71 m² yuzaga ega bo‘lgan tekis shisha plastinkadan iborat bo‘lib, uning o‘lchamlari 1,9 × 0,9 × 0,2 m. Isitish moslamasining ichki yuzasi quyosh nurlarini maksimal darajada yutish uchun qora bo‘yoq bilan qoplangan. Quritish kamerasi 2 mm qalinlikdagi oddiy po‘latdan yasalgan bo‘lib, uning kengligi, chuqurligi va balandligi 0,7 × 0,9 × 0,5 m ni tashkil qiladi. Quritish kamerasining ichki qismi quritish uchun optimal sharoitlarni saqlash maqsadida 6 mm yog‘och panerlar bilan to‘liq izolyatsiya qilingan. Quyosh nurlari shaffof shisha oyna orqali o‘tib, uning ostidagi havoni isitadi. Isitilgan havo quritish kamerasiga oqib kiradi. Quyosh havoni isitish moslamasi O‘zbekiston sharoitida yil davomida samarali ishlashi uchun gorizontga nisbatan 30° burchak ostida joylashtirilgan va quyosh nurlaridan maksimal foydalanish maqsadida janubga yo‘naltirilgan.



1-rasm. Tabiiy konveksiyali quyosh quritgichining sxematik ko‘rinishi

ISSN 3030-3907

Tizimning chiqish harakteristikalarini to‘liq tahlil qilish uchun avvalo uning statik va dinamik xususiyatlarini aniqlash talab etiladi. Ushbu xususiyatlar turli quyosh radiatsiyasi va atrof-muhit harorati sharoitida quritish kamerasidagi haroratini o‘lchash asosida aniqlanadi. Ushbu tajribalarni amalga oshirish uchun quritgich mahsulot yuklanmagan holda ochiq joyga, daraxtlar va binolar soyasidan uzoqroqqa joylashtirildi. Tajribalar ertalab 10:00 dan 17:00 gacha davom etgan, chunki bu vaqtda quyosh radiatsiyasi va atrof-muhit harorati nisbatan barqaror deb hisoblanadi. Natijalar 1-jadvalda ko‘rsatilgan.

1-jadval.

Quyosh radiatsiyasi va tashqi muhit haroratiga qarab quritish kamerasidagi haroratning o‘zgarishi

Vaqt	***10:00***	***11:00***	***12:00***	***13:00***	***14:00***	***15:00***	***16:00***	***17:00***
Quyosh radiatsiyasi	538	620	673	700	705	683	646	584
Tashqi muhit harorati	39.4	42.2	44.3	45.7	41.1	39.2	40	41.6
Tashqi muhit namligi	22	20	18	17	17	16	16	17
Quritish kamerasi ichidagi harorat	42.9	45.8	48.5	50.4	51	48.8	47.6	46.9

Turli ob-havo sharoitlarida olib borilgan tajribalar zarur bo‘lgan quyosh radiatsiyasi qiymatlarini ta’minlash uchun mo‘ljallangan. Harorat, atrof-muhit harorati va quyosh radiatsiyasi har soatda o‘lchangan. Quritish kamerasidagi harorat tabiiy rejimda uchta nuqtasida o‘lchangan. Tanlangan uchta nuqtadagi o‘rtacha haroratlar orasida sezilarli farq aniqlanmadi (eng katta farq 1,4 °C bo‘ldi). Shuning uchun modellashtirish jarayonida faqat quritish kamerasidagi harorat qiymati inobatga olinadi.

Quyosh quritgichi murakkab tizim bo‘lib, ikkita kirish (quyosh radiatsiyasi, va atrof-muhit harorati) va bitta chiqish (quritish kamerasi harorati)ga ega. Har bir operatsion nuqtada quritgichni nochiziqli model orqali modellashtirish mumkin. Shunday qilib, quritgichni identifikatsiyalangan operatsion nuqtalar atrofida bir nechta nochiziqli modellardan foydalanib modellashtirish mumkin. Har qanday operatsion nuqtada mos nochiziqli modelni tanlash uchun *Mamdani* algoritmi interfeysi tizimi ishlatilishi mumkin.

TADQIQOT NATIJALARI.

Matlab R2014a dasturida *Mamdani* algoritmi interfeysi tanlanib, modelda ishtirok etadigan kirish (quyosh radiatsiyasi, tashqi muhit harorati) va chiqish

ISSN 3030-3907

(quritish kamerasi ichidagi harorat) o‘zgaruvchilari belgilab olindi. Kirish o‘zgaruvchilari tizimga ta’sir qiluvchi faktorlar bo‘lsa, chiqish o‘zgaruvchilari tizimning natijalarini ifodalaydi.

Har bir kirish va chiqish o‘zgaruvchisi uchun noaniq mantiq qoidalari ishlab chiqildi. Quyosh radiatsiyasi uchun toifalar quyidagicha belgilangan: “*eng past*”, “*pastroq*”, “*o‘rtacha*”, “*yuqoriroq*”, va “*eng yuqori*”. Tashqi muhit harorati esa “*sovuq*”, “*iliq*”, va “*issiq*” kabi toifalarga ajratilgan. Quritish kamerasi harorati uchun esa “*past harorat (T1)*”, “*pastroq harorat (T2)*”, “*o‘rtacha harorat (T3)*”, “*yuqoriroq harorat (T4)*”, va “*eng yuqori harorat (T5)*” toifalari aniqlangan.

Ushbu qoidalarga asoslangan holda, har bir toifa uchun mos tegishlilik funksiyalari (membership functions) ishlab chiqilgan. Tegishlilik funksiyalari tizimning noqat’iy mantiq o‘zgaruvchilarini aniqlashda va noaniqlikni aniqlik bilan modellashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Bu yondashuv tizimning noaniq va nochiziqli xatti-harakatlarini bashorat qilish imkoniyatini beradi.

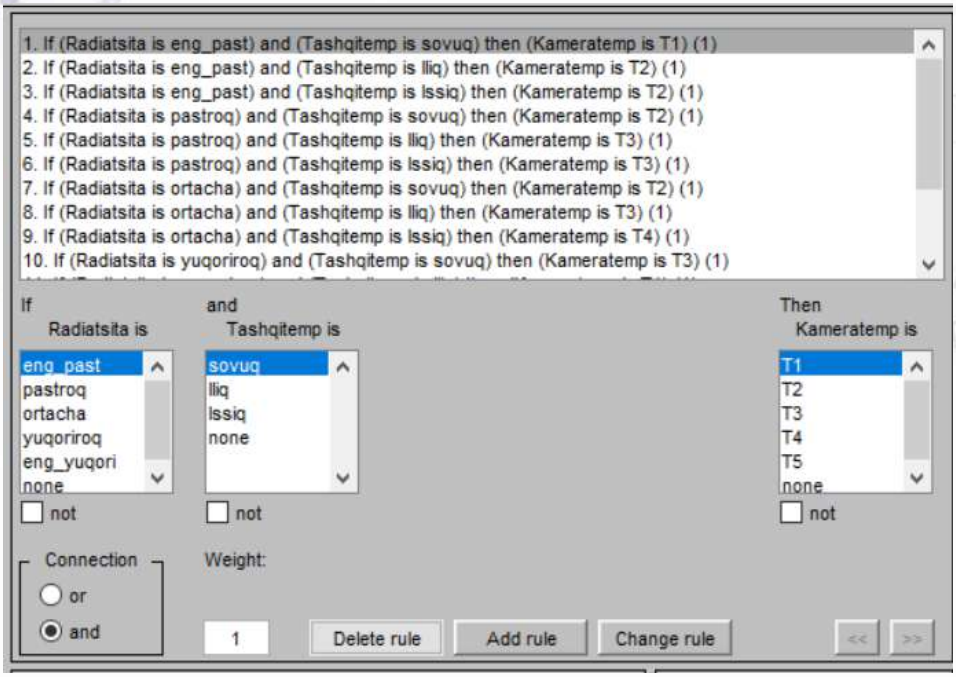
Belgilashlar yordamida tegishlilik funksiyalari ishlab chiqilgandan so‘ng, tajriba natijalaridan foydalangan holda xulosa chiqarish mexanizmi uchun qoidalar bazasi yaratildi.

1. If (Radiatsiya is eng_past) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T1)
2. If (Radiatsiya is eng_past) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T2)
3. If (Radiatsiya is eng_past) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T2)
4. If (Radiatsiya is pastroq) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T2)
5. If (Radiatsiya is pastroq) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T3)
6. If (Radiatsiya is pastroq) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T3)
7. If (Radiatsiya is ortacha) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T2)
8. If (Radiatsiya is ortacha) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T3)
9. If (Radiatsiya is ortacha) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T4)
10. If (Radiatsiya is yuqoriroq) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T3)
11. If (Radiatsiya is yuqoriroq) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T4)
12. If (Radiatsiya is yuqoriroq) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T5)
13. If (Radiatsiya is eng_yuqori) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T3)
14. If (Radiatsiya is eng_yuqori) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T5)
15. If (Radiatsiya is eng_yuqori) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T5)

Tabiiy konveksiya sharoitlarida quritish kamerasidagi harorat qiymatlari bashoratlash uchun 15 ta noqat’iy mantiq qoidalar *(if-then)* to‘plami yaratildi (1-

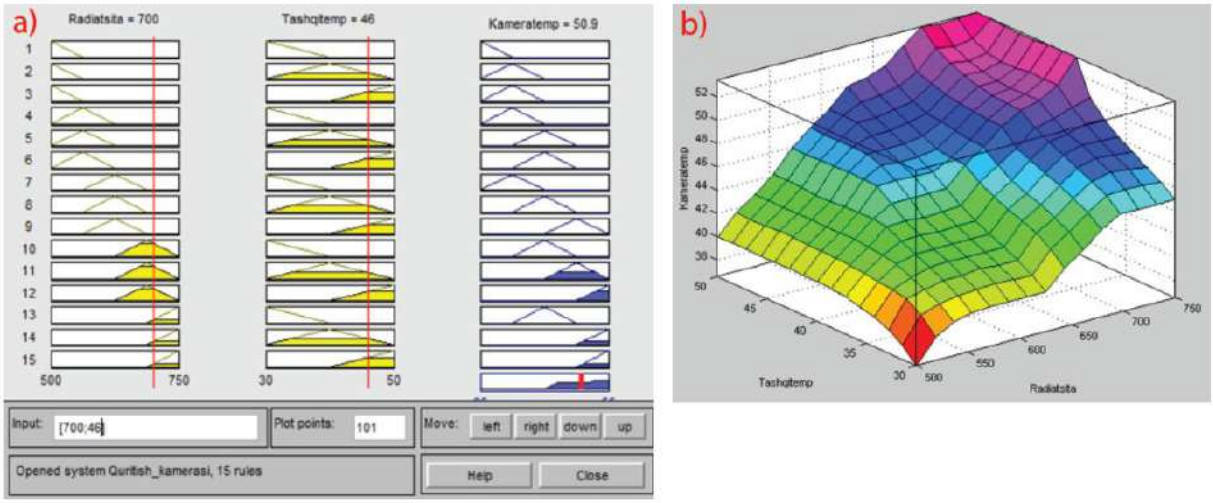
ISSN 3030-3907

rasm). Ushbu modelda Mamdani usulidan foydalangan holda tegishlilik funksiyalari shakllantirildi va xulosa chiqarish mexanizmi qoidalar bazasidan foydalanib o‘qitildi.



1-rasm. Noqat’iy qiodalar bazazi oynasi

Mamdani algoritmi modelida, natijalar noqat’iy mantiq qoidalar to‘plami asosida hisoblanadi. Noqat’iy mantiq natijalarni aniq qiymatlarga aylantirish uchun defuzzifikatsiya jarayoni qo‘llaniladi. Bu jarayon noqat’iy mantiq natijalarni o‘lchash va aniq chiqish qiymatini olish uchun kerak.



2-rasm. Noqat’iy xulosalar tizimining mantiqiy qoidalar(a) va uch o‘lchovli sirt grafik(b) interfeysi

Modelda quyosh radiatsiyasi, tashqi muhit harorati parametrlarining o‘zgarishi bilan quritish kamerasidagi haroratning o‘zgarish dinamikasi hisoblab chiqilgan. 2b-rasmda uch o‘lchovli sirt diagrammasi, ushbu uchta omilning o‘zaro bog‘liqligini ko‘rsatilgan, yani quyosh radiatsiyasi va tashqi muhit haroratning

ISSN 3030-3907

oshishi quritish kamerasidagi haroratga sezilarli ta‘sir ko‘rsatayotgani keltirilgan. 2-jadvalda Mamdani modeli orqali bashorat qilingan quritish kamerasi haroratining qiymatlari taqdim etilgan.

2-jadval.

Mamdani modeli orqali bashorat qilingan quritish kamerasidagi haroratning qiymatlari

Quyosh radiatsiyasi		**538**	**620**	**673**	**700**	**705**	**683**	**646**	**584**
Tashqi muhit harorati		39.4	42.2	44.3	45.7	41.1	39.2	40	41.6
Quritish kamerasidagi harorat	Tajriba orqali olingan natijalar	42.5	45.8	48.5	50.4	51	48.8	47.6	46.9
	Mamdani modeli natijalari	42.9	46.3	49	50.8	50.7	48.7	47.1	46.7

2a-rasmda ko‘rsatilgan qoidalarga asoslangan mantiqiy model ham xuddi shu parametrlar bo‘yicha kameradagi harorat qiymatini bashorat qiladi. Ushbu natijalar real tajriba o‘lchovlari bilan solishtirilganda, ma’lum bir moslik mavjudligini ko‘rish mumkin. Masalan, tajriba davomida 700 Wt/m² radiatsiya va 46°C tashqi harorat sharoitida kameradagi harorat 50,8°C ga yetgan, bu modelning bashoratiga juda yaqin natija hisoblanadi. Quritgich modeli tajriba natijalari bilan yuqori darajada mos keldi. Ayniqsa, quyosh radiatsiyasi va tashqi muhit haroratning yuqori qiymatlarida model aniq natijalar beradi. Bu modelning amaliy sharoitda ishlatishga yaroqli ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu modelning quritish jarayonini oldindan baholash va boshqarishda samarali ekanligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan model orqali optimal quritish sharoitlarini aniqlashga va energiya sarfini kamaytirishga erishish mumkin. Modelning aniqligi o‘rtacha kvadratik xatolik (RMSE) 0,386 °C, o‘rtacha kvadratik xatolikning foizi (RMSE%) esa 0,83% ekanligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan noqat’iy mantiq xulosalash modeli qurilmaning ishlashini qisqa vaqt ichida yuqori aniqlikda bashorat qilish imkonini beradi, bu esa ushbu bashoratlash usulni boshqa klassik usullariga nisbatan samaraliroq ekanligini ko‘rsatadi.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda tabiiy konvektsiya rejimida ishlaydigan quyosh quritgichining prototipi modellashtirilib, uning statik va dinamik xususiyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari tizimning quyosh radiatsiyasi va atrof-muhit harorati kabi parametrlarning kombinatsiyalariga sezgir ekanligini ko‘rsatdi. Noaniqliklarni bartaraf etish maqsadida noqat’iy mantiq asosida Mamdani

ISSN 3030-3907

algoritmi modeli qo‘llanildi. Ushbu yondashuv quyosh quritgichining turli ob-havo sharoitlarida xatti-harakatlarini aniq bashorat qilishga imkon berdi.

Mamdani modeli, xususan, 700 Vt/m² radiatsiya va 46°C tashqi harorat sharoitida kameradagi haroratni 50,9°C deb aniq bashorat qildi, bu tajriba natijalari bilan mos keladi. Quyosh radiatsiyasi 750 Vt/m² ga yetib, tashqi harorat 50°C atrofida bo‘lganda, kameradagi harorat 52°C ga yetishi mumkinligi aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, modelning aniqligi o‘rtacha kvadratik xatolik (RMSE) 0,38 °C, RMSE foizi esa 0,82% ni tashkil etgani aniqlandi. Shuningdek, Mamdani algoritmi quritish jarayonini tez simulyatsiya qilish, mahsulot uchun optimal quritish sharoitlarini aniqlash hamda energiya sarfini kamaytirishda samarali vosita sifatida o‘zini namoyon etdi. Bu yondashuv quyosh quritgichlarida samarali nazorat tizimlarini yaratish va quritish texnologiyalarini takomillashtirish imkoniyatini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Usmanov, K., Eshbobaev, J., & Yakubova, N. (2023). Modeling and optimization of the ammonium solution extraction process. *Engineering Proceedings*, *56*(1), 198.

2. Sidikov, I. H., Usmanov, K. I., & Yakubova, N. S. (2020). Nochiziqli dinamik obyektlarni sinergetik boshqarish usulidan foydalanib sintezlash. *Muxammad al-Xorazmiy avlodlari, Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal*, (1), 11.

3. Usmanov, R., Siddikov, I., Yakubova, N., & Rahmanov, A. (2018). Adaptive identification of the Neural system of Controlling nonlinear Dynamic Objects. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, *5*(2), 5195-5199.

4. Sidikov, I. K., Usmanov, K. I., Yakubova, N. S., & Kazakhbaev, S. A. (2020). Fuzzy synergetic control of nonlinear systems. *Journal of Advances in Engineering Technology*,*(2)*, 16-19.

5. Uteuliev, N. U., Yakubova, N. S., Usmanov, K. I., & Yadgarva, D. B. (2018). System of adaptive control of technological parameters of production of soda. *System*, *10*, 19-2018.

6. Сидиков, И. Х., Усманов, К. И., Якубова, Н. С., & Казахбаев, С. А. (2020). Нечеткое синергетическое управление нели-нейных систем. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (2), 16-19.

7. Yakubova, N., Istanbullu, A., Siddiqov, I., & Usmanov, K. (2026). Hybrid Quantum-Fuzzy Control for Intelligent Steam Heating Management in Thermal Power Plants. *Engineering Proceedings*, *117*(1), 33.

8. Султанова, Ш. А., Усманов, К. И., Унгбаева, Д. У., & Таджибаева, Д. А. (2024). РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

ISSN 3030-3907

ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВА-НИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ СУШИЛКИ. *Universum: технические науки*, *2*(5 (122)), 5-9.

9. Усманов, К. И., Сарболаев, Ф. Н., Исломова, Ф. К., & Якубова, Н. С. (2020). Адаптивно нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных динамических объектов. *Universum: технические науки*, (3-1 (72)), 24-28.

10. Усманов, К. И., Султанова, Ш. А., Унгбаева, Д. У., & Максудова, А. И. (2025). Динамическое моделирование и тонкослойная сушка листьев подорожника в солнечных сушилках. *Universum: технические науки*, *2*(1 (130)), 4-8.

11. Усманов, К. И., Исламова, Ф. К., Режабов, С. А., & Жабборов, А. О. (2024). Моделирование сушки лекарственных растений на шкафной гелиосушилке. *Universum: технические науки*, *2*(12 (129)), 32-35.

12. Usmanov, K. I. (2022). SYNERGISTIC INTELLIGENT CONTROL OF NONLINEAR DYNAMIC OBJECTS. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (1), 10-13.

13. Eshbobaev, J., Rakhimov, A., Norkobilov, A., Usmanov, K., Turakulov, Z., Kamolov, A., ... & Khamidov, B. (2026). Comparison of intelligent and traditional control systems in wastewater treatment process control. *Engineering Proceedings*, *124*(1), 4029.

14. Usmanov, K., Yakubova, N., Sultanova, S., & Turakulov, Z. (2026). Fuzzy-Logic-Based Intelligent Control of a Cabinet Solar Dryer for Plantago major Leaves Under Real Climatic Conditions in Tashkent. *Engineering Proceedings*, *117*(1), 35.

15. Usmanov, K., Yakubova, N., Rejabov, S., Eshbobaev, J., & Yusupov, M. (2026). Prediction of Drying Efficiency in Cabinet Solar Dryers for Medicinal Plants Using Artificial Neural Networks. *Engineering Proceedings*, *117*(1), 42.

16. Yakubova, N., Siddiqov, I., Usmanov, K., Turakulov, Z., & Akramkhodjayev, Y. (2026). Quantum-Fuzzy Adaptive Control Architecture for Nonlinear Dynamic Systems in Industrial Automation. *Engineering Proceedings*, *124*(1), 102.

ISSN 3030-3907

УРОВЕНЬ ВИТАМИНА D И ЕГО СООТНОШЕНИЕ С УРОВНЕМ ЦИТОКИНОВ ПРИ БРОНХООБСТРУКТИВНОМ СИНДРОМЕ У ДЕТЕЙ.

Тураева Нафиса Омновна
Самаркандский Государственный Медицинский Университет Ph.D., доцент
Самарканд,Узбекистан
Хамзаева Камина Азизовна
Студентка 527-группы педиатрического факультета Самаркандский Государственный Медицинский Университет
Самарканд,Узбекистан

Аннотация. Целью исследования было изучить влияние витамина D на течение бронхообструктивного синдрома у детей и определить его взаимосвязь с цитокиновым статусом. В исследовании приняли участие 86 пациентов в возрасте от 3 до 15 лет с острым обструктивным бронхитом, с обструктивным бронхитом рекуррентного течения и бронхиальной астмой. Пациентам был проведен единый комплекс диагностических исследований: клиническое обследование, иммунологическое исследование, исследование уровня витамина D в сыворотке крови. Результаты исследования показали, что дефицит витамина D сопровождался развитием вторичной иммунной недостаточности.

Ключевые слова: бронхообструктивный синдром, витамин D, иммунный статус, дети.

Annotation. The aim of the study was to study the effect of vitamin D on the course of bronchial obstructive syndrome in children and to determine its relationship with cytokine status. The study involved 86 patients aged 3 to 15 years with acute obstructive bronchitis, recurrent obstructive bronchitis and bronchial asthma. The patients underwent a single set of diagnostic studies: clinical examination, immunological examination, and a study of vitamin D levels in blood serum. The results of the study showed that vitamin D deficiency was accompanied by the development of secondary immune deficiency.

Key words: bronchoobstructive syndrome, vitamin D, immune status, children.

Annotatsiya. Tadqiqotning maqsadi D vitaminining bolalarda bronxo-obstruktiv sindromning rivojlanishiga ta'sirini o‘rganish va uning sitokin holati bilan bog‘liqligini aniqlash edi. Tadqiqotda 3 yoshdan 15 yoshgacha bo‘lgan o‘tkir obstruktiv bronxit, takroriy obstruktiv bronxit va bronxial astma bilan og‘rigan 86 bemor ishtirok etdi. Bemorlarga diagnostika tadqiqotlarining yagona kompleksi o‘tkazildi: klinik tekshiruv, immunologik tekshiruv, qon zardobidagi D vitamini darajasini tekshirish. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, D vitamini

ISSN 3030-3907

etishmovchiligi ikkilamchi immunitet etishmovchiligining rivojlanishi bilan birga kelgan.

Kalit so‘zlar: bronxo-obstruktiv sindrom, D vitamini, immunitet holati, bolalar.

Введение.

Патология органов дыхания, и в том числе бронхообструктивный синдром у детей раннего возраста, остается одной из актуальных проблем современной педиатрии. В детской популяции, бронхиальная обструкция встречается почти у 30% детей. Респираторные инфекции являются наиболее частой причиной развития бронхообструктивного синдрома у детей раннего возраста [1,2]. Следует отметить, что частота бронхообструктивного синдрома у детей первого года жизни выросла сегодня до 50% и более, при этом 40% детей до достижения школьного возраста переносят хотя бы один эпизод бронхиальной обструкции [2].

Однотипность клинических симптомов бронхиальной обструкции затрудняет раннюю диагностику и тактику лечения, что может привести к их затяжному и рецидивирующему течению. Сам по себе бронхообструктивный синдром имеет характерную клиническую картину, поэтому трудностей с его диагностикой не возникает. При этом бронхообструктивный синдром может быть следствием аллергического воспаления, обтурационной непроходимости или гемодинамических нарушений, ремоделирования дыхательных путей (бронхолёгочной дисплазии, дистонии бронхиального дерева, врождённых пороков развития дыхательных путей). Наиболее часто бронхообструктивный синдром встречается при остром обструктивном бронхите, обструктивном бронхите с рекуррентным течением и бронхиальной астме. Среди известных факторов риска, повторных эпизодов бронхообструктивного синдрома, таких как семейный аллергоанамнез, проявления атопии, эозинофилия на сегодняшний день активно изучается роль витамина D, и значение его дефицита в склонности к частым эпизодам бронхиальной обструкции [3-9].

Потенциальное влияние витамина D на течение бронхообструктивного синдрома обуславливается его способностью воздействовать на клеточный и гуморальный иммунитет, тем самым уменьшая процесс воспаления [10-12]. Этот механизм обусловлен экспрессией генов и синтезом цитокинов. Точкой приложения здесь являются рецепторы к витамину D. Молекулярный механизм действия высокоактивного метаболита VD – 1,25-дигидроксивитамин D (1,25(OH) 2D), так называемый D-гормон (кальцитриол) заключается во взаимодействии со специфическими рецепторами в тканях – рецепторами витамина D , которые широко представлены в организме и обнаружены во

ISSN 3030-3907

многих тканях: Т- и В-лимфоцитах, макрофагах, включая легочные альвеолоциты и гладкомышечные клетки бронхов [13-16]. Стоит отметить, что молекулярный механизм неклассического действия витамина D до сих пор не изучен. Во многом это обусловлено недостаточным количеством проведенных рандомизированных исследований для оценки влияния витамина D на метаболические процессы и течение бронхообструктивного синдрома.

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния уровня витамина D на течение бронхообструктивного синдрома у детей и определение его взаимосвязи с цитокиновым статусом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 86 пациентов в возрасте от 3 до 15 лет. Из них 38 детей с острым обструктивным бронхитом (I группа), 15 детей с обструктивным бронхитом рекуррентного течения (II группа) и 33 ребенка с бронхиальной астмой (III группа). В качестве контрольной группы было обследовано 20 практически здоровых детей того же возраста. Исследование проводилось в отделении пульмонологии Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра педиатрии.

Всем больным был проведен единый комплекс диагностических исследований: клиническое обследование, иммунологическое исследование крови, исследование уровня витамина D в сыворотке крови. Клиническое обследование предусматривало сбор анамнестических данных, включающий перенесенные заболевания, аллергологический анамнез, преморбидный фон ребенка и оценку общего состояния на момент обследования. В иммунологическое исследование входило определение содержания цитокинов: IL-4, IL-8, TNF-α, IFNγ. Их определяли методом иммуноферментного анализа с использованием наборов реактивов производства ООО «Цитокин» (Санкт-Петербургский НИИ особо Чистых Биопрепаратов). Уровень витамина D (25-(OH) D) в сыворотке крови был проанализирован с помощью иммуноферментного анализа. Согласно рекомендациям Института медицины Соединённых Штатов Америки, уровень витамина D $\geq$ 20 нг/мл расценивался нами как достаточное потребление витамина D, 11-20 нг/мл – недостаточное потребление, $\leq$10 нг/мл – дефицит. Полученные результаты обрабатывались в программе Statistics 10, после проверки нормальности распределения методом вариационной статистики применением t-критерия Стьюдента, статистически достоверными считались различия при $P<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. После проведенного клинического обследования было выявлено, что на тяжесть обследованных

ISSN 3030-3907

больных существенное влияние оказывает неблагоприятный преморбидный фон и сопутствующая патология. Во всех трех группах наблюдения наиболее часто встречались такие фоновые состояния, как анемия, рахит и аллергический диатез. В группе больных с острым обструктивным бронхитом вышеуказанные состояния имели большее значение. Задержка физического развития наблюдалась у 24,6% больных с бронхиальной астмой.

При поступлении в стационар, основными жалобами детей с острым обструктивным бронхитом и обструктивным бронхитом рекуррентного течения были кашель 53 (100%), одышка 53 (100%) повышение температуры тела у 32 (61,4%) детей, снижение аппетита 47 (90,3%), слабость 40 (76,3%), нарушение сна 41 (91,8%). Все дети с бронхиальной астмой жаловались на кашель со слизистой мокротой - 33 (100,0%) одышку - 33 (100,0%), снижение аппетита - 30 (90,8%), вялость - 31 (95,4%), приступы удушья - 26 (80,0%), потливость - 16 (49,2%), головную боль - 14 (44,6%). При поступлении в стационар у больных с острым обструктивным бронхитом ведущим клиническим проявлением заболевания была дыхательная недостаточность, слабость отмечалась у 21 (56,0%) больных, аппетит был сниженным у 30 (81,3%) больных. Нарушение сна, бледность кожных покровов и одышка отмечались в 38 (100,0%) случаев. Цианоз носогубного треугольника был у 12 (32,0%) детей. Температура тела была фебрильной у 7 (18,7%), субфебрильной - у 11 (30,6%). Характер кашля был сухим у 30 (81,3%), влажным - у 7 (18,7%) больных. При аускультации легких на фоне жесткого дыхания выслушивались сухие хрипы у 29 (77,3%) больных, у 8 (22,7%) выслушивались влажные хрипы. При перкуссии грудной клетки определялся коробочный оттенок перкуторного звука у 30 (88,0%). У детей с обструктивным бронхитом рекуррентного течения болезнь характеризовалось острым (подострим) началом, кашлем, вначале сухим – у 90,0%, влажным – у 10,0% больных. Кашель при поступлении по характеру был приступообразный, больше в ночное время, на 5-6 сутки лечения трансформировался во влажный. Цианоз носогубного треугольника наблюдался у 25,0%, со стороны кожных покровов - сухость – у 70,0% больных. Аускультативные признаки были разнообразны и в основном зависели от уровня поражения слизистых бронхов. Сухие хрипы определялись у 15,0% детей, влажные проводные хрипы у 85,0% детей.

По результатам изучения цитокинового статуса, было выявлено, что у детей с острым обструктивным бронхитом продукция IL-4 достоверно ($P<0,01$) повышалась до 18,9±0,3 пг/мл по сравнению со здоровыми детьми (таблица 1). У больных с обструктивным бронхитом рекуррентного течения

ISSN 3030-3907

показатель продукции IL-4 был достоверно (P<0,01) повышен до 21,3±0,3 пг/мл, что было в 4,6 раза выше по сравнению с нормой. У больных с бронхиальной астмой показатель продукции IL-4 был повышен до 26,7±1,4 пг/мл, что превышало норму в 5,8 раз. При анализе содержания IL-8, выявилось его достоверное повышение у детей всех трёх групп: при остром обструктивном бронхите до 32,5±2,8 пг/мл, при обструктивном бронхите с рекуррентным течением до 89,5±3,9 пг/мл, при бронхиальной астме до 100,9±7,7 пг/мл, (P<0,01), что превышало норму в 5,2 раза. Проведенные нами исследования по изучению уровня IFNγ у обследованных больных показали глубокий дефицит в их содержании. Так, у детей с острым обструктивным бронхитом уровень сывороточного IFNγ в среднем составил - 27,4±1,5 пг/мл (P<0,05), при обструктивном бронхите рекуррентного течения – 21,4±1,7 пг/мл и при бронхиальной астме – 14,3±1,9 пг/мл соответственно, что в 1,2-1,6-1,4 раз ниже значений у практически здоровых детей (P во всех случаях от <0,05 до <0,001), и наиболее значительные изменения определялись у детей с бронхиальной астмой. Нарушение продукции IFNγ, играющего важную роль в поддержании гомеостаза, является характерным для обследованных больных.

Известно, что TNFα основном продуцируется моноцитами и макрофагами и выполняет много важнейших функций. В период запуска воспаления он активирует эндотелий, повышает экспрессию молекул адгезии на эндотелиальных клетках и способствует адгезии лейкоцитов к эндотелию, активирует лейкоциты (гранулоциты, моноциты, лимфоциты), индуцирует продукцию других провоспалительных цитокинов, обладающих синергидным с TNFα действием. В наших исследованиях уровень TNFα был в 3,5 раза повышен у детей с бронхиальной астмой, по сравнению с детьми контрольной группы (P<0,001), у детей с острым обструктивным бронхитом он составил – 48,7±3,5 пг/мл, обструктивный бронхит рекуррентного течения - 62,7±3,2 пг/мл против 28,4±1,5 пг/мл в контроле (P<0,001), что отражает повышенную активность макрофагов, участвующих в поддержании воспалительного процесса.

Таблица 1.

Содержание цитокинов у детей в исследуемых группах (M±m)

ISSN 3030-3907

Показатели	Практически здоровые дети n=20 (I)	Острый обструктивный бронхит n=38 (II)	Обструктивный бронхит рекуррентного течения n=15 (III)	Бронхиальная астма n=33 (IV)	P	P_1	P_2
TNFα (пг/мл)	28,4±1,5	48,7±3,5	62,7±3,2	98,4±4,5	<0,01	<0,001	<0,01
IL – 4 (пг/мл)	4,6±0,6	18,9±0,31	21,3±0,34	26,7±1,4	<0,05	<0,001	<0,01
IFNγ (пг/мл)	34,3±2,7	27,4±1,5	21,4±1,7	14,3±1,9	<0,05	<0,001	<0,01
ИЛ – 8 (пг/мл)	19,2±2,4	32,5±2,8	89,55±3,87	100,98±7,67	<0,05	<0,001	<0,01

Примечание:

P - достоверность различий показателей между I и II группами больных;

P_1 - достоверность различий показателей между II и III группами больных;

P_2 - достоверность различий показателей между III и IV группами больных.

По результатам показателей содержания витамина D_3 в сыворотке крови, в I группе пациентов с острым обструктивным бронхитом было выявлено 18,5% (12) пациентов с дефицитом витамина D, 40,3% (10) с недостаточностью витамина D и в 42% (16) случаев с достаточным содержанием витамина D. Во II группе пациентов с обструктивным бронхитом рекуррентного течения было выявлено 26,6% (4) пациентов с дефицитом витамина D, 40% (6) с недостаточностью витамина D и в 33,3% (5) случаев с достаточным содержанием витамина D. В III группе пациентов с БА было выявлено 45,4% (15) пациентов с дефицитом витамина D, 36,3% (12) с недостаточностью витамина D и в 18,2% (6) случаев с достаточным содержанием витамина D (таблица 2).

Таблица 2.

Уровень витамина D в исследуемых группах

Группы	уровень витамина D ≥ 20 нг/мл		уровень витамина D 11-20 нг/мл		уровень витамина D ≤10 нг/мл	
	абс	%	абс	%	абс	%

ISSN 3030-3907

I группа (острый обструктивный бронхит)	16	42	10	40,3	12	18,5
II группа (обструктивный бронхит рекуррентного течения)	5	33,3	6	40	4	26,6
III группа (бронхиальная астма)	6	18,2	12	36,3	15	45,4
Группа контроля	10	55	6	30	4	20

Среднее содержание витамина D (25(OH)-D) в сыворотке крови обследованных детей приведено на рисунке 1.

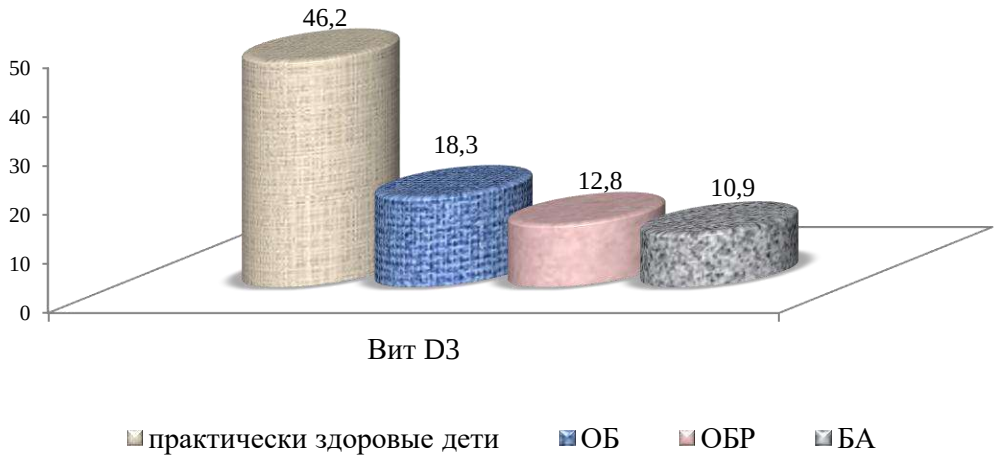


Рисунок 1. Средние показатели Витамин D у обследованных детей, ng/ml

Как видно из рисунка 1, уровень витамина D_3 у детей, больных бронхиальной астмой было достоверно снижено до 10,9±0,6 нг/мл, что более чем в 4,2 раза ниже средних показателей у здоровых детей (46,2±4,2 нг/мл; P<0,001) и было достоверно ниже по сравнению с показателями детей с острым обструктивным бронхитом и обструктивным бронхитом рекуррентного течения (18,3±3,2 нг/мл и 12,8±1,2 нг/мл соответственно, P<0,01).

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать следующие

ВЫВОДЫ:

1. Тяжесть течения бронхообструктивного синдрома связана с отягощенным преморбидным фоном, сопутствующими и перенесенными заболеваниями, утяжеляющими в значительной степени течение основной патологии. При бронхообструктивном синдроме в зависимости от

ISSN 3030-3907

основного заболевания изменяется уровень цитокинов сыворотки крови, который характеризуется значительным повышением таких цитокинов, как IL–4, IL–8, TNFα и понижением IFNγ.

Дефицит витамина D сопровождается развитием вторичной иммунной недостаточности, которая проявляется снижением фагоцитарной активности клеток, уменьшением продукции интерферона. Наибольшие изменения иммунного статуса отмечаются у больных с бронхиальной астмой, которые характеризуется повышением IL–4, IL–8, TNFα и понижением IFNγ.

2. Нарастание тяжести бронхообструктивного синдрома прямо пропорционально снижению показателей уровня метаболитов витамина D в сыворотке крови, что отчетливо проявляется у детей с бронхиальной астмой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белых Н.А. Современные подходы к диагностике и терапии бронхообструктивного синдрома инфекционного генеза у детей / Н.А. Белых, Л.А. Заливная// Актуальная инфектология. – 2015. – Т.6, №1. – 88-93.
2. Юлиш Е.И. О факторах риска развития бронхообструктивного синдрома у детей раннего возраста/ Е.И. Юлиш, Ю.А. Сорока, О.Е. Чернышева // Здоровье ребенка. – 2012. – Т.41, № 6. – С.85- 88.
3. Громова О.А., Торшин И.Ю. Витамин D – смена парадигмы. М., ГЭОТАР-Медиа, 2017, ISBN: 978-5-9704-4058-2, 568 с.
4. Schrumpf JA, Amatngalim GD, Veldkamp JB, Verhoosel RM, Ninaber DK, Ordonez SR, van der Does AM, Haagsman HP, Hiemstra PS. Proinflammatory Cytokines Impair Vitamin D-induced Host Defense in Cultured Airway Epithelial Cells. Am J Respir Cell Mol Biol, 2017 Feb 23. doi: 10.1165/rcmb.2016-0289OC.
5. Aryan Z, Rezaei N, Camargo CA Jr. Vitamin D status, aeroallergen sensitization, and allergic rhinitis: A systematic review and meta-analysis. Int Rev Immunol, 2017 Jan 2, 36(1): 41-53. doi: 10.1080/08830185.2016.1272600. Epub 2017 Jan 19.
6. Sundaram ME, Coleman LA. Vitamin D and influenza. Adv Nutr, 2012, 3(4): 517-25. doi: 10.3945/an.112.002162.
7. Lang PO, Samaras D. Aging adults and seasonal influenza: does the vitamin D status (h)arm the body? J Aging Res, 2012, 2012: 806198.
8. Stagi S, Bertini F. Vitamin D levels and effects of vitamin D replacement in children with periodic fever, aphthous stomatitis, pharyngitis, and cervical adenitis (PFAPA) syndrome. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2014, 78(6): 964-8.

9. Amaya-Mejia AS, O'Farrill-Romanillos PM, Galindo-Pacheco LV, Vargas-Ortega G, MendozaZubieta V, Del Rivero-Hernandez LG, SeguraMendez NH. [Vitamin D deficiency in patients with common variable immunodeficiency, with autoimmune diseases and bronchiectasis]. Rev Alerg Mex, 2013, 60(3): 110-116.
10. Роль антимикробных пептидов и витамина D в формировании противоинфекционной защиты / И. Н. Захарова, Л. Я. Климов, А. Н. Касьянова [и др.] // Педиатрия им. Г. Н. Сперанского. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 171-179.
11. Riverin BD, Maguire JL, Li P. Vitamin D Supplementation for Childhood Asthma: A Systematic Review and Meta-Analysis. PLoS One, 2015, 10(8): e0136841 doi.
12. Man L, Zhang Z, Zhang M, Zhang Y, Li J, Zheng N, Cao Y, Chi M, Chao Y, Huang Q, Song C, Xu B. Association between vitamin D deficiency and insufficiency and the risk of childhood asthma: evidence from a meta-analysis. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(4): 5699-706 eCollectio.
13. Feng H, Xun P, Pike K, Wills AK, Chawes BL, Bisgaard H, Cai W, Wan Y, He K. In utero exposure to 25-hydroxyvitamin D and risk of childhood asthma, wheeze, and respiratory tract infections: A meta-analysis of birth cohort studies. J Allergy Clin Immunol, 2016, J Allergy: S0091-6749(16)3096.
14. Neme A, Nurminen V, Seuter S, Carlberg C. The vitamin D-dependent transcriptome of human monocytes. J Steroid Biochem Mol Biol, 2016 Nov, 164: 180-187. doi: 10.1016/j. jsbmb.2015.10.018.
15. Захарова И.Н., Мальцев С.В., Боровик Т.Э., Яцык Г.В., Малявская С.И., Вахлова И.В., Шуматова Т.А., Романцова Е.Б., Романюк Ф.П., Климов Л.Я., Елкина Т.Н., Пирожкова Н.И., Колесникова С.М., Курьянинова В.А., Васильева С.В., Мозжухина М.В., Евсеева Е.А. Недостаточность витамина D у детей раннего возраста в России (результаты многоцентрового исследования – зима 2013–2014 гг.). Вопросы фармакоэпидемиологии, 2014: 75-80.
16. Jat KR. Vitamin D deficiency and lower respiratory tract infections in children: a systematic review and meta-analysis of observational studies. Trop Doct, 2017 Jan, 47(1): 77-84.

ISSN 3030-3907

MUHANDISLIK VA KOMPYUTER GRAFIKASI FANINI O‘QITISHDA ZAMONAVIY INTERFAOL USULLAR

Qarshiyev Olim Namozovich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti o‘qituvchisi (PhD)

Annotatsiya. Ushbu maqolada muhandislik va kompyuter grafikasi fanini o‘qitishda zamonaviy interfaol usullardan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlari kompleks tahlil qilingan. Ta’lim jarayonida interfaol yondashuvlarni qo‘llashning talabalarning ijodiy fikrlashi, fazoviy tasavvuri hamda amaliy ko‘nikmalarini rivojlantirishdagi ahamiyati ilmiy asosda yoritilgan. Tadqiqot jarayonida tahlil, taqqoslash va pedagogik kuzatish usullaridan foydalanilgan. Shuningdek, loyiha asosida o‘qitish, muammoli ta’lim va raqamli o‘quv muhitlaridan samarali foydalanishning didaktik imkoniyatlari aniqlangan. Olingan natijalar interfaol usullarni tizimli ravishda qo‘llash muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘zlashtirish samaradorligini oshirish, talabalarning mustaqil ishlash va kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qilishini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalaridan oliy ta’lim muassasalarida mazkur fanlarni o‘qitish jarayonini takomillashtirishda foydalanish mumkin.

Kalit so‘zlar: muhandislik grafikasi, kompyuter grafikasi, interfaol usullar, pedagogik texnologiyalar, loyiha asosida o‘qitish, muammoli ta’lim, raqamli ta’lim muhiti, fazoviy tafakkur, ijodiy fikrlash, kasbiy kompetensiya.

Аннотация. В данной статье комплексно рассматриваются теоретические и практические аспекты использования современных интерактивных методов в преподавании инженерной и компьютерной графики. Научно обоснована значимость применения интерактивных подходов в образовательном процессе для развития творческого мышления, пространственного воображения и практических навыков студентов. В ходе исследования использовались методы анализа, сравнения и педагогического наблюдения. Кроме того, определены дидактические возможности эффективного использования проектного и проблемного обучения, а также цифровых образовательных сред. Полученные результаты показывают, что систематическое применение интерактивных методов способствует повышению эффективности освоения дисциплин инженерной и компьютерной графики, развитию самостоятельной работы и профессиональных компетенций студентов. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования процесса преподавания данных дисциплин в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: инженерная графика, компьютерная графика, интерактивные методы, педагогические технологии, проектное обучение,

проблемное обучение, цифровая образовательная среда, пространственное мышление, творческое мышление, профессиональная компетенция.

Abstract. This article comprehensively analyzes the theoretical and practical aspects of using modern interactive methods in teaching engineering and computer graphics. The significance of applying interactive approaches in the educational process for developing students' creative thinking, spatial imagination, and practical skills is scientifically substantiated. During the research process, methods such as analysis, comparison, and pedagogical observation were employed. In addition, the didactic possibilities of effectively using project-based learning, problem-based learning, and digital learning environments were identified. The obtained results demonstrate that the systematic application of interactive methods contributes to improving the effectiveness of mastering engineering and computer graphics disciplines, as well as to the development of students' independent learning and professional competencies. The results of the research can be used to improve the teaching process of these disciplines in higher educational institutions.

Keywords: Engineering graphics, computer graphics, interactive methods, pedagogical technologies, project-based learning, problem-based learning, digital learning environment, spatial thinking, creative thinking, professional competence.

KIRISH.

Bugungi kunda ta'lim tizimida raqamli transformatsiya jarayonlarining jadal rivojlanishi muhandislik fanlarini o'qitish metodikasiga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Xususan, 2021–2025 yillarda xalqaro ta'lim muhitida raqamli ta'lim texnologiyalari, aralash ta'lim (blended learning), kompetensiyaviy yondashuv hamda sun'iy intellektga asoslangan o'quv tizimlari ta'lim sifatini oshirishning asosiy omillari sifatida e'tirof etilmoqda. Shu bilan birga, learning analytics va adaptiv o'qitish tizimlari ta'lim jarayonini individuallashtirishga xizmat qilmoqda.[22]

Muhandislik va kompyuter grafikasi fanlari talabalarda fazoviy tasavvur, texnik fikrlash va dizayn kompetensiyalarini shakllantirishda muhim o'rin tutadi. Ushbu fanlarning amaliy yo'naltirilganligi zamonaviy raqamli vositalar — 3D modellashtirish, virtual modellashtirish, kengaytirilgan reallik (AR) va grafik simulyatsiya texnologiyalaridan samarali foydalanishni talab etadi. Biroq amaliy tajribalar shuni ko'rsatmoqdaki, an'anaviy o'qitish metodlari talabalarning ijodiy,

[22] UNESCO. (2023). *Digital Transformation in Education: 2021–2025 Trends and Perspectives*. Paris: UNESCO Publishing.

ISSN 3030-3907

mustaqil va innovatsion faoliyatini to‘liq rivojlantirishda yetarli darajada samarali emas.

So‘nggi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlarda loyiha asosida o‘qitish (project-based learning), muammoli ta’lim (problem-based learning), raqamli simulyatsiya texnologiyalari, virtual va kengaytirilgan reallik (VR/AR) hamda gamifikatsiya yondashuvlarining ta’lim samaradorligini oshirishdagi roli keng yoritilmoqda. Ushbu innovatsion metodlar talabalarning mustaqil o‘quv faoliyatini faollashtirish bilan birga, ularning kasbiy kompetensiyalari va ijodiy muammolarni hal qilish ko‘nikmalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shunga qaramay, muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitishda interfaol usullarni zamonaviy raqamli texnologiyalar bilan integratsiya qilish, ularning didaktik samaradorligini kompleks baholash masalasi hali yetarli darajada tizimli ilmiy tadqiq etilmagan. Bu esa mazkur yo‘nalishda chuqur ilmiy izlanishlar olib borish zaruratini yuzaga keltiradi.

Ushbu maqolaning maqsadi muhandislik va kompyuter grafikasi fanini o‘qitishda zamonaviy interfaol usullarning nazariy va amaliy asoslarini tahlil qilish, ularning samaradorligini ilmiy jihatdan baholash hamda ta’lim jarayoniga integratsiya qilish bo‘yicha metodik tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot doirasida quyidagi vazifalar belgilangan:

- interfaol usullarning nazariy-metodik asoslarini o‘rganish;
- zamonaviy raqamli ta’lim texnologiyalarining didaktik imkoniyatlarini tahlil qilish;
- loyiha asosida va muammoli ta’lim metodlarining samaradorligini aniqlash;
- ularni muhandislik va kompyuter grafikasi faniga integratsiya qilish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

ADABIYOTLAR TAHLILI. So‘nggi yillarda muhandislik ta’limi va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitish metodikasini takomillashtirishga qaratilgan xalqaro va mahalliy ilmiy tadqiqotlar sezilarli darajada rivojlanmoqda. 2021–2025 yillar oralig‘ida jahon ta’lim tizimida raqamli transformatsiya, sun’iy intellektga asoslangan ta’lim tizimlari, aralash ta’lim (blended learning) hamda kompetensiyaviy yondashuv asosiy ilmiy tendensiyalar sifatida shakllanmoqda.

Jahon tajribasida Engineering Education sohasida olib borilgan tadqiqotlar loyiha asosida o‘qitish (Project-Based Learning) va muammoli ta’lim (Problem-Based Learning) metodlarining talabalarda amaliy muammolarni hal qilish, kreativ fikrlash hamda jamoaviy ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirishdagi yuqori samaradorligini tasdiqlagan. Ayniqsa, AQSh, Germaniya va Janubiy Koreya oliy

ISSN 3030-3907

ta’lim tizimlarida ushbu yondashuvlar muhandislik ta’limining asosiy metodik bazasiga aylangan.[23]

Computer Graphics yo‘nalishida olib borilgan xalqaro tadqiqotlarda 3D modellashtirish, virtual simulyatsiya hamda kengaytirilgan reallik (VR/AR) texnologiyalaridan foydalanish talabalarning fazoviy tasavvuri va vizual tafakkurini sezilarli darajada rivojlantirishi ilmiy asosda isbotlangan. Shu bilan birga, raqamli laboratoriyalar va interaktiv o‘quv platformalari ta’lim jarayonini vizual va amaliy jihatdan boyituvchi muhim vosita sifatida baholanmoqda.

Yevropa va Osiyo mamlakatlarida olib borilgan ilmiy izlanishlarda Blended Learning modeli ta’lim jarayonini individuallashtirish, o‘quvchilarning mustaqil faoliyatini oshirish hamda o‘quv samaradorligini yaxshilashda samarali ekani tasdiqlangan. Shuningdek, sun’iy intellektga asoslangan adaptiv o‘qitish tizimlari talabalarning individual bilim darajasiga moslashtirilgan o‘quv materiallarini taqdim etishda muhim rol o‘ynamoqda.

MDH davlatlari va O‘zbekiston olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitishda interfaol metodlardan foydalanish, xususan loyiha asosida o‘qitish, muammoli ta’lim va raqamli ta’lim muhitlarini joriy etish masalalari o‘rganilgan. Mahalliy tadqiqotlar natijalari ushbu yondashuvlarning talabalarning amaliy ko‘nikmalarini rivojlantirishdagi samaradorligini tasdiqlaydi. Biroq ularni zamonaviy raqamli texnologiyalar bilan integratsiyalash va yagona metodik tizim sifatida qo‘llash masalasi yetarli darajada ilmiy asoslanmagan.[24]

Umuman olganda, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, jahon tajribasi, mintaqaviy yondashuvlar va mahalliy ilmiy izlanishlar natijalari interfaol usullarni zamonaviy raqamli texnologiyalar bilan integratsiya qilish muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, ushbu integratsiyaning metodik asoslarini tizimli ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish zaruriyati saqlanib qolmoqda.[25]

MATERIALLAR VA METODLAR. Ushbu maqola muhandislik va kompyuter grafikasi fanini o‘qitishda zamonaviy interfaol usullarning samaradorligini o‘rganishga qaratilgan bo‘lib, uning metodologik asosini pedagogik, didaktik hamda raqamli ta’lim texnologiyalarining

[23] Siemens, G., & Baker, R. (2022). *Learning Analytics and Educational Data Mining in Higher Education*. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19(1), 45–62.

[24] Karimov, A. A. (2023). *Kompyuter grafikasi va 3D modellashtirishni o‘qitish metodikasi*. Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy ishlari.

[25] Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning (3rd ed.)*. Cambridge University Press.

ISSN 3030-3907

integratsiyalashgan yondashuvi tashkil etadi. Maqola 2021–2025 yillarda ta’lim tizimida kuzatilayotgan raqamli transformatsiya, kompetensiyaviy yondashuv hamda interfaol o‘qitish texnologiyalarining rivojlanish tendensiyalariga tayangan holda shakllantirildi.

Tadqiqotda tizimli, kompetensiyaviy va faol o‘qitish yondashuvlari qo‘llanildi. Ushbu yondashuvlar muhandislik fanlarida nazariy bilimlarni amaliy ko‘nikmalar bilan uyg‘unlashtirish, talabalarning mustaqil fikrlashi hamda muammoli vaziyatlarni hal etish qobiliyatini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, interfaol yondashuvlar ta’lim jarayonida talabaning faol subyekt sifatida ishtirokini kuchaytirib, bilimlarni amaliy faoliyat orqali mustahkamlash imkonini beradi. Ishning maqsadi interfaol usullarning ta’lim samaradorligiga ta’sirini aniqlash hamda ularni kompyuter grafikasi faniga integratsiya qilish imkoniyatlarini asoslashdan iborat.

Oliy ta’lim muassasalarida muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitish jarayoni tahlil qilindi. Obyekt sifatida talabalarning o‘quv faoliyati, grafik ishlanmalar, 3D modellar va amaliy topshiriqlar natijalari o‘rganildi. Materiallar sifatida o‘quv dasturlari, metodik qo‘llanmalar, elektron resurslar hamda AutoCAD, SolidWorks va Blender kabi zamonaviy 3D modellashtirish dasturlari xizmat qildi. Ushbu vositalar talabalarning fazoviy tasavvurini rivojlantirish va grafik kompetensiyalarini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etdi.

Metodik jihatdan tahlil va sintez, qiyosiy tahlil, pedagogik kuzatish, eksperiment elementlari hamda modellashtirish metodlaridan foydalanildi. Tajriba guruhida loyiha asosida o‘qitish (Project-Based Learning) va muammoli ta’lim (Problem-Based Learning) usullari qo‘llanildi, nazorat guruhida esa an’anaviy o‘qitish yondashuvi saqlab qolindi. Bu yondashuvlar orqali interfaol metodlarning ta’lim natijalariga ta’siri qiyosiy asosda baholandi.

Raqamli ta’lim muhiti sifatida 3D modellashtirish, virtual va kengaytirilgan reallik (VR/AR) texnologiyalari, LMS platformalari hamda interaktiv simulyatsiya vositalaridan foydalanildi. Ushbu texnologiyalar o‘quv jarayonini vizual, interaktiv va amaliy jihatdan boyitib, talabalarning nafaqat fazoviy tasavvuri, balki ijodiy fikrlash va muammoli vaziyatlarda tez qaror qabul qilish ko‘nikmalarini ham rivojlantirdi. Shuningdek, blended learning va hamkorlikda o‘qitish elementlari ham qo‘llanildi. Bu yondashuvlar talabalar o‘rtasida jamoaviy ishlash, fikr almashish, o‘zaro tahlil qilish va muhandislik yechimlarini birgalikda ishlab chiqish jarayonini faollashtirdi. Natijada ularning kasbiy kompetensiyalari va amaliy tayyorgarlik darajasi oshgani kuzatildi.

Natijalar talabalarning o‘quv faolligi, bilim o‘zlashtirish darajasi, amaliy topshiriqlar sifati hamda mustaqil ishlash ko‘nikmalari asosida baholandi.

ISSN 3030-3907

Olingan natijalar interfaol usullarning muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi.

NATIJALAR. Tadqiqot natijalari muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitishda zamonaviy interfaol usullarni qo‘llash oliy ta’lim talabalari o‘quv faoliyatiga sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatganini aniqladi. 2021–2025 yillar davomida amalga oshirilgan pedagogik kuzatuv va qiyosiy tahlillar natijasida tajriba guruhidagi oliy ta’lim talabalari nazorat guruhiga nisbatan bilimni o‘zlashtirish darajasi, mustaqil ishlash faolligi hamda amaliy topshiriqlarni bajarish sifati bo‘yicha yuqori natijalarni qayd etdi.

Xususan, loyiha asosida o‘qitish (Project-Based Learning) va muammoli ta’lim (Problem-Based Learning) metodlari qo‘llanilgan guruhdagi oliy ta’lim talabalari murakkab muhandislik-grafik masalalarni mustaqil tahlil qilish, 3D modellarni yaratish hamda texnik chizmalarni interpretatsiya qilish jarayonida yuqori darajadagi faollik va ijodiy yondashuv namoyon etdilar. Bu esa interfaol yondashuvlar nazariy bilimlarni amaliy kompetensiyalar bilan samarali bog‘lashini tasdiqlaydi.

Raqamli ta’lim vositalari — AutoCAD, SolidWorks, Blender hamda VR/AR asosidagi virtual muhitlardan foydalanish oliy ta’lim talabalari fazoviy tasavvuri va vizual-mantiqiy tafakkurini sezilarli darajada rivojlantirdi. Ayniqsa, 3D modellashtirishga asoslangan amaliy topshiriqlar texnik obyektlarni tahlil qilish va muhandislik yechimlarini ishlab chiqish ko‘nikmalarini mustahkamladi. Blended learning (aralash ta’lim) modelining joriy etilishi oliy ta’lim talabalari uchun o‘quv jarayonining uzluksizligini ta’minlab, ularning mustaqil o‘qish, o‘z-o‘zini boshqarish va raqamli platformalar orqali bilimni mustahkamlash kompetensiyalarini rivojlantirdi. Bu esa individual ta’lim trayektoriyasining samaradorligini oshirdi.

Shuningdek, hamkorlikda o‘qitish (Collaborative Learning) texnologiyasi asosida oliy ta’lim talabalari o‘rtasida jamoaviy ishlash, muhandislik muammolarini birgalikda muhokama qilish va optimal yechimlar ishlab chiqish jarayoni kuchaydi. Natijada ularning kommunikativ kompetensiyasi va kasbiy tayyorgarlik darajasi yaxshilandi.

Umuman olganda, olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, interfaol usullar va raqamli texnologiyalar integratsiyasi oliy ta’lim talabalari tomonidan muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘zlashtirish samaradorligini oshiruvchi muhim pedagogik omil hisoblanadi. Ushbu yondashuvlar talabalarning bilim darajasini oshirish bilan birga, ularning ijodiy fikrlash, mustaqil qaror qabul qilish va kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga ham xizmat qiladi.

MUHOKAMA. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitishda interfaol usullarni qo‘llash ta’lim

ISSN 3030-3907

jarayoni sifatini oshirishda muhim pedagogik omil hisoblanadi. Xususan, loyiha asosida o‘qitish (Project-Based Learning) va muammoli ta’lim (Problem-Based Learning) metodlari talabalarning nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan integratsiya qilish imkoniyatini kengaytirib, ularning kasbiy kompetensiyalarini shakllantirishga ijobiy ta’sir ko‘rsatgani aniqlandi.

Raqamli texnologiyalar, jumladan AutoCAD, SolidWorks va Blender dasturiy vositalari hamda VR/AR muhitlaridan foydalanish talabalarda fazoviy tafakkur va texnik modellashtirish ko‘nikmalarining rivojlanishiga xizmat qildi. Bu natijalar so‘nggi yillarda olib borilgan xalqaro tadqiqotlar bilan uyg‘un bo‘lib, 3D modellashtirish va simulyatsiya texnologiyalarining muhandislik ta’limida samarali didaktik vosita ekanligini tasdiqlaydi. Shuningdek, blended learning modeli asosida tashkil etilgan o‘quv jarayoni talabalarning mustaqil o‘qish faoliyatini faollashtirib, o‘quv materiallarini uzluksiz o‘zlashtirish imkoniyatini ta’minladi. Bu esa an’anaviy ta’lim va raqamli platformalar integratsiyasining pedagogik samaradorligini ifodalaydi.

Hamkorlikda o‘qitish texnologiyasi natijasida talabalar o‘rtasida jamoaviy ishlash, fikr almashish va muhandislik yechimlarini birgalikda ishlab chiqish ko‘nikmalari rivojlanganligi kuzatildi. Bu jihat ularning kommunikativ kompetensiyasi hamda loyiha asosida ishlash salohiyatini oshirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, interfaol usullar samaradorligi o‘qituvchilarning raqamli va metodik kompetensiyasiga ham bevosita bog‘liq ekani aniqlandi. Zamonaviy texnologiyalarni yetarli darajada egallagan pedagoglargina interfaol yondashuvlardan samarali foydalana oladi.

Umuman olganda, interfaol ta’lim usullari va raqamli texnologiyalar integratsiyasi muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitishda ta’lim samaradorligini oshiruvchi hamda talabalarning kasbiy va ijodiy rivojlanishini ta’minlovchi muhim ilmiy-pedagogik yondashuv ekanligi asoslandi.

XULOSALAR. Ushbu maqolada muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitishda zamonaviy interfaol usullar hamda raqamli texnologiyalarni integratsiyalashning pedagogik samaradorligi tahlil qilindi. Olib borilgan tahlillar va natijalar asosida quyidagi xulosalar ishlab chiqildi:

Birinchidan, interfaol o‘qitish metodlari (loyiha asosida o‘qitish va muammoli ta’lim) talabalarning nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog‘lash jarayonini sezilarli darajada kuchaytiradi hamda ularning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Ikkinchidan, AutoCAD, SolidWorks, Blender kabi dasturiy vositalar hamda VR/AR texnologiyalari talabalarning fazoviy tasavvuri, texnik fikrlashi va 3D modellashtirish ko‘nikmalarini rivojlantirishda samarali didaktik vositalar ekanligi tasdiqlandi.

ISSN 3030-3907

Uchinchidan, blended learning (aralash ta’lim) modeli o‘quv jarayonining uzluksizligini ta’minlab, talabalarning mustaqil o‘qish faoliyati hamda o‘z-o‘zini boshqarish kompetensiyalarini rivojlantiradi.

To‘rtinchidan, hamkorlikda o‘qitish texnologiyasi talabalar o‘rtasida jamoaviy ishlash, kommunikativ faollik hamda muhandislik muammolarini birgalikda hal etish ko‘nikmalarini shakllantiradi.

Umuman olganda, interfaol usullar va raqamli ta’lim texnologiyalarining integratsiyasi muhandislik va kompyuter grafikasi fanlarini o‘qitish samaradorligini oshiruvchi, shuningdek talabalarning ijodiy fikrlashi, mustaqil qaror qabul qilish qobiliyati hamda kasbiy tayyorgarligini rivojlantiruvchi muhim ilmiy-pedagogik yondashuv ekanligi asoslandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UNESCO. (2023). *Digital Transformation in Education: 2021–2025 Trends and Perspectives*. Paris: UNESCO Publishing.
2. Siemens, G., & Baker, R. (2022). *Learning Analytics and Educational Data Mining in Higher Education*. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19(1), 45–62.
3. Hmelo-Silver, C. E. (2021). *Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?* Educational Psychology Review, 33(2), 345–365.
4. Thomas, J. W. (2022). *A Review of Research on Project-Based Learning*. Autodesk Foundation Research Report.
5. Felder, R. M., & Brent, R. (2023). *Active Learning: Strategies for Increasing Student Engagement*. Journal of Engineering Education, 112(3), 1–18.
6. Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning (3rd ed.)*. Cambridge University Press.
7. Yuldashev, M. R. (2022). *Muhandislik grafikasi fanini o‘qitishda zamonaviy pedagogik texnologiyalar*. Toshkent: O‘zbekiston Milliy universiteti nashriyoti.
8. Karimov, A. A. (2023). *Kompyuter grafikasi va 3D modellashtirishni o‘qitish metodikasi*. Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy ishlari.
9. Abdullayeva, N. Sh. (2021). *Oliy ta’limda raqamli ta’lim muhitini rivojlantirish muammolari*. Pedagogika jurnali, 4(2), 55–61.
10. Rustamov, B. K. (2024). *Interfaol ta’lim metodlarining muhandislik fanlaridagi samaradorligi*. O‘zbekiston pedagogika fanlari ilmiy to‘plami, 7(1), 88–96.

ISSN 3030-3907

OKSIDLANGAN KRAXMAL ASOSIDAGI EKOLOGIK XAVFSIZ KOMPOZITSION YOG‘OCH YELIMI XOSSALARINI O‘RGANISH

Ortiqov Sherzod Sharof og‘li
Buxoro davlat universiteti Kimyo va neft-gaz texnologiyalari kafedrasi o‘qituvchisi
Sharipov Muzafar Samandarovich
Buxoro davlat universiteti Kimyo va neft-gaz texnologiyalari kafedrasi professori

Annotatsiya. Mazkur maqolada oksidlangan kraxmal asosida olingan kompozitsion yog‘och yelimlarining xususiyatlari o‘rganildi. Yelim kompozitsiyalari tarkibi - poliakril kislota, polivinil spirt, limon kislotasi va karbamiddan iborat. Ular asosida tayyorlangan namunalar uchun quruq va nam holatda yopishish mustahkamligi hamda suvni absorbtsiyalash darajasi aniqlanib, o‘zaro solishtirilgan holda tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, limon kislotasi bilan modifikatsiyalangan OK:PAK:LK tarkibli kompozitsiyasi eng yuqori yopishish mustahkamligi va eng past suv yutuvchanlikka ega ekanligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: oksidlangan kraxmal, kompozitsion yelim, poliakril kislota, limon kislota, yopishish mustahkamligi, suv absorbtsiyasi.

Аннотация. В данной статье изучаются свойства композитных древесных клеев на основе окисленного крахмала. Состав клеевых композиций включает полиакриловую кислоту, поливиниловый спирт, лимонную кислоту и мочевину. Были определены и проанализированы в сравнительном порядке прочность сцепления и водопоглощение в сухом и влажном состоянии образцов, приготовленных на их основе. Результаты показали, что композиция с составом ОК:ПАК:ЛК, модифицированным лимонной кислотой, обладает наибольшей прочностью сцепления и наименьшим водопоглощением.

Ключевые слова: окисленный крахмал, композитный клей, полиакриловая кислота, лимонная кислота, прочность сцепления, водопоглощение.

Abstract. This article studies the properties of composite wood glues based on oxidized starch. The composition of the glue compositions consists of polyacrylic acid, polyvinyl alcohol, citric acid and urea. The adhesion strength and water absorption in dry and wet conditions for the samples prepared on their basis were determined and analyzed in a comparative manner. The results showed that the composition with the composition OS:PAA:CA modified with citric acid had the highest adhesion strength and the lowest water absorption.

Keywords: oxidized starch, composite adhesive, polyacrylic acid, citric acid, adhesive strength, water absorption.

KIRISH.

Jahonda ekologik xavfsiz va qayta tiklanuvchi xomashyolar asosida polimer materiallar ishlab chiqishga bo‘lgan qiziqish tobora ortib bormoqda. Ayniqsa, yog‘och materiallari sanoatida qo‘llaniladigan sintetik formaldegidli yelimlarning inson salomatligi va atrof-muhitga salbiy ta’siri inobatga olgan holda, bioasosli yelimlarni yaratishga bo‘lgan ehtiyojni kuchaydi. Shu sababli, so‘nggi yillarda tabiiy polisaxaridlar asosida ekologik xavfsiz, biologik parchalanadigan va yuqori ekspluatatsion xossalarga ega yelim tizimlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

Tabiiy polisaxaridlar orasida kraxmal eng istiqbolli biopolimerlardan biri bo‘lib, uning arzonligi, qayta tiklanuvchanligi va bioparchalanishi katta afzallik hisoblanadi. Biroq tabiiy kraxmalning gidrofilligi, past mexanik barqarorligi hamda nam muhitda tez yemirilishi uning sanoat miqyosida to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llash imkoniyatini cheklaydi. Shu sababli kraxmalni kimyoviy modifikatsiyalash orqali uning fizik-kimyoviy va adgeziv xossalarini yaxshilash muhim ahamiyat kasb etadi.

Oksidlangan kraxmal (OK) tarkibida karbonil va karboksil guruhlarining paydo bo‘lishi natijasida, polimerning reaksion faolligi ortib, boshqa polimerlar bilan kuchli molekulalararo bog‘lar hosil qilish xususiyati yuzaga keladi. Bu esa uning asosidagi kompozitsion yelimlarning yopishish mustahkamligini oshirishga xizmat qiladi.

Mazkur ishda OK asosidagi turli tarkibli kompozitsion yelimlarning quruq va nam holatda yopishish mustahkamligi hamda suv absorbtsiyasi tadqiq qilindi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Tabiiy polisaxaridlar asosidagi bioyelimlar ekologik xavfsizligi va biodegradatsiyalanishi bilan ajralib turadi. Kraxmal asosidagi yelimlar arzon va qayta tiklanuvchi xomashyo bo‘lishiga qaramay, ularning namlikka chidamliligi pastligi asosiy kamchilik hisoblanadi [1].

Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, OK tarkibiga poliakril kislota (PAK) va polivinil spirt (PVS) kiritilishi natijasida, yelimlarning adgeziv xossalari sezilarli yaxshilanishi aniqlangan. Ushbu komponentlar polimer matritsada qo‘shimcha vodorod bog‘lari hosil qilib, plyonkaning yaxlitligi va mexanik barqarorligini oshiradi. Natijada yopishish mustahkamligi ortadi hamda suvning diffuziyasi kamayadi [2, 3]. Limon kislotasi (LK) esa tabiiy krosslinklovchi reagent sifatida kraxmal asosidagi polimer tizimlarda keng qo‘llaniladi. U polimer zanjirlarini fazoviy bog‘lab, materialning suvga chidamliligini va mexanik mustahkamligini oshirish imkonini beradi [4].

Yog‘och materiallari ishlab chiqarishda ishlatiladigan bioyelimlar samaradorligi ularning nam muhitdagi barqarorligiga bog‘liq. Tadqiqotlarda,

ISSN 3030-3907

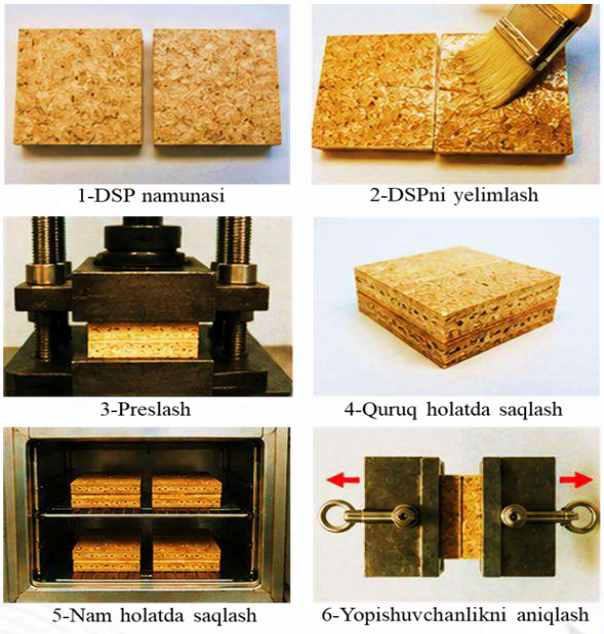
kraxmal asosidagi yelimlarning suv absorbtsiyasi kamayishi va yopishish mustahkamligi oshishi qayd etilgan. Ayniqsa, polikarboksilli kislotalar ishtirokida hosil qilingan kompozitsiyalar yuqori mexanik xossalarga ega ekanligi aniqlangan. Bu esa ekologik xavfsiz yog‘och yelimlari yaratishda muhim omil hisoblanadi [5-7].

So‘nggi yillarda formaldegidsiz (zararsiz) bioyelimlar ishlab chiqarishga oid tadqiqotlar ortib bormoqda. Bunda asosiy e’tibor qayta tiklanuvchi polisaxaridlar asosida yuqori adgeziv va suvga chidamli kompozitsiyalar yaratishga qaratilgan [8].

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot obyekti sifatida oksidlangan kraxmal (OK) asosidagi kompozitsion yelimlar olingan. Kompozitsiyalar tarkibiga poliakril kislota (PAK), polivinil spirt (PVS), limon kislota (LK) va karbamid (KM) kiritildi. Namunalar laboratoriya sharoitida tayyorlandi. OK asosidagi kompozitsion yelimlar tarkibidagi komponentlat massa nisbati: OK-100; OK:PAK:PVS-50:25:25; OK:PAK:LK-60:35:5; OK:PAK:PVS:KM-60:20:15:5.

Namunalarning quruq va nam holatda yopishish mustahkamligi (GOST 15613.1-84) laboratoriya sharoitida aniqlandi. Tajribada o‘lchami 50×50 mm bo‘lgan DSP namunalari ishlatildi. DSP yuzalari iflosliklardan tozalanib, yelim namunalar bir xil qalinlikda surtildi va namunalar mexanik press yordamida biriktirildi. Yelimlangan namunalar xona haroratida davomida quritildi. Nam holatdagi sinovlar nisbiy namligi 85-90% bo‘lgan kamerada saqlandi. Yopishish mustahkamligini aniqlash laboratoriya sharoitida maxsus metall qisqich va yuk osish moslamasi yordamida amalga oshirildi (1-rasm).



1-rasm. Namunalarning quruq va nam holatda yopishish mustahkamligini aniqlash.

ISSN 3030-3907

Namunada ajralish sodir bo‘lgan paytdagi maksimal yuk massasi elektron tarozi yordamida qayd etildi. Natijalar quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$\sigma = \frac{F}{S} (1)$$

Bu yerda: *σ - yopishish mustahkamligi MPa (N/mm^2); F - maksimal kuch (N); S - yopishtirilgan yuza maydoni (mm^2).* Har bir namuna uchun tajriba kamida 5 marta takrorlandi va natijalar o‘rtacha qiymat sifatida olindi.

Suv absorbtsiyasini aniqlash. OK va uning asosidagi kompozitsion yelimlar DSP namunalaridagi suv absorbtsiyasi GOST 10634-88 asosida aniqlandi. Tajribada o‘lchami 25×25 mm bo‘lgan DSP namunalari dastlab analitik tarozida tortilib, boshlang‘ich massasi (m_1) qayd etildi. Keyin namunalar 20°C haroratdagi suvga 2 soat daqiqa davomida saqlandi. So‘ng suvdan chiqarilib, ortiqcha suv filtr qog‘oz yordamida quritildi va suv shimgan keyingi massa (m_2) aniqlandi. Suv absorbtsiyasi quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$\Delta_W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 (2)$$

Bu yerda: *Δ_W - suv absorbtsiyasi (%); m_1 - boshlang‘ich massa, g; m_1 – keyingi massa, g.* Har bir namuna uchun tajriba kamida 5 marta takrorlandi va natijalar o‘rtacha qiymat sifatida olindi.

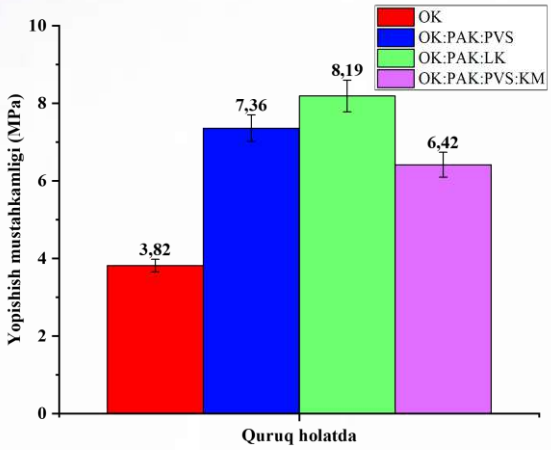
Statistik va taqqoslash. Olingan natijalar mavjud ilmiy adabiyotlar bilan solishtirilib, tadqiqot natijalarining ishonchliligini oshirish hamda ularni xalqaro ilmiy kontekstga moslashtirish imkonini berdi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Yelimlarning yopishish mustahkamligi yog‘och materiallari ishlab chiqarishda asosiy sifat ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanib, ushbu ko‘rsatkich yelim qatlamining mexanik yuklama ostida ajralishga qarshiligini ifodalaydi. Ayniqsa, ekologik xavfsiz va qayta tiklanuvchi xomashyolar asosidagi bioyelimlar yaratishda yuqori adgeziv xususiyatlarni ta’minlash muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

2-rasmda OK va uning asosida olingan kompozitsion yelimlarning quruq sharoitda yopishish mustahkamligi aniqlash tajriba natijalari keltirilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. OK asosidagi turli tarkibli kompozitsion yelimlarning quruq sharoitdagi adgeziv xossalari

2-rasmda keltirilgan natijalarga ko‘ra, OK namunasining yopishish mustahkamligi 3,82 MPa ni tashkil etib,. uning yog‘och sirtiga ma’lum darajada yopishishini ko‘rsatsa-da, modifikatsiyasiz tizimning ichki mexanik barqarorligi past ekanligi aniqlandi.

OK:PAK:PVS tarkibli yelim kompozitsiyasida yopishish mustahkamligi 7,36 MPa ga yetib, OK ga nisbatan 1,9 marta oshganligi kuzatildi. PAK va PVS komponentlarining sinergik ta’siri natijasida, yuqori plyonka hosil qiluvchi polimer sifatida tizimning elastikligini oshib, yelim qatlamidagi mikroyoriqlar kamayishi hisobiga yopishish mustahkamligi sezilarli darajada ortadi.

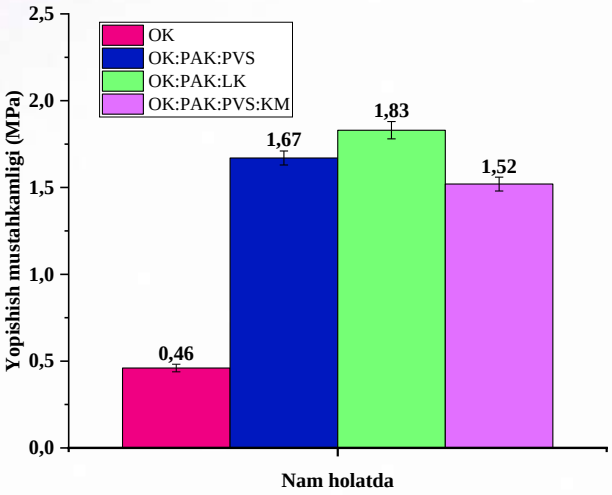
OK:PAK:LK tarkibli namunaning yopishish mustahkamligi 8,19 MPa ni tashkil etib, OK ga nisbatan 2,14 marta, OK:PAK:PVS ga nisbatan esa 1,11 marta yuqori ekanligi aniqlandi.

OK:PAK:PVS:KM kompozitsiyasida yopishish mustahkamligi 6,42 MPa bo‘lib, OK ga nisbatan 1,68 marta yuqori bo‘lsada, OK:PAK:PVS va OK:PAK:LK tarkibli yelim kompozitsiyasiyalidan past ekanligi aniqlandi. Demak, KM asosan plastifikator vazifasini bajarib, elastiklikni oshiradi, biroq adgeziv xususiyatni oshiruvchi xususiyatga ega emasligi kuzatildi.

Nam muhit sharoitida yog‘och materiallari uchun qo‘llaniladigan yelimlarning ishlash samaradorligi ularning suv ta’sirida bog‘lanishni saqlab qolish qobiliyati bilan baholanadi. Tabiiy polimerlar asosida ishlab chiqilgan yelimlar odatda gidrofil tabiati sababli suv ta’sirida zaiflashishga moyil bo‘ladi. Shuning uchun ularni kimyoviy modifikatsiyalash orqali yuqori namlikda ishlatiladigan yelimning nam holatda ham yopishish mustahkamligini ma’lum darajada saqlab qolish, muhim ekspluatatsion mezonlardan biri hisoblanadi.

Tajribalarimizda kompozitsion yelimlarning nam holatda yopishish mustahkamligi aniqlandi (3-rasm).

ISSN 3030-3907



3-rasm. OK asosidagi turli tarkibli kompozitsion yelimlarning nam sharoitdagi adgeziv xossalari

3-rasmdagi tajriba natijalariga ko‘ra, OK namunasining nam holatdagi yopishish mustahkamligi 0,46 MPa ni tashkil etib, uning nam muhitda bog‘lovchi xossalari keskin pasayishi kuzatildi.

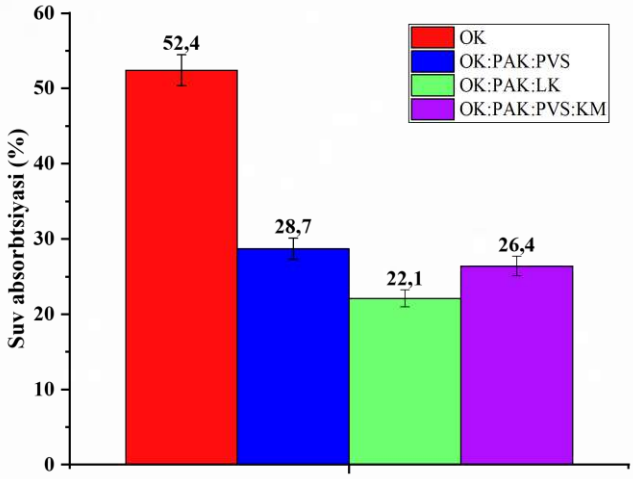
OK:PAK:PVS tarkibli kompozitsiyasiyaning nam holatdagi yopishish mustahkamligi 1,67 MPa ni tashkil qildi va OK ga nisbatan 3,63 baravar yuqorigi aniqlandi. PAK kompozitsiyasiya tarkibidagi OK bilan ko‘p nuqtali bog‘lanishlar hosil qilishi va PVS esa zich plyonka hosil qilishi hisobiga namlikning ichki qatlamga kirib borishini sekinlashtiradi. OK:PAK:PVS:KM tarkibli kompozitsiyasida nam holatdagi yopishish mustahkamligi 1,52 MPa tashkil qilib, OK ga nisbatan 3,3 yuqori ekanligi kuzatildi KM ning nam muhitda tizimga qo‘shimcha gidrofillik berishi hisobiga yuqori yopishish kuchi namoyon qilmadi.

OK:PAK:LK tarkibli yelim namunasi nam muhitda 1,83 MPa, eng yuqori mustahkamlikni namoyon qildi va bu ko‘rsatkich bo‘yicha OK ga nisbatan 3,97 marta ko‘p. Demak, ushbu namuna zich fazoviy tarmoq hosil qilgan holda, suv molekulalarining polimer matritsasiga kirishini cheklash orqali yopishish qatlamining yaxlitligini saqlab qolgan. Liang va hammualliflar tomonidan olib borilgan tajribalarda limon kislotasi yordamida krosslinklangan kraxmal asosidagi yelimlarda nam holatdagi mustahkamlik sezilarli oshishi aniqlangan [4].

Yog‘och materiallari ishlab chiqarishda ishlatiladigan yelimlarning xizmat muddati ko‘p jihatdan ularning namlik ta’siriga bardoshliligiga bog‘liq bo‘ladi. Agar yelim suvni ko‘p miqdorda yutsa, bog‘lovchi qatlam shishib, ichki tuzilma bo‘shashadi va natijada, yopishtirilgan qatlamlar orasidagi mustahkamlik pasayadi. Shu sababli yelim tarkibini ishlab chiqishda ularning faqat yopishish kuchi emas, balki suv yutish darajasini ham kamaytirish kerak.

ISSN 3030-3907

OK asosidagi kompozitsion yelimlar tarkibiga turli funksional qo‘shimchalar kiritish orqali ularning namlikka nisbatan turg‘unligini oshirish mumkin. Buni 4-rasmda keltirilgan tajriba natijalaridan ko‘rish mumkin.



4-rasm. OK asosidagi turli tarkibli kompozitsion yelimlarning suv absorbtsiyasi

4-rasmdagi natijalarga ko‘ra OK namunasining yuqori suv yutuvchanlikka (52,4%) ega enligi namoyon bo‘ldi. Bu ko‘rsatkich OK strukturasidagi qutbli markazlar suv molekulalarini o‘ziga tortishi natijasida, hajmi kengayib, yumshashi va strukturaning zaiflashishi kuzatiladi. Bunday holat ayniqsa tashqi muhit nam bo‘lgan sharoitlarda ekspluatatsion sifatni keskin pasaytiradi.

OK:PAK:PVS tarkibli kompozitsiyaning suv absorbtsiyasi 28,7% tashkil qilib, OK namunasiga nisbatan 1,83 marta kam ekanligi aniqlandi. Mazkur o‘zgarish kompozitsiya tarkibida hosil bo‘lgan murakkab polimer tarmoq bilan bog‘liq. Shuningdek, kompoziysiya tarkibida PVS ning mavjudligi yelim qatlamining mikrobo‘shliqlarini kamaytiradi. Natijada, suvning diffuziya tezligi sekinlashib, umumiy yutilish miqdori kamayishiga olib keladi.

OK:PAK:LK tarkibli yelim kompozitsiyasining suv absorbtsiyasi 22,1% ni tashkil etdi. Ushbu natija, OK ga nisbatan 2,37 marta kam bo‘lib, ishlab chiqilgan tarkiblar ichida eng samarali hisoblanadi. Bunda, molekulalararo zanjirlari o‘zaro bog‘lab, uning harakatchanligini cheklash, struktura ixchamlash orqali suv kirishi mumkin bo‘lgan bo‘shliqlarnining kamayishiga olib keluvchi asosiy vazifani LK bajaradi. Shuningdek, LK yelim qotganidan so‘ng qattiqroq va zichroq qatlam hosil qilib, namlikning ichkariga o‘tishini keskin kamaytiradi.

OK:PAK:PVS:KM namunasi uchun suv absorbtsiyasi 26,4% tashkil etib, bu ko‘rsatkich bo‘yicha OK:PAK:PVS namunasiga nisbatan biroz yaxshiroq, ammo OK:PAK:LK namunasida nisbatan deyarli 1,2 marta yuqori natijani ko‘rsatdi. Demak, KM namlikni butunlay cheklab qo‘ya olmagan. Shuning uchun bu tarkibda suv absorbtsiyasi o‘rtacha darajada saqlandi.

ISSN 3030-3907

OK asosidagi turli tarkibli yelim namunalarida olib borilgan natijalar shuni ko‘rsatdiki, OK ni modifikatsiyalash orqali uning suv yutuvchanligini keskin kamaytirish mumkin.Ayniqsa, namlikka chidamli yog‘och yelimi tarkibini ishlab chiqishda OK:PAK:LK kompozitsiya eng istiqbolli namuna sifatida baholash mumkin.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

OK asosidagi kompozitsion yelimlarning xossalarini o‘rganish boyicha olingan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, uning modifikatsiyalanishi yelimning adgeziv xossalarini sezilarli yaxshilaydi. Xususan, OK:PAK:LK tarkibli kompozitsion yelimning quruq holatdagi yopishish mustahkamligi 8,19 MPa ni tashkil etdi. Nam muhitdagi tajribalar ham LK ishtirokidagi kompozitsiyaning yuqori barqarorligini tasdiqladi. Ushbu namuna 1,83 MPa yopishish mustahkamligini namoyon qilib, suv ta’sirida ham bog‘lovchi qatlam yaxlitligini saqlab qoldi.

Suv absorbtsiyasi natijalari esa OK:PAK:LK kompozitsiyasi eng past suv yutuvchanlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Bu LK yordamida hosil bo‘lgan zich fazoviy polimer tarmoq bilan izohlanadi. KM qo‘shilgan kompozitsiyalarda elastiklik oshgan bo‘lsada, namlikka chidamlilik va yopishish mustahkamligi LK namunaga nisbatan pastroq bo‘ldi. Demak, KM asosan plastifikator sifatida ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

Olingan natijalar asosida, OK:PAK:LK tarkibli kompozitsiya ekologik xavfsiz hamda formaldegidsiz yog‘och yelimlari yaratishda istiqbolli material ekanligi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Watcharakitti J., Win Jobling S., Bartlett K. Modified Starch-Based Adhesives: A Review // Polymers. 2022. Vol. 14. https://doi.org/10.3390/polym14102023.
2. Wang Z., Gu Z., Hong Y., Cheng L., Li Z. Bonding strength and water resistance of starch-based wood adhesive improved by silica nanoparticles // Carbohydrate Polymers. 2011. Vol. 86. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.003.
3. Su M., Fang Y., Li Y., Wu Z. Preparation and characterization of a water-resistant starch adhesive with zero formaldehyde emission // Carbohydrate Polymers. 2022. Vol. 287. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119321.
4. Liang J., Li D., Luo Z., Yang Y., Meng T., Chen C., Li H., Zuo N., Li Q., Yang H., Wu Z. Starch-Citric Acid Adhesive: Preparation and Performance Study Catalyzed by p-Toluenesulfonic Acid // Polymers. 2025. Vol. 17. https://doi.org/10.3390/polym17233224.

ISSN 3030-3907

5. Amini M.H.M., Hashim R., Sulaiman N.S., Mohamed M., Sulaiman O. Citric acid-modified starch as an environmentally friendly binder for wood composite making // BioResources. 2020. Vol. 15.
6. Budhijanto B.P.P., Indriati D., Prasetyo D. Enhancing the Quality of Cassava Starch-Based Wood Bioadhesive using Polyvinyl Alcohol // International Journal of Technology. 2024. Vol. 15. P. 145-154.
7. Liu M., Zhang Y., Wang H., Li J. Preparation of a high-strength, hydrophobic performance oxidized starch adhesive // Carbohydrate Polymers. 2023. Vol. 318. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121155.
8. Xu D., Li C., Zhou Y., Wang Z., Hou D., Lei H., Chen Z., Du G. Self-Neutralizing Citric Acid-Corn Starch Wood Adhesives // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2024. Vol. 12. P. 13521-13532. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c05590.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON ENERGETIKA TIZIMIDA GIDROAKKUMULYATSION ELEKTR STANSIYALAR TEXNOLOGIYALARINI INTEGRATSIYALASH ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Abdullayeva Muxtasar Akmaljon qizi.
Farg‘ona davlat texnika universiteti , Energetika muhandisligi kafedrasi, Pedagogika f.b.f.d PhD
E-mail: abdullayevamuxtasarxon91@gmail.com
Ortiqov Mamurjon Mo‘minjonovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiyalarning (GAES) ishlash prinsipi, O‘zbekiston sharoitida ularni qurish imkoniyatlari hamda texnik-iqtisodiy samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, tog‘li hududlar va mavjud suv omborlari GAES qurish uchun qulay sharoit yaratishi aniqlandi. Shuningdek, GAES elektr yuklamalarini muvozanatlashtirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish va energiya tizimi barqarorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligi asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: GAES, gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiya, energiya saqlash, gidroenergetika, qayta tiklanuvchi energiya, elektr yuklamasi, suv ombori, energetika tizimi, nasos-turbina, energiya samaradorligi.

Аннотация. В данной статье рассматриваются принцип работы гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), возможности их строительства в условиях Узбекистана, а также их технико-экономическая эффективность. Результаты исследования показали, что горные районы и существующие водохранилища создают благоприятные условия для строительства ГАЭС. Кроме того, обоснована важность ГАЭС в балансировании электрических нагрузок, эффективном использовании возобновляемых источников энергии и повышении устойчивости энергетической системы.

Ключевые слова: ГАЭС, гидроаккумулирующая электростанция, накопление энергии, гидроэнергетика, возобновляемая энергия, электрическая нагрузка, водохранилище, энергетическая система, насос-турбина, энергоэффективность.

Abstract. This article analyzes the operating principle of pumped-storage hydroelectric power plants (PSHPP), the possibilities of their implementation in Uzbekistan, and their technical and economic efficiency. The results of the study show that mountainous regions and existing reservoirs create favorable conditions for the construction of PSHPPs. In addition, the study substantiates the importance

ISSN 3030-3907

of PSHPPs in balancing electrical loads, efficient utilization of renewable energy sources, and improving the stability of the energy system.

Keywords: PSHPP, pumped-storage hydroelectric power plant, energy storage, hydropower, renewable energy, electrical load, reservoir, energy system, pump-turbine, energy efficiency.

KIRISH.

Bugungi kunda jahon energetika tizimida elektr energiyasiga bo‘lgan talabning ortib borishi, qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushi kengayayotgani, hamda energiya resurslaridan samarali foydalanish masalalari energetika sohasining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylanmoqda. Ayniqsa, elektr energiyasini ishlab chiqarish va iste’mol qilish jarayonidagi notekis yuklamalar, yuklama iste’molining yuqori davrlarida quvvat yetishmovchiligi hamda energiya tizimlarida barqarorlikni ta’minlash masalalari zamonaviy energiya akkumulyatsiyasi texnologiyalarini joriy etishni talab qilmoqda. Shu nuqtai nazardan, gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (GAES) texnologiyalari elektr energetika tizimining samaradorligini oshirishda muhim texnologik yechimlardan biri sifatida qaralmoqda.

So‘nggi yillarda gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (GAES) texnologiyalaridan foydalanish orqali elektr energetika tizimlarining barqarorligini oshirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash hamda energiya samaradorligini ta’minlash masalalariga katta e’tibor qaratilmoqda. Ilmiy tadqiqotlarda GAES texnologiyalari elektr energiyasini katta hajmda saqlash imkoniyatiga ega bo‘lgan eng samarali energetik tizimlardan biri sifatida baholanadi. Bu borada bir qator ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan bo‘lib, Aneke va Wang ilmiy tadqiqotlarda energiyani saqlash texnologiyalarining zamonaviy energetika tizimidagi o‘rni tahlil qilingan, unda GAES texnologiyalarining yuqori foydali ish koeffitsienti, katta quvvatda ishlash imkoniyati hamda uzoq muddat xizmat qilishi asoslab berilgan [1]. Mualliflar qayta tiklanuvchi energiya manbalarining o‘zgaruvchan ishlab chiqarish rejimlarini muvozanatlashtirishda aynan GAES tizimlari muhim rol o‘ynashini ta’kidlagan.

Yang va Jackson tadqiqotlarida GAES tizimlarining shamol hamda quyosh elektr stansiyalari bilan integratsiyalashuvi o‘rganilgan [2]. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, GAES texnologiyalari elektr yuklamalarining pik davrlarini boshqarish, energiya tizimidagi chastota va kuchlanish barqarorligini ta’minlash hamda avariyaviy holatlarning oldini olish imkonini beradi. Ayniqsa, qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushi ortib borayotgan energetika tizimlarida GAES strategik texnologiya sifatida baholangan.

ISSN 3030-3907

Katsaprakakis tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotlarda tog‘li va orol hududlarida joylashgan energetika tizimlarida GAES texnologiyalaridan foydalanish samaradorligi tahlil qilingan [3]. Tadqiqot natijalarida elektr energiyasi iste’molidagi notekis yuklamalarni kamaytirish, energiya yo‘qotishlarini qisqartirish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish darajasini oshirishda GAES tizimlari yuqori samaradorlikka ega ekanligi aniqlangan.

Luo va boshq.[4] tomonidan energiyani saqlash texnologiyalarining rivojlanish istiqbollari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda GAES tizimlari sanoat miqyosida eng keng tarqalgan energiya akkumulyatsiyasi texnologiyasi sifatida qayd etilgan. Mualliflarning fikricha, elektr energiyasiga talab va ishlab chiqarish orasidagi nomutanosiblikni bartaraf etishda GAES texnologiyalarining ahamiyati juda yuqori hisoblanadi.

Rehman [5] tomonidan qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi elektr tizimlarida energiya saqlash usullari o‘rganilgan bo‘lib, unda GAES texnologiyalarining energiya tizimi ishonchliligini oshirishdagi roli yoritilgan. Tadqiqotlarda energiya ishlab chiqarishning uzluksizligini ta’minlash va elektr tarmoqlaridagi yuklamalarni optimallashtirishda GAES muhim texnologik yechim sifatida ko‘rsatilgan.

Yang hamda boshqa tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ilmiy ishlarda esa GAES tizimlarining ekologik va iqtisodiy samaradorligi tahlil qilingan [6]. Tadqiqot natijalari GAES texnologiyalari uzoq muddatli ekspluatatsiya sharoitida iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lishi bilan birga atmosferaga zararli chiqindilarni kamaytirishga ham xizmat qilishini ko‘rsatgan. Taxlil qilingan ishlar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekiston sharoitida ham GAES texnologiyalaridan samarali foydalanib energiya samaradorligini oshirish borasida ilmiy-tadqiqot ishlari zarurdir.

O‘zbekiston energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish va elektr tarmoqlarini modernizatsiyalash bo‘yicha qator ilmiy-amaliy ishlar amalga oshirilayotgan bo‘lsa-da, GAES texnologiyalarini joriy etishning texnik va iqtisodiy samaradorligi yetarli darajada tadqiq qilinmagan. Shu sababli O‘zbekiston sharoitida mavjud suv omborlari, relef xususiyatlari va energetik infratuzilma imkoniyatlari asosida GAES tizimlarini qo‘llash istiqbollarini ilmiy jihatdan asoslash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

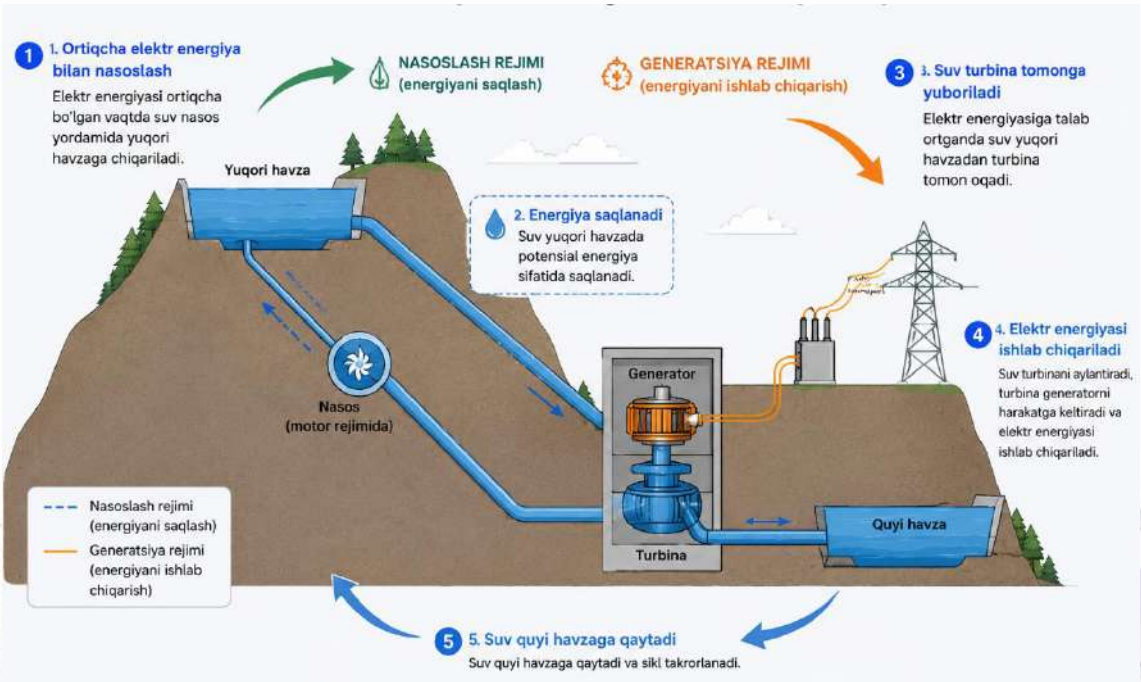
Bugungi kunda O‘zbekiston Respublikasi energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalari ulushining ortib borishi energiyani saqlash texnologiyalarini rivojlantirishni talab etmoqda. Shu munosabat bilan Prezidentimizning PQ-44-son hamda PQ-252-son qarorlari asosida gidroenergetikani rivojlantirish va umumiy quvvati 1600 MVt bo‘lgan

ISSN 3030-3907

gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiyalarini (GAES) qurish bo‘yicha dasturlar tasdiqlandi. Mazkur loyihalar energiya tizimining barqarorligini oshirish, yuklama grafigini muvozanatlashtirish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishga xizmat qiladi.

Gidroakkumulyatsion elektr stansiyalar (GAES) elektr energiyasini akkumulyatsiyalash va uni qayta ishlab chiqarishga asoslangan zamonaviy energetik texnologiyalardan biri hisoblanadi. GAESning ishlash prinsipi ikki xil rejim — energiyani jamlash va energiyani ishlab chiqarish jarayonlariga asoslanadi. Mazkur tizim odatda o‘zaro bog‘langan yuqori va quyi suv havzalaridan tashkil topadi.

Elektr energiyasiga talab kam bo‘lgan davrlarda, ya’ni tungi yoki yuklama past bo‘lgan vaqt oralig‘ida elektr tarmog‘idagi ortiqcha energiya yordamida nasos agregatlari ishga tushiriladi. Natijada quyi havzadagi suv yuqori havzaga nasos orqali chiqariladi. Ushbu jarayonda elektr energiyasi suvning potensial energiyasi ko‘rinishida saqlanadi. Mazkur holat GAESning energiyani akkumulyatsiyalash rejimi hisoblanadi. Elektr energiyasiga talab ortgan davrlarda esa yuqori havzada to‘plangan suv bosim ostida gidroturbinalarga yo‘naltiriladi. Suv oqimi turbina parraklarini aylantiradi va generator orqali elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Bu jarayon energiyani qayta ishlab chiqarish rejimi hisoblanadi. Shu tariqa GAES tizimlari elektr energiyasi ishlab chiqarish va iste’mol qilish o‘rtasidagi nomutanosiblikni muvozanatlashtirish imkonini beradi.



1-rasm. GAES ning ishlash prinsipi

GAES texnologiyalarining asosiy afzalliklaridan biri elektr yuklamalarining pik davrlarini samarali boshqarish imkoniyatidir. Bundan

ISSN 3030-3907

tashqari, ushbu tizimlar elektr tarmoqlarida chastota va kuchlanish barqarorligini saqlash, avariyaviy holatlarning oldini olish hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan ishlovchi elektr stansiyalar faoliyatini qo‘llab-quvvatlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

GAES tizimlarining ishlash samaradorligi asosan suv havzalari orasidagi balandlik farqi, suv hajmi, gidroturbina va nasos agregatlarining texnik ko‘rsatkichlari hamda boshqaruv tizimining optimallashganligiga bog‘liq bo‘ladi. Zamonaviy GAESlarda reversiv gidroagregatlardan foydalaniladi, ya’ni bitta agregat ham nasos, ham turbina vazifasini bajarishi mumkin. Bu esa tizimning texnik va iqtisodiy samaradorligini oshiradi.

O‘zbekiston sharoitida GAES qurish uchun tog‘li hududlar va mavjud suv omborlari katta imkoniyat yaratadi. Ayniqsa, Chorvoq, Andijon va boshqa yirik gidrotexnik inshootlar yaqinida GAES tizimlarini tashkil etish texnik jihatdan qulay hisoblanadi. Respublikada quyosh va shamol elektr stansiyalarining ko‘payib borayotgani energiyani saqlash tizimlariga ehtiyojni oshirmoqda. Shu sababli GAES elektr yuklamalarini muvozanatlashtirish va energiya tizimi barqarorligini ta’minlashda samarali yechim bo‘la oladi.

Texnik tahlil shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonning tog‘li hududlarida balandliklar farqi 300–600 metr bo‘lgan joylarda GAES qurish imkoniyati mavjud. Masalan, Chorvoq suv ombori hududida yuqori va quyi havzalar orasidagi tabiiy relef nasos-turbina tizimini joylashtirish uchun qulay hisoblanadi. Bunday sharoitda 200 MVt quvvatli GAES sutkaning yuklama yuqori bo‘lgan vaqtida qo‘shimcha elektr energiyasi ishlab chiqarishi mumkin. Shu bilan birga, qayta tiklanuvchi energiya manbalari ishlab chiqargan ortiqcha elektr energiyasini saqlash imkoniyati yaratiladi.

Iqtisodiy jihatdan tahlil qilinganda, GAES qurilishi dastlab katta kapital xarajat talab qiladi, biroq uzoq muddatda elektr energiyasi tannarxini kamaytiradi. Masalan, tungi vaqtda arzon elektr energiyasi hisobiga suv yuqori havzaga chiqariladi, kunning pik yuklama vaqtida esa ushbu suv orqali qimmat elektr energiyasi ishlab chiqariladi. Natijada energiya tizimidagi yuklama notekisligi kamayadi va issiqlik elektr stansiyalarining yoqilg‘i sarfi qisqaradi. Bu esa tabiiy gaz tejalishiga ham olib keladi. Shu sababli GAES loyihalari 10–15 yil davomida o‘zini iqtisodiy jihatdan qoplashi mumkin.

Xulosa qilib aytganda, O‘zbekiston sharoitida GAES qurish texnik va iqtisodiy jihatdan istiqbolli hisoblanadi. Tog‘li hududlar, mavjud suv omborlari hamda qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ortib borishi ushbu texnologiyani joriy etish uchun qulay imkoniyat yaratadi. GAES elektr yuklamalarini muvozanatlashtirish, energiya tizimi barqarorligini oshirish va yoqilg‘i resurslarini tejashda muhim ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Aneke M., Wang M. Energy storage technologies and real life applications – A state of the art review // Applied Energy. – 2016. – Vol. 179. – P. 350–377.
2. Yang C. J., Jackson R. B. Opportunities and barriers to pumped hydro energy storage in the United States // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Vol. 15(1). – P. 839–844.
3. Katsaprakakis D. A., Christakis D. G., Pavlopoylos K. et al. Hybrid power systems with high renewable energy penetration for non-interconnected islands // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 29. – P. 851–862.
4. Luo X., Wang J., Dooner M., Clarke J. Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation // Applied Energy. – 2015. – Vol. 137. – P. 511–536.
5. Rehman S., Al-Hadhrami L. M., Alam M. M. Pumped hydro energy storage system: A technological review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 44. – P. 586–598.
6. Yang Z., Zhang N., Kintner-Meyer M. C. W. et al. An overview of energy storage technologies for electric power applications // Applied Energy. – 2011. – Vol. 88(7). – P. 243–251.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEK SHE’RIYATIDA EMOTSIONAL INTENSIVLIKNI IDROK ETISHNING NEYROPSIXOLINGVISTIK TAHLILI

Boymirova Dilshoda Oblayor qizi
Koson tumani 44-umumiy o‘rta ta’lim maktabi
Email: dishaboymirova97@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada o‘zbek she’riyatida emotsional intensivlikni idrok etishning neyropsixolingvistik xususiyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda poetik matnlarning emotsional-ekspressiv qatlamini aniqlash, metafora, ritm, fonetik uyg‘unlik va assotsiativ obrazlarning o‘quvchi ongiga ta’sir mexanizmlarini o‘rganishga alohida e’tibor qaratildi. Tadqiqot metodologiyasi kognitiv poetika, neyropsixolingvistika va affektiv neyrofan tamoyillariga asoslandi. Abdulla Oripov, Erkin Vohidov, Muhammad Yusuf, Rauf Parfi hamda Halima Xudoyberdiyeva she’riyati misolida poetik birliklarning emotsional rezonans hosil qilish xususiyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari poetik matnlarni idrok qilish jarayonida kognitiv va affektiv mexanizmlar parallel faoliyat ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Shuningdek, milliy-madaniy konseptlar bilan bog‘liq poetik birliklar o‘quvchi ongida kuchli emotsional assotsiatsiyalarni yuzaga keltirishi aniqlandi. Tadqiqot o‘zbek she’riyatining neyropsixolingvistik xususiyatlarini zamonaviy interdisiplinar yondashuv asosida tavsiflash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: neyropsixolingvistika, kognitiv poetika, emotsional intensivlik, poetik metafora, affektiv rezonans, assotsiativ tafakkur, o‘zbek she’riyati.

Аннотация. В данной статье анализируются нейропсихолингвистические особенности восприятия эмоциональной интенсивности в узбекской поэзии. Особое внимание уделено исследованию эмоционально-экспрессивного слоя поэтических текстов, а также механизмов воздействия метафоры, ритма, фонетической гармонии и ассоциативных образов на сознание читателя. Методология исследования основана на принципах когнитивной поэтики, нейропсихолингвистики и аффективной нейронауки. На примере творчества Абдуллы Орипова, Эркина Вахидова, Мухаммада Юсуфа, Рауфа Парфи и Халимы Худойбердиевой проанализированы особенности формирования эмоционального резонанса в поэтических единицах. Результаты исследования показали, что в процессе восприятия поэтического текста когнитивные и аффективные механизмы функционируют параллельно. Кроме того, было установлено, что поэтические единицы, связанные с национально-культурными концептами, вызывают у читателя сильные эмоциональные ассоциации. Исследование позволяет описать нейропсихолингвистические особенности узбекской поэзии на основе современного междисциплинарного подхода.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: нейропсихолингвистика, когнитивная поэтика, эмоциональная интенсивность, поэтическая метафора, аффективный резонанс, ассоциативное мышление, узбекская поэзия.

Abstract. This article analyzes the neuropsycholinguistic features of perceiving emotional intensity in Uzbek poetry. Special attention is paid to identifying the emotional-expressive layer of poetic texts and studying the mechanisms through which metaphor, rhythm, phonetic harmony, and associative imagery influence readers' consciousness. The research methodology is based on the principles of cognitive poetics, neuropsycholinguistics, and affective neuroscience. The poetic works of Abdulla Oripov, Erkin Vohidov, Muhammad Yusuf, Rauf Parfi, and Halima Xudoyberdiyeva were analyzed to determine the emotional resonance created by poetic units. The findings revealed that cognitive and affective mechanisms function simultaneously during the perception of poetic texts. In addition, poetic units associated with national and cultural concepts generate strong emotional associations in readers' minds. The study contributes to describing the neuropsycholinguistic characteristics of Uzbek poetry through a contemporary interdisciplinary approach.

Keywords: neuropsycholinguistics, cognitive poetics, emotional intensity, poetic metaphor, affective resonance, associative thinking, Uzbek poetry.

KIRISH.

Bugungi kunda tilshunoslik, psixologiya va neyrofanlar kesishmasida shakllanayotgan neyropsixolingvistika yo‘nalishi inson tafakkuri, emotsional idroki hamda til birliklari o‘rtasidagi murakkab munosabatlarni o‘rganishda muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri sifatida e’tirof etilmoqda [7]. Ayniqsa, badiiy matnlar, xususan, she’riy nutqning emotsional ta’sir mexanizmlarini tadqiq qilish masalasi zamonamiz filologik va kognitiv tadqiqotlarida dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. She’riyat inson ruhiyati, hissiy holati va estetik tafakkurining eng nozik qatlamlarini ifodalovchi badiiy hodisa sifatida nafaqat lingvistik, balki psixologik va neyrofiziologik jihatdan ham murakkab tizim hisoblanadi [13].

O‘zbek she’riyati azaldan insonning ichki kechinmalari, ruhiy holati va emotsional tajribalarini chuqur poetik obrazlar orqali aks ettirib kelgan. Ammo mazkur emotsional intensivlikning o‘quvchi ongida qanday idrok etilishi, uning neyropsixologik va psixolingvistik mexanizmlari hozirgi kungacha yetarli darajada kompleks o‘rganilmagan [2]. Ayniqsa, poetik matndagi metafora, ritm, intonatsion struktura, semantik assotsiatsiyalar hamda ekspressiv birliklarning inson miyasida emotsional faollikni yuzaga keltirish jarayoni ilmiy jihatdan alohida tadqiqotlarni talab qiladi.

Kognitiv poetika nazariyasi vakili Reuven Tsur poetik matnni idrok qilish inson tafakkuridagi kognitiv va emotsional jarayonlar bilan chambarchas

ISSN 3030-3907

bog‘liqligini ta’kidlaydi. Shuningdek, George Lakoff va Mark Johnson tomonidan ishlab chiqilgan konseptual metafora nazariyasiga ko‘ra, emotsiyalar til orqali metaforik modellar vositasida ifodalanadi va o‘quvchi ongida muayyan hissiy reaksiyalarni shakllantiradi. Neyrofan olimi Jaak Panksepp esa emotsional jarayonlarning inson miyasi faoliyati bilan uzviy bog‘liqligini ilmiy asoslab bergan. Mazkur nazariyalar poetik nutqning emotsional ta’sir kuchini neyropsixolingvistik jihatdan tahlil qilish uchun muhim metodologik asos vazifasini bajaradi [9, 15].

Hozirgi global ilmiy tadqiqotlarda poetik matnlarning emotsional xususiyatlarini sun’iy intellekt, neyrolingvistika va kognitiv modellashtirish asosida o‘rganishga katta e’tibor qaratilmoqda. Xususan, nemis, ingliz va koreys she’riyati misolida emotsional birliklarni identifikatsiya qilish, ularning o‘quvchi hissiyotiga ta’sirini modellashtirish bo‘yicha qator ilmiy izlanishlar olib borilgan. Biroq o‘zbek she’riyati misolida emotsional intensivlikning neyropsixolingvistik xususiyatlarini tadqiq etishga bag‘ishlangan ilmiy ishlanmalar yetarli emas [1].

Mazkur maqolada o‘zbek she’riyatidagi emotsional intensivlikni yuzaga keltiruvchi poetik vositalar, ularning o‘quvchi ongida idrok qilinish mexanizmlari hamda neyropsixolingvistik xususiyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida poetik matndagi emotsional-ekspressiv birliklarning kognitiv va affektiv ta’sir mexanizmlarini aniqlash, poetik obrazlarning emotsional semantikasi hamda ularning o‘quvchi psixikasida hosil qiladigan assotsiativ reaksiyalarini o‘rganish asosiy maqsad sifatida belgilandi [5, 11].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

O‘zbek she’riyatida emotsional intensivlikni idrok etish masalasi tilshunoslik, psixologiya, neyrofan va kognitiv poetika kesishmasida shakllangan murakkab ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ushbu mavzuni tadqiq etishda bir qator xorijiy va mahalliy olimlarning ilmiy qarashlari metodologik asos sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

Amerikalik olimlar George Lakoff va Mark Johnson o‘zlarining “Metaphors We Live By” asarida inson tafakkuri metaforik xarakterga ega ekanligini ta’kidlab, emotsional holatlar til orqali konseptual metaforalar yordamida ifodalanishini ilmiy asoslab berganlar. Ularning fikricha, poetik matnda qo‘llanilgan metaforik birliklar o‘quvchi ongida hissiy assotsiatsiyalarni shakllantirib, emotsional ta’sir kuchini oshiradi. Mazkur nazariya she’riy matnlarning emotsional intensivligini tahlil qilishda muhim nazariy manba hisoblanadi.

Isroillik tadqiqotchi Reuven Tsur kognitiv poetika yo‘nalishining asoschilaridan biri sifatida poetik nutqning inson psixikasi va hissiy idroki bilan bog‘liqligini chuqur tadqiq qilgan. Olimning “Cognitive Poetics and Poetry

ISSN 3030-3907

Theory” nomli asarida she’riy ritm, fonetik uyg‘unlik, intonatsiya va obrazlilikning o‘quvchi ongida emotsional rezonans hosil qilishi masalalari keng yoritilgan. Tsur poetik matnning estetik ta’sirini inson miyasidagi kognitiv jarayonlar bilan izohlaydi.

Britaniyalik olim Peter Stockwell “Cognitive Poetics: An Introduction” asarida poetik matnni idrok qilish jarayonini kognitiv mexanizmlar asosida tahlil qilgan. Uning qarashlariga ko‘ra, she’riy matn o‘quvchi ongida emotsional tasavvurlar, semantik maydonlar va psixologik reaksiyalarni shakllantiruvchi murakkab kommunikativ tizim hisoblanadi. Olim poetik idrokni insonning tajribasi, xotirasi va hissiy holati bilan bog‘liq holda izohlaydi.

Amerikalik tadqiqotchi Margaret H. Freeman poetik metaforalar va emotsional tafakkur o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganib, she’riyatdagi obrazlilik insonning hissiy tajribasini faollashtirishini ta’kidlagan. Uning ilmiy ishlari poetik tilning neyrokognitiv asoslarini tadqiq etishda muhim manba sifatida e’tirof etiladi.

Neyrofan yo‘nalishi vakili Jaak Panksepp “Affective Neuroscience” asarida inson emotsiyalarining neyrofiziologik mexanizmlarini tadqiq qilgan. Olimning fikricha, badiiy matnlarni idrok qilish jarayonida miya markazlarida affektiv faollik yuzaga keladi va bu poetik emotsionallikni qabul qilish darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu nazariya poetik matnlarning neyropsixologik tahlilida muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Luiz Pessoa emotsiya va kognitsiya o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni tadqiq qilib, inson hissiy reaksiyalari til va tafakkur jarayonlari bilan integrallashgan holda shakllanishini ko‘rsatib bergan. Uning tadqiqotlari emotsional intensivlikni neyrodinamik jarayon sifatida tushuntirish imkonini beradi.

Nemis olimlari Thomas Haider, Steffen Eger, Roman Klinger hamda Winfried Menninghaus poetik matnlardagi estetik emotsiyalarni modellashtirish va ularni sun’iy intellekt yordamida aniqlash masalalarini tadqiq qilganlar. Ularning “PO-EMO” loyihasi poetik matnlardagi emotsional birliklarni lingvistik va psixologik jihatdan tahlil qilishga qaratilganligi bilan ahamiyatlidir.

Mahalliy tilshunos olim Xayrullayev X.Z. til va nutq birliklarining ierarxik munosabatlarini o‘rganib, til birliklarining inson tafakkuri va psixik faoliyati bilan bog‘liqligini yoritgan. Olimning ilmiy qarashlari o‘zbek tilidagi poetik birliklarning psixolingvistik xususiyatlarini tadqiq etishda metodologik ahamiyatga ega.

Shuningdek, o‘zbek she’riyatida ichki kechinmalar va emotsional holatlarning ifodalanishini tadqiq qiluvchi zamonaviy ilmiy ishlarda poetik nutqning ekspressiv imkoniyatlari, hissiy-ta’sirchan birliklari va obrazlilik tizimi alohida o‘rganilgan. Ushbu tadqiqotlar o‘zbek poetik matnlarida emotsional

ISSN 3030-3907

intensivlikning lingvistik va psixologik asoslarini ochib berishda muhim ilmiy manba bo‘lib xizmat qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Mazkur tadqiqotda o‘zbek she’riyatida emotsional intensivlikni idrok etishning neyropsixolingvistik xususiyatlarini aniqlash maqsadida kompleks interdisiplinar metodologik yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot metodologiyasi kognitiv poetika, neyropsixolingvistika, affektiv neyrofan hamda lingvopoetik tahlil tamoyillariga asoslandi. Tadqiqot jarayonida poetik matnlarning emotsional-ekspressiv qatlamini aniqlash, ularning o‘quvchi ongida hosil qiladigan affektiv reaksiyalarini tavsiflash hamda poetik birliklarning kognitiv ta’sir mexanizmlarini ochib berishga qaratilgan sifat va mazmuniy tahlil usullaridan foydalanildi [3, 8, 14].

Tadqiqotning empirik bazasini XX–XXI asr o‘zbek she’riyatining yetuk namoyandalari hisoblangan Abdulla Oripov, Erkin Vohidov, Rauf Parfi, Muhammad Yusuf hamda Halima Xudoyberdiyeva ijodidan tanlab olingan poetik matnlar tashkil etdi. She’rlar tanlanishida emotsional intensivlik darajasi, metaforik ifoda zichligi, ekspressiv birliklarning faol qo‘llanilishi hamda psixoemotsional ta’sir kuchi asosiy mezon sifatida belgilandi [12]. Tadqiqot uchun tanlangan poetik birliklar emotsional semantika, affektiv metaforalar, intonatsion-ekspressiv konstruksiyalar va assotsiativ obrazlilik nuqtai nazaridan tasniflandi.

Tahlil jarayonida dastlab lingvopoetik metod asosida poetik matnlardagi emotsional-ekspressiv vositalar aniqlab olindi. Ushbu bosqichda metafora, epitet, takror, ritmik struktura, sintaktik parallelizm va fonetik uyg‘unlik kabi birliklarning emotsional ta’sir hosil qilishdagi funksiyasi o‘rganildi. Keyingi bosqichda kognitiv-semantik tahlil metodi yordamida poetik birliklarning o‘quvchi ongida yuzaga keltiradigan konseptual assotsiatsiyalari hamda emotsional tasavvurlari tadqiq qilindi. Bunda George Lakoff va Mark Johnson tomonidan ishlab chiqilgan konseptual metafora nazariyasi metodologik asos sifatida qo‘llanildi [6].

Poetik matnlarning emotsional ta’sir mexanizmlarini aniqlashda neyropsixolingvistik yondashuvdan foydalanildi. Mazkur yondashuv asosida she’riy nutqning inson psixikasi va hissiy idrokiga ta’siri affektiv reaksiyalar modeli orqali izohlandi. Tadqiqot davomida Jaak Pankseppning affektiv neyrofan konsepsiyasi hamda Reuven Tsurning kognitiv poetika nazariyasiga tayangan holda poetik birliklarning emotsional rezonans hosil qilish mexanizmlari tahlil qilindi. Shuningdek, poetik matnlarni idrok qilish jarayonida hissiy faollikni yuzaga keltiruvchi neyrokognitiv omillar tavsiflandi [10].

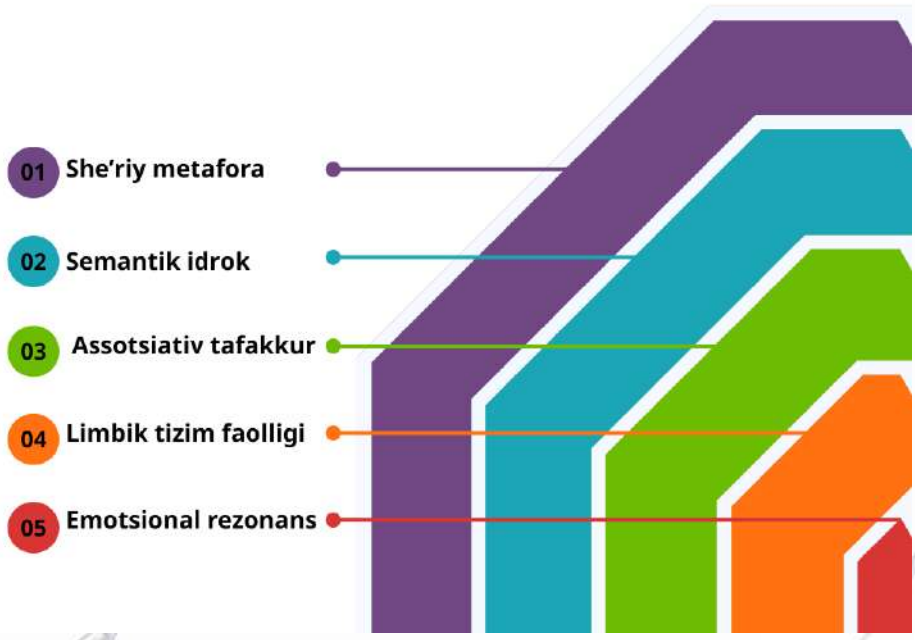
ISSN 3030-3907

Tadqiqotda interpretativ va qiyosiy tahlil metodlari ham qo‘llanildi. Interpretativ metod poetik matnlarning emotsional qatlamini chuqur semantik sharhlash imkonini bergan bo‘lsa, qiyosiy tahlil turli shoirlar ijodidagi emotsional intensivlik vositalarining o‘xshash va farqli jihatlarini aniqlashga xizmat qildi. Bundan tashqari, poetik matnlardagi emotsional birliklarning o‘quvchi psixologiyasiga ta’siri reader-response yondashuvi asosida baholandi [4].

Mazkur metodologik yondashuv poetik matnning lingvistik, kognitiv va neyropsixologik qatlamlarini kompleks ravishda o‘rganish imkonini berdi hamda o‘zbek she’riyatida emotsional intensivlikni idrok etishning ilmiy modelini shakllantirishga xizmat qildi.

TAHLIL VA NATIJALAR.

O‘zbek she’riyatida emotsional intensivlikning shakllanishi poetik birliklarning semantik, fonetik, ritmik va kognitiv xususiyatlari bilan uzviy bog‘liqdir. Tadqiqot davomida turli poetik maktablarga mansub shoirlar ijodi neyropsixolingvistik jihatdan tahlil qilinib, emotsional ta’sirning yuzaga kelish mexanizmlari aniqlashtirildi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, poetik matndagi metaforik obrazlar, ekspressiv sintaktik konstruksiyalar, ritmik takrorlar va assotsiativ birliklar o‘quvchi ongida kuchli affektiv reaksiyalarni yuzaga keltiradi. O‘zbek she’riyatidagi emotsional intensivlikni idrok etish mexanizmi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. O‘zbek she’riy matnlarini idrok etishning neyropsixolingvistik modeli

Abdulla Oripov she’riyatida emotsional intensivlik ko‘proq falsafiy mushohada, ichki dramatizm va semantik kontrastlar asosida shakllanadi. Shoirning:

ISSN 3030-3907

“Men nechun sevaman O‘zbekistonni,
Tuprogin ko‘zimga aylab to‘tiyo”

Usmon Nosir ijodida emotsional ta’sirning asosiy mexanizmlaridan biri poetik obrazlarning ritmik-ekspressiv uyg‘unligi hisoblanadi. Shoirning:

“Yurak, sensan mening sozim,
Tilimni nayga jo‘r etding”

Misralarida “yurak” biologik organ sifatida emas, balki inson ruhiy kechinmalarining markazi sifatida konseptuallashtiriladi. “Tilimni nayga jo‘r etding” metaforasida musiqiy assotsiatsiya orqali kuchli emotsional rezonans yuzaga keladi. Kognitiv poetika nuqtai nazaridan ushbu poetik birlik sensor integratsiyani hosil qilib, audial va hissiy tasavvurlarni o‘zaro uyg‘unlashtiradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Usmon Nosir she’riyatidagi musiqiy metaforalar va ritmik-ekspressiv vositalar o‘quvchi ongida yuqori darajadagi affektiv faollikni shakllantiradi.

Muhammad Yusuf she’riyatida emotsional intensivlik milliy mentalitet va sodda xalqona obrazlar orqali shakllanadi. Shoirning:

“Onajon, siz uchun hamma narsaga tayyorman”

Jumlasida sintaktik soddalik kuchli emotsional ta’sirni kamaytirmaydi, aksincha, tabiiy affektivlikni kuchaytiradi. Neyropsixolingvistik jihatdan “ona” konsepti inson ongidagi eng barqaror emotsional triggerlardan biri hisoblanadi. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, ona obrazi bilan bog‘liq poetik birliklar o‘quvchi xotirasidagi autobiografik assotsiatsiyalarni faollashtirib, kuchli empatik reaksiyalarni yuzaga keltiradi. Muhammad Yusuf she’riyatidagi samimiy intonatsiya va dialogik strukturalar o‘quvchi bilan psixologik yaqinlik hosil qiluvchi lingvistik mexanizm sifatida namoyon bo‘ladi.

1 – jadval.

Shoirlar kesimidagi emotsional dominantalar jadvali

Shoir	Dominant emotsiya	Asosiy poetik vosita	Neyrokognitiv ta’sir
Abdulla Oripov	Patriotizm	Metafora	Identifikatsion rezonans
Erkin Vohidov	Ruhiy lirizm	Ritm	Audial assotsiatsiya
Muhammad Yusuf	Samimiyat	Sodda sintaksis	Empatik reaksiya
Rauf Parfi	Dramatizm	Abstrakt obraz	Assotsiativ tafakkur

ISSN 3030-3907

Halima Xudoyberdiyeva	Introspektsiya	Ichki monolog	Affektiv identifikatsiya

Rauf Parfi poetikasida emotsional intensivlik abstrakt va assotsiativ obrazlilik orqali yuzaga keladi. Shoirning:

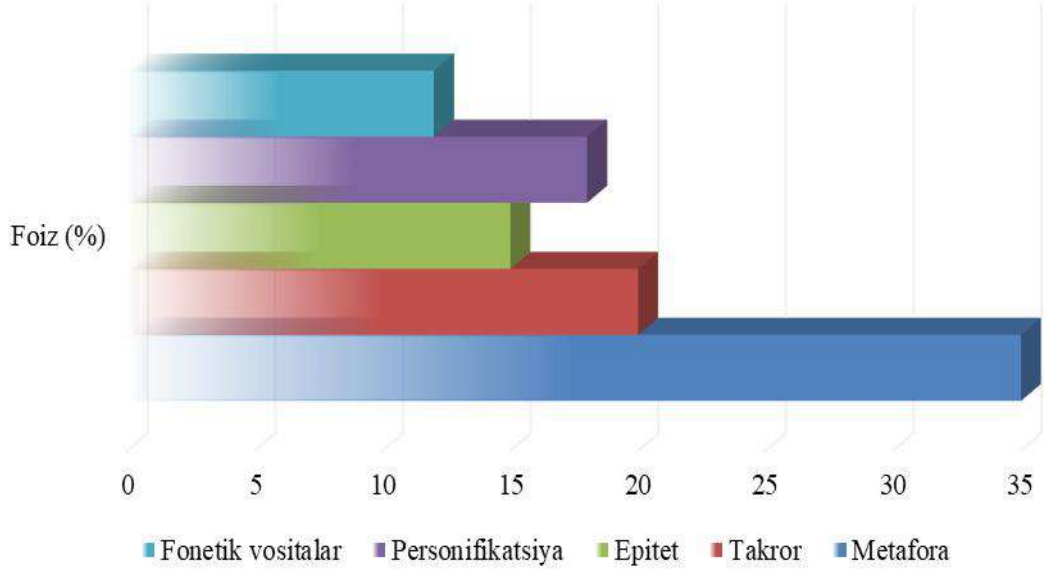
“Osmonni yig‘latgan shamollar keldi”

Misrasida personifikatsiya va semantik transfer hodisasi kuzatiladi. “Osmonning yig‘lashi” metaforasi tabiiy hodisaga insoniy emotsional xususiyat yuklash orqali poetik dramatizm hosil qiladi. Neyrokognitiv jihatdan bunday poetik konstruksiyalar o‘quvchi miyasida obrazli tafakkur bilan bog‘liq assotsiativ tarmoqlarni faollashtiradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, abstrakt metaforalarning ko‘p qatlamli semantik tuzilishi emotsional idrokning davomiyligini oshiradi hamda poetik matnning estetik ta’sirini kuchaytiradi.

Halima Xudoyberdiyeva she’riyatida emotsional intensivlik ayol ruhiyati, ichki kechinma va psixologik qarama-qarshiliklar orqali ifodalanadi. Shoiraning:

“Men seni izladim yuragim ichra”

Misrasida ichki emotsional makon modeli shakllanadi. “Yurak ichra izlash” poetik konstruksiyasi introspektiv kognitiv jarayonlarni faollashtirib, o‘quvchini ichki hissiy tajriba bilan identifikatsiyalashga olib keladi. Mazkur poetik birliklarda emotsional intensivlik tashqi dramatizm emas, balki psixologik chuqurlik asosida yuzaga keladi. Tadqiqot natijalari ayol poetik diskursida emotsional metaforalarning introspektiv xarakteri yuqori ekanligini ko‘rsatdi.



2-rasm. Poetik matnlarda emotsional-ekspressiv vositalarning statistik taqsimoti

Tahlillar asosida quyidagi ilmiy natijalar aniqlandi: birinchidan, o‘zbek she’riyatida emotsional intensivlik metafora, ritm, fonetik uyg‘unlik va assotsiativ obrazlar orqali shakllanadi; ikkinchidan, poetik birliklarning emotsional ta’siri

ISSN 3030-3907

insonning autobiografik xotirasi va affektiv tajribasi bilan uzviy bog‘liq; uchinchidan, poetik matnni idrok qilish jarayonida kognitiv va neyropsixologik mexanizmlar parallel ravishda faoliyat ko‘rsatadi; to‘rtinchidan, milliy-madaniy konseptlar bilan bog‘liq poetik birliklar o‘quvchi ongida kuchli emotsional rezonans hosil qiladi.

Tadqiqot natijalari o‘zbek she’riyatining neyropsixolingvistik xususiyatlarini ilmiy jihatdan tavsiflash imkonini berdi hamda poetik emotsionallikni kognitiv va affektiv yondashuvlar asosida tahlil qilishning samarali modelini shakllantirdi.

XULOSA.

Mazkur tadqiqot natijalari o‘zbek she’riyatida emotsional intensivlikning shakllanishi va idrok etilishi murakkab neyropsixolingvistik jarayon ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida poetik matndagi metafora, ritm, fonetik uyg‘unlik, assotsiativ obrazlar hamda ekspressiv sintaktik konstruksiyalar o‘quvchi ongida kuchli affektiv reaksiyalarni yuzaga keltiruvchi asosiy lingvopoetik vositalar sifatida namoyon bo‘ldi. Abdulla Oripov, Erkin Vohidov, Muhammad Yusuf, Rauf Parfi hamda Halima Xudoyberdiyeva she’riyati misolida emotsional intensivlikning turli poetik modellar orqali shakllanishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari poetik birliklarning emotsional ta’siri insonning autobiografik xotirasi, milliy-madaniy konseptlari hamda kognitiv-assotsiativ tafakkuri bilan uzviy bog‘liqligini tasdiqladi. Neyropsixolingvistik yondashuv asosida o‘zbek she’riyatidagi emotsional rezonansning lingvistik va affektiv tabiati ochib berildi hamda poetik emotsionallikni tahlil qilishning kompleks modeli ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari kognitiv poetika, neyrolingvistika va affektiv neyrofan yo‘nalishlarida olib boriladigan kelgusi ilmiy izlanishlar uchun metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. Mazkur ilmiy yondashuv o‘zbek poetik matnlarini zamonaviy interdisiplinar metodlar asosida o‘rganish imkoniyatlarini kengaytiradi hamda poetik nutqning inson psixikasi va hissiy tafakkuriga ta’sir mexanizmlarini chuqurroq anglashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Freeman, M. H. (2007). Poetry and the scope of metaphor: Toward a cognitive theory of literature. Cambridge University Press.
2. Haider, T., Eger, S., Kim, E., Klinger, R., & Menninghaus, W. (2020). PO-EMO: Conceptualization, annotation, and modeling of aesthetic emotions in poetry. arXiv. https://arxiv.org/abs/2003.07723
3. Johnson, M. (1987). The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason. University of Chicago Press.
4. Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Metaphors we live by. University of Chicago Press.

ISSN 3030-3907

5. Nezami, O. M., Dras, M., Hamey, L., Richards, D., & Wan, S. (2019). ShEMO: A large-scale validated database for Persian speech emotion detection. arXiv. https://arxiv.org/abs/1906.01155
6. Oripov, A. (2019). Tanlangan asarlar. Sharq nashriyoti.
7. Panksepp, J. (1998). Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions. Oxford University Press.
8. Pessoa, L. (2019). Neural dynamics of emotion and cognition: From trajectories to underlying neural geometry. arXiv. https://arxiv.org/abs/1902.00337
9. Stockwell, P. (2002). Cognitive poetics: An introduction. Routledge.
10. Tsur, R. (2008). Cognitive poetics and poetry theory: Background and motivation. John Benjamins Publishing Company.
11. Vohidov, E. (2018). Saylanma. O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi nashriyoti.
12. Xayrullayev, X. Z. (2018). Til va nutq birliklarining ierarxik munosabatlari. Fan nashriyoti.
13. Xudoyberdiyeva, H. (2020). Tanlangan she’rlar. Yangi asr avlodi.
14. Yusuf, M. (2017). Saylanma. Sharq nashriyoti.
15. Parfi, R. (2015). Sakina. Akademnashr.

ISSN 3030-3907

PAXTA XOM ASHYOSINI QURITISH JARAYONINING TEXNOLOGIK XUSUSIYATLARI VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH ISTIQBOLLARI

Sayitov SH.S
Farg‘ona davlat texnika universiteti,katta o‘qituvchi

Annotatsiya. Ushbu maqolada paxta xom ashyosini quritish jarayonining o‘ziga xos fizik-mexanik xususiyatlari, tolaning mikrofibrillali tuzilishi va namlik bilan bog‘liqlik darajasi tahlil qilingan. Quritish agenti haroratining paxta sifatiga ta’siri, barabanli quritgichlardagi aerodinamik jarayonlar va energiya sarfini kamaytirishning innovatsion yechimlari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari quritish jarayonini avtomatlashtirish va matematik modellashtirish orqali samaradorlikni 25–35 % gacha oshirish imkoniyatlarini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: paxta xom ashyosi, quritish barabani, mikrofibrilla, diffuziya, issiqlik agenti, pnevmotransport, energiya samaradorligi, avtomatlashtirish.

Аннотация. В данной статье анализируются специфические физико-механические свойства процесса сушки хлопкового сырья, микро фибриллярная структура волокна и степень зависимости от влажности. Рассматривается влияние температуры сушильного агента на качество хлопка, аэродинамические процессы в барабанных сушилках и инновационные решения по снижению энергопотребления. Результаты исследования указывают на возможность повышения эффективности на 25–35% за счет автоматизации и математического моделирования процесса сушки.

Ключевые слова: хлопковое сырье, сушильный барабан, микро фибриллы, диффузия, теплоноситель, пневматическая транспортировка, энергоэффективность, автоматизация.

Abstract. This article analyzes the specific physical and mechanical properties of the drying process of cotton raw materials, the microfibril structure of the fiber and the degree of dependence on moisture. The effect of the temperature of the drying agent on the quality of cotton, aerodynamic processes in drum dryers and innovative solutions for reducing energy consumption are considered. The results of the study indicate the possibility of increasing the efficiency by 25–35% through automation and mathematical modeling of the drying process.

Keywords: cotton raw materials, drying drum, microfibril, diffusion, heat agent, pneumatic transport, energy efficiency, automation.

KIRISH.

Paxtachilik sanoati O‘zbekiston iqtisodiyotining strategik tarmoqlaridan biri bo‘lib, paxta xom ashyosini yetishtirishdan tortib, uni yuqori sifatli tayyor mahsulotga aylantirishgacha bo‘lgan texnologik jarayonlarni doimiy

ISSN 3030-3907

modernizatsiya qilishni talab etadi. Paxtani qayta ishlash texnologiyasida quritish jarayoni eng mas’uliyatli va murakkab bo‘g‘in hisoblanadi, chunki aynan shu bosqichda tolaning tabiiy xususiyatlari va keyingi texnologik operatsiyalarga tayyorlik darajasi belgilanadi.

Paxta xom ashyosining quritilishi o‘zining fizik-kimyoviy tabiati va mexanik xususiyatlari bilan boshqa barcha turdagi qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritishdan tubdan farq qiladi. Bu farqlanish, eng avvalo, paxtaning o‘ta murakkab polimer tuzilishga ega ekanligi, uning kapillyar-g‘ovak tizimi va yuqori gigroskopiklik darajasi bilan izohlanadi. Paxta tolasi o‘zining mikrofizik qurilishiga ko‘ra, spiral ko‘rinishdagi mikrofibrillalar majmuasidan tashkil topgan bo‘lib, uning ichki qismida "lumen" deb ataluvchi bo‘shliq mavjud. Ushbu bo‘shliq va tola devorlaridagi ko‘p qavatli kapillyar struktura namlikni o‘ziga tez shimish va uni uzoq vaqt saqlab turish xususiyatiga ega.

Hozirgi kunda paxta tozalash korxonalarida quritish jarayonini samarali tashkil etishda bir qator ilmiy-texnik muammolar mavjud. Xususan, namlikning tola ichidagi ichki diffuziya jarayoni sust kechishi sababli, quritish agenti va paxta massasi o‘rtasidagi issiqlik almashinuvini optimal darajada saqlash dolzarb vazifa bo‘lib qolmoqda. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, namlikning toladan ajralishi ikki bosqichli xarakterga ega: dastlab zarrachalararo bo‘shliqdagi erkin namlik bug‘lanadi, so‘ngra tolalar devoridagi bog‘langan namlik kapillyar-diffuzion yo‘l bilan chiqadi.

Quritish jarayonida issiqlik agentining harorat rejimi tolaning texnologik ko‘rsatkichlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Haroratning me’yordan ortib ketishi tola sirtida namlikning keskin bug‘lanishiga va natijada tolaning mo‘rtlashib, elastikligini yo‘qotishiga sabab bo‘ladi. Aksincha, haroratning pastligi jarayon unumdorligini kamaytirib, energiya sarfini keskin oshirib yuboradi.

Shu nuqtai nazardan, quritish jarayonidagi aerodinamik oqimlarni barqarorlashtirish, issiqlikning paxta bo‘laklari bo‘ylab bir tekis tarqalishini ta’minlash va energiya-resurstejamkor texnologiyalarni joriy etish masalalari bugungi kun ilmiy tadqiqotlarining markazida turibdi. Mazkur maqolada paxta xom ashyosini quritishning texnologik xususiyatlari, issiqlik-massa almashinuvi qonuniyatlari va jarayon samaradorligini oshirishning zamonaviy innovatsion yechimlari atroflicha tahlil qilinadi.

Paxta xom ashyosining mikrotuzilishi va namlik bog‘lanishining fizik-kimyoviy tahlili. Paxta xom ashyosini quritish jarayonining murakkabligi uning biologik va polimerik tuzilishi bilan belgilanadi. Paxta tolasi spiral ko‘rinishdagi mikrofibrillalar majmuasidan iborat bo‘lib, uning devorlari ko‘p qavatli kapillyar struktura bilan o‘ralgan. Tolaning markaziy qismida joylashgan "lumen" nomli bo‘shliq namlikni akkumulyatsiya qilish (to‘plash) xususiyatiga ega.

ISSN 3030-3907

Bu murakkab struktura paxtaning yuqori gigroskopiklik darajasini belgilaydi va ichki diffuziya jarayonining sust kechishiga sabab bo‘ladi. Quritish jarayonida namlikning chiqishi ikki fundamental bosqichga bo‘linadi:

- Erkin namlikning bug‘lanishi: Zarrachalararo bo‘shliqdagi namlik quritish agenti bilan bevosita kontaktda tez bug‘lanadi.
- Bog‘langan namlikning chiqishi: Tolalar devoridagi va kapillyarlardagi bog‘langan namlik faqat kapillyar-diffuzion yo‘l bilan chiqadi. Namlikning bog‘langan holatda bo‘lishi uning diffuziya koeffitsiyentini pasaytiradi, bu esa jarayon davomiyligini belgilovchi asosiy faktor hisoblanadi.

Quritish agenti va issiqlik almashinuvi rejimlarining optimallashuvi. Quritish jarayonida issiqlik agentining (issiq havo) harorati, tezligi va sarfi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Tadqiqotlar va amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, issiqlik muvozanatining buzilishi tola sifatiga tuzatib bo‘lmaydigan zarar yetkazishi mumkin.

Agar quritish agentining harorati haddan tashqari yuqori bo‘lsa, tola sirtida "qobiq effekti" yuzaga keladi: sirt namligi juda tez bug‘lanadi, biroq ichki qatlamlardan namlik chiqish tezligi bunga ulgurmaydi. Natijada:

- Tolalar qotib qoladi va mo‘rtlashadi.
- Elastiklik xususiyati keskin kamayadi.
- Keyingi texnologik jarayonlarda (tozalash, jinlash) tolalarning uzilish koeffitsiyenti oshadi.

Aksincha, haroratning past bo‘lishi quritish unumdorligini pasaytiradi, barabanda paxtaning to‘planib qolishiga (ortiqcha yuklanishga) va energiya sarfining asossiz ortishiga olib keladi. Shu sababli, paxta uchun 7–8 % namlik darajasi texnologik jihatdan eng optimal nuqta hisoblanadi. Ushbu namlik darajasida paxtaning elastikligi saqlanadi va mexanik shikastlanishlar minimal darajaga tushadi.

Barabanli quritgichlardagi aerodinamik jarayonlar va massa almashinuvi. Barabanli quritgichlarda paxta massasining harakati murakkab trayektoriya bo‘ylab kechadi. Baraban aylanganda paxta bo‘laklari ko‘tarilib, ma’lum balandlikdan pastga tashlanadi, bu vaqtda issiq havo oqimi paxta bo‘laklari orasidan o‘tib, issiqlik almashinuvini amalga oshiradi.

Biroq, aerodinamik rejimning nosozligi jarayon samaradorligini keskin pasaytiradi. Tadqiqotlarga ko‘ra, agar rejim optimal bo‘lmasa, issiq havo oqimi paxta massasining faqat 35–40 % qismiga samarali ta’sir ko‘rsatadi. Qolgan qism esa "o‘lik zona"larda qolib, deyarli quritilmaydi. Paxta bo‘laklarining yopishib qolishi yoki teng taqsimlanmasligi issiqlik-massa almashinuvi koeffitsiyentini pasaytiradi. Zamonaviy konstruksiyalarda paxtaning baraban ichida erkin

ISSN 3030-3907

aylanishini ta’minlash va havo oqimini bir tekis taqsimlash uchun innovatsion konstruktiv yechimlar qo‘llanilmoqda.

Energiya samaradorligi va texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish. Quritish jarayoni paxta tozalash korxonalaridagi eng energiya sarflovchi bo‘g‘in bo‘lib, jami issiqlik energiyasining 60–70 % gacha bo‘lgan qismini talab qiladi. Energiya yo‘qotishlari asosan baraban devorlari, havo chiqish tizimi va paxtaning notekis quritilishidan kelib chiqadi.

Hozirgi vaqtda ushbu yo‘qotishlarni kamaytirish uchun quyidagi innovatsiyalar joriy etilmoqda:

- Raqamli monitoring: Havo harorati, bosim va namlikni sensorlar yordamida real vaqt rejimida nazorat qilish.
- Matematik modellashtirish: Paxta massasining harakat trayektoriyasini va aerodinamik oqimlarni raqamli simulyatsiya qilish.
- Sun’iy intellekt: Issiqlik-massa almashinuvi jarayonlarini optimallashtirish orqali energiya sarfini 25–35 % gacha, quritish davomiyligini esa 15–20 % gacha kamaytirishga erishilmoqda.

Yuqori namlik nafaqat quritish sifatiga, balki pnevmotransport tizimidagi tiqilishlarga va paxtaning fermentativ chirish jarayonlariga ham sabab bo‘lishi ilmiy jihatdan tasdiqlangan. Shu bois, boshqariladigan quritish rejimlari paxtaning texnologik sifatini saqlashning kafolatidir.

Paxtaning namlik darajasi keyingi jarayonlar (separator, pnevmotransport) uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Yuqori namlikdagi paxta pnevmotransportda tiqilishlar hosil qiladi, chigit qobig‘ini yumshatadi va fermentativ jarayonlar natijasida tola rangini yomonlashtiradi.

Energiya sarfi nuqtai nazaridan, quritish jarayoni zavoddagi jami issiqlik energiyasining 60–70 % qismini iste’mol qiladi. Issiqlik asosan quyidagi yo‘llar bilan yo‘qotiladi:

- Baraban devorlari orqali.
- Chiquvchi havo oqimi bilan.
- Paxtaning notekis quritilishi natijasida.

So‘nggi ilmiy ishlanmalar shuni ko‘rsatadiki, jarayonni sun’iy intellekt va sensorlar yordamida raqamli monitoring qilish (real vaqt rejimida harorat va namlikni boshqarish) energiya sarfini 25–35 % gacha kamaytirish imkonini beradi.

Paxta xom ashyosini quritish — bu murakkab issiqlik-fizika jarayoni bo‘lib, uni optimallashtirish uchun namlikning ichki strukturadagi tarqalish qonuniyatlarini hisobga olish shart. Quritish barabanlarining aerodinamik xususiyatlarini yaxshilash, zamonaviy izolatsiya materiallaridan foydalanish va

ISSN 3030-3907

jarayonni to‘liq avtomatlashtirish orqali nafaqat energiya tejaladi, balki tola sifatining yuqori darajada saqlanishi ta’minlanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Mirzayev, A. T., & Sultonov, K. S. (2022). *Paxta tozalash sanoatida issiqlik-texnika jarayonlari*. Toshkent: Fan va texnologiya.
2. Burnashev, R. Z. (2018). *Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi*. Darslik. Toshkent: "O‘qituvchi".
3. Azizov, SH. A. (2020). *Paxta xom ashyosini quritish barabanlarining aerodinamik rejimlarini optimallashtirish*. Ilmiy monografiya.
4. Ubaydullaev, M. M. (2021). "Paxta tolasining mikrotuzilishi va namlik almashinuvi xususiyatlari". *O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi jurnali*, №4, 12–15-betlar.
5. Abduvaxobov, A. A. (2019). "Barabanli quritgichlarda issiqlik-massa almashinuvi koeffitsiyentini aniqlash usullari". *To‘qimachilik muammolari*, №2, 45–50-betlar.
6. Usmonov, S. (2023). "Quritish jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari va energiya tejash". *Energiya va resurs tejash muammolari*, №1, 88–94-betlar.
7. Ibragimov, X. (2017). *Paxta quritish texnologiyasida innovatsion yechimlar*. Toshkent: "Aloqachi".
8. Raxmatov, O. (2022). "Paxta xom ashyosining namlik darajasini sensorlar yordamida real vaqt rejimida nazorat qilish". *Texnika va texnologiya jurnali*, №3, 22–27-betlar.
9. Smith, J. & Brown, L. (2021). "Mathematical modeling of moisture diffusion in cotton fibers during drying". *Journal of Textile Science*, Vol. 15, Issue 4, pp. 210–225.

ISSN 3030-3907

UDK 338.436.33

O‘ZBEKISTON QISHLOQ XO‘JALIGI SOHASIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI QO‘LLASHNING KELAJAK SAMARADORLIGI

Yunusov Rustem Faikovich
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti dotsenti
Email: rustem59@mail.ru
Rahmonov Shahobiddin Safaraliyevich
Qarshi davlat texnik universiteti assistenti
E-mail: rahmonovshahobiddin1997@gmail.com
Orsid – 0009-0001-2713-168X
Shomurotov Akobir Olim o‘g‘li
Qarshi davlat texnik universiteti talabasi
E-mail: oyamgurchiyev@gmail.com
G‘aniboyev Rustam Jahongir o‘g‘li
Qarshi davlat texnik universiteti talabasi
E-mail: ganiboyevrustam10@gmail.com
Raximov Asror Akram o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti talabasi
E-mail: asrorxonrakhimov@gmail.com

Annotatsiya. Xalq farovonligining asosiy yo‘nalishlaridan biri bo‘lmish qishloq xo‘jaligini hartaraflama rivojlantirish taraqiyotning asosiy bosqichlaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda aholi sonining rivojlanib borishi, aholi turmush tarzining rivojlanishi sifatli qishloq xo‘jalik mahsulotiga talabni oshib ketishiga sababchisi bo‘lmoqda. Shuni hisobga olgan holda yangi qishloq xo‘jalik tizimini rivojlantirishga zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanish qishloq xo‘jalik sohasini rivojlantirishni ajralmas qisimi bo‘lib kelmoqda.

Kalit so‘zlar: Raqamli texnologiyalar, Sun’iy intellekt (AI), Internet of Things (IoT), GPS va GIS texnologiyalari, Big Data (katta ma’lumotlar), Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari.

Аннотация. Комплексное развитие сельского хозяйства, являющееся одним из главных направлений национального благосостояния, представляет собой один из основных этапов его развития. Сегодня рост населения и развитие образа жизни населения приводят к увеличению спроса на качественную сельскохозяйственную продукцию. С учетом этого, использование современных цифровых технологий для развития новой системы сельского хозяйства стало неотъемлемой частью развития аграрного сектора.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: цифровые технологии, искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей (IoT), технологии GPS и ГИС, большие данные, автоматизированные системы управления.

Abstract. The comprehensive development of agriculture, a key focus for national well-being, represents a key stage in its development. Today, population growth and evolving lifestyles are leading to increased demand for high-quality agricultural products. Given this, the use of modern digital technologies to develop a new agricultural system has become an integral part of the agricultural sector's development.

Keywords: digital technologies, artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), GPS and GIS technologies, big data, automated control systems.

KIRISH.

Qishloq xo‘jaligi O‘zbekiston iqtisodiyotining asosiy tarmoqlaridan biri bo‘lib, aholining katta qismi aynan shu sohada faoliyat yuritadi. Aholi sonining o‘sishi, suv resurslarining kamayishi va global iqlim o‘zgarishi sharoitida qishloq xo‘jaligida samaradorlikni oshirish zarurati kuchaymoqda.

Muamoning qo‘yilishi. Qishloq xo‘jaligi har qanday davlat iqtisodiyotining muhim tarmoqlaridan biri bo‘lib, aholining oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda asosiy rol o‘ynaydi. Hozirgi kunda aholi sonining tez o‘sishi, tabiiy resurslarning cheklanganligi va iqlim o‘zgarishi kabi omillar qishloq xo‘jaligini yanada samarali tashkil etishni talab qilmoqda. Shu nuqtai nazardan, sun’iy intellekt texnologiyalarini qishloq xo‘jaligiga joriy etish dolzarb masalaga aylanmoqda.

Muamoning yechilishi. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda bugungi kunda qishloq xo‘jaligida yangi texnika va texnologiyalardan foydalanish, raqamlashtirish, yangi zamonaviy ilm - fan yutuqlaridan foydalanish zamon talabining ajralmas qismiga aylanmoqda.

Raqamli texnologiyalar - bu ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va boshqarish uchun axborot-kommunikatsiya vositalaridan foydalanishdir.

Bugungi kunda qishloq xo‘jaligida quyidagi texnologiyalar keng qo‘llanib kelmoqda.

1. Sun’iy intellekt (AI)
2. Internet of Things (IoT) — “narsalar internet”
3. GPS va GIS texnologiyalari
4. Big Data (katta ma’lumotlar)
5. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari

Qishloq xo‘jaligida sun’iy intellektning roli

Sun’iy intellekt - bu kompyuter tizimlarining inson tafakkuriga xos bo‘lgan tahlil qilish, o‘rganish va qaror qabul qilish qobiliyatlarini bajarishidir. Qishloq

ISSN 3030-3907

xo‘jaligida sun’iy intellekt katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash orqali aniq va tezkor qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Sun’iy intellekt qishloq xo‘jaligida eng avvalo hosildorlikni prognoz qilishda qo‘llaniladi. Turli xil ma’lumotlar, jumladan ob-havo sharoiti, tuproq tarkibi, namlik darajasi va ekin turi tahlil qilinib, kelajakdagi hosil miqdori oldindan aniqlanadi. Bu fermerlarga o‘z faoliyatini rejalashtirishda katta yordam beradi va xavflarni kamaytiradi.

Bundan tashqari, sun’iy intellekt o‘simlik kasalliklari va zararkunandalarni aniqlashda ham muhim ahamiyatga ega. Maxsus dasturlar va kameralar yordamida o‘simliklarning holati kuzatiladi va kasallik belgilari erta bosqichda aniqlanadi. Natijada zarur choralar o‘z vaqtida ko‘riladi va hosil yo‘qotilishi kamayadi.

Sug‘orish tizimlarida sun’iy intellektdan foydalanish ham katta samara beradi. Tuproq namligi va ob-havo ma’lumotlari asosida suv berish jarayoni avtomatik boshqariladi. Bu esa suv resurslarini tejashga va ekinlarning optimal sharoitda o‘sishini ta’minlashga yordam beradi. Ayniqsa, suv tanqisligi mavjud hududlar uchun bu juda muhim hisoblanadi.



1 – rasm. Issiqxona (raqamlashtirilgan va mahaliy sug‘orish usullari.

Shuningdek, o‘g‘itlash jarayonini optimallashtirishda ham sun’iy intellekt katta rol o‘ynaydi. Tuproq tahliliga asoslangan holda qaysi turdagi o‘g‘it va qanday miqdorda kerakligi aniqlanadi. Bu ortiqcha xarajatlarning oldini oladi va tuproq unumdorligini saqlab qolishga yordam beradi.

Zamonaviy qishloq xo‘jaligida sun’iy intellekt asosida ishlaydigan avtomatlashtirilgan texnikalar ham keng qo‘llanilmoqda. Masalan, aqlli traktorlar va robotlar inson aralashuvisiz ishlash imkoniyatiga ega bo‘lib, mehnat unumdorligini sezilarli darajada oshiradi. Bu esa ayniqsa ishchi kuchi yetishmaydigan hududlarda muhim ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907



2 – rasm. Qishloq xo‘jaligida raqamlashtirish texnologiyasi aqiliy traktorlar va robortlar (sun‘iy intellektan olingan lavha)

Sun’iy intellektning yana bir muhim jihati — bu iqlim va ob-havo sharoitlarini tahlil qilishdir. Turli xil meteorologik ma’lumotlar asosida kelajakdagi ob-havo o‘zgarishlari prognoz qilinadi. Bu esa qurg‘oqchilik, sovuq tushishi yoki kuchli yog‘ingarchilik kabi holatlarga oldindan tayyorlanish imkonini beradi.

Qishloq xo‘jaligida sun’iy intellektdan foydalanish ko‘plab afzalliklarni beradi. Avvalo, hosildorlik oshadi, ishlab chiqarish xarajatlari kamayadi va daromad ko‘payadi. Shu bilan birga, suv, o‘g‘it va energiya kabi resurslardan samarali foydalanish ta’minlanadi. Ekologik jihatdan esa atrof-muhitga zarar yetkazuvchi omillar kamayadi.

O‘zbekiston sharoitida sun’iy intellektni qishloq xo‘jaligiga joriy etish ayniqsa dolzarbdir. Chunki mamlakatda suv resurslari cheklangan, iqlim o‘zgarishi ta’siri sezilmoqda va yer unumdorligini saqlash muhim vazifa hisoblanadi. Sun’iy intellekt ushbu muammolarni hal qilishda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA. Qishloq xo‘jaligining rivojlanishi aholi farovonligini ta’minlab beradigan asosiy bosqichlaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda zamonaviy bilimlarni rivojlanib borishi bilan birga qishloq xo‘jaligida yangi raqamlashtirilgan texnologiyalardan foydalanish zamon talabining ajralmas bo‘g‘nlaridan biriga aylanib bormoqda. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda qishloq xo‘jaligida yuqori aniqlikda ma’lumotlarni tahlil qilishda, aniq natijani tahlil qilib borishga AI keng ko‘lamda foydalanish qishloq xo‘jaligi rivojlanishinig asosiy omillaridan biridir.

ISSN 3030-3907

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. X.B.Shoumarov, S.Yajsiamov. “saqlash va birlamchi qayta ishlash texnologiyasi” Amaliy va laboratoriya mashg‘ulotlari o‘tkazish bo‘yicha «bmovatsiya-Ziyo”, 2020, 200 bet
2. X. Ch.Bo‘riyev, A.T. Merganov, Sh.E.Umidov, Z.I.Abdullayev. “Qishloqq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va Qayta ishlash texnologiyasi”. Toshkent-2022y-224b
3. A. Obidov, E. Qurbonov, “Qishloq xo‘‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta Ishlashni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish”- Toshkent 2021y-267b
4. A.B. Sa’dullayev., Q.G‘.Burxonov., N.A.Qurbonov, A.B.Imomnazarov. “Elektrotexnika va elektronika”, O‘quv qo‘llanma – Qarshi “Nasaf” nashryoti, 2018, 172 bet.
5. 5.Qishloq va suv xo‘jaligida ishlaydigan elektr motorlarning kamchiliklari va ularning yechimi. Yunusov Rustem Faikovich, Rahmonov Shahobiddin Safaralievich, Xushboqov Botir Azamat o‘g‘li, Abdullayev Mashrab Xamro o‘g‘li Development of science NOYABR/11 175 – 182 bet Buxoro – 2025
6. Yunusov R.F., Rahmonov Sh.S. Respublikamizning chorvachilik fermalarida energiya tejamkor, konstruktiv sodda va avtomatlashtirilgan elektr yuritmadan foydalanish bet - 353 Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti (QXMITI), yuqori samarali qishloq xo‘jalik mashinalarini yaratish va texnika vositalaridan foydalanish darajasini oshirishning innovatsion yechimlari xalqaro ilmiy-texnik konferensiyasi ilmiy maqolalar to‘plami.
7. Analysis of the use of modern monorail feed distribution vehicles in small livestock farms of our republic. Yunusov Rustem Faikovich, Rahmonov Shahobiddin Safaralievich, Shomurotov Akobir Olim o‘g‘li, G‘aniboyev Rustam Jahongir o‘g‘li O‘zbekiston agrar fan xabarnomasi Ilmiy-amaliy jurnal Universitet ko‘chasi 2-uy, ToshDAU.360-364 betlar, Toshkent - 2025

ISSN 3030-3907

USING SOCIAL SCENARIOS FOR TASK-BASED LANGUAGE LEARNING

Mokhinbonu Shukhrat kizi Mardonova
Teacher of Uzbekistan State World Languages University
E-mail: mohinbonuuzswlu@gmail.com

Abstract. This article examines the role of social scenarios in task-based language learning (TBL) and their impact on developing learners' communicative competence. Through a qualitative study involving intermediate English learners, tasks based on everyday social interactions were implemented within 45-minute lesson sessions. Data from observations, recordings, and interviews indicate that social scenario-based tasks enhance learner confidence, promote collaborative communication, and increase motivation by connecting classroom activities with real-life language use. Challenges related to task structure and limited lesson time are acknowledged, but overall findings support the integration of social scenarios to create engaging and effective language learning experiences. The study concludes with recommendations for educators to design contextually relevant tasks that reflect learners' social realities.

Keywords: Task-Based Language Learning, Social Scenarios, Communicative Competence, Language Acquisition, Learner Motivation, Collaborative Interaction, Language Education

Аннотация. В статье рассматривается роль социальных ситуаций в обучении языку на основе заданий (TBL) и их влияние на развитие коммуникативной компетенции учащихся. В ходе качественного исследования с участием учеников среднего уровня владения английским языком были реализованы задания, основанные на повседневных социальных взаимодействиях, в рамках 45-минутных уроков. Данные, полученные посредством наблюдений, записей и интервью, свидетельствуют о том, что задания с использованием социальных ситуаций повышают уверенность учащихся, способствуют коллективному общению и увеличивают мотивацию за счет связи учебных занятий с реальным использованием языка. Признаются трудности, связанные со структурой заданий и ограниченным временем урока, однако в целом результаты подтверждают необходимость интеграции социальных ситуаций для создания увлекательного и эффективного языкового обучения. В заключение даются рекомендации преподавателям по разработке контекстуально релевантных заданий, отражающих социальную реальность учащихся.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Обучение языку на основе заданий, Социальные сценарии, Коммуникативная компетенция, Приобретение языка, Мотивация обучающихся, Совместное взаимодействие, Языковое образование

Annotatsiya. Ushbu maqolada vazifalarga asoslangan til o‘rganishda (TBL) ijtimoiy vaziyatlarning ro‘li va ular o‘rganuvchilarning kommunikativ kompetentsiyasini rivojlantirishga ta’siri o‘rganilgan. O‘rta darajali ingliz tili o‘rganayotgan ishtirokchilar bilan o‘tkazilgan sifatli tadqiqot doirasida, kundalik ijtimoiy muloqotlarga asoslangan vazifalar 45 daqiqalik darslarda amalga oshirildi. Kuzatuvlar, yozuvlar va intervyular natijalari ijtimoiy vaziyatlarga asoslangan vazifalar o‘rganuvchilarning o‘ziga bo‘lgan ishonchini oshirishi, hamkorlikda aloqa qilishni rag‘batlantirishi va dars faoliyatlarini haqiqiy hayotdagi til ishlatish bilan bog‘lab, motivatsiyani kuchaytirishini ko‘rsatdi. Vazifalarning tuzilishi va dars vaqti cheklanganligi bilan bog‘liq qiyinchiliklar tan olindi, ammo umumiy natijalar ijtimoiy vaziyatlarni vazifalarga integratsiya qilish orqali qiziqarli va samarali til o‘rganish muhitini yaratish zarurligini tasdiqlaydi. Tadqiqot yakunida o‘rgatuvchilarga o‘rganuvchilarning ijtimoiy haqiqatlarini aks ettiruvchi kontekstga mos vazifalarni ishlab chiqish bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: Vazifalarga asoslangan til o‘rganish, Ijtimoiy vaziyatlar, Kommunikativ kompetentsiya, Til o‘zlashtirish, O‘rganish motivatsiyasi, Hamkorlikdagi muloqot, Til ta’limi

INTRODUCTION.

Language learning has evolved significantly with the increasing emphasis on practical communication skills. Traditional teaching methods often focus heavily on grammar and vocabulary, sometimes neglecting the social context in which language is used. Task-Based Language Learning (TBL) addresses this gap by prioritizing language acquisition through meaningful activities that simulate real-life communication. Within this approach, social scenarios play an essential role by providing learners with authentic contexts to practice language use collaboratively. Using social scenarios in TBL not only enhances learners’ communicative competence but also increases motivation and engagement by making learning relevant to everyday situations. This article explores how integrating social scenarios into task-based language learning can improve learners’ practical language skills and overall learning experience.

LITERATURE REVIEW.

ISSN 3030-3907

Task-Based Language Learning (TBL) has been widely recognized as an effective approach to language acquisition, focusing on the completion of meaningful tasks rather than on explicit grammar instruction. According to Ellis (2003), tasks that resemble real-world language use encourage learners to develop both linguistic and pragmatic competence. Social scenarios, which replicate everyday interactions, provide the authentic contexts necessary for these tasks to be effective. Willis (1996) highlights that language learning tasks grounded in social situations promote negotiation of meaning and collaboration among learners, essential components of communicative competence. Furthermore, Long (2015) emphasizes the importance of interaction in second language acquisition, arguing that social contexts facilitate language development through meaningful exchanges. Integrating social scenarios into TBL aligns with Vygotsky's (1978) socio-cultural theory, which posits that social interaction plays a crucial role in cognitive development, including language learning. Additionally, studies by Nunan (2004) reveal that task-based activities involving social scenarios enhance learner motivation by connecting classroom learning with real-life communication needs. These findings collectively underscore the value of social scenarios in enabling effective task-based language learning.

METHODS.

To investigate the effectiveness of using social scenarios in task-based language learning, this study employed a qualitative research design focused on classroom-based activities. The participants consisted of 20 intermediate-level English learners enrolled in an intensive language program at a mid-sized university. The learners represented diverse backgrounds, which added to the complexity and realism of social interactions during the tasks. Over the course of six weeks, students completed a series of task-based exercises structured around everyday social scenarios, including ordering food at a restaurant, asking for directions, making medical appointments, and engaging in small talk during social gatherings. Each task required learners to use specific linguistic structures and vocabulary relevant to the scenario, encouraging natural communication within simulated real-world contexts.

The teaching sessions were conducted twice weekly, each lasting 45 minutes, in accordance with the typical lesson duration in Uzbek schools. Prior to each task, learners received minimal guidance focused on the task objectives rather than explicit language instruction. This approach was intended to foster autonomous language use and spontaneous interaction. Throughout the activities, data collection involved multiple methods to provide a comprehensive view of learner experiences and language development. Classroom observations were documented by the instructor to record learner participation, interaction patterns,

ISSN 3030-3907

and communicative strategies. In addition, audio recordings captured the verbal exchanges during each task, allowing for detailed analysis of language use and negotiation of meaning.

Following task completion, semi-structured interviews were conducted with all participants to explore their perceptions of the tasks, including motivation, confidence, and perceived relevance of social scenarios to their language learning. The data collected from observations, recordings, and interviews were analyzed using thematic analysis to identify key trends in learner engagement, language performance, and affective responses. This multi-faceted approach enabled a rich understanding of how social scenarios function within task-based language learning and their potential benefits for communicative competence.

RESULTS.

The analysis of classroom observations, audio recordings, and learner interviews revealed several significant findings regarding the use of social scenarios in task-based language learning. First, learners demonstrated increased communicative confidence when engaging in tasks based on familiar social contexts. Many participants expressed that relating language use to real-life situations made it easier to recall vocabulary and construct meaningful sentences. For example, during the restaurant ordering scenario, learners were able to negotiate meaning effectively, ask relevant questions, and respond appropriately, even when faced with unfamiliar expressions.

Secondly, the data showed a marked improvement in collaborative interaction. The tasks encouraged learners to work together to complete objectives, which led to more spontaneous exchanges and a greater willingness to take risks in using the target language. This interactive environment contributed to more authentic communication, as learners negotiated meaning and clarified misunderstandings through peer support. Audio recordings illustrated frequent instances of learners reformulating their sentences and requesting repetition or clarification, which are essential for language development.

Additionally, the post-task interviews suggested that participants found social scenarios highly motivating and relevant. Learners reported that these tasks increased their interest in language learning by connecting classroom activities with everyday communication needs. Some participants mentioned feeling more prepared and confident to use English outside the classroom, which indicates the potential of social scenario-based tasks to enhance learner autonomy.

However, some challenges were also noted. A few learners initially struggled with the open-ended nature of tasks, preferring more structured activities. Additionally, time constraints within the 45-minute lessons occasionally limited the depth of interaction and task completion. Despite these

ISSN 3030-3907

challenges, the overall results indicate that incorporating social scenarios into task-based language learning positively influences learner engagement, language use, and communicative competence.

DISCUSSION.

The findings of this study highlight the valuable role that social scenarios play in enhancing task-based language learning. The increased communicative confidence observed among learners suggests that authentic social contexts provide meaningful opportunities for language practice. This aligns with previous research emphasizing the importance of contextually rich tasks in developing both linguistic and pragmatic skills (Ellis, 2003; Willis, 1996). When learners engage with scenarios reflective of real-life situations, they are more likely to use language purposefully, which supports deeper learning.

The improvement in collaborative interaction aligns with Long‘s (2015) assertion that meaningful social exchanges facilitate second language acquisition through negotiation of meaning. In this study, learners’ ability to reformulate sentences and request clarification demonstrates active engagement in the communicative process. Such interaction is critical for language development, as it encourages learners to notice gaps in their linguistic knowledge and fosters a supportive learning environment.

Motivation emerged as a key benefit of using social scenarios. Learners’ feedback indicated that these tasks made language learning more interesting and relevant, enhancing their willingness to participate. This confirms Nunan’s (2004) view that practical task relevance can increase learner motivation. However, challenges related to task structure and time limitations suggest that educators need to carefully design and pace activities to maximize their effectiveness within typical lesson durations in Uzbek schools.

Overall, this study supports the integration of social scenarios into task-based language learning as a means to promote communicative competence and learner engagement. Future research might investigate the long-term effects of such tasks and explore strategies to address the challenges identified.

CONCLUSION

This study has demonstrated that incorporating social scenarios into task-based language learning can significantly enhance learners’ communicative competence and motivation. By engaging with tasks grounded in authentic social contexts, learners develop practical language skills that are directly relevant to real-life communication. The collaborative nature of these activities fosters interaction, negotiation of meaning, and peer support, all of which contribute to more effective language acquisition. Despite some challenges such as time constraints within the 45-minute lesson format typical in Uzbek schools, the

ISSN 3030-3907

overall benefits of using social scenarios outweigh these difficulties. Educators are encouraged to design task-based activities that reflect everyday social situations to create a more engaging and meaningful language learning experience. Future studies could explore a broader range of social scenarios and investigate long-term impacts on language proficiency.

REFERENCES

1. Ellis, R. (2003). *Task-based language learning and teaching*. Oxford University Press.
2. Long, M. H. (2015). *Second language acquisition and task-based language teaching*. Wiley.
3. Mohinbonu, M.Sh. (2025). *A theoretical overview of TBLT and its relevance for 2nd–3rd grade English education in Uzbekistan*. The multidisciplinary journal of science and technology" Volume-5, Issue-11 (2025-11-16).
4. Nunan, D. (2004). *Task-based language teaching*. Cambridge University Press.
5. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
6. Willis, J. (1996). *A framework for task-based learning*. Longman.

ISSN 3030-3907

ELEKTR YOYINI ANIQLASH UCHUN OPTIK O‘LCHASH VA NAZORAT TIZIMI

Maxmudov Maxsud Idrisovich
Buxoro davlat texnika universiteti. Elektr va energetika muhandisligi kafedrasi professori, texnika fanlari doktori, professor.
Mirzoyev Narzullo Nuriddinovich
Buxoro davlat texnika universiteti. Elektr va energetika muhandisligi kafedrasi dosenti, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Inoyatov Inoyatxo‘ja Ibodovich
Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktaranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr dugasini aniqlashda optik o‘lchov va nazorat tizimlarining texnik imkoniyatlari, ishlash prinsiplari va afzalliklari tahlil qilingan. Elektr dugasi xavfli fizik hodisa bo‘lib, u inson hayoti va elektr uskunalari uchun jiddiy zarar keltirishi mumkin. Shu bois, uni aniqlash va bartaraf etish tizimlarini joriy etish energiya tizimlarida xavfsizlik va samaradorlikni oshirishning dolzarb masalasi hisoblanadi. Optik sensorlar foton intensivligini aniqlash orqali real vaqtda ishlaydi va dugani avtomatik ravishda baholaydi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, mazkur texnologiya himoya tizimlarining ishonchliligini oshiradi hamda intellektual tarmoqlar bilan integratsiya qilish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: elektr dugasi**,** optik sensor, duga xavfi,elektr dugasini aniqlash, optik o‘lchov tizimi, nazorat tizimi, real vaqtda monitoring, duga foton intensivligi, himoya relelari, avtomatik himoya, intellektual energiya tarmoqlari, duga energiyasi, optik tola datchik, elektr xavfsizligi, ark flesh (arc flash), sensorli diagnostika, kam kuchlanishli qurilmalar, dugani masofadan aniqlash, tezkor reaksiya tizimi, energiya nazorati.

Аннотация. В данной статье рассматривается применение оптических систем измерения и контроля для обнаружения дуговых замыканий. Электрические дуги представляют значительную угрозу безопасности в электроустановках. Оптические датчики позволяют отслеживать вспышки дуги в режиме реального времени, определяя интенсивность фотонов. В исследовании подчёркиваются высокая чувствительность, надёжность и совместимость системы с интеллектуальными электросетями. Такие технологии улучшают системы защиты и считаются перспективными инструментами для современных интеллектуальных сетей.

Ключевые слова: электрическая дуга, оптический датчик, опасность возникновения дуги, обнаружение электрической дуги, оптическая измерительная система, система управления, мониторинг в реальном времени, интенсивность фотонов дуги, релейная защита, автоматическая

защита, интеллектуальные электросети, энергия дуги, волоконно-оптический датчик, электробезопасность, вспышка дуги, диагностика датчиков, низковольтные устройства, дистанционное обнаружение дуги, система быстрого реагирования, управление энергопотреблением.

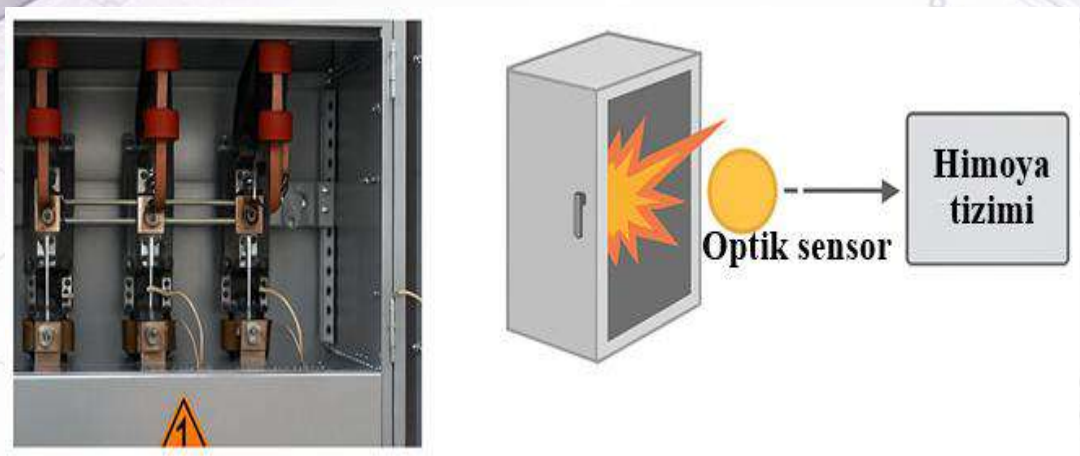
Abstract. This article explores the application of optical measurement and control systems for detecting electric arc faults. Electric arcs pose significant safety risks in electrical installations. Optical sensors enable real-time monitoring of arc flash events through the detection of photon intensity. The study highlights the system's high sensitivity, reliability, and compatibility with intelligent power networks. Such technologies improve protection systems and are considered promising tools for modern smart grid infrastructures.

Keywords: electric arc, optical sensor, arc fault, electric arc detection, optical measuring system, control system, real-time monitoring, arc photon intensity, relay protection, automatic protection, smart grid, arc energy, fiber optic sensor, electrical safety, arc flash, sensor diagnostics, low voltage devices, remote arc detection, rapid response system, energy management.

KIRISH.

35 kV va undan yuqori kuchlanishli elektr taqsimlash qurilmalarida elektr yoylari xavfli avariyalarga, yong‘inlarga va inson hayotiga tahdid soladi. Tradision himoya tizimlari elektr yoysini aniqlashda sust harakat qiladi. 35 kV li elektr taqsimlash qurilmalarida elektr yoysining hosil bo‘lishi sabablari va ularni bartaraf etishda quyidagi muammolarga duch kelinadi: 35 kV li qurilmalarda izolyatsiyaning eskirishi yoki shikastlanishi elektr yoysiga sabab bo‘ladi. Namlik va chang izolyatsiyani zaiflashtirib, yuza bo‘ylab tok o‘tishini kuchaytiradi. O‘tkazgichlar yoki shinalarning mexanik shikastlanishi yoyni yanada kuchaytiradi. Kontaktlarning bo‘shashishi va noaniq ulanishlar elektr razryadining paydo bo‘lishiga olib keladi. Qurilmani noto‘g‘ri montaj qilish yoy hosil bo‘lishi xavfini oshiradi. Noto‘g‘ri ventilyatsiya – harorat oshishi va izolyatsiyaning buzilishiga sabab bo‘ladi. Mavjud sensorlar yoki himoya tizimlari yoyni o‘z vaqtida aniqlamasligi mumkin. Yoyni bartaraf etish uchun avtomatik relelar to‘g‘ri vaqtda ishga tushmasligi. Hodimlarning ta’lim va malaka yetishmasligi xavfli vaziyatlarning kech aniqlanishiga olib keladi. Yoyni bartaraf etish tizimlarining yuqori qiymati va murakkabligi ularni ommaviy joriy qilishga to‘siq bo‘ladi.Shu sababli, yuqori aniqlikda va tezkor ishlaydigan optik sensorli aniqlash tizimlari so‘nggi yillarda juda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Optik elektr yoysini aniqlash tizimining

Optik elektr yoysini aniqlash tizimining asosiy elementlari quyidagilardan iborat:

1. Optik sensorlar (datchiklar). Ushbu sensor yoyning yorug‘lik impulsini sezadi, katta tezlikda reaksiya beradi (1–2 millisekund) va izolyatsiyasidagi kamchiliklarni aniqlaydi.

2. Signalni qayta ishlash moduli (kontroller). Sensordan kelgan signalni qabul qiladi, haqiqiy yoy yoki yolg‘on signalni farqlaydi va xavfli holatda himoya choralarini ishga tushiradi.

3. Himoya relesi (avtomatik uzish qurilmasi). Kontroller buyrug‘iga ko‘ra ishlaydi, keladigan signal asosida elektr ta’minotini uzadi va yoyning tarqalishining oldini oladi.

4. Elektr ta’minoti blogi.Tizimni barqaror ishlatish uchun uzluksiz kuchlanish manbasi hisoblanadi, zarur hollarda AKB (akkumulyator) bilan ta’minlanadi.

5. Optik kabellar. Sensorlar va kontroller o‘rtasidagi ma’lumot uzatish kanallari hisoblanadi, yuqori tezlikli va yorug‘likka sezgir tarmoqlardir.

6. Signalizatsiya va monitoring paneli. Yoyni aniqlaganda yorug‘lik/ovozli signal yuboriladi; Operatorlarga xolat to‘g‘risida ogohlantirish yuboradi..

Optik elektr yoysini aniqlash tizimining **matematik modeli**, bu yorug‘lik signalini aniqlash, qayta ishlash va himoya reaksiyasini avtomatlashtirish jarayonlarini matematik formulalar orqali ifodalashdan iborat. Quyida bu tizim uchun matematik model ishlab chiqildi:

Yorug‘lik yoysining foton intensivligi bu elektr yoysi (razryadi) vaqtida chiqadigan yorug‘lik nurlanishining bir vaqt birligida va bir yuzaga tushayotgan fotonlar soni yoki energetik zichligini ifodalovchi fizik kattalikdir. Shundan kelib chiqib elektr yoysi yuzaga kelganda chiqadigan nurlanish quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

ISSN 3030-3907

bu yerda: I(t) — vaqtga bog‘liq ravishda yorug‘lik intensivligi (lyumen), I_0 — yoyning boshlang‘ich intensivligi, α — nur so‘rilish koeffisienti (sensor va muhitga bog‘liq).

Optik sensor chiqish signali. Sensor fotonlarni elektr tokiga aylantiradi:

$$V_{sensor}(t) = k \cdot I(t)$$

bu yerda:

$V_{sensor}(t)$— sensor chiqishidagi kuchlanish (volt), k — sensorning fotoelektr sezgirlik koeffisienti.

Yoyni aniqlash algoritmi (logik funksiyasi). Signal ma’lum bir chiziqli porogdan oshib ketganda, yoy mavjud deb qabul qilinadi:

$$D(t) = \begin{cases} 1, & agar\ V_{sensor}(t) \geq V_{chegara} \\ 0, & aks\ holda \end{cases}$$

bu yerda: D(t) — yoy holati (1 — aniqlandi, 0 — aniqlanmadi), $V_{chegara}$ — sensorda o‘rnatilgan chegarali kuchlanish qiymati.

Himoya reaksiyasining kechikishi (ta’sir vaqti). Himoya reaksiyasi kechikish bilan amalga oshiriladi:

$$\tau = t_{det} + t_{proc} + t_{rele}$$

bu yerda: t_{det} — yoyni aniqlash vaqti, t_{proct} — signalni qayta ishlash vaqti, t_{relay}— releni ishga tushirish vaqti.

Odatda, bu vaqtlar jami: **1 – 5 ms** atrofida bo‘ladi.

Ishonchli aniqlash ehtimoli (P_{detect})

$$P_{aniqlash} = 1 - e^{-\lambda t}$$

bu yerda: λ — sensorning ishonchliligi koeffisienti, t — aniqlash vaqti (ms).

Tizim funksional sxemasi matematik modelllariga asoslanib yakuniy matematik model ifodasini shunday yozamiz:

$$Yoy\ hodisasi \Rightarrow I(t) \Rightarrow V_{sensor}(t) \Rightarrow Releтriger$$
$$\Rightarrow Elektr\ ta'minotini\ o'chir$$

Yuqorida keltirilgan matematik modellardan foydalanib optik elektr yoysini aniqlash tizimining ishlash jarayoni uchun blok-algoritm ishlab chiqildi va uning tavsifi quyida keltirildi.

Elektr dugasini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimining xatoligini hisoblash tizimning ishonchliligi va aniqligiga baho berishda muhim bosqich hisoblanadi. Ushbu hisoblash asosan sensorning foton signaliga nisbatan chuqur tahlil hamda noaniqlik manbalarini inobatga olgan holda amalga oshirildi.

Optik o‘lchov tizimida umumiy xatolik (Δ) quyidagi formula bilan baholandi:

ISSN 3030-3907

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_{sensor})^2 + (\Delta_{ADC})^2 + (\Delta_{tashqi})^2}$$

Bu yerda: Δ_{sensor} – sensor (fotodetektor) noaniqligi (%), Δ_{ADC} – analog-raqamli o‘zgartirgich xatosi (%), Δ_{tashqi} – tashqi ta’sirlar (nam, tuman, qo‘shimcha yorug‘lik) ta’siri (%).

Agar sensor xatosi: Δ_{sensor}=1.5%, Analog raqamli o‘zgartkichning xatosi: Δ_{ADC}=0.8% va tashqi ta’sirlar: Δ_{tashqi}=1.2% bo‘lsa

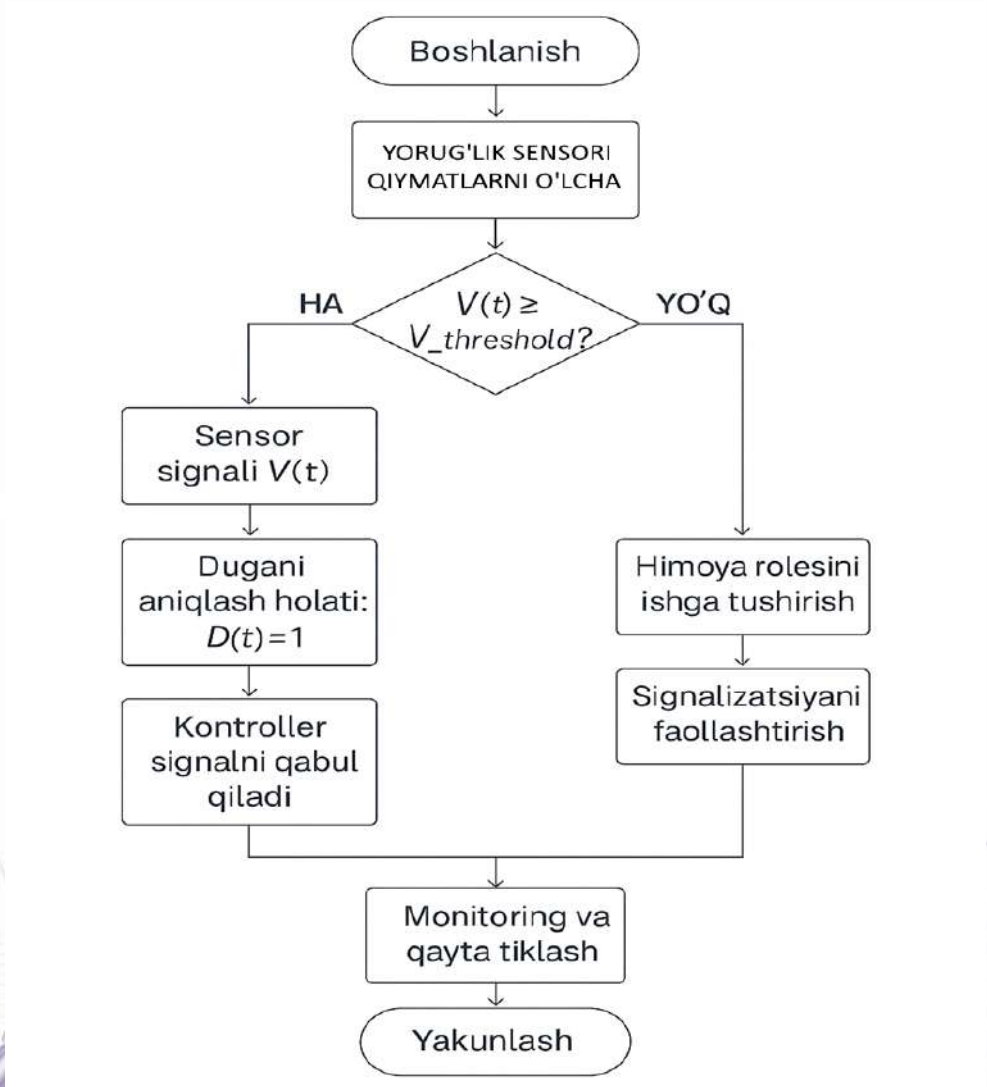
$$\Delta = \sqrt{(1.5)^2 + (0.8)^2 + (1.2)^2} = 2{,}08\ \%$$

Ya’ni, umumiy xatolik ≈ **2.08% ga teng**

Iurilmaning aniqliligi quyidagicha baholandi:

$$A_{aniqlilik} = 100\% - \Delta = 100\% - 2{,}08\ \% = 97.92\%$$

Optik o‘lchov tizimining umumiy xatoligi **2–3% atrofida** bo‘lishi uni aniq va ishonchli texnologiyaga aylantiradi. Xatolikni kamaytirish uchun sensor kalibrovkasi, filtrlash algoritmlari va tashqi nurlanishdan himoya vositalari joriy etiladi.



2-rasm. Optik elektr yoysini aniqlash tizimining ishlash jarayoni uchun blok-algoritm

ISSN 3030-3907

Optik yoy aniqlash uchun blok-algoritm tizimining ishlash tartibi.

1. Boshlanish. Tizim elektr ta’minotiga ulangan holda, doimiy kuzatuv rejimida faoliyat yuritadi va sensorlar doimiy ravishda muhitdagi yorug‘lik o‘zgarishini kuzatib boradi.

2. Agar muhitda elektr yoysiga xos intensiv yorug‘lik chiqsa, optik sensor buni aniqlaydi. Bunday yorug‘lik odatda 1–5 ms ichida sensor tomonidan qayd etiladi.

3. Sensor signali chiqaradi (V_{sensor}). Yorug‘lik intensivligi $V(t)=k\cdot I(t)$ ko‘rinishli elektr kuchlanishi signaliga aylantiriladi:

Tizimda avvaldan belgilangan porog (chegara) qiymat mavjud bo‘ladi. Agar sensor signali ushbu porogdan yuqori bo‘lsa — bu elektr yoysi deb qabul qilinadi.

5. Yoyni aniqlash holati $D(t) = 1$. Yoyning mavjudligi ikkilik funksiya asosida belgilanadi: $D(t)=1$(yoy bor).

6. Kontroller signalni qabul qiladi. Sensordan kelgan signal kontroller mikroprotsessoriga yuboriladi. Kontroller signalni tekshirib, uning haqiqiy yoki yolg‘on ekanini baholaydi.

7. Himoya relesi ishga tushadi. Agar yoy aniqlangan bo‘lsa, relelar orqali elektr zanjiri uziladi. Bu reaksiya juda tezkor bo‘lib 1-3 millisekund ichida amalga oshiriladi.

8. Elektr ta’minoti uziladi. Himoya rele elektr ta’minotini avtomatik uzadi. Bu yong‘in, uskunalarning yonishi yoki odamlarga zarar yetkazishning oldini oladi.

9. Signalizatsiya faollashadi. Sistemadan ovozli va yorug‘lik signallari beriladi. Operatorlarga yoy sodir bo‘lgan joy va vaqt haqida ma’lumot yetib boradi.

10. Monitoring va qayta tiklash.Yoyning sababi bartaraf etiladi (qisqa tutashuv, izolyatsiya muammosi). Tizim texnik xizmat ko‘rsatgandan keyin qayta ishga tushiriladi.

11. Yakunlash. Tizim o‘zining asosiy vazifasini — avariyani oldini olishni bajaradi.Natijada elektr ta’minoti xavfsiz, nazoratli va optimal tarzda tiklanadi.

Elektr yoysini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimining asosiy afzalliklari.

Optik o‘lchov tizimlari yoyni juda tez — millisekundlar ichida aniqlash qobiliyatiga ega.

1. Bu tizimlar real vaqtda ishlab, odam ishtirokisiz avtomatik ravishda ishga tushadi.

2. Yoyni vizual yorug‘lik impulsi orqali aniqlab, aniqlik darajasi yuqori bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

3. Sensorlar kichik o‘lchamli va montajlash oson bo‘lgan qurilmalardan iborat.

4. Elektromagnit xalaqitlarga chidamliligi tufayli ishonchli ishlaydi.

5. Elektr xavfsizligini ta’minlashda asosiy nazorat mexanizmi sifatida xizmat qiladi.

6. Zudlik bilan himoya relelarini faollashtirib, uskunalarni yonib ketishdan saqlaydi.

7. Masofadan turib nazorat va boshqarish imkoniyatini yaratadi.

8. Sanoat, energetika va podstansiyalarda keng qo‘llaniladi.

9. Bu tizimlar orqali inson xavfsizligi va tizim barqarorligi sezilarli darajada yaxshilanadi.

Elektr yoysini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimining iqtisodiy samaradorligini baholashda tizimni joriy etish natijasida kelib chiqadigan iqtisodiy foyda va xarajatlarni solishtirish orqali amalga oshirildi.

1-Jadval

Iqtisodiy samaradorlikni baholash mezonlari:

№	Mezon	Ta’siri
1	Qurilma yoki transformatorning yonib ketishining oldini olish	Mahsulot/uskunani saqlab qoladi
2	Elektr ta’minotidagi uzilishlarni qisqartirish	Korxonalarda ishlab chiqarish to‘xtamaydi
3	Remont va tiklash xarajatlarini kamaytirish	Qisqa muddatda qayta ish boshlanadi
4	Xodimlarning xavfsizligini ta’minlash	Sog‘liqni saqlash va jarohat xarajatlari kamayadi
5	Elektr energiyasi yo‘qotishlarini kamaytirish	Tarmoqdagi energiya balansi yaxshilanadi

Solishtirma hisob:

Yoyni aniqlashsiz holatda:

- Transformator yonib ketsa: 30000–100000$ USD zarar.
- Elektr ta’minoti 1 soatga to‘xtasa: 5000–10000$ USD ishlab chiqarish to‘xtashi.
- Remont va texnik xizmat: 3000–10000 USD.
- Yangidan qurilma o‘rnatish: 20000$ USD.

Optik yoy nazoratini o‘rnatish bilan:

- Tizim narxi: 5000–15000$ (bir ob’ekt uchun).
- Har yili 1–2 marta himoya faol bo‘lib, uskunani saqlab qoladi.
- 3 yilda o‘zini to‘liq qoplaydi.
- 5–10 yillik xizmat muddatida 50000$ iqtisodiy foyda keltiradi.

ISSN 3030-3907

Optik yoy aniqlash tizimlari boshlang‘ich sarf-xarajat talab qilsa-da, ularning **iqtisodiy samarasi 1–2 yil ichida o‘zini to‘liq qoplaydi,** tizim xavfsizligi, ishonchliligi va uskunalarni muhofaza qilishda katta foyda beradi.

Xulosa: Elektr yoysini aniqlash uchun optik o‘lchov va nazorat tizimini qo‘llashning istiqbollari juda keng va dolzarb hisoblanadi. Bunday tizimlarni kelgusidagi qo‘llanish yo‘nalishlari va rivojlanish istiqbollari quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi:

O‘lchov- nazorat tizimini qo‘llashning istiqbollari:

1. Intellektual energetika tarmoqlariga integratsiya – smart-grid texnologiyalari bilan birgalikda ishlash imkoniyati yuqoriligi.
2. Avtomatlashtirilgan podstansiyalarda ommaviy joriy etish – inson aralashuvini kamaytirgan holda xavfsizlikni oshiradi.
3. Sanoat energetika tarmoqlarida keng qo‘llash – ishlab chiqarish jarayonlarini to‘xtatishni oldini oladi.
4. Raqamlashtirilgan monitoring platformalariga ulanish – SCADA, IoT, va Big Data tizimlari bilan uzviy bog‘lanish imkoni bo‘ladi.
5. Distansion kuzatuv va tahlil qilish imkoniyatlari – markazlashgan dispetcherlik tizimida ishlatish.
6. Himoya tizimlarini optimallashtirish va tezkorlikni oshirish – avariya reaksiya vaqti qisqaradi.
7. Kichik va mobil elektr tarmoqlarida ham tatbiq etish – mahalliy taqsimlash punktlarida va transformator punktlarida.
8. Ko‘p sensorli to‘liq intellektual tushunish tizimlari – faqat yoyni emas, balki uning darajasi, davomiyligi va xavfini baholaydi.
9. Qaydlar va tahlillar uchun avtomatik hisobotlar tuzish – energetik audit va xavf tahlili jarayonlarini soddalashtiriladi.
10. Xalqaro standartlarga mosligi tufayli eksportbop – mahalliy ishlab chiqarishda mahsulotni xalqaro bozorga olib chiqish imkoniyati tug‘uladi.

Ilmiy va amaliyotdagi istiqbollar:

- Neyron tarmoqlar va AI bilan integratsiya – yoyni aniqlashda sun’iy intellektning roli ortadi.
- Optik sensorlar narxining tushishi – texnologiya ommaviylashishi tezlashadi.
- O‘zbekiston energetika tizimida tatbiq qilish uchun grant va investisiya loyihalari – mahalliy qo‘llash imkoniyati ortadi.
- Yangi standartlar asosida sertifikatlashtirish – xavfsizlik va ishonchlilikni ta’minlash yo‘lida muhim qadam qo‘yiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. IEEE Std 1683™-2014.*Guide for Application of Optical Sensors for Arc Flash Detection*.

ISSN 3030-3907

2. Y. Liu, Z. Bo, B. Zhang (2020).*"Optical Detection Techniques for Electric Arc Faults in MV Switchgear"*, IEEE Transactions on Power Delivery.
3. M. G. Danikas & D. P. Agoris (2016) – *"A Review of the Use of Optical Sensors in Arc Fault Detection"*, Electrical Engineering Journal.
4. ABB Technical Paper (2019) – *"Arc Flash Protection Systems: Principles and Applications"*
5. Schneider Electric White Paper (2021) – *"Preventing Arc Flash with Optical Detection Technologies"*.
6. Dr. Michael Koch (Siemens AG) – *"Real-time Arc Flash Detection Systems in MV Panels"*, Siemens Seminar Notes, 2022.
7. U. S. Department of Energy (DOE) – *"Arc Flash Hazard Analysis and Mitigation"*, Handbook, 2018.
8. DIN EN 61439-1 / IEC 61439-1. *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – General rules*
9. Xitoydagi Xi'an Jiaotong University ilmiy ishlari.*"Development of Fiber Optic Sensors for Arc Detection"*, Chinese Journal of Electrical Engineering.
10. Ko'p tomonlama muhandislik jurnallari (Scopus/Elsevier/MDPI) .*"Arc Flash Detection in Smart Grids"*, *"Artificial Intelligence in Fault Detection"*, *"IoT-based Protection Systems"*

ISSN 3030-3907

METANNI OKSIXLORLASH JARAYONIDA ISHLATILADIGAN KATALIZATORLARNING TUZILISHI VA SINOV NATIJALARI TAHLILI

J.J.Javxarov
Kattaqo‘rg‘on Davlat Pedagogika Instituti Aniq va tabiiy fanlar kafedrasi o‘qituvchisi PhD,
Hikmatova Hilola Ilhom qizi
Kattaqo‘rg‘on Davlat Pedagogika Instituti Kimyo yo‘nalishi 4-kurs talabasi
Ziyatova Farzona Qosimjon qizi
Kattaqo‘rg‘on Davlat Pedagogika Instituti Kimyo yo‘nalishi 4-kurs talabasi
E-mail: farzonaziyatova78@gmail.com
Tel: +99877-037-89-46

Annotasiya. Ushbu maqolada metanni oksixlorlash jarayonida qo‘llaniladigan katalizatorlarning tarkibi, xossalari va samaradorligi o‘rganib chiqilgan. Asosan mis (II) xlorid asosidagi katalizatorlarning selektivligi , faolligi va sanoatda qo‘llash imkoniyatlari tahlil qilingan . Tajribalarda lantan va ishqoriy metall xloridlarining katalizator tarkibiga qo‘shilishi uning barqarorligi va faolligini oshirishi aniqlangan. Metanni oksixlorlash jarayonida asosiy mahsulot sifatida metilxlorid hosil bo‘lishi, uning selektivligi esa reaksiyaning bosim, harorat va katalizator tarkibiga bog‘liqligi aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, optimal sharoitlarda yuqori selektivlikka erishiladi, bu sanoat uchun muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, reaksiyaning mexanizmi, gipoxlorit hosil bo‘lish bosqichi orqali kechishi ko‘rsatilgan. Harorat ko‘tarilishi bilan metan konversiyasi ortishi, lekin selektivlikning kamayishi tajribalarda kuzatilgan. Bosimning ta’siri esa kam ahamiyatli ekanligi aniqlangan. Olingan natijalar metan oksixlorlash jarayonini optimallashtirish va samarali katalizatorlar yaratishda muhim ilmiy asos bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: katalizator, metilxlorid, mis (II) xlorid, selektivlik, konversiya, lantan xlorid, reaksiya mexanizmi, harorat ta’siri, sanoat jarayoni.

Аннотация. В данной статье исследуются состав, свойства и эффективность катализаторов, используемых в процессе оксихлорирования метана. Анализируются селективность, активность и возможности промышленного применения катализаторов на основе преимущественно хлорида меди (II). В экспериментах установлено, что добавление хлоридов лантана и щелочных металлов в состав катализатора повышает его стабильность и активность. Установлено, что основным продуктом в процессе оксихлорирования метана является метилхлорид, а его селективность зависит от давления, температуры и состава катализатора реакции. Результаты показали, что в оптимальных условиях достигается высокая селективность, что важно для промышленности. Также показано,

ISSN 3030-3907

что механизм реакции протекает через стадию образования гипохлорита. С повышением температуры конверсия метана увеличивается, но селективность снижается. Установлено, что влияние давления незначительно. Полученные результаты станут важной научной основой для оптимизации процесса оксихлорирования метана и создания эффективных катализаторов.

Ключевые слова: катализатор, метилхлорид, хлорид меди (II), селективность, конверсия, хлорид лантана, механизм реакции, температурный эффект, промышленный процесс.

Abstract. This article studies the composition, properties and efficiency of catalysts used in the methane oxychlorination process. The selectivity, activity and industrial application possibilities of catalysts based mainly on copper (II) chloride are analyzed. In experiments, it was found that the addition of lanthanum and alkali metal chlorides to the catalyst composition increases its stability and activity. It was found that methyl chloride is formed as the main product in the methane oxychlorination process, and its selectivity depends on the pressure, temperature and catalyst composition of the reaction. The results showed that under optimal conditions, high selectivity is achieved, which is important for industry. It was also shown that the reaction mechanism proceeds through the hypochlorite formation stage. With increasing temperature, methane conversion increases, but selectivity decreases. The effect of pressure is found to be of little importance. The results obtained will be an important scientific basis for optimizing the methane oxychlorination process and creating effective catalysts.

Keywords: catalyst, methyl chloride, copper (II) chloride, selectivity, conversion, lanthanum chloride, reaction mechanism, temperature effect, industrial process.

KIRISH.

Metan tabiiy gazning asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, uni kimyoviy qayta ishlash orqali qimmatli mahsulotlarga aylantirish zamonaviy kimyo sanoatining muhim sohalaridan biri hisoblanadi [1]. Zamonaviy texnologiyada metanni to‘g‘ridan-to‘g‘ri funksional hosilalarga aylantirish jarayonlariga, xususan oksixlorlash jarayoniga katta e’tibor berilmoqda [2]. Ushbu ish orqali metilxlorid kabi muhim organik birikmalarni olish mumkin bo‘lib, ular polimerlar sintezi , farmatsevtika va boshqa sohalarda keng qo‘llaniladi [3].

Metanni oksixlorlash jarayonining samaradorligi qo‘llaniladigan katalizatorga bog‘liqdir [4]. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, mis (II) xlorid asosidagi katalizatorlar yuqori faolligi va selektivligi bilan ajralib turadi [5]. Shu qatorda, katalizator tarkibiga lantan xlorid qo‘shilishi uning faolligini oshirishi va reaksiyaning borishini tezlashtirishi aniqlangan [6]. Lantan xloridning 1 mol misga 0.1 mol miqdorida kiritilishi katalizator faolligining sezilarli darajada

ISSN 3030-3907

oshishiga yordam beradi: Ishqoriy metall xloridlarining qo‘llanilishi esa katalizatorning termik barqarorligini yaxshilaydi [7].

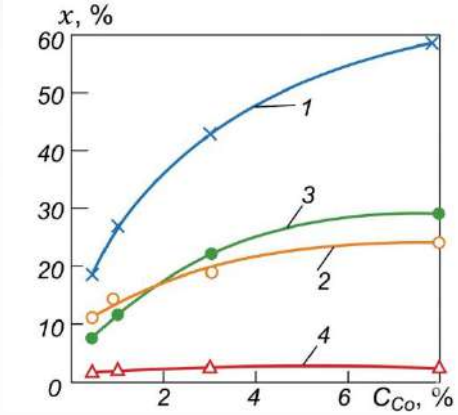
Katalizatorning tayanchi ham muhim bo‘lib, diatomit va silika gel kabi materiallar faol markazlarning samarali taqsimlanishini ta’minlaydi [8]. Bundan tashqari, reaksiyaning termodinamik parametrlarini — harorat, bosim va kontakt vaqtini optimallashtirish jarayon samaradorligini oshirishda muhim hisoblanadi [9]. Harorat oshishi bilan CM hosil bo‘lishining selektivligi 77% dan 57% gacha pasayadi, metilen xlorid hosil bo‘lishining selektivligi esa biroz oshadi. Metanning chuqur oksidlanish mahsulotlarining hosil bo‘lishi o‘rganilgan 315-340 °C harorat oralig‘ida 2,5 baravar oshadi. 300 °C dan 342 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida metanning CM ga aylanishining selektivligi 95% dan 83% gacha pasayadi[10]. Bosimning metan oksixlorlash jarayoniga ta’siri kamroq o‘rganilgan bo‘lsa-da, ayrim tajribalarda uning selektivlikka sezilarli ta’siri yo‘qligi aniqlangan[11]. Bosim metanning CM ga aylanishining selektivligiga 0,002 MPa dan 0,27 MPa gacha bo‘lgan diapazonda unchalik ahamiyatli ta’sir ko‘rsatmaydi . Metilxlorid hosil bo‘lishining selektivligi 72% dan 85% gacha oshadi, metan konversiyasi esa deyarli 15% da o‘zgarishsiz qoladi. Bosimning oshishi bilan metilxlorid hosil bo‘lishining selektivligi ikki baravar kamayadi.Shu sababli, katalizator tarkibi va jarayon sharoitlarini kompleks o‘rganish dolzarb ilmiy masala bo‘lib qolmoqda[12].

Ushbu ishda metanni oksixlorlash jarayonida qo‘llaniladigan katalizatorlarning tarkibi, ularning faolligi va asosiy texnologik parametrlarning ta’siri tahlil qilinadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR.

Metanni oksixlorlab monoxlormetan olishda mis (II) xlorid asosidagi katalizatorni yuqori faolligi, selektivligi, korroziyaga chidamliligi va nisbatan arzonligi tufayli eng mos deb hisoblanadi[13]. Lantan mis asosidagi katalizatorlarning faolligini oshiradi. Litiy yoki kaliy katalizator barqarorligini oshiradi. 1 va 2-rasmlarda mis asosidagi katalizatorlar ishtirokida metan oksiklorlanishini metilxloridga aylantirish jarayoni bo‘yicha ma’lumotlari ko‘rsatilgan[14]:

ISSN 3030-3907



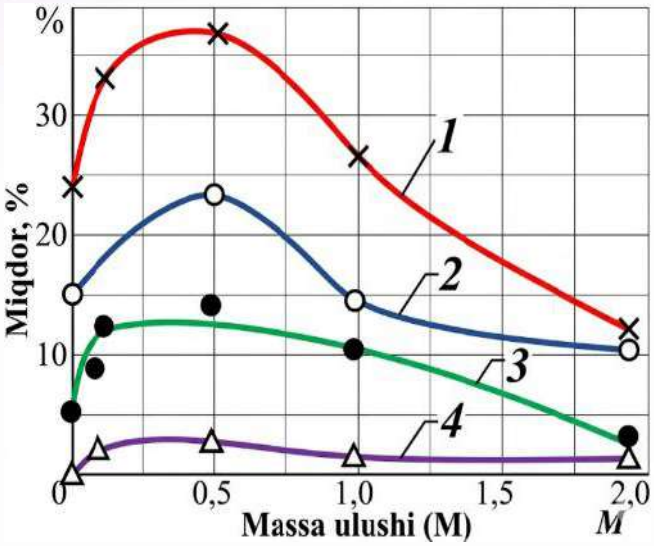
1 va 3 — mos ravishda umumiy HCl konversiyasi va xlorga konversiyasi; 2 va 4 — mos ravishda umumiy CH_4 konversiyasi va uglerod oksidlariga konversiyasi.

1-rasm — Metan oksixlorlash reaksiyasida reaktivlarning katalizatordagi mis miqdoriga ($CuCl_2$, KCl:LaCl - 1:1:0.3) bog‘liqligi. Harorat — 370 °C; kontakt vaqti — 4,5 s.

Ma’lumotlar turli xil eksperimental sharoitlarda olingan bo‘lsa-da, ular juda yaqin. Xlorometan hosil bo‘lishi uchun eng yuqori selektivlik 15% gacha bo‘lgan metan konversiyasi oralig‘ida. Grafikning yuqori o‘ng burchakda belgilangan qismi ushbu jarayonni sanoatda qo‘llash uchun tavsiya etilgan qiymatlarga mos keladi (20% CH_3 konversiyasi va taxminan 80% CH_3Cl selektivligi). Taqdim etilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, faqat British Petroleum natijalari kerakli diapazonga kirdi.

Katalizator tarkibining asosiy jarayon parametrlariga ta’sirini o‘rganish katalizator faolligining ($LaCl_3$:$CuCl_2$ = 0.3:1, mis miqdori 1%, diatomit tayanchi) KCl:$CuCl_2$ nisbatiga bog‘liqligi aniqladi, maksimal ko‘rsatkich 0,5 atrofida (2-rasm). Lantan xloridning 1 mol misga 0,1 mol miqdorida kiritilishi katalizator faolligining sezilarli darajada oshishiga yordam beradi[15]: HCl konversiyasi darajasi 13,5 dan 26% gacha oshadi; lantan miqdorining yanada oshishi katalizator faolligiga kam ta’sir qiladi[16].

ISSN 3030-3907



1 va 3 — mos ravishda HCl ning umumiy konversiyasi va xlorga konversiyasi; 2 va 4 — mos ravishda CH_4 ning umumiy konversiyasi va uglerod oksidlariga konversiyasi.

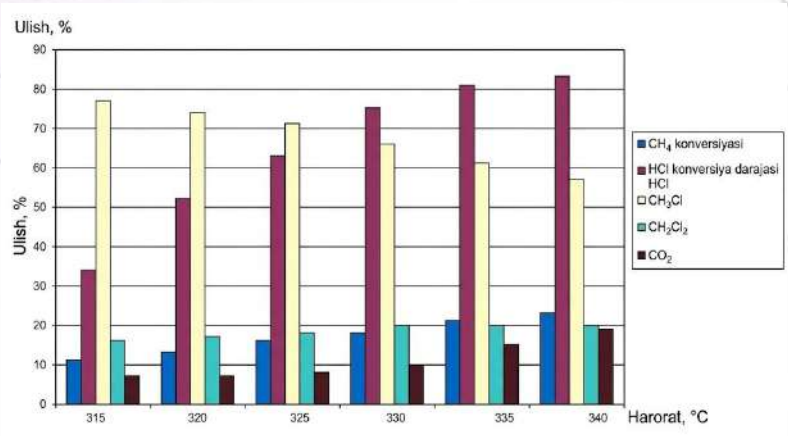
2-rasm — Katalizatordagi KCl:$CuCl_2$ molyar nisbatining funksiyasi sifatida metan oksixlorlash reaksiyasida reaktivlarning konversiyasi. Harorat — 370 °C; aloqa vaqti — 4,5 s.

TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI.

Diatomli tayanchdagi katalizatordagi mis, kaliy va lantan xloridlarining massa ulushi ortishi bilan katalizator faolligi oshadi[17]. Diatomli tayanch va KCK silika gelidan (Dekon reaksiyasida) foydalangan holda lantan qo‘shimchalarisiz katalizator uchun ham shunga o‘xshash jarayon kuzatiladi[18]. CM hosil bo‘lishining selektivligi metan oksixlorlash jarayonining haroratiga bog‘liq (7-rasm). Harorat oshishi bilan CM hosil bo‘lishining selektivligi 77% dan 57% gacha pasaydi, metilen xlorid hosil bo‘lishining selektivligi esa biroz oshdi. Metanning chuqur oksidlanish mahsulotlarining hosil bo‘lishi o‘rganilgan 315-340 °C harorat oralig‘ida 2,5 baravar oshadi[19].

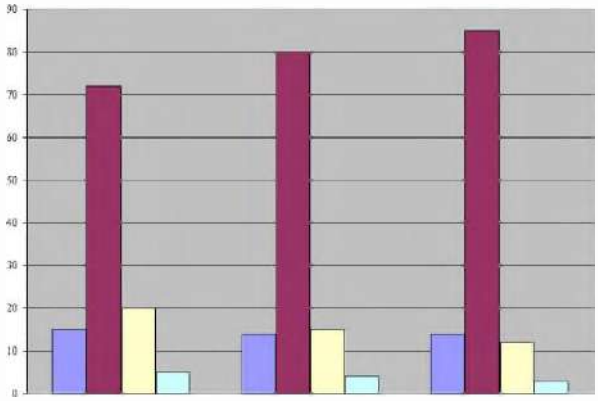
Shunga o‘xshash ma’lumotlar 41,7% CuCl, 11,5% KCl, 9,4% $LaCl_3$ va 37,5% SiO_2 katalizatorida metan oksixlorlash jarayonini o‘rganishda olingan. Masalan, 300 °C dan 342 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida metanning CM ga aylanishining selektivligi 95% dan 83% gacha pasaydi[20].

ISSN 3030-3907



3-rasm — Metan oksixlorlash jarayonining asosiy parametrlarining Cu/La/Li katalizatoriga haroratga bog‘liqligi.

Bizning ma’lumotimizga ko‘ra, bosimning OXM jarayoniga ta’siri haqida ma’lumotlar kam. Bosim metanning CM ga aylanishining selektivligiga 0,002 MPa dan 0,27 MPa gacha bo‘lgan diapazonda unchalik ahamiyatli ta’sir ko‘rsatmaydi (8-rasm). Metilxlorid hosil bo‘lishining selektivligi 72% dan 85% gacha oshdi, metan konversiyasi esa deyarli 15% da o‘zgarishsiz qoldi. Bosimning oshishi bilan metilenxlorid hosil bo‘lishining selektivligi ikki baravar kamaydi.



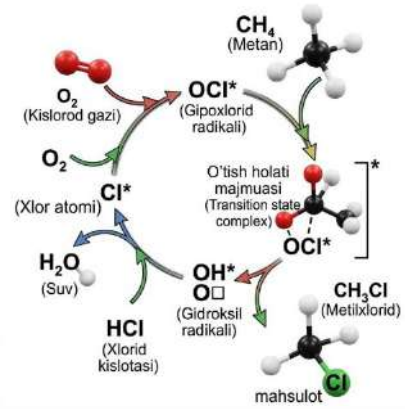
4-rasm — Metan oksixlorlash jarayonining asosiy parametrlarining Cu/La/Li katalizatoridagi bosimga bog‘liqligi .

Harorat — 310 °C 41,7% CuCl2, 11,5% KCl, 9,4% $LaCl_3$, 37,5% Si_2 katalizatorida bosimning 0,1 MPa dan 0,9 MPa gacha oshishi CM hosil bo‘lishining selektivligiga deyarli hech qanday ta’sir ko‘rsatmadi, 92–95% da qoldi, karbonat angidrid hosil bo‘lishi esa mos ravishda ikki baravar oshdi va metilen xlorid hosil bo‘lishi ikki baravar kamaydi.

$LaCl_3$ katalizatoridan foydalanib, tayanchda o‘tkazilgan OXM jarayonini o‘rganish natijalari ushbu katalizatorning yuqori barqarorligi va CM hosil bo‘lishining yuqori selektivligini ko‘rsatadi. Ushbu katalizator vodorod xlorid (20 % geliy) oqimi ostida joyida tayyorlangan

ISSN 3030-3907

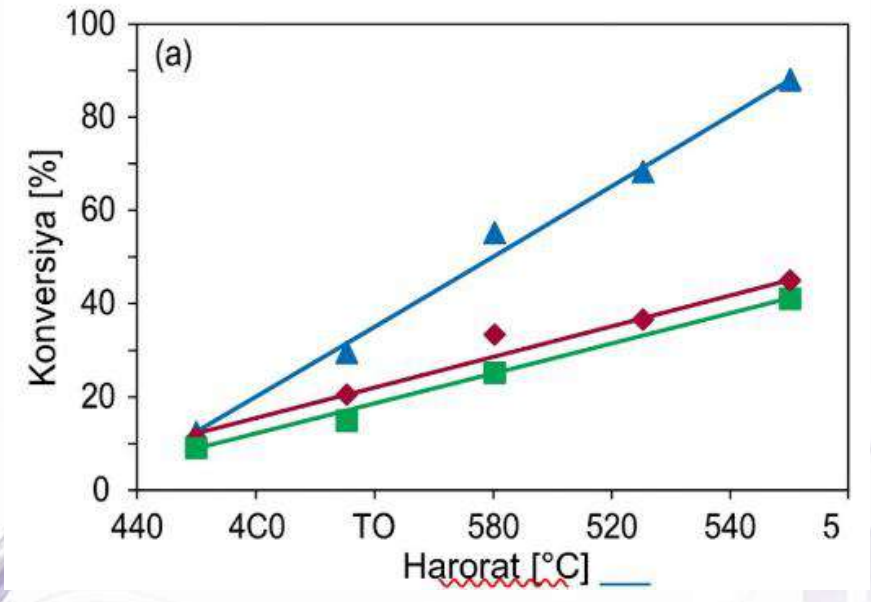
LaOCl ni 400 °C da 10 soat davomida g‘ovakli tayanchga cho‘ktirish orqali. $LaCl_3$ da metan oksixlorlanishining taklif qilingan mexanizmi 5-rasmda ko‘rsatilgan quyidagi sxema bilan tavsiflanadi.



5-rasm — $LaCl_3$ katalizatorida metan oksixlorlanishining taklif qilingan mexanizmi.

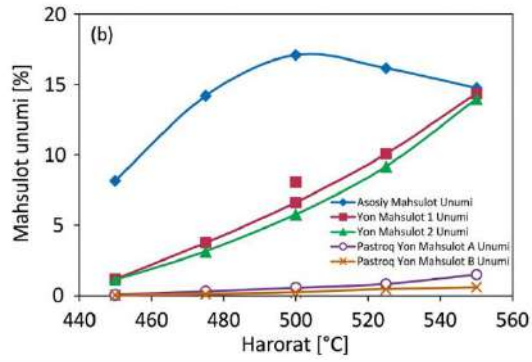
Metanning $LaCl_3$ ustidan oksixlorlanishi katalizator yuzasida gipoxlorit hosil bo‘lishi orqali sodir bo‘ladi. Metan gipoxlorit bilan reaksiyaga kirishib, karboniy ionini hosil qiladi, bu esa oxir-oqibat xlorometan va gidroksil guruhining hosil bo‘lishiga olib keladi. Vodorod xloridning gidroksil guruhi bilan reaksiyasi Cl hosil qiladi, keyin u katalizator yuzasida kislorod bilan gipoxlorit hosil qiladi.

6-rasmda keltirilgan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, 450-550 °C oralig‘ida harorat oshishi bilan metanning konversiyasi 5% dan 40% gacha sezilarli darajada oshadi. Asosiy mahsulot xlorometan bo‘lib, uning hosildorligi 500 °C da maksimal 17% ga yetadi (6-rasm). Shuni ta'kidlash kerakki, 450 °C va undan yuqori haroratlar oksixlorlash jarayoni uchun juda yuqori.



6-rasm — (a) LaOCl katalizatorida reagentlarni konvertatsiya qilish, (0) — Cl t, (n) — HCl, (A) — O_2.

ISSN 3030-3907



CH_4:HCl:O_2 : He : N_2 = 2:2:1:4:1.

6-rasm (b) LaOCl katalizatorida mahsulotlarning hosildorligi, — CH_3Cl, — CH_2Cl_2 —$CHCl_3$ — CO, (*) CO_2.

XULOSA.

Metanni oksixlorlash jarayonida katalizator tarkibi va reaksiya sharoitlari hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Mis (II) xlorid asosidagi katalizatorlar yuqori faollik va selektivlik ko‘rsatkichlariga ega bo‘lib, ularni sanoat sharoitida qo‘llash istiqbollidir. Lantan va ishqoriy metall qo‘shimchalari katalizatorning barqarorligini oshirib, uning ishlash muddatini uzaytiradi. Jarayon parametrlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatdiki, harorat oshishi metan konversiyasini oshiradi, ammo maqsadli mahsulot — metilxlorid selektivligini kamaytiradi. Shu sababli optimal haroratni tanlash muhim hisoblanadi. Bosimning ta’siri nisbatan kam bo‘lsa-da, ayrim hollarda selektivlikni yaxshilashga yordam berishi mumkin. Katalizator tarkibidagi komponentlar nisbati ham muhim rol o‘ynaydi. Xususan, mis, kaliy va lantan xloridlarining optimal nisbatlari yuqori samaradorlikka olib keladi. Reaksiya mexanizmini o‘rganish natijasida jarayon katalizator yuzasida faol oraliq birikmalar hosil bo‘lishi orqali kechishi aniqlandi.

Umuman olganda, metan oksixlorlash jarayonini chuqur o‘rganish va samarali katalizatorlar yaratish kimyo sanoatida muhim ahamiyat kasb etadi. Kelgusida ushbu yo‘nalishda olib boriladigan tadqiqotlar jarayonni yanada takomillashtirish va energiya tejamkor texnologiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Muradov K. M., Fajzullaev N. I. Technology for producing the ethylene using the reaction of the oxidizing condensation of methane //Khimicheskaya Promyshlennost. – 2003. –
2. Bukhorov A. Q., Aslanov S. C., Fayzullaev N. I. Conversion of dimethyl ether to lower olefines //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2022. – Т. 2432. – №. 1. – С. 050011.

ISSN 3030-3907

3. Трегер Ю.А., Розанов В.Н., Тимошенко А.В. Получение низших олефинов из природного газа через синтез и пиролиз хлористого метила // Газохимия, 2010, № 2. С. 44–50.
4. Izadbakhsh A., Farhadi F., Khorasheh F., Sahebdelfar S., Asadi M., Feng Y.Z. // Effect of SAPO-34's composition on its physico-chemical properties and deactivation in MTO process // Appl. Catal. A:General. 2009. V. 364. P. 48–56
5. Wei Y., Zhang D., Xu L., Chang F. Synthesis, characterization and catalytic performance of metal-incorporated SAPO-34 for chloromethane transformation to light olefins // Catalysis Today. 2008. V. 131. P. 262–269.
6. Svelle S., Aravinthan S., Bjørgen M., Lillerud K.-P., Kolboe S., Dahl I.M., Olsbye U. The methyl halide to hydrocarbon reaction over H-SAPO-34 // J. Catalysis. 2006. V. 241. № 2. P. 243–254.
7. Моисеев И.И. Газ и этилен. Альтернатива нефти – есть // Chem. J. (Химический журнал). 2008. № 4. С. 28–31.
8. Трегер Ю.А., Розанов В.Н., Тимошенко А.В. Получение низших олефинов из природного газа через синтез и пиролиз хлористого метила // Газохимия, 2010, № 2. С. 44–50.
9. Zhao T-S., Takemoto T., Tsubaki N. Direct synthesis of propylene and light olefins from dimethyl ether catalyzed by modified H-ZSM-5. // Catalysis Communications. -2006. -V. 7. -P. 647.
10. Chen J.Q., Vora B.V. Most recent developments in ethylene and propylene production from natural gas using the UOP/Hydro MTO process. // 7th Natural Gas conversion Symposium. Dalian, China, June 6-10. -2004. -abs. 1-01-071
11. Chen J.Q., Vora B.V., Pujado P.R., Gronvold E., Fuglerud T., Kvisle S. Most recent developments in ethylene and propylene production from natural gas using the UOP/Hydro MTOprocess // 7 th Natural Gas conversion Symposium, Dalian, China, June 6-10, 2004, abs. 1-01-071.
12. Трегер Ю.А., Розанов В.Н., Соколова С.В., Мурашова О.П. Получение этилена и пропилена из природного газа через промежуточный синтез хлористого метила и последующий его каталитический пиролиз // Катализ в промышленности. 2012. № 3. С. 15–20.
13. . Меньшиков В.А., Лякишев Г.Г., Апельбаум А.Л., Гольдштейн Л.Х. Технология получения этилена из природного газа и проблемы каталитической окислительной димеризации метана. Газохимия в XX веке. Проблемы и перспективы: Тр. Моск. семин. по газохимии 2000-2002 гг. / Под ред. проф. А.И. Владимирова и чл.-корр. РАН А.Л. Лапидуса; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. - М., 2003. -С. 68-76.

ISSN 3030-3907

14. Свейти Т. Тенденции в развитии нефтеперерабатывающей промышленности мира: состояние и перспективы. // Нефтегазовые технологии, 2006. -№ 1. -С. 59.
15. Wei Y., Zhang D., Liu Z., Su B-L. Highly efficient catalytic conversion of chloromethane to light olefins over HSAPO-34 as studied by catalytic testing and in situ FTIR. //Journal of Catalysis. -2006. -V. 238. -P. 46.
16. Natural gas production [Electronic resource] // Global Energy Statistical Yearbook 2011. 2010. URL: https://yearbook.enerdata.net/2010/world-natural-gas-production-in- 2010.html.
17. Derouane E.G., Parmon V., Lemos F., Ribeiro F.R. Sustainable Strategies for the Upgrading of Natural Gas: Fundamentals, Challenges, and Opportunities. 2005. P. 403— 412.
18. Obrzut D.L., Adekkanatu P.M. Reducing methane formation in methanol to olefins reaction on methal impregnated SAPO-34 molecular sieve. // React. Kinet. Catal. Lett. 2003. Vol. 80, № 1. P. 113-121.
19. John Q.C., Bozzano A., Clover B., Fuglerud T., Kvisle S. Recent advancement in ethilene and propylene production using the UOP/Hydro MTO process. // Catalysis Today. 2005. № 106. P. 103-107.
20. Трегер Ю.А., Розанов В.Н., Луньков С.А., Мурашова О.П., Дасаева Г.С. Каталитический пиролиз метилхлорида для получения этилена и пропилена. // Катализ в промышленности, 2009. -№ 2. -С. 14.

ISSN 3030-3907

VITAMINLARNING KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA INSON SALOMATLIGIDAGI ROLI.

Saidmurodov Sardor
***SamDTU Davolash fakulteti 101-guruh talabasi*:**
Abduvaliyeva Shahrizoda
***SamDTU Davolash fakulteti 101-guruh talabasi*:**
Mamatqulov Ozodbek
***SamDTU Davolash fakulteti 101-guruh talabasi*:**
Bo‘riyeva Azza.
SamDTU Boshqaruv va menjment fakulteti Fundamental tibbiyot yo‘nalishi 101-guruh talabasi:
Murodullayeva Lobar
SamDTU Boshqaruv va menjment fakulteti Fundamental tibbiyot yo‘nalishi 101-guruh talabasi:
Xalilova Kamola.
SamDTU Boshqaruv va menjment fakulteti Fundamental tibbiyot yo‘nalishi 101-guruh talabasi:
Dustmurotov Maqsud Mansurovich.
SamDTU tibbiy kimyo kafedrasi assistenti

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada vitaminlarning kimyoviy tuzilishi, ularning fizik-kimyoviy xossalari hamda inson organizmida bajaradigan biokimyoviy va fiziologik funksiyalari kompleks tarzda tahlil qilinadi. Vitaminlarning turli sinflarga mansubligi, ularning eruvchanlik darajasi, barqarorligi va reaktivligi kabi xususiyatlari asosida biologik faolligi ilmiy jihatdan asoslab beriladi. Shuningdek, vitaminlarning fermentativ jarayonlardagi o‘rni, koferment sifatidagi roli va metabolizm bosqichlaridagi ahamiyati keng yoritiladi. Maqolada vitaminlar yetishmovchiligi (gipovitaminoz va avitaminoz) natijasida yuzaga keladigan patologik holatlar, ularning klinik belgilari hamda organizm tizimlariga ko‘rsatadigan salbiy ta’siri tahlil qilinadi. Shu bilan birga, vitaminlarning ortiqcha qabul qilinishi bilan bog‘liq holatlar ham qisqacha ko‘rib chiqiladi. Vitaminlar balansini saqlashda muhim bo‘lgan profilaktik chora-tadbirlar, jumladan, muvozanatli va ratsional ovqatlanish tamoyillari ilmiy asosda bayon etiladi.

Kalit so‘zlar: vitaminlar, biokimyo, metabolizm, ferment, antioksidant, salomatlik.

Аннотация. В данной научной статье комплексно анализируются химическая структура витаминов, их физико-химические свойства, а также биохимические и физиологические функции, выполняемые в организме человека. На основе таких характеристик, как принадлежность витаминов к различным классам, их растворимость, стабильность и реакционная

способность, научно обосновывается их биологическая активность. Кроме того, подробно освещается роль витаминов в ферментативных процессах, их функция в качестве коферментов и значение на различных этапах метаболизма. В статье рассматриваются патологические состояния, возникающие вследствие дефицита витаминов (гиповитаминоз и авитаминоз), их клинические проявления, а также негативное воздействие на системы организма. Наряду с этим кратко анализируются последствия избыточного потребления витаминов. Особое внимание уделяется профилактическим мерам, направленным на поддержание витаминного баланса, включая принципы рационального и сбалансированного питания, обоснованные с научной точки зрения.

Ключевые слова: витамины, биохимия, метаболизм, ферменты, антиоксиданты, здоровье.

Abstract. This scientific article provides a comprehensive analysis of the chemical structure of vitamins, their physicochemical properties, as well as their biochemical and physiological functions in the human body. Based on characteristics such as classification into different groups, solubility, stability, and reactivity, the biological activity of vitamins is scientifically justified. In addition, the role of vitamins in enzymatic processes, their function as coenzymes, and their importance in various stages of metabolism are thoroughly discussed. The article also examines pathological conditions caused by vitamin deficiencies (hypovitaminosis and avitaminosis), their clinical manifestations, and their negative effects on body systems. Furthermore, conditions associated with excessive vitamin intake are briefly considered. Special attention is given to preventive measures aimed at maintaining vitamin balance, including the principles of rational and balanced nutrition, which are scientifically substantiated.

Keywords: vitamins, biochemistry, metabolism, enzymes, antioxidants, health.

KIRISH.

Vitaminlar — bu past molekulyar massali, biologik faol organik birikmalar bo‘lib, ular inson organizmida kechadigan muhim biokimyoviy va fiziologik jarayonlarning normal borishini ta’minlashda zarur hisoblanadi. Ular energiya manbai yoki plastik material sifatida xizmat qilmasa-da, metabolizmning asosiy bosqichlarida katalitik va regulyator funksiyalarni bajaradi. Vitaminlarning aksariyati inson organizmida yetarli miqdorda sintez qilinmaydi yoki umuman hosil bo‘lmaydi, shu sababli ular doimiy ravishda oziq-ovqat mahsulotlari orqali tashqi muhitdan qabul qilinishi lozim. Zamonaviy biokimyo va molekulyar biologiya fanlarining rivojlanishi vitaminlarning kimyoviy tuzilishi, ularning reaktivligi va biologik faolligi o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni chuqurroq o‘rganish

ISSN 3030-3907

imkonini bermoqda. Xususan, vitaminlar ko‘plab ferment tizimlarining ajralmas tarkibiy qismi bo‘lib, koferment yoki prostetik guruh sifatida metabolik reaksiyalarni tezlashtiradi va yo‘naltiradi. Bundan tashqari, ayrim vitaminlar (masalan, antioksidant xususiyatga ega birikmalar) hujayralarni erkin radikallar ta’siridan himoya qilib, oksidlovchi stressni kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, vitaminlarning yetishmovchiligi yoki ortiqcha iste’moli organizmda modda almashinuvi buzilishlariga, turli kasalliklarning rivojlanishiga olib kelishi mumkin. Shu bois, vitaminlarning kimyoviy xususiyatlari va biologik funksiyalarini ilmiy asosda o‘rganish nafaqat nazariy, balki amaliy tibbiyot va profilaktika nuqtai nazaridan ham dolzarb ahamiyatga ega hisoblanadi.

1. Vitaminlarning tasnifi

Vitaminlar eruvchanligiga qarab ikki guruhga bo‘linadi:

1.1 Yog‘da eruvchi vitaminlar

- A (retinol)
- D (kalsiferol)
- E (tokoferol)
- K (filloxinon)

Ular lipidlarda eriydi va organizmda zahira holida to‘planishi mumkin.

1.2 Suvda eruvchi vitaminlar

- B guruhi vitaminlari (B1, B2, B6, B12 va boshqalar)
- C vitamini (askorbin kislota)

Bu vitaminlar organizmda to‘planmaydi va ortiqcha miqdori chiqarib yuboriladi.

2. Vitaminlarning kimyoviy tuzilishi va xossalari

2.1 Kimyoviy tuzilish

Vitaminlar turli kimyoviy sinflarga mansub:

- Spirtlar (retinol)
- Laktonlar (askorbin kislota)
- Steroidlar (D vitamini)
- Fenol hosilalari (E vitamini)

Masalan, askorbin kislota kuchli qaytaruvchi xususiyatga ega bo‘lib, uning molekulasi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida faol ishtirok etadi.

2.2 Fizik-kimyoviy xossalar

- Haroratga sezuvchanlik
- Yorug‘lik ta’sirida parchalanish
- Oksidlanishga moyillik

Vitamin C va B guruhi vitaminlari ayniqsa beqaror bo‘lib, issiqlik ishlovida parchalanadi.

3. Vitaminlarning biologik roli

3.1 Metabolizmdagi roli

ISSN 3030-3907

Vitaminlar fermentlar tarkibiga kiruvchi koferment sifatida ishlaydi. Masalan:

- ✓ B1 vitamini — uglevod almashinuvida
- ✓ B6 vitamini — aminokislotalar almashinuvida

3.2 Antioksidant xususiyati

Vitamin C va E erkin radikallarni neytrallab, hujayralarni himoya qiladi.

3.3 Gormonal va regulyator funksiyalar

D vitamini kalsiy-fosfor almashinuvini boshqaradi va suyak to‘qimasining shakllanishida muhim rol o‘ynaydi.

4. Alohida vitaminlarning tahlili

4.1 Vitamin C (askorbin kislota)

- Kimyoviy formulasi: C6H8O6
- Antioksidant xususiyatga ega
- Immun tizimini mustahkamlaydi

4.2 Vitamin D

- Steroid tabiatli birikma
- Kalsiy so‘rilishini oshiradi
- Raxit kasalligini oldini oladi

4.3 Vitamin A

- Ko‘rish jarayonida ishtirok etadi
- Retinal pigment hosil qiladi

4.4 Vitamin E

- Hujayra membranasini himoya qiladi
- Antioksidant sifatida ishlaydi

5. Vitamin yetishmovchiligi va kasalliklar

Vitaminlar yetishmovchiligi quyidagi kasalliklarga olib keladi:

C vitamini — skorbut

D vitamini — raxit

A vitamini — gemeralopiya (tungi ko‘rish buzilishi)

B1 vitamini — beriberi

Bu kasalliklar metabolik jarayonlarning buzilishi bilan bog‘liq.

6. Vitaminlarning oziq-ovqat manbalari

1-Jadval

Vitaminlarning asosiy manbalari va xususiyatlari

Vitamin	Kimyoviy nomi	Asosiy oziq-ovqat manbalari	Biologik roli	Yetishmovchilik oqibatlari

ISSN 3030-3907

C	Askorbin kislota	Meva (apelsin, limon), sabzavotlar (qalampir, karam)	Antioksidant, immunitetni oshiradi	Skorbut, immunitet pasayishi
D	Kalsiferol	Baliq yog‘i, tuxum sarig‘i, sut mahsulotlari	Kalsiy almashinuvi, suyak mustahkamligi	Raxit, osteoporoz
A	Retinol	Sabzi, jigar, sut, tuxum	Ko‘rish jarayoni, epiteliy hujayralari himoyasi	Tungi ko‘rish buzilishi (gemeralopiya)
E	Tokoferol	O‘simlik yog‘lari, yong‘oqlar, don mahsulotlari	Antioksidant, hujayra membranasini himoya qiladi	Mushak zaifligi, hujayra shikastlanishi
B1	Tiamin	Don mahsulotlari, go‘sht, dukkaklilar	Uglevod almashinuvi	Beriberi kasalligi
B2	Riboflavin	Sut, tuxum, jigar	Energiya almashinuvi	Teri va ko‘z kasalliklari
B6	Piridoksin	Go‘sht, banan, kartoshka	Aminokislota almashinuvi	Asab tizimi buzilishlari
B12	Kobalamin	Go‘sht, baliq, sut mahsulotlari	Qon hosil bo‘lishi	Anemiya
K	Filloxinon	Yashil bargli sabzavotlar (ismaloq, karam)	Qon ivishi	Qon ketishining kuchayishi

To‘g‘ri ovqatlanish vitamin balansini ta’minlaydi.

7. Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur ilmiy ishni bajarishda nazariy va tahliliy tadqiqot usullaridan kompleks ravishda foydalanildi. Xususan, vitaminlarning kimyoviy tuzilishi, fizik-kimyoviy xossalari hamda biologik ahamiyatini o‘rganishda mahalliy va

ISSN 3030-3907

xorijiy ilmiy adabiyotlar, darsliklar, monografiyalar va zamonaviy ilmiy maqolalar chuqur tahlil qilindi. Adabiyotlar tahlili jarayonida biokimyo, molekulyar biologiya va tibbiyot sohalaridagi so‘nggi ilmiy yutuqlar o‘rganilib, ularning natijalari umumlashtirildi.

Tadqiqot davomida solishtirma (komparativ) tahlil usuli yordamida turli vitaminlarning kimyoviy xususiyatlari, ularning eruvchanligi, biologik faolligi va organizmga ta’siri o‘zaro taqqoslandi. Shuningdek, umumlashtirish (generalizatsiya) usuli orqali olingan ma’lumotlar tizimlashtirilib, vitaminlarning inson salomatligidagi umumiy roli va ahamiyati ilmiy asosda yoritildi. Bundan tashqari, tizimli yondashuv (sistematik analiz) asosida vitaminlarning metabolik jarayonlardagi ishtiroki, fermentativ reaksiyalardagi o‘rni hamda gipovitaminoz holatlarining kelib chiqish sabablari izchil tahlil qilindi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi foydalanilgan manbalarning ilmiy asoslanganligi va ularning o‘zaro mosligi bilan ta’minlandi.

8. Natijalar va muhokama

O‘tkazilgan ilmiy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, vitaminlar inson organizmining deyarli barcha fiziologik tizimlariga — jumladan, nerv, immun, endokrin va yurak-qon tomir tizimlariga kompleks ta’sir ko‘rsatadi. Ular hujayra darajasida kechadigan metabolik jarayonlarda, xususan, fermentativ reaksiyalarni faollashtirish, energiya almashinuvini ta’minlash hamda oksidlanish-qaytarilish muvozanatini saqlashda muhim rol o‘ynaydi. Vitaminlarning yetishmovchiligi (gipovitaminoz) yoki to‘liq yetishmasligi (avitaminoz) natijasida organizmda modda almashinuvi buziladi, immun himoya susayadi va turli patologik holatlar rivojlanadi. Masalan, antioksidant vitaminlar yetishmovchiligi hujayralarda oksidlovchi stressni kuchaytirib, surunkali kasalliklar rivojlanish xavfini oshiradi. Shu bilan birga, ayrim vitaminlarning ortiqcha qabul qilinishi ham (gipervitaminoz) salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkinligi aniqlangan. Shu sababli, organizmning fiziologik ehtiyojlarini inobatga olgan holda muvozanatli va ratsional ovqatlanishni yo‘lga qo‘yish, vitaminlarga boy oziq-ovqat mahsulotlarini muntazam iste’mol qilish hamda zarur hollarda profilaktik choralar ko‘rish inson salomatligini saqlash va kasalliklarning oldini olishda muhim omil hisoblanadi.

XULOSA. Vitaminlar inson organizmida kechadigan biokimyoviy va fiziologik jarayonlarning uzluksizligini ta’minlovchi muhim past molekulyar organik birikmalar hisoblanadi. Ularning kimyoviy tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari biologik faolligini belgilab, fermentativ reaksiyalarda koferment sifatida ishtirok etishiga, oksidlanish-qaytarilish jarayonlarini tartibga solishiga hamda hujayra darajasida himoya funksiyalarini bajarishiga imkon yaratadi. Vitaminlarning yetarli miqdorda qabul qilinmasligi organizmda metabolik

ISSN 3030-3907

muvozanatning buzilishiga, turli patologik holatlar va kasalliklarning rivojlanishiga olib keladi. Shu sababli ilmiy asoslangan, muvozanatli ovqatlanish tizimini shakllantirish, vitaminlarga boy oziq-ovqat mahsulotlarini muntazam iste'mol qilish hamda profilaktik choralarni amalga oshirish orqali gipovitaminoz va avitaminoz holatlarining oldini olish muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Nelson D., Cox M. Lehninger Principles of Biochemistry. – New York: W.H. Freeman, 2017. – 1328 p.
2. Berg J.M., Tymoczko J.L., Gatto G.J. Biochemistry. – New York: W.H. Freeman, 2019. – 1200 p.
3. Devlin T.M. Textbook of Biochemistry. – New York: Wiley, 2018. – 1120 p.
4. Murray R.K. Harper's Illustrated Biochemistry. – New York: McGraw-Hill, 2020. – 816 p.
5. O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi. Ovqatlanish gigiyenasi. – Toshkent, 2021. – 250 b.
6. Inomovich K. J., Quvvatovna K. D., Nikolayevich S. K. INVESTIGATION OF THE FUNCTIONAL GROUPS OF GRAPHENE OXIDE BASED ON ITS C-13 NMR SPECTRUM //Universum: химия и биология. – 2026. – Т. 4. – №. 1 (139). – С. 10-13.
7. Мурадова Д. и др. СПИРТЛАРНИНГ АММИАК БИЛАН ЦИАНЛАШ РЕАКЦИЯСИНИНГ ТЕРМОДИНАМИКАСИ //Журнал естественных наук. – 2022. – Т. 2. – №. 1. – С. 75-76.
8. Икромова Ш. А., Худойқулов Ж. И. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ //Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 11. – С. 146-150.
9. Бочков П. О. и др. Факторы, влияющие на биологическую доступность лекарственных препаратов //Фармакокинетика и фармакодинамика. – 2016. – №. 1. – С. 12-20.
10. Холмуродова Д. К., Исломов Л. Б., Худойкулов Ж. И. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЫРЬЯ //IJODKOR O'QITUVCHI. – 2023. – Т. 3. – №. 33. – С. 277-281.
11. Амирова П. Ж., Худойқулов Ж. Естественные и синтетические наркотики: польза и вред //Research Focus. – 2025. – Т. 4. – №. 1. – С. 148-152.
12. Мурадова Д. и др. СПИРТЛАРНИНГ КАТАЛИТИК ЦИАНЛАШ РЕАКЦИЯСИНИ УРГАНИШ //Журнал естественных наук. – 2022. – Т. 2. – №. 1. – С. 71-72.

ISSN 3030-3907

13. Burxonova D. F. et al. ZUBTURUM (PLANTAGO MAJOR) O‘SIMLIGI BARGLARINING DORIVOR AHAMIYATI //Экономика и социум. – 2025. – №. 5-1 (132). – С. 37-40.
14. Икромова Ш. А., Худойкулов Ж. И. ПОЛЬЗА АНТИОКСИДАНТОВ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА И МЕДИЦИНЕ //Экономика и социум. – 2025. – №. 4-1 (131). – С. 1361-1365.
15. Nuriddinovich U. X., Inomovich X. J. GIJJALAR: YUQISH YO ‘LLARI, XAVF OMILLARI VA OLDINI OLISH CHORALARI //Research Focus. – 2025. – Т. 4. – №. 4. – С. 244-247.

ISSN 3030-3907

YOVVOYI OLMA (MALUS SIEVERSII) NING KELIB CHIQISHI VA BIOEKOLOGIK XUSUSIYATLARI

M.S. Mardonova
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada hozirgi zamon xonaki olmasining (Malus domestica) asosiy genetik ajdodi hisoblangan yovvoyi olma (Malus sieversii) turining kelib chiqishi, bioekologik xususiyatlari va abiotik stress omillariga chidamlilik mexanizmlari tahlil qilingan. Tadqiqotda Markaziy Osiyo, xususan, Tyan-Shan tog‘ tizmalarining ushbu turning genetik markazi sifatidagi ahamiyati, turning kashf etilish tarixi va uning global oziq-ovqat xavfsizligidagi o‘rni yoritilgan. Maqolada M. sieversii populyatsiyalarining qurg‘oqchilik, sho‘rlanish va past harorat kabi abiotik omillarga adaptatsiyasi hamda bu jarayonlarni boshqaruvchi molekulyar-genetik kaskadlar, xususan, MsUspA, DREB2 genlari va miR156ab kabi regulyatorlarning roli batafsil bayon etilgan. Shuningdek, yovvoyi olmaning sovuqqa va issiqlikka chidamliligi bilan bog‘liq gormonal va metabolik o‘zgarishlar (ABA, prolin to‘planishi) ko‘rib chiqilgan. Xulosa qismida M. sieversii genofondini saqlash va undan kelajakdagi seleksiya jarayonlarida yuqori bardoshli olma navlarini yaratish uchun foydalanishning strategik ahamiyati ta’kidlangan.

Kalit so‘zlar: Malus sieversii, yovvoyi olma, genetik ajdod, abiotik stress, qurg‘oqchilikka chidamlilik, sovuqqa chidamlilik, molekulyar mexanizmlar, seleksiya, Markaziy Osiyo genofondi, stressga javob genlari (DREB, MsHsp).

Аннотация. В данной статье анализируются происхождение, биоэкологические характеристики и механизмы устойчивости к абиотическим стрессовым факторам дикой яблони (Malus sieversii), которая считается основным генетическим предком современной одомашненной яблони (Malus domestica). В исследовании подчеркивается важность Центральной Азии, в частности, горного хребта Тянь-Шань, как генетического центра этого вида, история открытия вида и его роль в глобальной продовольственной безопасности. В статье подробно описывается адаптация популяций M. sieversii к абиотическим факторам, таким как засуха, засоление и низкая температура, а также роль молекулярно-генетических каскадов, контролирующих эти процессы, в частности, роль регуляторов, таких как гены MsUspA, DREB2 и miR156ab. Также рассматриваются гормональные и метаболические изменения (АБК, накопление пролина), связанные с устойчивостью дикой яблони к холоду и жаре. В заключении подчеркивается стратегическая важность сохранения генофонда M. sieversii и его использования в будущих селекционных процессах для создания высокоустойчивых сортов яблони.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Malus sieversii, дикая яблоня, генетическое происхождение, абиотический стресс, засухоустойчивость, холодоустойчивость, молекулярные механизмы, селекция, генофонд Центральной Азии, гены стрессового ответа (DREB, MsHsp)

Abstract. This article analyzes the origin, bioecological properties and mechanisms of resistance to abiotic stress factors of the wild apple (Malus sieversii), which is considered the main genetic ancestor of the modern domestic apple (Malus domestica). The study highlights the importance of Central Asia, in particular the Tien Shan mountain range, as the genetic center of this species, the history of the species' discovery and its role in global food security. The article describes in detail the adaptation of M. sieversii populations to abiotic factors such as drought, salinity and low temperature, and the role of molecular-genetic cascades controlling these processes, in particular the role of regulators such as MsUspA, DREB2 genes and miR156ab. Hormonal and metabolic changes (ABA, proline accumulation) associated with the cold and heat tolerance of wild apple are also considered. The conclusion emphasizes the strategic importance of conserving the M. sieversii gene pool and using it in future breeding processes to create highly resistant apple varieties.

Keywords: Malus sieversii, wild apple, genetic ancestry, abiotic stress, drought tolerance, cold tolerance, molecular mechanisms, selection, Central Asian gene pool, stress response genes (DREB, MsHsp).

KIRISH.

Hozirgi kundagi dunyo aholisining soni yillar o‘tgani sari, oshib borishi natijasida, dunyo aholisining oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabi oshib bormoqda. Bu sababdan, ba’zi oziq-ovqat mahsulotlari kabi olmaning ham sifatli, va hozirgi iqlim o‘zgarishlariga chiday oladigan navlarini yaratish hozirgi kundagi seleksioner olimlarining oldidagi ulkan vazifalaridan biriga aylandi. Shu sababdan, hozirgi madaniy olma navlarining xillarini ko‘paytirish maqsadida, madaniy olmaning yovvoyi ajdodi qaysi tur ekanligini va bu turning qanday xususiyatga ega ekanligini va bu xususiyatlarni beruvchi genotipida qanday genlar borligini aniqlash seleksioner olimlar uchun va hozirgi kundagi global oziq-ovqat tanqisligiga qarshi kurashish uchun juda muhim manba ekanligini ta’kidlab o‘tish lozim.

Yovvoyi olma (M. Sieversii) ning kelib chiqishi. Richard Tegtmeier va boshqalar (2024) ta’kidlaganidek, hozirgi kunda o‘sib rivojlaanib kelayotgan madaniy xonaki olmaning genetic markazi Markaziy Osiyo, xususan, Qozog‘iston respublikasi hududida joylashgan Tyan-Shan tog‘ tizmalariga borib taqaladi. Ushbu tog‘dagi yovvoyi olma o‘rmonlari haqidagi ilk ilmiy ma’lumotlarni XVIII asr oxirida nemis botanigi Y. Sivers tomonidan

ISSN 3030-3907

hujjatlashtirilgan bo‘lib, keyinchalik uning bu sohaga qo‘shgan hissasini ulug‘lash maqsadida nemis botanigi K. Ledebur “Flora Altaica” asarida tur nomini *sieversii* deb atadi [1].

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari

Tadqiqotning maqsadi

Malus sieversii turining kelib chiqishi, bioekologik xususiyatlari hamda abiotik stress omillariga chidamlilik mexanizmlarini ilmiy manbalar asosida tahlil qilish va uning zamonaviy seleksiya jarayonlaridagi ahamiyatini baholashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari

- Malus sieversii turining kelib chiqishi va tarqalish tarixini o‘rganish;
- Turning Markaziy Osiyo genofondidagi o‘rnini aniqlash;
- Yovvoyi olmaning bioekologik xususiyatlarini tahlil qilish;
- Qurg‘oqchilik, sho‘rlanish va sovuq stresslariga moslashuv mexanizmlarini o‘rganish;
- Stressga javob beruvchi genlar va molekulyar mexanizmlarni tavsiflash;
- M. sieversii germplazmasining seleksiya va oziq-ovqat xavfsizligidagi ahamiyatini baholash;
- Kelajakda stressga chidamli olma navlarini yaratishda turning genetik resurs sifatidagi istiqbollarini aniqlash.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Malus sieversii olmasi ilk bor rus botanigi Y. Sievers tomonidan XVIII asr oxirida Tarbagatay tizmasiga sayohat ekspeditsiyasi paytida tasvirlangan[2]. Kamida bir asrdan so‘ng, 1844-yilda K. Ledebour Y. Sievers tomonidan ekspeditsiya uyushtirilgan hududga borib, yovvoyi olma turlari bo‘yicha juda keng miqyosda o‘rganish o‘tkazdi va bu olma turini rasman Sievers sharafiga nomladi [3].

XX asrning birinchi yarmida rus akademigi N. I. Vavilov Markaziy Osiyo bo‘yicha qilgan tadqiqotlari natijasiga ko‘ra, Malus sieversii va xonakilashtirilgan madaniy olma o‘rtasidagi yaqin genetic bog‘liqlikni ilmiy asoslab bergan holda, Vavilov Qozog‘istonning janubiy-sharqiy hududlarida, asosan, Olmaota shahri atrofidagi yovvoyi olma o‘rmonlarining biologic xilma-xilligini tahlil qilib, ushbu hududni yovvoyi olmaning asosiy kelib chiqish markazi deb ta’kidlab o‘tdi. Hozirgi kundagi ilmiy tadqiqotlar ya’ni molekulyar-genetik markerlar yordamida o‘tkazilgan ilmiy izlanishlar asosida N. I. Vavilovning bergan xulosalarini naqadar o‘rinli ekanligini isbotlagani ko‘rishimiz mumkin [1].

M. sieversii ni o‘rganish va saqlashga katta hissa qo‘shgan qozoq olimlaridan biri Aimak Djangaliev o‘z tadqiqotlari mobaynida zamonaviy madaniy olmalarning genetik ajdodi sifatida M. sieversii ahamiyatini keng o‘ringa

ISSN 3030-3907

egaligini aytib o‘tdi [4]. XX asrning so‘nggi yillarida Amerika Qo‘shma Shtatlari Qishloq xo‘jaligi vazirligi tomonidan Markaziy Osiyo davlatlari ya’ni Qozog‘iston, Qirg‘iziston va Tojikiston tog‘lariga to‘rtta ekspeditsiya tashkillashtirishdi va ushbu hududlarning 12 ta joyidan 894 ta urug‘lik partiyasini yig‘ib olib, yana bir bor madaniy olma navlarini yaxshilash uchun bu genetic xilma-xillikni saqlash va asrash xalqaro sa’y-harakatlarning asosi bb xizmat qiladi [5,6]. AQSh Qishloq xo‘jaligi vazirligining O‘simlik genetik resurslari bo‘limi tomonidan yetishtirilgan yuzlab urug‘lar turli tadqiqot tajribalari asosida asosiy kolleksiyalarni yaratish hamda turli xil kasalliklarga bardoshlilik va bog‘dorchilik xususiyatlarini tekshirish uchun ishlatilgan [7]. *M. sieversii* hozirgi madaniy olma navlarining asosiy ajdodi ekanligi haqidagi gipotezani XXI asrning boshlarida olimlarning tadqiqotlari asosida tasdiqlandi [8]. 2007-yilda IUCNning Yo‘qolib ketish xavfi ostida turgan turlar sifatida Malus sieversii turi ham ro‘yxatga kiritildi chunki hozirgi kunda bu tur yo‘qolib ketish xavfi ostida ekanligi sababli zaif tur hisoblandi. Shuningdek, Markaziy Osiyo mamlakatlari xususan Qozog‘iston, O‘zbekiston, Qirg‘iziston, Turkmaniston, Tojikiston va Xitoyning Qizil kitobiga kiritildi [9].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Yovvoyi olma (M. sieversii) ning bioekologik xususiyatlari. Yovvoyi olma daraxtlarining o‘sib va rivojlanishi uchun kerakli bo‘lgan, unumdor va sifatli tuproqlar, yillar davomida sodir bo‘lgan geologik o‘zgarishlar hamda tog‘ hududlaridagi muzlik qatlamlarining ahamiyati kattadir[1]. Malus sieversii juda xilm-xil geografik hududlarda, shu jumladan, quruq va aralash butazor o‘rmonlarda, sovuq va tog‘li hududlar, nam va normal muhitli o‘rmonlarda ham uchraydi [1]. Bunday o‘zgaruvchan hududlarda tarqalishi yovvoyi olmalarning adaptatsiya xususiyati yuqori ekanligi, ya’ni o‘simlikning vegetatsiya davrlari, meva sifati, va atrof-muhit omillariga bo‘lgan chidamliligini o‘zgarishiga sabab bo‘ldi va bu xususiyatlari bilan Malus sieversii juda qimmatli manba bo‘lib hisoblanadi [1].

Olma genomining ilk bor o‘rganilishi natijasida ketma-ketlashtirilganligi[1], sabab yovvoyi olma kelib chiqishi va uni madaniylashtirilishini anglashda juda ko‘plab nazariy va maliy yutuqlarga erishildi. Olma genomlarining qayta sekvenslanishi natijasida shunday tahlil natijalariga erishildiki, bu tahlillarda malus sieversii M. orientalis va M. asiatica bilan genetik o‘xshashligi juda yuqori ekanligi, ammo M. sylvestris, M. baccata, M. micromalus va M. prunifolia bilan unchalik genetic o‘xshashligi yo‘qligini ko‘rishimiz mumkin[1,10]. Molekulyar markerlar asosida qilingan tajribalar asosida olingan ma’lumotlarda yovvoyi olma M. sieversiining madaniylashtirilgan olmalarga qo‘shgan hissasi ko‘rsatilgan [1]. Ammo, M.

ISSN 3030-3907

sylvestrisning hissasi katta ekanligini, xloroplast genomlaridan olingan ma'lumotlar asosida aniqlangan[1]. Genom tahlil natijalari ma'lumotlari asosida, yovvoyi olma M. sieversiining qadimgi Ipak yo'li bo'ylab madaniylashtirilgan olmaga o'tish jarayonini yanada aniqroq tushunish mumkin [1,10].

Yovvoyi mevali daraxt o'rmonlarining degeneratsiyasiga sabab, bu daraxtlarning o'sishiga uzoq vaqtlardan buyon ekstremal ekologik ta'sirlardir[11]. Abiotik omillarning barchasi ya'ni, qurg'oqchilik, osmotik va sovuq stress kabi omillarning barchasi, hozirgi kunda barcha o'simliklarning o'sishi, hamda, yovvoyi olma M. sieversii populyatsiyasiga juda katta salbiy ta'sir ko'rsatib kelmoqda[1,11]. Hozirgi kunda ko'pchilik M. sieversii olmalarining qurg'oqchilikka chidamliligi bo'yicha, tadqiqotlar yetarli emas, lekin yovvoyi olma M. sieversii olmalarining ildizpoyalari foydali ya'ni qurg'oqchilik va osmotik stressga chidamli xususiyatlariga ega ekanligi ta'kidlab o'tilgan[1].

Abiotik omillarga bardoshli genotiplarni hamda ularga javobgar genlar va molekulyar mexanizmlarni aniqlash seleksiya jarayonida muhim bosqich hisoblanadi. Bu borada M. sieversii germoplazmasidan samarali foydalanish o'simliklarning stressga chidamliligini oshirishda katta istiqbollarni ochib beradi. M. sieversii populyatsiyalarida barg yuzasi maydoni, uzunligi, kengligi va stomatal zichlik kabi ko'rsatkichlar turlicha bo'lib, bu farqlar daraxtlarning qurg'oqchilikka umumiy adaptatsiyasida hal qiluvchi rol o'ynaydi [1,12]. M. sieversii ildizpoyalari qurg'oqchilik sharoitida R3 ildizpoyasiga qaraganda yuqori samaradorlik ko'rsatgan [13]. Qurg'oqchilik stressi ostida o'simlik tarkibida gormonlar biosintezi o'zgaradi, xususan, abssis kislotasi (ABA) miqdori va peroksidaza hamda superoksid dismutaza fermentlarining faolligi sezilarli darajada oshadi. Stress holatida auksinlar miqdori R3 nazorat guruhiga nisbatan pastroq darajada saqlanishi aniqlangan [13]. Genetik darajada qurg'oqchilikka javoban M. sieversii tarkibida transkripsiya jarayonlarining boshqarilishi va mikroRNK 156ab kabi molekulalarning faollashishi o'simlikning himoya tizimi ishga tushishidan dalolat beradi [14],

MsUspA geni [15], suvsizlikka javob beruvchi elementni bog'lovchi omil 2 (DREB2) [16], yadro omili Y (NF-Y) [1] va turli protein kinazalar [17] yuqori darajada tartibga solinadi. Ushbu elementlar antioksidant fermentlar faolligini oshiradi, hujayralarda prolin va ABA (abssis kislotasi) to'planishini ta'minlaydi. Bu esa o'simlikni suvsizlanishdan himoya qiluvchi asosiy molekulyar mexanizmdir. miR164g ning inhibatsiyasi (to'xtatilishi) va MsNAC022 ekspressiyasining kuchaytirilishi qurg'oqchilik stressini yengillatishga xizmat qiladi. Bu kabi genetik o'zgarishlar qurg'oqchilikka chidamli yangi navlarni yaratish uchun mustahkam poydevor bo'ladi [18].

ISSN 3030-3907

Mo‘tadil iqlim mintaqalarida, ayniqsa yuqori kengliklarda olma yetishtirish o‘simlikdan osmotik stress, qurg‘oqchilik va sovuqqa nisbatan kompleks chidamlilikni talap etadi[5]. Malus sieversiining Xitoy davlatining tog‘li hududlaridagi o‘rmonlaridagi daraxtlari sovuqqa chidamlilikning har xil darajalarini ko‘rsatdi, lekin populyatsiyalar ichida farq nisbatan kam ekanligi ta’kidlangan[1]. M. sieversii ko‘chatlarida sovuqqa moslashish davrida yasmonat, indol-3-sirka kislotasi (auksin) va abssis kislotasi (ABA) miqdori barglarda sezilarli darajada ortadi. Biroq, bevosita muzlash stressi paytida ushbu gormonlar miqdori kamayishi kuzatiladi [19].

O‘simliklarda gormon signallarining uzatilishi, kraxmal va saxaroza metabolizmi, peroksisoma faoliyati hamda fotosintez bilan bog‘liq molekulyar mexanizmlar stress sharoitida sezilarli darajada boyitilishi aniqlangan. Xususan, DREB1/CBF, MYC2, WRKY70, WRKY71, MYB4 va MYB88 kabi asosiy transkripsiya omillarining ekspressiyasi stress davrida keskin ortib, ular Malus sieversii ning muzlash stressiga javob reaksiyalarida muhim rol o‘ynashi ehtimoli yuqori. Shu bilan birga, M. sieversii da issiqlik stressiga javob beruvchi oqsillarni kodlovchi va issiqlikka chidamlilik bilan bog‘liq jami 12 ta gen aniqlangan. Jumladan, 7-xromosomada joylashgan MsHsp16.9 geni Arabidopsis dagi gomologi bilan funksional jihatdan tasdiqlangan bo‘lib, uning issiqlik stressiga chidamlilikni ta’minlashdagi roli eksperimental jihatdan isbotlangan [20].

1-Jadval

Malus sieversii ning asosiy bioekologik xususiyatlari

№	Xususiyatlar	Tavsifi	Ilmiy ahamiyati
1	Kelib chiqish markazi	Markaziy Osiyo, asosan Tyan-Shan tog‘ tizmalari	Madaniy olmaning genetik markazi hisoblanadi
2	Tarqalish hududi	Qozog‘iston, Qirg‘iziston, O‘zbekiston, Tojikiston va Xitoy tog‘li hududlari	Genetik xilma-xillikning yuqoriligini ta’minlaydi
3	Ekologik moslashuvchanligi	Quruq, sovuq, tog‘li va nam hududlarda o‘sadi	Stress omillariga chidamlilikni shakllantiradi
4	Genetik ahamiyati	Zamonaviy madaniy olmaning asosiy ajdodi	Seleksiya uchun muhim genetik manba
5	Qurg‘oqchilikka chidamliligi	Ildiz tizimi va stomatal apparati yaxshi rivojlangan	Suv tanqisligida yashovchanlikni oshiradi

ISSN 3030-3907

6	Sovuqqa chidamliligi	Past haroratlarda fiziologik moslashuv hosil qiladi	Mo‘tadil va sovuq hududlarda yetishtirish imkonini beradi
7	Issiqlikka chidamliligi	Issiqlik stressiga javob beruvchi genlarga ega	Iqlim o‘zgarishiga moslashuvchanlikni oshiradi
8	Genofond holati	Yo‘qolib ketish xavfi ostida	Konservatsiya va saqlash zarur

Jadvalda Malus sieversii ning asosiy bioekologik xususiyatlari keltirilgan. Ushbu tur Markaziy Osiyo, ayniqsa Tyan-Shan tog‘ tizmalari hududida shakllangan bo‘lib, zamonaviy madaniy olmaning asosiy genetik ajdodi hisoblanadi. Jadval ma’lumotlari yovvoyi olmaning turli ekologik sharoitlarga moslashuvchanligi yuqori ekanligini ko‘rsatadi. Xususan, qurg‘oqchilik, sovuq va issiqlik kabi abiotik stress omillariga chidamlilik xususiyatlari uni seleksiya ishlari uchun muhim genetik resurs sifatida baholash imkonini beradi. Shu bilan birga, turning yo‘qolib ketish xavfi ostida ekanligi uning genofondini saqlash zaruratini yanada kuchaytiradi.

2-Jadval

Malus sieversii ning abiotik stresslarga javob beruvchi asosiy genlari va ularning funksiyalari

№	Gen/ Regulyator	Stress turi	Asosiy funksiyasi
1	**MsUspA**	Qurg‘oqchilik	Hujayralarni suvsizlanishdan himoya qiladi
2	**DREB2C**	Qurg‘oqchilik va osmotik stress	Stressga javob genlarini faollashtiradi
3	**NF-Y**	Suv tanqisligi	Transkripsion boshqaruvda qatnashadi
4	**miR156ab**	Qurg‘oqchilik	Stressga moslashuv va o‘sishni boshqaradi
5	**miR164g–MsNAC022**	Qurg‘oqchilik	Antioksidant tizimni faollashtiradi
6	**DREB1/CBF**	Sovuq stress	Sovuqqa chidamlilik genlarini induksiya qiladi
7	**WRKY70/ WRKY71**	Sovuq stress	Himoya reaksiyalarini boshqaradi
8	**MYB4/ MYB88**	Sovuq stress	Stressga mos metabolik jarayonlarni tartibga soladi

ISSN 3030-3907

9	**MsHsp16.9**	Issiqlik stressi	Issiqlikdan zararlanishni kamaytiradi

Jadvalda Malus sieversii ning abiotik stress omillariga javob beruvchi asosiy genlari va molekulyar regulyatorlari aks ettirilgan. Tadqiqotlar natijasiga ko‘ra, MsUspA, DREB2C, NF-Y kabi genlar qurg‘oqchilik va suv tanqisligi sharoitida himoya reaksiyalarini faollashtiradi. miR156ab hamda miR164g–MsNAC022 regulyatorlari esa stressga moslashuv va antioksidant tizim faoliyatini boshqarishda muhim rol o‘ynaydi. Sovuq stress sharoitida DREB1/CBF, WRKY va MYB oilasiga mansub transkripsion omillar faol ekspressiyalanadi. Issiqlik stressiga javoban esa MsHsp16.9 geni o‘simlik hujayralarini yuqori harorat ta’siridan himoya qiladi. Ushbu genlarning aniqlanishi kelajakda abiotik stresslarga chidamli yangi olma navlarini yaratishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA.

Malus sieversii xonakilashtirilgan olma navlarining shakllanishida asosiy ajdod turi bo‘lib, seleksiya jarayonlari uchun muhim genetik resurs sifatida qaraladi. Ushbu tur foydali allellarning boy manbai bo‘lib, kelajakda yangi va istiqbolli navlarni yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Zamonaviy sharoitda olma yetishtirish sanoati iqlim o‘zgarishi, shuningdek, zararkunandalar va kasalliklarning tez tarqalishi natijasida turli xavf-xatarlarga duch kelmoqda. Bu esa ishlab chiqarish jarayonlarida uzilishlar yuzaga kelishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu nuqtai nazardan, abiotik va biotik stress omillariga chidamlilik bilan bog‘liq allellarning mavjudligi yuqori moslashuvchan navlarni yaratish imkonini beradi va sanoat ishlab chiqarishidagi risklarni kamaytiradi.

Bundan tashqari, M. sieversii germplazmasida mavjud foydali belgilarni chuqurroq o‘rganish zarurati saqlanib qolmoqda. Ushbu yo‘nalishda olib boriladigan tadqiqotlar genetik asoslarni aniqlash, markerlarga asoslangan seleksiya usullarini takomillashtirish hamda funksional genlarni aniqlash va tasdiqlash imkonini beradi. Natijada, stress omillariga chidamli navlarni yaratish jarayonini tezlashtirish mumkin bo‘ladi [1].

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Tegtmeier, R. Malus sieversii: a historical, genetic, and conservational perspective of the primary progenitor species of domesticated apples [Text] / R. Tegtmeier, A. Švara, D. Gritsenko, A. Khan // Horticulture Research. – 2025. – Vol. 12, No. 1. – Art. uhae244. – DOI: 10.1093/hr/uhae244.

2. Sievers, J. Briefe aus Sibirien [Text] / J. Sievers // Neue nordische Beyträge zur physikalischen und geographischen Erd- und Völkerbeschreibung, Naturgeschichte und Oekonomie. – 1796. – Bd. 7. – S. 143–370.

ISSN 3030-3907

3. Ledebour, K. F. Flora Altaica [Text]. Tomus 2 / K. F. Ledebour, C. A. Meyer. – Petropoli, 1830.
4. Jangaliev, A. D. The wild apple tree of Kazakhstan [Text] / A. D. Jangaliev // Horticultural Reviews. – 2003. – Vol. 29. – P. 63–303.
5. Luby, J. J. Silk Road apples: Collection, evaluation, and utilization of Malus sieversii from Central Asia [Text] / J. J. Luby, P. L. Forsline, H. S. Aldwinckle [et al.] // HortScience. – 2001. – Vol. 36, No. 2. – P. 225–231. – DOI: 10.21273/HORTSCI.36.2.225.
6. Forsline, P. L. Evaluation of Malus sieversii seedling populations for disease resistance and horticultural traits [Text] / P. L. Forsline, H. S. Aldwinckle // Acta Horticulturae. – 2004. – Vol. 663. – P. 529–534. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.663.92.
7. Volk, G. M. Ex situ conservation of vegetatively propagated species: Development of a seed-based core collection for Malus sieversii [Text] / G. M. Volk, C. M. Richards, A. A. Reilley [et al.] // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 2005. – Vol. 130, No. 2. – P. 203–210. – DOI: 10.21273/JASHS.130.2.203.
8. Velasco, R. The genome of the domesticated apple (Malus × domestica Borkh.) [Text] / R. Velasco, A. Zharkikh, J. Affourtit [et al.] // Nature Genetics. – 2010. – Vol. 42, No. 10. – P. 833–839. – DOI: 10.1038/ng.654.
9. Yang, M. Ecological distribution, reproductive characteristics, and in situ conservation of Malus sieversii in Xinjiang, China [Text] / M. Yang, F. Li, H. Long [et al.] // HortScience. – 2016. – Vol. 51, No. 9. – P. 1197–1201. – DOI: 10.21273/HORTSCI10952-16.
10. Duan, N. Genome re-sequencing reveals the history of apple and supports a two-stage model for fruit enlargement [Text] / N. Duan, Y. Bai, H. Sun [et al.] // Nature Communications. – 2017. – Vol. 8. – Art. 249.
11. Shan, Q. Are extreme climate events the cause of the degradation of Malus sieversii forests in China? [Text] / Q. Shan, H. Ling, H. Zhao [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2021. – Vol. 12. – P. 1–14.
12. Bassett, C. L. Characterizing water use efficiency and water deficit responses in apple (Malus × domestica Borkh. and Malus sieversii Ledeb. M. Roem.) [Text] / C. L. Bassett, D. M. Glenn, P. L. Forsline [et al.] // HortScience. – 2011. – Vol. 46. – P. 1079–1084.
13. Geng, D. L. Physiological and transcriptomic analyses of Malus sieversii roots under drought stress [Text] / D. L. Geng, L. Y. Lu, M. J. Yan [et al.] // Journal of Integrative Agriculture. – 2019. – Vol. 18. – P. 1280–1294.

ISSN 3030-3907

14. Feng, C. MicroRNA156ab regulates apple plant growth and drought tolerance by targeting the transcription factor MsSPL13 [Text] / C. Feng, X. Zhang, B. Du [et al.] // Plant Physiology. – 2023. – Vol. 192. – P. 1836–1857.
15. Yang, M. A universal stress protein from Malus sieversii enhances drought tolerance [Text] / M. Yang, S. Che, Y. Zhang [et al.] // Journal of Plant Research. – 2019. – Vol. 132. – P. 825–837.
16. Zhao, K. Isolation and characterization of the dehydration-responsive element-binding factor 2C (MsDREB2C) from Malus sieversii Roem [Text] / K. Zhao, X. Shen, H. Yuan [et al.] // Plant and Cell Physiology. – 2013. – Vol. 54. – P. 1415–1430.
17. Peng, L. X. Relationship between MAPK phosphorylation and ABA level in Malus sieversii under water stress [Text] / L. X. Peng, L. K. Gu, D. Q. Li [et al.] // Russian Journal of Plant Physiology. – 2009. – Vol. 56. – P. 642–646.
18. Peng, X. miR164g-MsNAC022 acts as a novel module mediating drought response through transcriptional regulation of reactive oxygen species scavenging systems in apple [Text] / X. Peng, C. Feng, Y. T. Wang [et al.] // Horticulture Research. – 2022. – Vol. 9. – Art. 9.
19. Zhou, P. Transcriptome profiling of Malus sieversii under freezing stress after cold acclimation [Text] / P. Zhou, X. Li, X. Liu [et al.] // BMC Genomics. – 2021. – Vol. 22. – Art. 681.
20. Yang, M. Identification of the MsHsp20 gene family in Malus sieversii and functional characterization of MsHsp16.9 in heat tolerance [Text] / M. Yang, Y. Zhang, H. Zhang [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2017. – Vol. 8. – Art. 1761.

ISSN 3030-3907

IQLIM O‘ZGARISHLARINI STATISTIK VA REGRESSIYA MODELLARI ASOSIDA BAHOLASH: FARG‘ONA VILOYATI MISOLIDA

Q.O.Rahimov
Farg‘ona davlat universiteti
E-mail: ***quvvatali.rahimov@gmail.com***
M.A.No‘monova
Farg‘ona davlat universiteti
E-mail: husanbaevamavluda@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Farg‘ona viloyatida iqlim o‘zgarishlarini statistik va regressiya modellari asosida baholash masalasi tadqiq etiladi. Tadqiqotda hududning o‘rtacha yillik harorati va yog‘in miqdori asosiy iqlim ko‘rsatkichlari sifatida tanlanib, ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasi tahlil qilinadi. Statistik tahlil, korrelatsion yondashuv va chiziqli regressiya modeli yordamida iqlim ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik hamda ularning o‘zgarish tendensiyasi aniqlanadi. Olingan natijalar Farg‘ona viloyatida harorat va yog‘in rejimidagi o‘zgarishlarni ilmiy asosda baholash imkonini beradi. Maqola natijalari hududiy ekologik monitoring, suv resurslarini boshqarish va qishloq xo‘jaligi jarayonlarini rejalashtirishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: Iqlim o‘zgarishi, Farg‘ona viloyati, statistik tahlil, regressiya modeli, harorat dinamikasi, yog‘in miqdori, korrelatsiya, prognozlash, ekologik monitoring.

Аннотация. В данной статье исследуется вопрос оценки климатических изменений в Ферганской области на основе статистических и регрессионных моделей. В качестве основных климатических показателей выбраны среднегодовая температура воздуха и количество осадков, а также проанализирована их динамика во времени. С помощью статистического анализа, корреляционного подхода и линейной регрессионной модели определяются взаимосвязь между климатическими показателями и тенденции их изменения. Полученные результаты позволяют научно обосновать изменения температурного режима и режима осадков в Ферганской области. Результаты статьи имеют практическое значение для регионального экологического мониторинга, управления водными ресурсами и планирования сельскохозяйственных процессов.

Ключевые слова: Изменение климата, Ферганская область, статистический анализ, регрессионная модель, динамика температуры, количество осадков, корреляция, прогнозирование, экологический мониторинг.

Abstract. This article examines the assessment of climate change in the Fergana region based on statistical and regression models. The average annual air

temperature and precipitation amount are selected as the main climatic indicators, and their dynamics over time are analyzed. Using statistical analysis, a correlation approach, and a linear regression model, the relationship between climatic indicators and their changing trends is determined. The obtained results make it possible to scientifically assess changes in temperature and precipitation patterns in the Fergana region. The findings of the article have practical significance for regional environmental monitoring, water resource management, and the planning of agricultural processes.

Keywords: Climate change, Fergana region, statistical analysis, regression model, temperature dynamics, precipitation amount, correlation, forecasting, environmental monitoring.

KIRISH.

Iqlim o‘zgarishi tabiiy resurslar, suv ta’minoti, qishloq xo‘jaligi va ekologik barqarorlikka ta’sir ko‘rsatayotgan muhim omillardan biridir. IPCCning 2023-yilgi oltinchi baholash hisobotida global isish jarayoni inson faoliyati bilan bog‘liqligi va uning oqibatlari hududlar kesimida turlicha namoyon bo‘layotgani qayd etilgan. Jahon meteorologiya tashkilotining 2024-yil bo‘yicha hisobotida esa 2024-yil eng issiq yillardan biri bo‘lgani, issiq to‘lqinlar, qurg‘oqchilik va kuchli yog‘inlar kabi hodisalar ko‘paygani ko‘rsatilgan. O‘zbekiston sharoitida bu jarayon, avvalo, suv resurslari va agrar soha barqarorligiga ta’sir qiladi. Jahon banki va Osiyo taraqqiyot banki tomonidan tayyorlangan O‘zbekiston bo‘yicha iqlim xavflari profilida yuqori harorat, suv tanqisligi va qurg‘oqchilik agrar soha uchun asosiy xavf omillari sifatida baholangan. O‘zbekistonning atrof-muhit holati bo‘yicha milliy hisobotida ham suv xo‘jaligi va qishloq xo‘jaligi iqlim o‘zgarishiga sezgir sohalar qatorida keltirilgan.

MAVZUNING DOLZARBLIGI. Farg‘ona viloyati aholi zichligi yuqori, sug‘oriladigan dehqonchilik rivojlangan hududlardan biridir. Hudud iqlimi kontinental bo‘lib, yog‘inning asosiy qismi qish va bahor oylariga to‘g‘ri keladi, sharqiy tog‘oldi va adir qismlarida yillik yog‘in miqdori 300–400 mm atrofida bo‘lishi qayd etilgan. Bunday sharoitda harorat va yog‘in miqdoridagi o‘zgarishlar suv resurslari, ekinlar hosildorligi va ekologik muvozanatga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. O‘zbekiston sharoitida qishloq xo‘jaligini iqlim o‘zgarishiga moslashtirish davlat siyosatida ham muhim yo‘nalish sifatida belgilanmoqda. 2024-yilda qabul qilingan qarorda agrar sohani iqlim xavflariga moslashtirish va ishlab chiqaruvchilarning barqarorligini oshirish vazifalari belgilangan. Shu nuqtayi nazardan Farg‘ona viloyatida iqlim ko‘rsatkichlarini statistik va regressiya modellari asosida baholash ilmiy hamda amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqot muammosining qo‘yilishi. Farg‘ona viloyatida o‘rtacha harorat va yog‘in miqdori yillar davomida o‘zgarib bormoqda. Biroq bu o‘zgarishlarni

ISSN 3030-3907

faqat umumiy kuzatuvlar bilan baholash yetarli emas. Asosiy muammo harorat va yog‘in miqdorining vaqt bo‘yicha o‘zgarish yo‘nalishini, ular o‘rtasidagi bog‘liqlikni hamda keyingi davr uchun taxminiy holatini matematik-statistik usullar orqali aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning maqsadi. Tadqiqotning maqsadi Farg‘ona viloyatida o‘rtacha harorat va yog‘in miqdorining yillar bo‘yicha o‘zgarishini statistik tahlil qilish, ushbu ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash hamda regressiya modeli yordamida ularning umumiy tendensiyasini baholashdan iborat.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi Farg‘ona viloyati misolida harorat va yog‘in miqdorini alohida ko‘rsatkich sifatida emas, balki o‘zaro bog‘liq iqlim omillari sifatida statistik-regression yondashuv asosida baholash bilan belgilanadi. Bunday yondashuv hududda iqlim o‘zgarishining umumiy yo‘nalishini aniqroq ko‘rsatish imkonini beradi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalaridan Farg‘ona viloyatida suv resurslaridan foydalanish, sug‘orish ishlarini rejalashtirish, qishloq xo‘jaligi ekinlarini joylashtirish va ekologik monitoringni tashkil etishda foydalanish mumkin. Harorat va yog‘in miqdorining statistik bahosi hududda iqlim xavflarini oldindan ko‘rish hamda moslashuv choralarini ishlab chiqishda amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi. O‘zbekistonning atrof-muhit holati bo‘yicha milliy ma’ruzasida iqlim o‘zgarishi, suv resurslari va ekologik boshqaruv masalalari o‘zaro bog‘liq yo‘nalishlar sifatida ko‘rsatilgan. Shu bois mazkur tadqiqot Farg‘ona viloyati sharoitida iqlimga moslashish bo‘yicha amaliy qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Iqlim o‘zgarishlarini o‘rganishda ko‘p yillik meteorologik kuzatuvlar, xususan havo harorati, yog‘in miqdori, namlik va suv resurslaridagi o‘zgarishlarni vaqt bo‘yicha tahlil qilish muhim o‘rin tutadi. V.E. Chubning O‘zbekiston sharoitiga oid o‘quv qo‘llanmasida iqlim o‘zgarishini baholashda kuzatuv ma’lumotlari, hududiy xususiyatlar va asosiy iqlim omillarini birgalikda tahlil qilish zarurligi ta’kidlangan. Bu yondashuv Farg‘ona viloyati bo‘yicha harorat va yog‘in miqdorini umumiy iqlim jarayonining asosiy ko‘rsatkichlari sifatida o‘rganish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Farg‘ona vodiysi tabiiy joylashuvi va tog‘ tizmalari bilan o‘ralganligi sababli o‘ziga xos kontinental iqlimga ega. Muhitdinov va Maxammadov tadqiqotida Farg‘ona vodiysida qurg‘oqchil davrning nisbatan uzoq davom etishi, vegetatsiya davrida tabiiy namlanish yetarli bo‘lmagani sababli sug‘orishning ahamiyati yuqori ekani qayd etilgan. Shuningdek, Farg‘ona vodiysi misolida harorat o‘zgarishini o‘rgangan tadqiqotlarda 1991–2020-yillar oralig‘ida Andijon, Farg‘ona va Namangan shaharlari bo‘yicha o‘rtacha yillik haroratning

ISSN 3030-3907

o‘sish yo‘nalishi kuzatilgani ko‘rsatilgan. Bu holat Farg‘ona viloyatida iqlim ko‘rsatkichlarini statistik jihatdan baholash zarurligini asoslaydi.

Iqlim ko‘rsatkichlarini baholashda statistik tahlil, trendni aniqlash, korrelatsiya va regressiya usullari keng qo‘llaniladi. Janubiy Farg‘ona landshaftlari bo‘yicha 1930–2023-yillar ma’lumotlari asosida bajarilgan tadqiqotda Qo‘qon meteorologik stansiyasi ma’lumotlari orqali harorat va yog‘in o‘zgarishlari tahlil qilingan hamda ularning qishloq xo‘jaligiga ta’siri baholangan. O‘zbekiston hududida yog‘in miqdori o‘zgarishiga oid tadqiqotlarda esa 1961–1990-yillar bazaviy davri bilan keyingi davr ko‘rsatkichlari solishtirilib, Farg‘ona bo‘yicha yog‘in miqdorida 8,1 foizlik o‘sish qayd etilgan.

Tahlil qilingan manbalar Farg‘ona vodiysi iqlimi, yog‘in xususiyatlari va harorat o‘zgarishi bo‘yicha muayyan ilmiy natijalar mavjudligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, Farg‘ona viloyati misolida harorat va yog‘in miqdorini birgalikda olib, ularni statistik tahlil, korrelatsion baholash va regressiya modeli asosida izchil o‘rganish zarurati saqlanib qolmoqda. Mazkur maqola aynan shu yo‘nalishga qaratilib, hududiy iqlim ko‘rsatkichlarining o‘zgarish tendensiyasini ilmiy-amaliy jihatdan baholashni maqsad qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqotda Farg‘ona viloyatida iqlim o‘zgarishlarini baholash uchun o‘rtacha yillik havo harorati va yillik yog‘in miqdori asosiy ko‘rsatkich sifatida tanlandi. Ma’lumotlar bazasi sifatida Farg‘ona meteorologik kuzatuvlariga tayangan 2016–2024-yillar oralig‘idagi yillik ko‘rsatkichlar olindi. 2025–2026-yillar esa mavjud statistik qator asosida regressiya modeli orqali baholash davri sifatida ajratildi. Bunday yondashuv kuzatilgan ma’lumotlar bilan prognoz qiymatlarini aralashtirib yubormaslik imkonini beradi.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti sifatida Farg‘ona viloyatining iqlim sharoiti tanlandi. Tadqiqot predmeti esa o‘rtacha yillik havo harorati va yillik yog‘in miqdorining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi, ushbu ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi bog‘liqlik hamda ularning statistik-regression model asosida baholanish jarayonidan iborat.

Tadqiqot uchun tanlangan iqlim ko‘rsatkichlari. Tadqiqotda ikki asosiy ko‘rsatkichdan foydalanildi: o‘rtacha yillik havo harorati, °C va yillik yog‘in miqdori, mm. Harorat hududdagi issiqlik rejimini, yog‘in miqdori esa namlik ta’minoti va suv resurslariga bog‘liq holatni ifodalaydi. Farg‘ona viloyati sharoitida ushbu ikki ko‘rsatkich qishloq xo‘jaligi, sug‘orish ishlari va ekologik monitoring uchun muhim hisoblanadi.

Ma’lumotlar bazasi va tahlil davri. Tahlil uchun 2016–2024-yillar kuzatuv ma’lumotlari asosiy statistik baza sifatida olindi. 2025–2026-yillar esa qisqa muddatli prognoz davri sifatida belgilandi. Quyidagi jadval maqolada

ISSN 3030-3907

statistik tahlil, korrelatsion baholash va regressiya modelini qurish uchun asosiy ma’lumotlar bazasi vazifasini bajaradi.

1-jadval

Farg‘ona viloyati bo‘yicha harorat va yog‘in ko‘rsatkichlari, 2016–2024-yillar [1]

Yil	O‘rtacha yillik harorat, °C	Yillik yog‘in miqdori, mm
2016	15,8	142,3
2017	15,9	135,7
2018	16,0	148,2
2019	16,1	132,6
2020	16,0	125,8
2021	16,1	138,4
2022	16,0	128,9
2023	16,1	135,2
2024	16,1	142,1

Statistik tahlil usullari. Dastlab tanlangan ko‘rsatkichlar bo‘yicha minimal, maksimal va o‘rtacha qiymatlar hisoblandi. Bu bosqich iqlim ko‘rsatkichlarining umumiy chegarasini va yillar bo‘yicha farqlanishini ko‘rsatadi. 2016–2024-yillar oralig‘ida o‘rtacha yillik harorat 15,8 °C dan 16,1 °C gacha o‘zgargan. Yog‘in miqdori esa 125,8 mm dan 148,2 mm gacha bo‘lgan oraliqda qayd etilgan.

2-jadval

Statistik umumlashtirish natijalari [2]

Ko‘rsatkich	Minimal qiymat	Maksimal qiymat	O‘rtacha qiymat	O‘zgarish oralig‘i
O‘rtacha yillik harorat, °C	15,8	16,1	16,01	0,3
Yillik yog‘in miqdori, mm	125,8	148,2	136,58	22,4

Korrelatsion tahlil usuli. Harorat va yog‘in miqdori o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash uchun Pirson korrelatsiya koeffitsiyenti qo‘llanildi. Hisoblash natijasiga ko‘ra, tanlangan davrda korrelatsiya koeffitsiyenti taxminan $r = -0{,}14$ ga teng bo‘ldi. Bu qiymat 2016–2024-yillar oralig‘ida harorat va yog‘in miqdori o‘rtasida kuchli chiziqli bog‘liqlik kuzatilmaganini ko‘rsatadi. Shu bilan

ISSN 3030-3907

birga, natija faqat tanlangan davr va mavjud kuzatuv qatori doirasida talqin qilinadi.

Chiziqli regressiya modeli. Iqlim ko‘rsatkichlarining vaqt bo‘yicha o‘zgarish yo‘nalishini aniqlash uchun chiziqli regressiya modeli qo‘llanildi:

$$Y_t = a + bt + \varepsilon_t$$

Bu yerda Y_t — t-yildagi iqlim ko‘rsatkichi, a — boshlang‘ich daraja, b — yillik o‘zgarish koeffitsiyenti, t — vaqt omili, ε_t — tasodifiy xatolik. Hisoblashda 2016-yil $t = 1$, 2024-yil esa $t = 9$ deb olindi.

3-jadval

Regressiya modeli uchun kodlangan ma’lumotlar bazasi [3]

Yil	t	Harorat, °C	Yog‘in, mm
2016	1	15,8	142,3
2017	2	15,9	135,7
2018	3	16,0	148,2
2019	4	16,1	132,6
2020	5	16,0	125,8
2021	6	16,1	138,4
2022	7	16,0	128,9
2023	8	16,1	135,2
2024	9	16,1	142,1

Hisoblash natijasida harorat uchun quyidagi regressiya tenglamasi olindi:

$$T_t = 15,861 + 0,030t$$

Bu tenglama tanlangan davrda o‘rtacha yillik haroratda sekin o‘sish yo‘nalishi mavjudligini ko‘rsatadi. Yog‘in miqdori uchun regressiya tenglamasi quyidagicha ifodalandi:

$$P_t = 139,503 - 0,585t$$

Bu natija yog‘in miqdorida keskin emas, lekin biroz pasayish yo‘nalishi borligini bildiradi.

Qisqa muddatli prognozlash tartibi. 2025–2026-yillar uchun baholash regressiya tenglamalari asosida amalga oshirildi. Bunda 2025-yil $t = 10$, 2026-yil esa $t = 11$ deb olindi.

4-jadval

2025–2026-yillar uchun regressiya modeli asosidagi baholash natijalari [4]

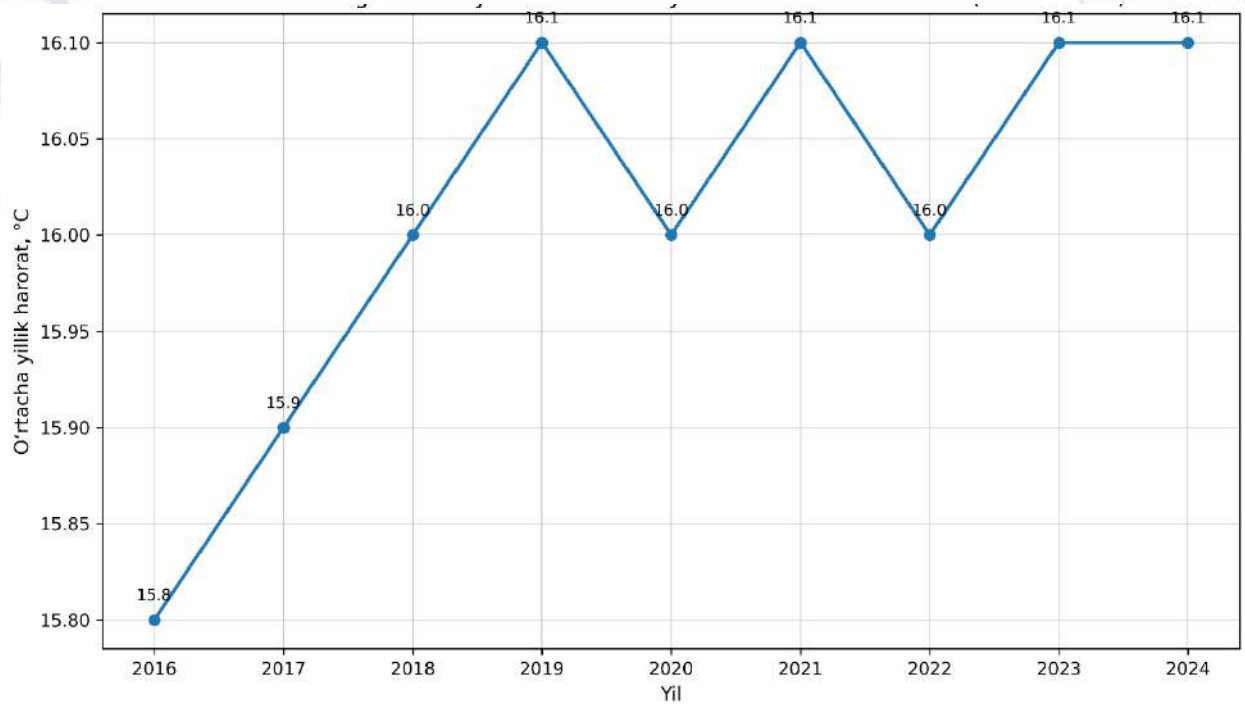
Yil	t	Prognoz harorat, °C	Prognoz yog‘in miqdori, mm

ISSN 3030-3907

2025	10	16,16	133,65
2026	11	16,19	133,07

Mazkur natijalar 2025–2026-yillar uchun aniq meteorologik bashorat emas, balki 2016–2024-yillar statistik qatori asosida chiqarilgan qisqa muddatli baholash hisoblanadi. Shu sababli prognoz qiymatlari maqolada amaliy rejalashtirish uchun dastlabki ilmiy ko‘rsatkich sifatida talqin qilinadi.

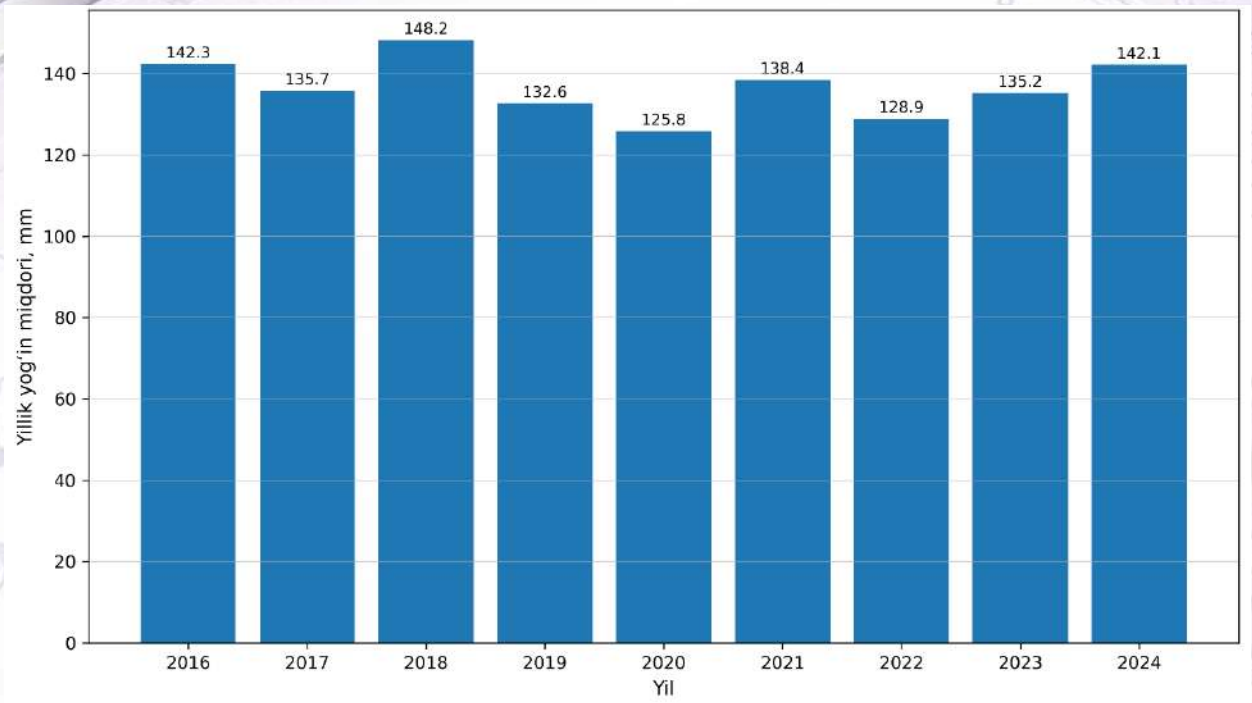
MUHOKAMA VA NATIJALAR. 2016–2024-yillar ma’lumotlari asosida Farg‘ona viloyatida o‘rtacha yillik harorat 15,8 °C dan 16,1 °C gacha o‘zgargani aniqlandi.



1-rasm. Farg‘ona viloyatida o‘rtacha yillik harorat dinamikasi, 2016–2024-yillar [1]

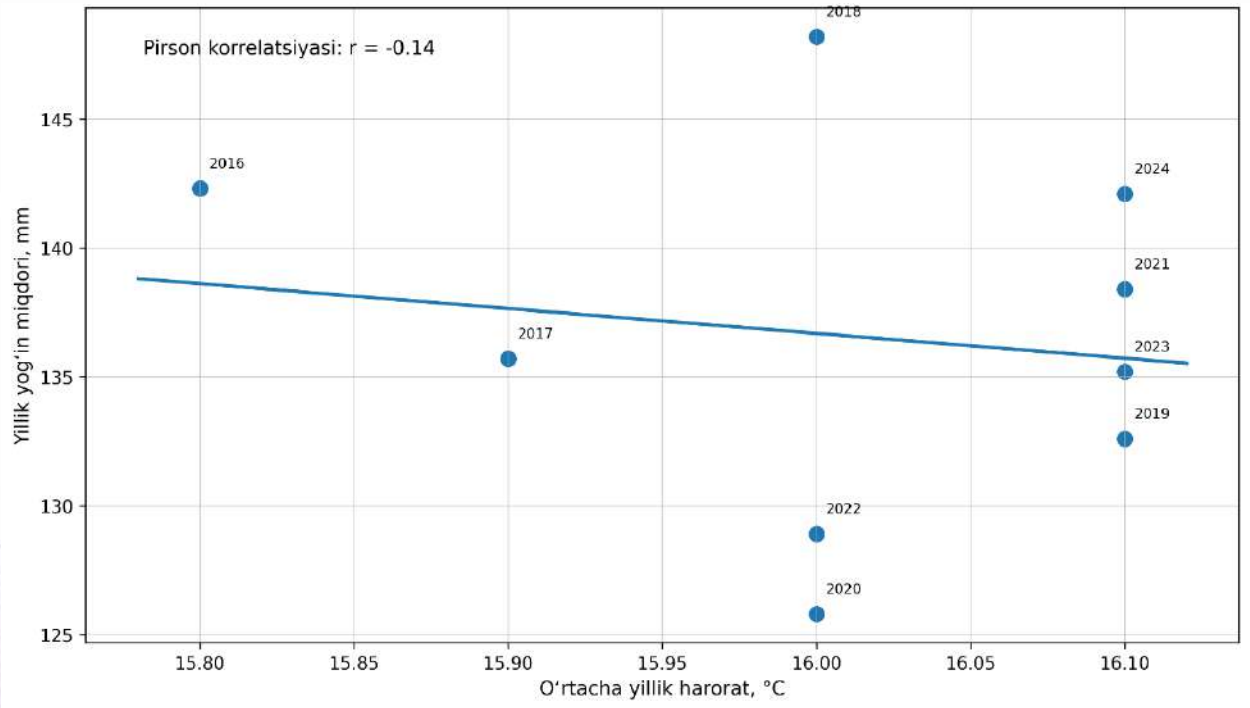
Eng past ko‘rsatkich 2016-yilda, yuqori qiymatlar esa 2019-yildan keyingi davrda kuzatildi. Bu holat hududda haroratning keskin emas, ammo asta-sekin oshish yo‘nalishiga ega ekanini ko‘rsatadi. Yillik yog‘in miqdori tahlil davrida 125,8–148,2 mm oralig‘ida bo‘lgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Farg‘ona viloyatida yillik yog‘in miqdorining o‘zgarishi, 2016–2024-yillar [2]

Eng yuqori yog‘in 2018-yilda, eng past ko‘rsatkich esa 2020-yilda qayd etildi. Yog‘in miqdorining yillar bo‘yicha bir tekis emasligi Farg‘ona viloyatida namlik ta’minoti beqarorligini bildiradi. Harorat va yog‘in miqdori o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholashda Pirson korrelatsiya koeffitsiyenti $r = -0{,}14$ ga teng bo‘ldi.



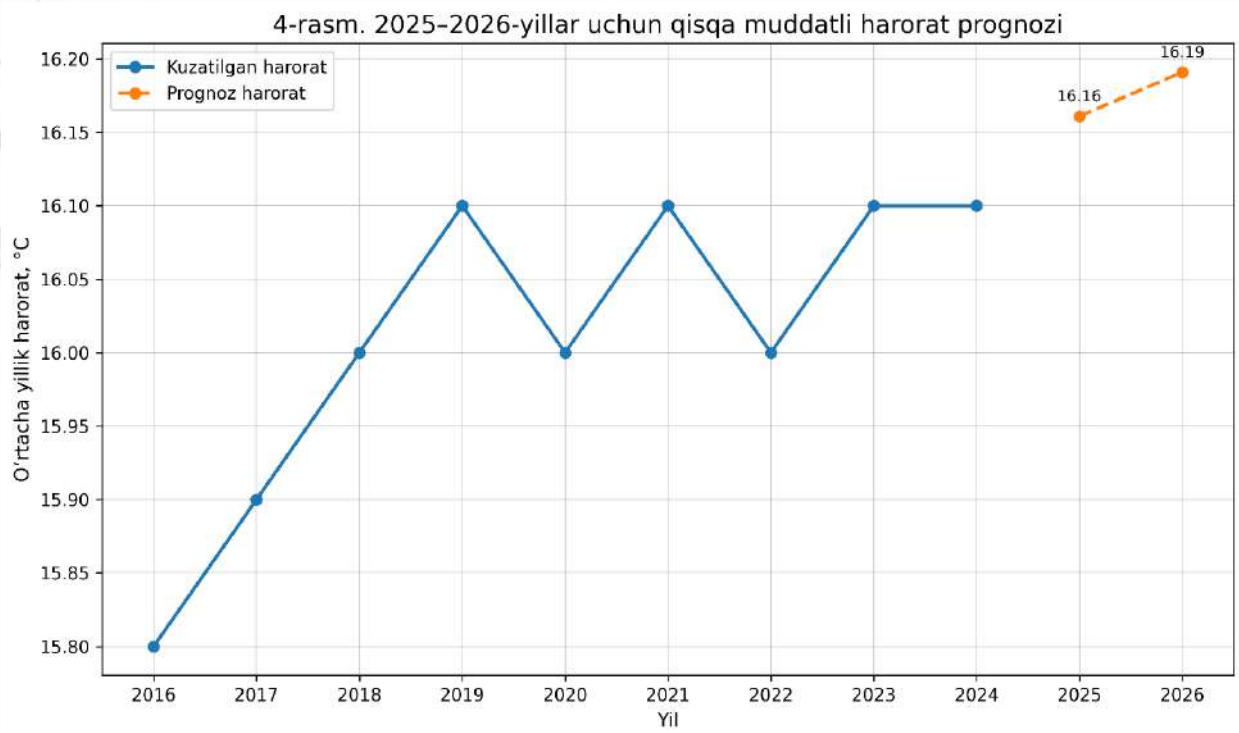
3-rasm. Harorat va yog‘in miqdori o‘rtasidagi bog‘liqlik diagrammasi [3]

Bu natija ikki ko‘rsatkich o‘rtasida kuchli chiziqli bog‘liqlik yo‘qligini, lekin ayrim yillarda harorat oshishi yog‘in kamayishi bilan birga kechganini

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi. Regressiya tahliliga ko‘ra, harorat uchun $T_t = 15,861 + 0,030t$, yog‘in miqdori uchun esa $P_t = 139,503 - 0,585t$ tenglamalari olindi. Birinchi model haroratda yillik o‘rtacha 0,03 °C o‘sish, ikkinchi model esa yog‘inda 0,585 mm atrofida pasayish yo‘nalishini ko‘rsatadi.

Ushbu modellar asosida 2025–2026-yillar uchun qisqa muddatli baholash amalga oshirildi.



4-rasm. 2025–2026-yillar uchun qisqa muddatli prognoz natijalari [4]

Natijalarga ko‘ra, 2025-yilda o‘rtacha harorat 16,16 °C, 2026-yilda 16,19 °C bo‘lishi mumkin. Yog‘in miqdori esa mos ravishda 133,65 mm va 133,07 mm atrofida baholandi. Umuman, tahlil Farg‘ona viloyatida haroratning sekin oshishi va yog‘in miqdorining beqarorligini ko‘rsatadi. Bu natijalar suv resurslarini rejalashtirish, sug‘orish ishlarini tashkil etish va ekologik monitoringni kuchaytirishda amaliy ahamiyatga ega.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Tadqiqot natijalari Farg‘ona viloyatida iqlim ko‘rsatkichlarining yillar davomida o‘zgarib borayotganini ko‘rsatdi. 2016–2024-yillar ma’lumotlari asosida o‘rtacha yillik haroratda sekin o‘sish yo‘nalishi mavjudligi aniqlandi. Yog‘in miqdori esa haroratga nisbatan beqarorroq bo‘lib, ayrim yillarda kamayish, ayrim yillarda esa ko‘tarilish holatlari kuzatildi. Korrelatsion tahlil natijasida harorat va yog‘in miqdori o‘rtasida kuchli chiziqli bog‘liqlik aniqlanmadi. Bu esa Farg‘ona viloyatida yog‘in miqdoriga faqat harorat emas, balki boshqa tabiiy omillar ham ta’sir qilishini ko‘rsatadi. Regressiya modeli asosida esa haroratda yillik o‘sish, yog‘in miqdorida esa biroz pasayish yo‘nalishi mavjudligi baholandi. 2025–2026-yillar uchun tuzilgan qisqa

ISSN 3030-3907

muddatli prognoz ham haroratning yuqori darajada saqlanishi mumkinligini ko‘rsatdi.

Amaliy jihatdan Farg‘ona viloyatida iqlim ko‘rsatkichlarini doimiy statistik kuzatib borish, suv resurslaridan foydalanishni iqlim sharoitiga mos holda rejalashtirish va sug‘orish tizimlarini samarali tashkil etish maqsadga muvofiqdir. Qishloq xo‘jaligida ekinlarni joylashtirishda harorat va yog‘in miqdorining yillik o‘zgarishlarini hisobga olish zarur. Shuningdek, ekologik monitoring tizimida statistik va regressiya modellaridan foydalanish hududdagi iqlim xavflarini oldindan baholashga yordam beradi. Keyingi tadqiqotlarda tahlil davrini kengaytirish, ya’ni 20–30 yillik meteorologik ma’lumotlardan foydalanish tavsiya etiladi. Bundan tashqari, faqat harorat va yog‘in miqdori bilan cheklanmasdan, namlik, shamol tezligi, bug‘lanish, tuproq namligi va qurg‘oqchilik ko‘rsatkichlarini ham modelga kiritish lozim. Bu Farg‘ona viloyatida iqlim o‘zgarishlarini yanada aniqroq baholash va uzoq muddatli prognozlar ishlab chiqish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1 IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. — Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.

2 World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2024. WMO-No. 1368. — Geneva: World Meteorological Organization, 2025.

3 World Bank Group; Asian Development Bank. Climate Risk Country Profile: Uzbekistan. — Washington, D.C.: World Bank Group, 2021.

4 UNECE. National State of the Environment Report: Uzbekistan. — Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2024.

5 Chub V.E. Climate Change: Educational Guide for University Students of the Republic of Uzbekistan. — Tashkent, 2005.

6 Muhitdinov I.I., Maxammadov Z.Z. Farg‘ona vodiysining iqlimi va yog‘inlari // *PEDAGOGS international research journal*. — 2022. — Vol. 2, № 1. — B. 49–52. — DOI: 10.5281/zenodo.5878396.

7 Arziqulov M.M., Shermuxamedov U.A. Farg‘ona vodiysi misolida harorat o‘zgarishi tahlili // *Ilmiy to‘plam materiallari*. — 2025. — B. 496–499.

8 Kuzibaeva O., Ulengov R., Muminov D., Boratov A., Mahkamov J., Umarov J. Climate Change and its Impact on Southern Fergana Landscapes // *J Open*. — 2025. — Vol. 1, № 2. — P. 17–23. — DOI: 10.70728/jopen.be.0225.004.

9 Khalmatjanov M., Toshpulatov R., Ismailova A. Change in Precipitation in Uzbekistan in the Period 1961–1990 and Later Years // *Scientific article*. — 2020. — P. 1–10.

ISSN 3030-3907

10Qo‘ziboyeva O.M. Climate Change Impacts on Agricultural Landscapes in the Fergana Region // *Preprints*. — 2026. — Table 1: Changes in Precipitation and Air Temperature in the Fergana Region, 2001–2024.
11O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 24-iyundagi PQ-233-son qarori. Iqlim o‘zgarishiga nisbatan barqaror agroekotizimni yaratish hamda qishloq xo‘jaligi mahsulotlari yetishtiruvchilarning iqlim o‘zgarishi bilan bog‘liq xavflarga moslashuvchanligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida
12Farg‘ona tabiiy geografik okrugi // Geografiya.uz. — Elektron resurs. — URL: https://geografiya.uz/
13Climate Change Knowledge Portal. Average Mean Monthly Temperature Surface Air Temperature by Region: Fergana, Uzbekistan, 2012–2024 // World Bank Climate Change Knowledge Portal. — Elektron statistik ma’lumotlar bazasi. — URL: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/
14Climate Change Knowledge Portal. Average Mean Monthly Precipitation by Region: Fergana, Uzbekistan, 2000–2024 // World Bank Climate Change Knowledge Portal. — Elektron statistik ma’lumotlar bazasi. — URL: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/
15NASA POWER. Monthly and Annual API Documentation: Meteorological Time Series Data // NASA Langley Research Center, POWER Project. — Elektron meteorologik ma’lumotlar bazasi. — URL: https://power.larc.nasa.gov/

TUKLI ILDIZLAR MADANIYATIDA QIZILMIYADA BIOFAOL MODDA BIOSINTEZINI KUCHAYTIRISH

Hakimjonova Malika
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Pulatjonova Bahora
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov.
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) ildizlari glitsirrizin kislota va glabridin kabi biofaol birikmalarga boy, biroq yovvoyi resurslarning kamayishi ularni barqaror olishni cheklaydi. Ushbu tadqiqotda *R. rhizogenes* A4 va *AtSQS1* geni asosida transgen tukli ildizlar yaratilib, ularda skualen va pirouzum kislota oldmoddalari hamda metil jasmonat va koronatin elisitorlari qo‘llandi. Natijada, ayniqsa koronatin va pirouzum kislota kombinatsiyasi eng yuqori samarani ko‘rsatib, glitsirrizin (56.12 mg/g DW) va glabridin (5.78 mg/g DW) miqdorini maksimal darajada oshirdi hamda CYP88D6, LUS va bAS genlari ekspressiyasini kuchaytirdi. Ushbu yondashuv qimmatli metabolitlarni biotexnologik ishlab chiqarish uchun samarali strategiya sifatida namoyon bo‘ldi.

Kalit so‘zlar: qizilmiya, tukli ildizlar, koronatin, glitsirrizin kislota, glabridin, skualen, gen ekspressiyasi

Аннотация. Корни *Glycyrrhiza glabra L.* богаты биологически активными соединениями, такими как глицирризиновая кислота и глабридин, однако истощение природных ресурсов ограничивает их устойчивое получение. В данном исследовании были получены трансгенные линии волосатых корней с использованием *R. rhizogenes* A4 и гена *AtSQS1*. Применение предшественников (сквален, пировиноградная кислота) и элиситоров (метилжасмонат, коронатин) показало, что их комбинация, особенно коронатина с пировиноградной кислотой, обеспечивает максимальный эффект, повышая содержание глицирризина (56.12 мг/г DW) и глабридина (5.78 мг/г DW) и усиливая экспрессию генов CYP88D6, LUS и bAS. Данный подход демонстрирует высокую эффективность для биотехнологического получения ценных метаболитов.

Ключевые слова: солодка, волосатые корни, коронатин, глицирризиновая кислота, глабридин, сквален, экспрессия генов

Abstract. Roots of *Glycyrrhiza glabra L.* are rich in bioactive compounds such as glycyrrhizic acid and glabridin; however, depletion of wild resources limits their sustainable production. In this study, transgenic hairy root lines were generated using *R. rhizogenes* A4 and the *AtSQS1* gene. The application of precursors (squalene, pyruvic acid) and elicitors (methyl jasmonate, coronatine) revealed that their combination, particularly coronatine with pyruvic acid, produced the strongest effect, significantly increasing glycyrrhizin (56.12 mg/g DW) and glabridin (5.78 mg/g DW) levels and upregulating CYP88D6, LUS, and bAS gene expression. This approach demonstrates an efficient strategy for the biotechnological production of valuable metabolites.

Keywords: licorice, hairy roots, coronatine, glycyrrhizic acid, glabridin, squalene, gene expression

KIRISH.

Dorivor o‘simliklar global farmatsevtika sanoatida muhim o‘rin tutadi. Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) – Fabaceae oilasiga mansub ko‘p yillik o‘simlik bo‘lib, uning ildizlari va ildizpoyalari glitsirrizin kislota (glycyrrhizin), glabridin, likiritin va likiritigenin kabi ikkilamchi metabolitlarga boy [1]. Ushbu birikmalar yallig‘lanishga qarshi, antioksidant, antitumor, gepatoprotektor va immunomodulyator xususiyatlarga ega. Ayniqsa, glabridin terini oqartiruvchi samaradorligi bilan kosmetika sanoatida yuqori baholanadi.

So‘nggi yillarda qizilmiyaga bo‘lgan talab keskin oshgan. Yovvoyi populyatsiyalarning haddan tashqari yig‘ib olinishi (Eron, Afg‘oniston, O‘zbekiston, Turkmaniston kabi mamlakatlarda) ularning tabiiy zaxiralarining kamayishiga olib kelmoqda [2]. O‘zbekistonning Toshkent, Sirdaryo va Surxondaryo viloyatlarida ham qizilmiya plantatsiyalari qisqarib bormoqda. Shu bois dorivor o‘simliklarni in vitro sharoitda ko‘paytirish va qimmatli metabolitlarni biotexnologik usullar bilan olish dolzarb vazifaga aylangan.

Agrobacterium rhizogenes (hozirgi *Rhizobium rhizogenes*) bilan transformatsiyalangan o‘simlik hujayralaridan olinadigan genetik jihatdan barqaror va yuqori o‘sish tezligiga ega tizim [3]. Ushbu tizim ikkilamchi metabolitlarni sintez qilishning yuqori qobiliyatiga ega.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. So‘nggi o‘n yillikda dorivor o‘simliklarning tukli ildizlarida ikkilamchi metabolitlar ishlab chiqarishni oshirish bo‘yicha jadal tadqiqotlar olib borilmoqda. Alcalde va boshq. (2022) [4] bioik va abiotik elisitorlarning tukli ildizlardagi samaradorligini keng ko‘lamda tahlil qilgan. Metil jasmonat (MeJA) eng keng tarqalgan elisitor bo‘lib, Platycodon grandiflorum [5], Lepechinia caulescens [6] va Ficus carica [7] da triterpenoid va fenolik birikmalar sintezini oshirgan.

ISSN 3030-3907

Qizilmiya tukli ildizlarida MeJA glitsirrizin kislota ishlab chiqarishni oshirgan [8]. Biroq MeJA ning yuqori konsentratsiyalari (200 µM dan yuqori) o‘sishni inhibe qiladi.

Koronatinning elisitor sifatida samaradorligi MeJA dan yuqori ekanligi bir qancha tizimlarda ko‘rsatilgan. Garcia-Baeza va boshq. (2023) [9] Centella asiatica tukli ildizlarida koronatin 1.0 µM da triterpenoid saponinlar sintezini 3 baravardan ko‘proq oshirgan. Rastegarnejad va boshq. (2024) [10] Salvia miltiorrhiza da koronatin MeJA ga nisbatan samaraliroq ekanligini isbotlagan. Biroq qizilmiya tukli ildizlarida koronatin to‘g‘risidagi ma’lumotlar juda cheklangan.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonda qizilmiyaning in vitro madaniyatlari bo‘yicha ilmiy ishlar kam. Mavjud tadqiqotlar asosan agrotexnikaga – o‘g‘itlash, sug‘orish, tuproq tayyorlashga qaratilgan. Tukli ildizlar texnologiyasi va molekulyar biologik usullar deyarli qo‘llanilmagan. Shu bois ushbu tadqiqot natijalari O‘zbekiston dorivor o‘simliklar biotexnologiyasi uchun muhim asos bo‘lishi mumkin.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, in vitro, genetik transformatsiya va biotexnologik.

Ob’yekt: Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) – O‘zbekistonning Qashqadaryo viloyatidan yig‘ilgan yuqori mahsuldor genotip (voucher MPH-3220). Ushbu genotip oldindan fitokimyoviy baholangan va Tehron sharoitida iqlimlashtirilgan [11].

Bakterial shtammlar:

- *Rhizobium rhizogenes* (*Agrobacterium rhizogenes*) A4 – yovvoyi tur.
- *R. tumefaciens* CS8C1 pRiA4 pBIS – AtSQS1 (Arabidopsis thaliana skualen sintaza 1) va kanamitsin rezistentlik kassetasiga ega transgen shtamm [12].

Tukli ildizlarni induksiyalash. In vitro o‘stirilgan o‘simtalarning yosh barglari (taxminan 1 sm) steril igna bilan jarohatlangan va bakterial koloniya bilan infektsiyalangan. Infektsiyalangan barglar 48 soat davomida qorong‘ida, MS muhitida (30 g/L saxaroza, 8 g/L agar, pH 5.8) birgalikda kultivatsiya qilingan. So‘ngra 500 mg/L sefotaksimli dezakontaminatsiya muhitiga o‘tkazilgan. Antibiotik ikki hafta ichida bosqichma-bosqich kamaytirilgan. Har bir chiziq olti oy davomida har oyda subkultura qilingan.

Transformatsiya samaradorligi: yovvoyi shtamm – 76 %, transgen shtamm – 82.5 %.

HRL larni skrining va tanlash. Besh yovvoyi (WT-HRL1 dan 5 gacha) va besh transgen (TG-HRL1 dan 5 gacha) chiziqlar qattiq ½ MS muhitida 4 hafta o‘stirilgan. O‘sish indeksi (Growth Index, GI) = (Oxirgi FW – Boshlang‘ich

ISSN 3030-3907

FW)/Boshlang‘ich FW bo‘yicha hisoblangan. Eng yuqori GI va yaxshi morfologiyaga ega chiziqlar tanlab olingan: WT-HRL2 (GI 3.63) va TG-HRL5 (GI 3.22).

Suyuq muhitda o‘stirish va o‘sish kinetikasi. Tanlangan chiziqlar 250 ml kolbalarda 75 ml suyuq ½ MS muhitida (120 rpm, 23±2 °C, qorong‘i) o‘stirilgan. Har 7 kunda (7, 14, 21, 28-kunlar) ho‘l va quruq vazn o‘lchangan. Eng yuqori biomassaga 21-kuni erishilgan (WT-HRL2: 8.61 g FW, 0.75 g DW; TG-HRL5: 7.83 g FW, 0.71 g DW). Shu sababli elisitor va oldmoddalar qo‘llash uchun 14- va 19-kunlar optimal vaqt sifatida tanlangan.

Oldmoddalar va elisitorlar bilan ishlov berish

Oldmoddalar (14-kun qo‘shiladi, 21-kun yig‘iladi):

- Skualen: 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mM (asetonda eritilgan)
- Pirouzum kislota: 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mM (suvda eritilgan)

Elisitorlar (19-kun qo‘shiladi, 24, 48, 72 soatdan keyin yig‘iladi):

- Metil jasmonat (MeJA): 0, 50, 100, 200 µM (60% etanolda)
- Koronatin: 0, 0.5, 1.0, 5.0 µM (0.1% DMSO da)

Kombinatsiyalangan ishlovlar:

- Optimal oldmodda (14-kun) + optimal elisitor (19-kun)
- Yig‘im vaqti elisitor uchun optimal vaqt (48 soat) asosida belgilangan.

Har bir variant 3 ta biologik takroriy (har biri 3 ta kolba).

Metabolitalarni ekstraksiya va HPLC tahlili. Liofilizlangan tukli ildizlar kukuni (500 mg) 10 ml 70 % etanol bilan 30 daqiqa ultratovundda ekstraksiya qilingan. Filtrat 0.22 µm filtrdan o‘tkazilgan.

HPLC tizimi: Waters 2695, C18 kolonna (250×4.6 mm, 5µm). Mobil faza: (A) 0.3 % fosfat kislota, (B) asetonitril. Gradient elusiya: 0-10 min – 20 % B, 10-40 min – 20→80% B, 40-45 min – 80 % B. Oqim tezligi 1.0 ml/min, injeksiya hajmi 20 µl.

Deteksiya to‘lqin uzunliklari: glabridin – 230 nm, glitsirrizin kislota – 250 nm, likiritin va likiritigenin – 276 nm. Kalibrlash egri chiziqlari $R^2 \geq 0.9994$.

Real vaqtda qRT-PCR tahlili. RNeasy Plant Mini Kit yordamida RNK ajratilgan. Birinchi zanjir cDNK – Qiagen to‘plami. qRT-PCR BIO-RAD CFX96 da o‘tkazilgan. Quyidagi genlar tahlil qilingan: SQS1, SQS2, bAS (β-amyrin synthase), CAS (cycloartenol synthase), LUS (lupeol synthase), CYP88D6, CYP93E6. Referens gen – β-aktin. Nisbiy ifoda $2^{-}\Delta\Delta CT$ usuli bilan hisoblangan.

Statistik tahlil. SPSS 23 (ANOVA, Duncan testi, $p<0.05$). Pearson korrelyatsiyasi (OriginPro 2024). Natijalar o‘rtacha ± standart xatolik (SE) shaklida berilgan.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

1. Tukli ildiz chiziqlarini tanlash. O‘n chiziq ichida WT-HRL2 eng yuqori o‘sish indeksiga ega bo‘ldi (3.63, 4.63 g FW). TG-HRL5 esa transgen chiziqlar ichida eng yaxshi natijani ko‘rsatdi (3.22 GI, 4.22 g FW). PCR tahlili barcha chiziqlarda rolA, rolB, rolC genlari mavjudligini tasdiqladi. Transgen chiziqlarda qo‘shimcha ravishda AtSQS1 va AGS (aminoglikozid-3'-adeniltransferase) genlari aniqlandi. Bu birinchi marta qizilmiyada AtSQS1 bilan transformatsiyalangan tukli ildiz chiziqlari yaratilganligini ko‘rsatadi [1].

Pirouzum kislota (7.5 mM) glitsirrizin kislotani 1.75 baravar (47.11 mg/g DW), glabridinni 1.97 baravar (3.57 mg/g DW), likiritigeninni 1.97 baravar (4.20 mg/g DW) oshirdi. Likiritin esa 1.88 baravar (0.32 mg/g DW) yuqori bo‘lgan.

2. Elisitorlarning samaradorligi: Koronatin vs MeJA. Koronatin (1.0 µM, 48 soat) barcha ko‘rsatkichlar bo‘yicha MeJA dan ustun keldi:

Ko‘rsatkich	Nazorat (TG)	MeJA 100 µM (48h)	Koronatin 1.0 µM (48h)
Glitsirrizin kislota (mg/g DW)	27.22	45.29	49.19
Glabridin (mg/g DW)	1.85	3.81	4.54
Likiritin (mg/g DW)	0.13	0.41	0.49
Likiritigenin (mg/g DW)	2.23	4.22	5.28
Ho‘l vazn (g/kolba)	7.83	8.92	9.22

Koronatin MeJA ga qaraganda 2.5 baravar past konsentratsiyada (1.0 µM vs 100 µM) deyarli barcha metabolitlar bo‘yicha 10–20 % yuqori natija berdi. Bu koronatinning JA-Ile retseptoriga (COI1) yuqori affinligi va signalizatsiyaning uzoq muddatli faollashuvi bilan izohlanadi [13].

3. Sinergik kombinatsiyalar. Eng kuchli sinergik ta’sir **pirouzum kislota (7.5 mM) + koronatin (1.0 µM, 48 soat)** kombinatsiyasida qayd etildi:

Birikma	Nazorat (TG)	Pirouzum + Koronatin	O‘sish (baravar)
Glitsirrizin kislota	27.15	**56.12**	**2.07**
Glabridin	1.83	**5.78**	**3.16**
Likiritin	0.15	**0.79**	**5.27**
Likiritigenin	2.14	**5.41**	**2.53**

Glitsirrizin kislota miqdori (56.12 mg/g DW) oldingi tadqiqotlardagi eng yuqori ko‘rsatkichlardan biridir. Likiritinning 5.27 baravar oshishi flavonoid yo‘lining faollashganini ko‘rsatadi.

4. Mexanizm va O‘zbekiston konteksti. Koronatin jasmonat signal yo‘lini faollashtirib, GurMYB04 kabi transkripsiya omillarini induktsiya qiladi. Zhao va boshq. (2025) [14] qizilmiyada GurMYB04 ning triterpenoid va flavonoid genlarini bir vaqtda boshqarishini ko‘rsatgan. Shuningdek, Yamamoto va boshq.

ISSN 3030-3907

(2025) [15] rizobial simbioz ham jasmonat yo‘li orqali genlarni faollashtirishini isbotlagan.

O‘zbekistonning qurg‘oqchil iqlimida qizilmiya plantatsiyalarida tuproq unumdorligi past. Tukli ildizlar biotexnologiyasi orqali qimmatli metabolitlarni in vitro olish import o‘rnini bosuvchi va ekologik toza strategiya hisoblanadi. Qizilmiyaning transgen tukli ildiz chiziqlari Eronning Ilam genotipi asosida yaratilgan bo‘lsa-da, O‘zbekistonning mahalliy populyatsiyalari uchun ham shunga o‘xshash protokol moslashtirilishi mumkin.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot natijalari Glycyrrhiza glabra tukli ildiz tizimlari, xususan *AtSQS1* geni bilan transformatsiyalangan chiziqlar, qimmatli biofaol birikmalarni samarali ishlab chiqarish uchun yuqori potensialga ega ekanligini ko‘rsatdi. Koronatin eng kuchli elisitor sifatida ajralib chiqib, metabolitlar to‘planishini sezilarli darajada oshirdi, ayniqsa pirouzum kislota bilan kombinatsiyada maksimal sinergik ta’sir kuzatildi. Bu yondashuv asosiy biosintetik genlar ekspressiyasini kuchli rag‘batlantirib, gen faolligi va metabolitlar to‘planishi o‘rtasida yuqori ijobiy bog‘liqlik mavjudligini tasdiqladi. Natijada, koronatin asosidagi strategiya o‘sish va metabolit sintezi o‘rtasidagi klassik muvozanatni optimallashtirib, qizilmiyada biofaol birikmalarni biotexnologik yo‘l bilan samarali ishlab chiqarish uchun istiqbolli yechim sifatida namoyon bo‘ldi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Bakhtiar Z., Saadatdar Arani H., Esmaeili H., Tohidfar M., Mirjalili M.H. Synergistic precursor-elicitor strategy maximizes gene expression and metabolite biosynthesis in Glycyrrhiza glabra L. hairy roots. Industrial Crops & Products. 2026;242:122856.
2. Mousavi S.S., Movahhed Haghighi T., Karami A. Breeding of Licorice (Glycyrrhiza glabra L.). In: Biodiversity and Genetic Improvement of Medicinal and Aromatic Plants II. Springer, Cham; 2025:35-71.
3. Ono N.N., Tian L. The multiplicity of hairy root cultures: prolific possibilities. Plant Science. 2011;180(3):439-446.
4. Alcalde M.A., Perez-Matas E., Escrich A., Cusido R.M., Palazon J., Bonfill M. Biotic elicitors in adventitious and hairy root cultures: a review from 2010 to 2022. Molecules. 2022;27:5253.
5. Halder M., Sarkar S., Jha S. Elicitation: A biotechnological tool for enhanced production of secondary metabolites in hairy root cultures. Engineering in Life Sciences. 2019;19:880-895.
6. Kottayi M., Abhyankar K. Coronatine. In: Biotic Elicitors: Production, Purification, and Characterization. Springer, New York; 2022:139-143.

ISSN 3030-3907

7. Garcia-Baeza A., Alcalde M.A., Grovel O., et al. Metabolic changes in hairy root cultures of Centella asiatica treated with methyl-jasmonate and coronatine: a ^{1}H NMR-based metabolomics approach. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant. 2023;59:179-196.
8. Rastegarnejad F., Mirjalili M.H., Bakhtiar Z. Enhanced production of lanthionine and phenolic compounds in hairy roots culture of Salvia miltiorrhiza Bunge by elicitation. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2024;156:4.
9. Vergara-Martínez V.M., Estrada-Soto S.E., Valencia-Díaz S., et al. Methyl jasmonate enhances ursolic, oleanolic and rosmarinic acid production and sucrose induced biomass accumulation, in hairy roots of Lepechinia caulescens. PeerJ. 2021;9:e11279.
10. Amani S., Mohebodini M., Khademvatan S., Jafari M., Kumar V. Modifications in gene expression and phenolic compounds content by methyl jasmonate and fungal elicitors in Ficus carica Cv. Siah hairy root cultures. BMC Plant Biology. 2024;24:520.
11. Srivastava M., Singh G., Sharma S., Shukla S., Misra P. Elicitation enhanced the yield of glycyrrhizin and antioxidant activities in hairy root cultures of Glycyrrhiza glabra L. Journal of Plant Growth Regulation. 2019;38:373-384.
12. Baek S., Ho T.T., Lee H., et al. Enhanced biosynthesis of triterpenoids in Centella asiatica hairy root culture by precursor feeding and elicitation. Plant Biotechnology Reports. 2020;14:45-53.
13. Kribii R., Arró M., Del Arco A., et al. Cloning and characterization of the Arabidopsis thaliana SQS1 gene encoding squalene synthase: involvement of the C-terminal region of the enzyme in the channeling of squalene through the sterol pathway. European Journal of Biochemistry. 1997;249(1):61-69.
14. Livak K.J., Schmittgen T.D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-}\Delta\Delta$CT method. Methods. 2001;25(4):402-408.
15. Shirazi Z., Aalami A., Tohidfar M., Sohani M.M. Triterpenoid gene expression and phytochemical content in Iranian licorice under salinity stress. Protoplasma. 2019;256(3):827-837.

ISSN 3030-3907

QIZILMIYA ILDIZLARI EKSTRAKTINI BOYITISH VA BIOAKTIV BIRIKMALARNI ANIQLASH

Astanakulova Gulsanam
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Pediatriya fakultetining 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Fitofarmatsevtik ingredientlar (PPI) – dorivor o‘simliklarning tozalangan fraksiyalaridan tashkil topgan, kamida to‘rtta bioaktiv birikmani o‘z ichiga olgan va farmakologik faollikka ega bo‘lgan dorilarning alohida sinfidir. Ushbu tadqiqotda Glycyrrhiza glabra ildizlarining anti-diabetik potentsiali asosida PPI monografiyasini tayyorlash maqsadida ekstraktni boyitish va to‘rtta bioaktiv markerni (likiritin, glitsirrizin, formononetin, glabridin) aniqlash va miqdoriy tahlil qilish amalga oshirilgan. Boyitilgan ekstraktda likiritin (6.41% og‘./og‘.) va glitsirrizin (4.33% og‘./og‘.) eng yuqori miqdorda, so‘ngra glabridin (2.25% og‘./og‘.) va formononetin (0.34% og‘./og‘.) aniqlangan. qNMR tahlili HPLC natijalariga yaqin ko‘rsatkichlarni bergan (likiritin 6.19%). Ushbu tadqiqot qizilmiya uchun PPI monografiyasini yaratish va standart referens-materiallarni ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: qizilmiya, fitofarmatsevtik ingredientlar, likiritin, glitsirrizin, HPLC, qNMR, anti-diabetik.

Аннотация. Фитофармацевтические ингредиенты (PPI) – отдельный класс лекарственных средств, представляющий собой очищенные фракции лекарственных растений, содержащие не менее четырех биоактивных соединений и обладающие фармакологической активностью. В данном исследовании на основе антидиабетического потенциала корней Glycyrrhiza glabra проведено обогащение экстракта, обнаружение и количественное определение четырёх биоактивных маркеров (ликвиритин, глицирризин, формононетин, глабридин) для разработки монографии PPI. В обогащённом экстракте ликвиритин (6.41% масс./масс.) и глицирризин (4.33% масс./масс.) содержались в наибольшем количестве, затем глабридин (2.25% масс./масс.) и формононетин (0.34% масс./масс.). qNMR анализ дал результаты, близкие к HPLC (ликвиритин 6.19%). Данное исследование служит основой для создания монографии PPI и разработки стандартных референс-материалов для солодки.*

Ключевые слова: солодка, фитофармацевтические ингредиенты, ликвиритин, глицирризин, ВЭЖХ, кЯМР, антидиабетический.

Abstract. Phytopharmaceutical Ingredients (PPI) are a separate class of drugs consisting of purified fractions of medicinal plants containing at least four bioactive compounds with pharmacological and therapeutic activities. This study aimed to develop a PPI monograph for Glycyrrhiza glabra roots based on their anti-diabetic potential, involving extract enrichment and quantification of four bioactive markers (liquiritin, glycyrrhizin, formononetin, glabridin). The enriched extract contained liquiritin (6.41% w/w) and glycyrrhizin (4.33% w/w) in the highest amounts, followed by glabridin (2.25% w/w) and formononetin (0.34% w/w). qNMR analysis showed results comparable to HPLC (liquiritin 6.19%). This study serves as a scaffold for developing PPI monographs and reference standards for licorice in pharmacopoeias.

Keywords: licorice, phytopharmaceutical ingredients, liquiritin, glycyrrhizin, HPLC, qNMR, antidiabetic.

KIRISH.

O‘simlik preparatlari butun dunyoda keng qo‘llanilmoqda. O‘simlik metabolitlari va biologik faol birikmalarning boy resursi tufayli ular tadqiqotchilar tomonidan intensiv o‘rganilmoqda [1, 2]. Sintetik dorilarning jiddiy nojo‘ya ta’sirlari va mikroorganizmlarda tez rezistentsiya paydo bo‘lishi tufayli ular ishonchliligini yo‘qotayotgan bir paytda, o‘simlik fitokimyoviy birikmalari dorilarni kashf qilish tadqiqotlarida yangi umid sifatida paydo bo‘lmoqda [3].

Biroq, o‘simlik preparatlari asosan an’anaviy bilimlarga asoslanganligi, ilmiy dalillarga emasligi sababli, dori sifati, xavfsizligi va samaradorligi jiddiy tashvish uyg‘otadi [4]. Ko‘pgina mamlakatlarda o‘simlik preparatlari yomon tartibga solingan va sog‘liqni saqlash organlari tomonidan to‘g‘ri nazorat qilinmaydi.

Ushbu muammoni hal qilish uchun Hindistonda Markaziy Dori Standartlarini Nazorat Qilish Tashkiloti (CDSCO) tomonidan “Fitofarmatsevtik dorilar” yoki “Fitofarmatsevtik ingredientlar” (PPI) deb nomlanuvchi dorilarning alohida sinfi tasdiqlangan [5]. 2019 yil 19 martdagi G.S.R. 227 (E) qaroriga asosan, bu sinf dorivor o‘simlik yoki uning qismining ekstraktining kamida to‘rtta bioaktiv yoki fitokimyoviy birikmasini (sifat va miqdor jihatidan baholangan) o‘z ichiga olgan tozalangan va standartlashtirilgan fraksiyasini o‘z ichiga oladi.

Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) – Fabaceae oilasiga mansub, “likoris”, “yasti”, “mulethi” nomlari bilan ham tanilgan dorivor o‘simlik [6, 7]. Qizilmiya ildizlari ovqat hazm qilish tizimi va nafas yo‘llari kasalliklarini (astma, yo‘tal, tonzillit, tomoq og‘rig‘i) davolashda qo‘llaniladi. An’anaviy tibbiyotda u yallig‘lanishga qarshi, anti-diabetik, yaraga qarshi, antibiotik, antiviral, antioksidant va saratonga qarshi vosita sifatida ishlatilgan [8, 9].

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. Fitofarmatsevtik ingredientlar (PPI) konsepsiyasi Hindistonda 2019 yilda rasman joriy etilgan [5]. Bu dorivor o‘simliklarning standartlashtirilgan ekstraktlarini farmatsevtika sanoatida qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi. Biroq, PPI monografiyalarini tayyorlash va ularning sifat nazorati bo‘yicha uslubiy yondashuvlar hali to‘liq ishlab chiqilmagan.

Qizilmiyaning asosiy bioaktiv birikmalari – likiritin (flavanon glikozidi), glitsirrizin (triterpen saponini), formononetin (izoflavon) va glabridin (izoflavon) – keng farmakologik faollikka ega [8, 9, 10, 11]. Likiritin antiviral va yallig‘lanishga qarshi, glitsirrizin gepatoprotektor va tatlandırıcı, formononetin va glabridin esa reaktiv kislorod turlari (ROS) ishlab chiqarishni kamaytiradi.

Oldingi tadqiqotlarda qizilmiyadan ushbu birikmalarni ekstraksiya qilish va miqdoriy tahlil qilish bo‘yicha ishlar olib borilgan. Tian va boshq. (2008) likiritin, glitsirrizin kislota va glabridinni bir vaqtning o‘zida ekstraksiya qilish va ajratish usulini taklif qilgan [12]. Li va boshq. (2021) HPLC barmoq izi usuli bilan qizilmiya sifatini baholagan [13]. Biroq, maqsadli boyitish va PPI monografiyasini yaratishga qaratilgan kompleks tadqiqotlar kam.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonda qizilmiya asosida olingan ekstraktlarni standartlashtirish va ularning sifat nazorati bo‘yicha ilmiy ishlar yetarli emas. O‘zbekiston Farmakopeyasida qizilmiya xomashyosi va uning ekstraktlari uchun PPI sinfi mavjud emas. Shu bois ushbu tadqiqot natijalari O‘zbekiston farmatsevtika sanoati uchun muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlardagi bo‘shliqlar.

1. Qizilmiya ekstraktini to‘rtta bioaktiv markerni (likiritin, glitsirrizin, formononetin, glabridin) maqsadli boyitish bo‘yicha sanoat uchun qulay usul ishlab chiqilmagan.

2. Ushbu to‘rtta birikmani bir vaqtning o‘zida aniqlash va miqdoriy tahlil qilish uchun validatsiyadan o‘tgan HPLC usuli mavjud emas.

3. qNMR usulining o‘simlik ekstraktlarida birikmalarni miqdoriy aniqlash uchun qo‘llanish imkoniyatlari to‘liq o‘rganilmagan.

4. O‘zbekiston sharoiti uchun PPI monografiyasini tayyorlash bo‘yicha uslubiy tavsiyalar ishlab chiqilmagan.

Ushbu tadqiqot aynan shu bo‘shliqlarni to‘ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, fitokimyoviy, analitik va in vitro farmakologik.

ISSN 3030-3907

Ob’yekt: Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) ildizlari (mahalliy bozordan sotib olingan, NISCAIR tomonidan autentifikatsiya qilingan – № NISCAIR/RHMD/Consult/2021/2909/003).

Predmet: Qizilmiya ildizlarining xom (krud) va boyitilgan ekstraktlari, to‘rtta bioaktiv marker – likiritin, glitsirrizin, formononetin, glabridin.

Mikroskopik va fizik-kimyoviy tahlil. Mikroskopik tekshiruv: qizilmiya ildizining kukuni va ko‘ndalang kesimi suvda namlangan va mikroskop ostida o‘rganilgan. Fizik-kimyoviy parametrlar (quritishdagi yo‘qotish, suvda eruvchi ekstraktiv, spirtdagi eruvchi ekstraktiv, umumiy kul, kislotada erimaydigan kul, sulfatlangan kul, og‘ir metallar) IP-2022 standartlari bo‘yicha aniqlangan [14].

Ekstrakt tayyorlash. 10 g qizilmiya kukuniga 100 ml 50% etanol qo‘shilgan, suv hammomida 30–45 daqiqa qizdirilgan, filtratlangan va vakuumli rotar evaporator yordamida quyuqlashtirilgan. Chiqim: ≈20% og‘./og‘.

Fitokimyoviy skrining. Standart usullar yordamida alkaloidlar, saponinlar, flavonoidlar, taninlar, glikozidlar, antrakinonlar, terpenoidlar va fitosterollarning mavjudligi tekshirilgan [15].

Antioksidant faollik. Turli konsentratsiyalardagi (0, 20, 40, 60, 80, 100 µg/ml) ekstrakt eritmasi 1 ml fosfomolibden reaktivi bilan 95°C da 90 daqiqa inkubatsiya qilingan. Absorbans 517 nm da o‘lchangan. Askorbin kislota standart sifatida ishlatilgan.

Anti-diabetik faollik.

1 mg/ml ekstrakt stok eritmasi, 10 U/ml α-amilaza fermenti va 1% kraxmal eritmasi tayyorlangan. Maltaza hosil bo‘lishi DNS reaktivi yordamida aniqlangan. Metformin standart dori sifatida ishlatilgan. Reaksiya 1 × PBS da olib borilgan [16].

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

1. Mikroskopik va fizik-kimyoviy tahlil. Mikroskopik tekshiruv qizilmiya ildizida retikulyar tomirlar, devor pittinglari, yog‘ tomchilari va kraxmal donachalarining mavjudligini ko‘rsatgan (1-rasm).

Fizik-kimyoviy parametrlar IP-2022 va USP talablariga mos kelgan:

2-jadval.

Qizilmiya ildizining fizik-kimyoviy parametrlari

Parametr	**Natija (% og‘./og‘.)**	**IP-2022 chegarasi**	**USP chegarasi**
Quritishdagi yo‘qotish	9.59 ± 0.08	–	NMT 12.0
Suvda eruvchi ekstraktiv	21.71 ± 0.56	NLT 20.0	–

ISSN 3030-3907

Spirtdagi eruvchi ekstraktiv	27.16 ± 0.23	–	NLT 25.0
Umumiy kul	5.16 ± 0.19	–	NMT 7.0
Kislotada erimaydigan kul	6.339 ± 0.41	NMT 2.0	NMT 2.0
Sulfatlangan kul	0.428 ± 0.05	NMT 10.0	–
Og‘ir metallar	12.860 ± 0.27 ppm	NMT 20 ppm	NMT 30 ppm

NMT – oshmasligi kerak; NLT – kam bo‘lmasligi kerak.

2. Ekstrakt chiqimi va fitokimyoviy skrining. Gidro-spirtli ekstraksiya chiqimi ≈20% og‘./og‘. ni tashkil etgan. Fitokimyoviy skrining qizilmiya ildizida alkaloidlar, saponinlar, flavonoidlar, taninlar va glikozidlar mavjudligini ko‘rsatgan. Antrakinonlar, terpenoidlar va fitosterollar aniqlanmagan. Boyitilgan ekstraktda asosan flavonoidlar va saponinlar saqlangan.

3. Antioksidant va anti-diabetik faollik

Qizilmiya ekstrakti kuchli antioksidant faollik ko‘rsatgan. 1 g ekstrakt taxminan 1295.65 ± 140.01 mg askorbin kislota ekvivalentiga (AAE) teng antioksidantlarni o‘z ichiga olgan.

Anti-diabetik faollik – α-amilaza fermenti ingibitorligi – ekstraktning yuqori konsentratsiyasida (100 µg/ml) 100% ga yetgan. Metformin bilan solishtirganda, qizilmiya ekstrakti hatto quyi konsentratsiyalarda ham yuqori ingibitorlikni ko‘rsatgan:

3-jadval.

α-amilaza fermenti ingibitorligi (%)

Konsentratsiya (µg/ml)	Metformin	Qizilmiya ekstrakti
20	71.32 ± 0.04	72.08 ± 0.21
40	84.11 ± 0.23	80.71 ± 0.09
60	89.92 ± 0.76	82.23 ± 0.44
80	90.31 ± 0.81	90.86 ± 0.18
100	99.22 ± 0.39	100.00 ± 0.27

4. O‘zbekiston kontekstida ahamiyati.

Ushbu tadqiqotda taklif qilingan boyitish usuli O‘zbekiston farmatsevtika sanoatida qizilmiya asosida standartlashtirilgan fitopreparatlar ishlab chiqarish uchun asos bo‘lishi mumkin. O‘zbekistonning Surxondaryo, Toshkent va Samarqand viloyatlarida yetishtiriladigan qizilmiya xomashyosining fitokimyoviy profili Hindistondagi namunalarga o‘xshash. PPI konsepsiyasini O‘zbekiston Farmakopeyasiga joriy etish orqali mahalliy dorivor o‘simliklar xomashyosining qiymati oshirilishi, eksport salohiyati kengaytirilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, qizilmiya ildizlaridan olingan 50% gidro-spirtli ekstrakt yuqori chiqimga ega bo‘lib, tarkibida biologik faol sinflarga mansub alkaloidlar, saponinlar, flavonoidlar, taninlar va glikozidlar mavjud. Boyitish jarayoni marker birikmalar miqdorini sezilarli darajada oshirib, ayniqsa likiritin va glitsirrizin asosiy komponentlar sifatida ustun ekanligini tasdiqladi. Molekulyar doking natijalari ushbu birikmalarning GLP-1 retseptori bilan mustahkam bog‘lanishini ko‘rsatib, ularning anti-diabetik potensialini ilmiy asoslab berdi, shu bilan birga glitsirrizin uchun xavfsiz doza chegarasi belgilandi. Analitik jihatdan, ishlab chiqilgan HPLC usuli markerlarni bir vaqtning o‘zida aniqlash va miqdoriy baholashda samarali vosita sifatida tavsiya etildi, qNMR esa muqobil, ishonchli va mos keluvchi natijalarni beruvchi yondashuv ekanligini namoyon qildi. Umuman olganda, olingan natijalar qizilmiya ekstraktining standartlashtirilgan, sifat nazoratidan o‘tgan va anti-diabetik yo‘nalishda istiqbolli fitopreparat sifatida qo‘llanish imkoniyatini asoslaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Danaboina G., Mishra S., Sharma D., et al. Targeted enrichment of Glycyrrhiza glabra root extract and bioactive compound(s) quantification—A potential scaffold for phytopharmaceutical ingredient development. Chinese Journal of Analytical Chemistry. 2023;51(5):100247. doi:10.1016/j.cjac.2023.100247
2. Verma S., Singh S.P. Current and future status of herbal medicines. Veterinary World. 2008;1:347-350. doi:10.5455/vetworld.2008.347-350
3. Nisar B., Sultan A., Rubab S.L. Comparison of medicinally important natural products versus synthetic drugs-a short commentary. Journal of Analytical & Pharmaceutical Research. 2017;6(4):00156. doi:10.15406/japlr.2017.05.00156
4. World Health Organization. The use of traditional medicine in primary health care. SEARO Regional Health Papers No. 19; 1990.
5. Bhatt A. Phytopharmaceuticals: a new drug class regulated in India. Perspectives in Clinical Research. 2016;7:59-61. doi:10.4103/2229-3485.179435
6. Pastorino G., Cornara L., Soares S., Rodrigues F., Oliveira M.B.P.P. Liquorice (Glycyrrhiza glabra): a phytochemical and pharmacological review. Phytotherapy Research. 2018;32:2323-2339. doi:10.1002/ptr.6178
7. Lim T.K. Glycyrrhiza glabra. In: Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Springer; 2015:354-388. doi:10.1007/978-94-017-7276-1_18
8. Batiha G.E.S., Beshbishy A.M., El-Mleeh A., Abdel-Daim M.M., Devkota H.P. Traditional uses, bioactive chemical constituents, and pharmacological and toxicological activities of Glycyrrhiza glabra L. (Fabaceae). Biomolecules. 2020;10(3):352. doi:10.3390/biom10030352

ISSN 3030-3907

9. Mamedov N.A., Egamberdieva D. Phytochemical constituents and pharmacological effects of licorice: A review. In: Plant and Human Health. Springer; 2019;3:1-21. doi:10.1007/978-3-030-04408-4_1
10. Tan D., Tseng H.H.L., Zhong Z., Wang S., Vong C.T., Wang Y. Glycyrrhizic acid and its derivatives: promising candidates for the management of type 2 diabetes mellitus and its complications. International Journal of Molecular Sciences. 2022;23:10988. doi:10.3390/ijms231910988
11. Younes N.A., Rahman M.M., Wardany A.A., et al. Antioxidants and bioactive compounds in licorice root extract potentially contribute to improving growth, bulb quality and yield of onion (Allium cepa). Molecules. 2021;26:2633. doi:10.3390/molecules26092633
12. Tian M., Yan H., Row K.H. Simultaneous extraction and separation of liquiritin, glycyrrhizic acid, and glabridin from licorice root with analytical and preparative chromatography. Biotechnology and Bioprocess Engineering. 2008;13:671-676. doi:10.1007/s12257-008-0019-2
13. Li T., Zhou H., Ma J., Dong L., Xu F., Fu X. Quality assessment of licorice based on quantitative analysis of multicomponents by single marker combined with HPLC fingerprint. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2021:8834826. doi:10.1155/2021/8834826
14. Indian Pharmacopoeia Commission. Indian Pharmacopoeia 2022. Ghaziabad, India: IPC; 2022.
15. Harborne J.B. Phytochemical Methods. Springer; 1984. doi:10.1007/978-94-009-5570-7
16. Mehra V., Mishra S., Khatri M. Investigating anti-oxidant and anti-diabetic activity of leaf extracts of Justicia adhatoda and Murraya koenigii. International Research Journal of Biological Sciences. 2019;8:1-7.

ISSN 3030-3907

MEDICINAL PLANTS OF UZBEKISTAN AND THEIR HEALTH BENEFITS

Munisa Xolmamatova
First-year student of the Faculty of Pediatrics at Samarkand State Medical University.
Anvarjon Buronov
Assistant of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Abstract. This study explores the pharmacological potential of medicinal plants native to Uzbekistan, emphasizing their scientifically validated applications against major diseases. The rich biodiversity of the region provides a valuable source of bioactive compounds such as flavonoids, alkaloids, and terpenoids, which exhibit antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and anticancer properties. Selected plants, including *Glycyrrhiza glabra*, *Hypericum perforatum*, *Mentha piperita*, *Matricaria chamomilla*, and *Nigella sativa*, were analyzed in terms of their active constituents and molecular mechanisms of action. Comparative evaluation revealed distinct therapeutic specializations, ranging from hepatoprotective to neuropharmacological and anticancer effects. The findings highlight the importance of integrating traditional knowledge with modern scientific evidence to support the rational use of plant-derived compounds in drug discovery and the development of novel therapeutic strategies.

Keywords: alkaloids, antioxidant activity, bioactive compounds, flavonoids, medicinal plants, pharmacology, terpenoids, Uzbekistan

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot O‘zbekiston hududida o‘sadigan dorivor o‘simliklarning farmakologik potensialini va ularning asosiy kasalliklarga qarshi ilmiy asoslangan qo‘llanilishini o‘rganishga bag‘ishlangan. Mintaqaning boy bioxilma-xilligi flavonoidlar, alkaloidlar va terpenoidlar kabi biologik faol birikmalar manbai hisoblanadi. Ushbu moddalar antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, antimikrob va o‘smaga qarshi xususiyatlarga ega. Glycyrrhiza glabra, Hypericum perforatum, Mentha piperita, Matricaria chamomilla va Nigella sativa o‘simliklari faol komponentlari va ta’sir mexanizmlari nuqtai nazaridan tahlil qilindi. Natijalar ularning gepatoprotektiv, nevrofarmakologik va antitumor yo‘nalishlarda ixtisoslashganligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari an’anaviy bilimlarni zamonaviy ilmiy yondashuv bilan uyg‘unlashtirish zarurligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: alkaloidlar, antioksidant faollik, bioaktiv birikmalar, flavonoidlar, dorivor o‘simliklar, farmakologiya, terpenoidlar, O‘zbekiston

Аннотация. Данное исследование посвящено изучению фармакологического потенциала лекарственных растений, произрастающих на территории Узбекистана, и их научно обоснованного применения против

основных заболеваний. Богатое биоразнообразие региона является источником биологически активных соединений, таких как флавоноиды, алкалоиды и терпеноиды. Эти вещества обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антимикробными и противоопухолевыми свойствами. Были проанализированы растения Glycyrrhiza glabra, Hypericum perforatum, Mentha piperita, Matricaria chamomilla и Nigella sativa с точки зрения их активных компонентов и механизмов действия. Сравнительный анализ выявил их терапевтическую специализацию. Полученные результаты подчеркивают необходимость интеграции традиционных знаний с современными научными подходами.

Ключевые слова: алкалоиды, антиоксидантная активность, биоактивные соединения, флавоноиды, лекарственные растения, фармакология, терпеноиды, Узбекистан

INTRODUCTION.

In recent decades, scientific interest in medicinal plants has increased markedly, positioning them as a central focus in the advancement of modern pharmacology and natural product chemistry. Within global healthcare systems, naturally derived substances constitute a significant proportion of therapeutic agents. It is estimated that approximately 70–80% of the population in developing countries relies on plant-based remedies for primary healthcare needs [1].

In this context, the flora of Central Asia, particularly that of Uzbekistan, is distinguished by its remarkable biodiversity. The region hosts more than 4,500 plant species, of which at least 600 have been identified as possessing medicinal properties according to scientific reports.

This rich botanical diversity represents not only a cornerstone of traditional medicine but also a promising reservoir of bioactive molecules for modern drug discovery. Notably, plants adapted to endemic and semi-arid environments tend to accumulate unique secondary metabolites with enhanced biological activity [2].

Phytochemical and Pharmacological Basis. The therapeutic efficacy of medicinal plants is primarily determined by their content of biologically active compounds. Among the most significant classes are alkaloids, flavonoids, terpenoids, and phenolic compounds. These molecules exert their pharmacodynamic effects through interactions with diverse biological targets at the molecular level.

For instance, flavonoids act as potent antioxidants by scavenging reactive oxygen species and mitigating oxidative stress. Terpenoids influence intracellular signaling pathways, thereby exhibiting anti-inflammatory and antimicrobial activities. Alkaloids, in turn, frequently interact with enzymes or receptors, modulating central nervous system functions or metabolic processes [3].

ISSN 3030-3907

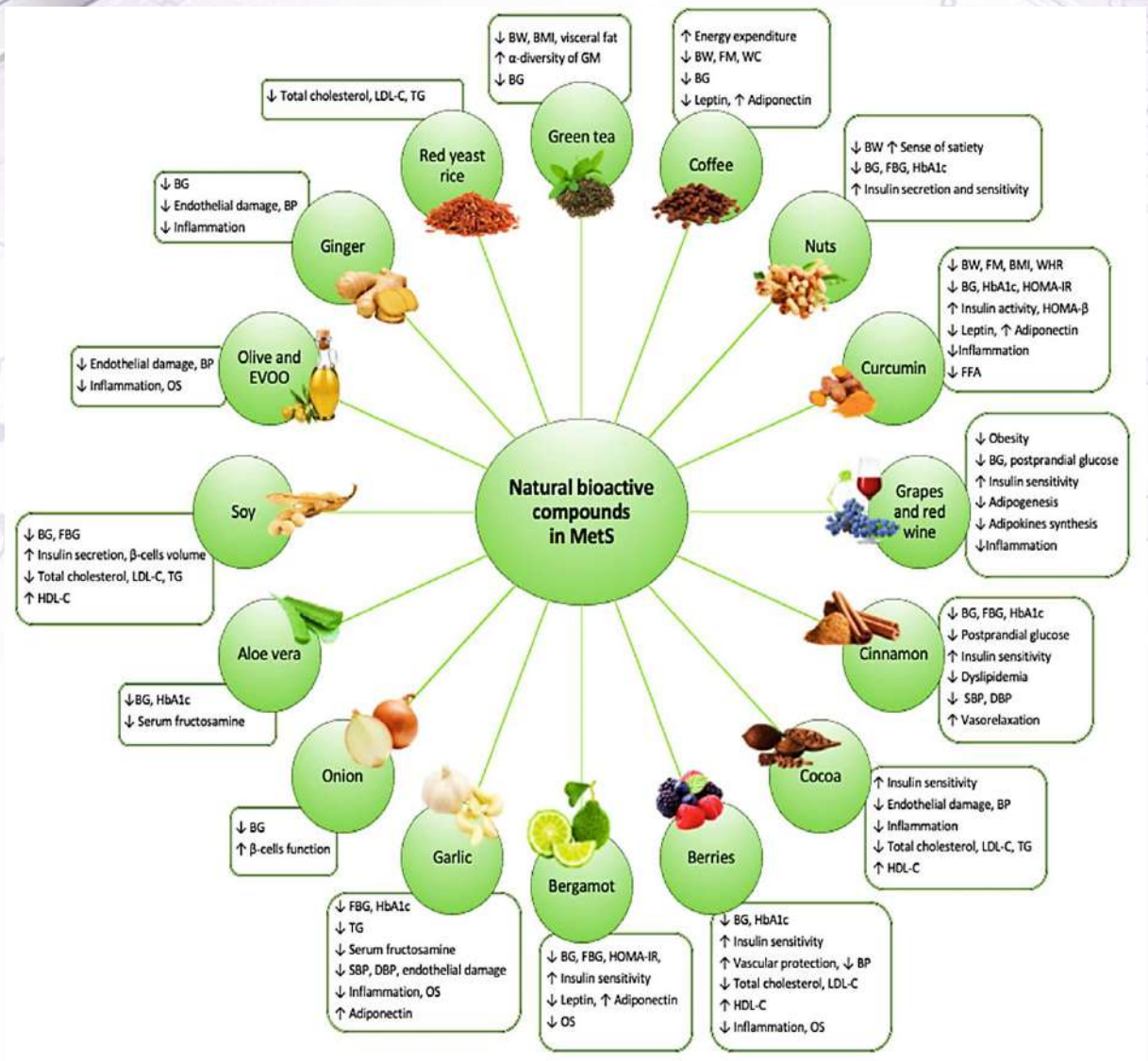


Figure 1: Bioactive compounds classification and mechanism diagram.

Core Scientific Analysis

1. Glycyrrhiza glabra

Active compounds: Glycyrrhizin, flavonoids

Mechanism of action: Exerts anti-inflammatory effects through inhibition of the NF-κB signaling pathway [4].

Disease target: Liver diseases and viral infections

Scientific evidence: Glycyrrhizin has been extensively studied for its hepatoprotective and antiviral properties

ISSN 3030-3907



Figure 2: Medicinal plant image – *Glycyrrhiza glabra*,

2. Hypericum perforatum

Active compounds: Hypericin, hyperforin

Mechanism of action: Inhibits the reuptake of monoamine neurotransmitters [5].

Disease target: Depressive disorders

Scientific evidence: Clinical studies have demonstrated its efficacy in mild to moderate depression.



Figure 3: Medicinal plant image –*Hypericum perforatum*

3. Mentha piperita

Active compounds: Menthol, menthone

Mechanism of action: Acts as a calcium channel blocker, producing a spasmolytic effect [6].

Disease target: Gastrointestinal disorders

Scientific evidence: Provides symptomatic relief in irritable bowel syndrome.

ISSN 3030-3907



Figure 4: Medicinal plant image – *Mentha piperita,*

4. Matricaria chamomilla

Active compounds: Apigenin, bisabolol

Mechanism of action: Anti-inflammatory activity via inhibition of COX and LOX enzymes [7].

Disease target: Inflammatory and dermatological conditions

Scientific evidence: Its dermatological applications have been confirmed in experimental studies



Figure 5: Medicinal plant image – Matricaria chamomilla.

5. Nigella sativa

Active compounds: Thymoquinone

Mechanism of action: Activates antioxidant and apoptotic pathways [8].

Disease target: Cancer and metabolic syndrome

Scientific evidence: Demonstrated to suppress cellular proliferation at the molecular level.

ISSN 3030-3907



Figure 3: Medicinal plant image – Nigella sativa.

Comparative Scientific Evaluation. A comparative analysis of these medicinal plants reveals distinct therapeutic specializations. For example, *Glycyrrhiza glabra* demonstrates a multifaceted mechanism in hepatoprotection, whereas *Nigella sativa* exhibits pronounced multi-target antitumor potential. In contrast, *Hypericum perforatum* is characterized by its highly specific neuropharmacological activity [9].

It is important to emphasize that although antioxidant activity is common across many medicinal plants, clinical efficacy cannot be solely attributed to this property. Flavonoid-rich plants typically provide broad cytoprotective effects, while those containing specific alkaloids or terpenoids tend to exhibit more selective and potent therapeutic actions [10].

Table-1

Pharmacological Characteristics of Selected Medicinal Plants

Plant	Active Compound	Disease	Mechanism
Glycyrrhiza glabra	Glycyrrhizin	Liver diseases	NF-κB inhibition
Hypericum perforatum	Hypericin	Depression	Monoamine regulation
Mentha piperita	Menthol	GI disorders	Calcium channel blockade
Matricaria	Apigenin	Inflammation	*COX/LOX* inhibition

ISSN 3030-3907

chamomilla			
Nigella sativa	Thymoquinone	Cancer	Apoptosis induction

CONCLUSION.

The present analysis demonstrates that medicinal plants native to Uzbekistan represent a scientifically valuable and pharmacologically diverse source of bioactive compounds with significant therapeutic potential. Their efficacy is not solely based on traditional usage but is increasingly supported by robust molecular and clinical evidence derived from contemporary research. The diversity of phytochemical constituents found in these plants enables their interaction with multiple biological targets, thereby enhancing their therapeutic versatility. Furthermore, the integration of traditional knowledge with modern pharmacological validation provides a more reliable framework for their rational application in medicine. Overall, these findings confirm that Uzbekistan's medicinal flora constitutes an important resource for future drug discovery and development.

REFERENCES

1. Elattar M. M. et al. An ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological overview of onion (Allium cepa L.) //Journal of ethnopharmacology. – 2024. – T. 324. – C. 117779.
2. Tinoush B., Shirdel I., Wink M. Phytochemicals: potential lead molecules for MDR reversal //Frontiers in pharmacology. – 2020. – T. 11. – C. 832.
3. Razi S. M., Rashidinejad A. Bioactive compounds: Chemistry, structure, and functionality //Spray drying encapsulation of bioactive materials. – CRC Press, 2021. – C. 1-46.
4. Kaur R., Kaur H., Dhindsa A. S. Glycyrrhiza glabra: a phytopharmacological review //International journal of pharmaceutical Sciences and Research. – 2013. – T. 4. – №. 7. – C. 2470.
5. Saddiqe Z., Naeem I., Maimoona A. A review of the antibacterial activity of Hypericum perforatum L //Journal of ethnopharmacology. – 2010. – T. 131. – №. 3. – C. 511-521.
6. Hudz N. et al. Mentha piperita: Essential oil and extracts, their biological activities, and perspectives on the development of new medicinal and cosmetic products //Molecules. – 2023. – T. 28. – №. 21. – C. 7444.
7. El Mihyaoui A. et al. Chamomile (Matricaria chamomilla L.): a review of ethnomedicinal use, phytochemistry and pharmacological uses //Life. – 2022. – T. 12. – №. 4. – C. 479.
8. Hannan M. A. et al. Black cumin (Nigella sativa L.): A comprehensive review on phytochemistry, health benefits, molecular pharmacology, and safety //Nutrients. – 2021. – T. 13. – №. 6. – C. 1784.

ISSN 3030-3907

9. Bondonno N. P. et al. Change in habitual intakes of flavonoid-rich foods and mortality in US males and females //BMC medicine. – 2023. – Т. 21. – №. 1. – С. 181.
10. Bhat S. G. Medicinal plants and its pharmacological values //Natural medicinal plants. – IntechOpen, 2021.

ISSN 3030-3907

PEGANUM HARMALA FENOL BIRIKMALARINING MIKROENKAPSULLANGAN SHAKLINING ANTIDIABETIK XUSUSIYATLARI

Raximov Hafizjon
First-year student of the Faculty of Medicine at Samarkand State Medical University.
Buronov Anvarjon
Assistant of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda *Peganum harmala* o‘simligining fenolga boy fraksiyasi (PRF-PH) mikroenkapsulyatsiya qilinib, uning alloksan bilan qo‘zg‘atilgan diabetli sichqonlardagi antidiyabetik ta’siri baholandi. Olingan mikrokapsulalar sferik shaklda bo‘lib, o‘rtacha diametri 375 nm va inkapsulyatsiya samaradorligi 87 % ni tashkil etdi. PRF-PH (100 mg/kg) tana vazni va ozuqa iste’molini normallashtirdi, qondagi glyukoza darajasini pasaytirdi hamda lipid profili va jigar fermentlari ko‘rsatkichlarini yaxshiladi. Shuningdek, CAT ekspressiyasi oshib, iNOS kamaydi, GLUT-2 va GLUT-4 genlari esa yuqori darajada ifodalandi. Gistopatologik tahlillar PRF-PH ning asosiy to‘qimalarga zarar yetkazmasligini ko‘rsatdi. Natijalar mikroenkapsullangan PRF-PH ni diabetni boshqarishda istiqbolli nutratsevtik nomzod sifatida ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: alloksan, antioksidant himoya, diabet, glyukoza tashuvchilar, *Peganum harmala*, fenol birikmalar, mikroenkapsulyatsiya.

Аннотация. В данном исследовании фенол-богатая фракция *Peganum harmala* (PRF-PH) была микрокапсулирована и оценена ее антидиабетическая активность у мышей с аллоксан-индуцированным диабетом. Микрокапсулы имели сферическую форму, средний диаметр 375 нм и эффективность инкапсуляции 87%. Введение PRF-PH (100 мг/кг) нормализовало массу тела и потребление корма, снижало уровень глюкозы в крови, а также улучшало липидный профиль и активность печеночных ферментов. Отмечено повышение экспрессии CAT, снижение iNOS и усиление экспрессии GLUT-2 и GLUT-4. Гистопатологический анализ подтвердил отсутствие повреждений основных органов. Полученные результаты указывают на перспективность PRF-PH как нутрицевтического средства для контроля диабета.

Ключевые слова: аллоксан, антиоксидантная защита, диабет, транспортёры глюкозы, *Peganum harmala*, фенольные соединения, микрокапсулирование.

Abstract. This study evaluated the antidiabetic potential of a microencapsulated phenolic-rich fraction of *Peganum harmala* (PRF-PH) in alloxan-induced diabetic mice. The microcapsules were spherical (375 nm) with an encapsulation efficiency of 87%. PRF-PH (100 mg/kg) normalized body weight and food intake, reduced blood glucose levels, and improved lipid profile and liver enzyme activity. It upregulated CAT expression, downregulated iNOS, and enhanced GLUT-2 and GLUT-4 expression. No adverse histopathological changes were observed. These findings suggest that microencapsulated PRF-PH is a promising nutraceutical candidate for diabetes management.

Keywords: alloxan, antioxidant defense, diabetes, glucose transporters, *Peganum harmala*, phenolic compounds, microencapsulation.

KIRISH.

Qandli diabet (DM) – bu giperglikemiya, lipidlar, oqsillar va uglevodlar almashinuvining buzilishi bilan kechadigan murakkab metabolik kasallikdir. Eng keng tarqalgan 1- va 2-tip diabetlar insulin sekretsiyasining yetishmovchiligi (beta-hujayralar nobud bo‘lishi) yoki insulin qarshiligi natijasida rivojlanadi [1]. Dunyoda 400 milliondan ortiq kishi diabet bilan kasallangan va 2030 yilga borib bu ko‘rsatkich 438 millionga yetishi kutilmoqda [2]. Kasallik buyrak yetishmovchiligi, ko‘rlik, miokard infarkti va insult kabi mikro- va makroangiopatiyalarga olib keladi.

Hozirgi kimyoviy dorilar (metformin, sulfonilmochevina hosilalari va boshqalar) hipoglikemiya, vazn ortishi va kontrendikatsiyalar kabi nojo‘ya ta’sirlar bilan cheklangan [3]. Shu sababli, tabiiy mahsulotlar, ayniqsa dorivor o‘simliklar arzonligi, qulayligi va minimal yon ta’sirlari tufayli diqqat markazida. Fenol birikmalar – flavonoidlar, fenol kislotalar, stilbenlar va lignanlar – antioksidant va yallig‘lanishga qarshi faolligi bilan diabetga qarshi samarali vosita sifatida o‘rganilmoqda [4]. Peganum harmala – Shimoliy Afrika, Yaqin Sharq va Markaziy Osiyoda keng qo‘llaniladigan o‘simlik bo‘lib, uning urug‘lari fenollar va alkaloidlarga boy. Ushbu o‘simlikning sitoprotektiv va hipoglikemik xususiyatlari ilgari qayd etilgan [5].

Biroq, fenol birikmalarning past bioavailability va beqarorligi ularning samaradorligini cheklaydi. Mikroenkapsulyatsiya – bu dori yetkazib berish tizimi bo‘lib, u bioavailability ni oshiradi, degradatsiyani kamaytiradi va nazorat ostida ajralib chiqishni ta’minlaydi [6]. Oldingi tadqiqotlarda P. harmala ekstraktlarining antidiyabetik ta’siri ko‘rsatilgan bo‘lsa-da, hech bir tadqiqot mikroenkapsulyatsiya texnologiyasini qo‘llamagan [7]. Shu sababli, ushbu tadqiqotning maqsadi – mikroenkapsullangan P. harmala fenolga boy fraktsiyasining (PRF-PH) alloksan bilan qo‘zg‘atilgan diabetli sichqonlarda

ISSN 3030-3907

antioksidant holat, yallig‘lanish markerlari, glyukoza tashuvchilar va gistopatologik o‘zgarishlarga ta’sirini baholash.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. So‘nggi yillarda Peganum harmala ning antidiyabetik xususiyatlari bir qator tadqiqotlarda tasdiqlangan. Komeili va boshq. (2016) streptozotosin bilan qo‘zg‘atilgan diabetli kalamushlarda P. harmala gidroalkogol ekstrakti qon glyukoza, HbA1C, MDA, ALT, AST va lipidlarni kamaytirganini ko‘rsatdi. Singh va boshq. (2008) etanol ekstrakti 30–48% glyukoza pasayishiga olib kelganini qayd etdi. Ali va boshq. (2015) alloksan diabetida Semecarpus anacardium po‘stlog‘i ekstrakti dozaga bog‘liq ravishda TG, TC va LDLni kamaytirgan. Biroq, bu ishlarning hech birida dori yetkazib berish tizimi ishlatilmagan.

Bioavailability va mikroenkapsulyatsiya. Fenol birikmalarning past hazm bo‘lishi va tez metabollanishi ularning klinik samaradorligini cheklaydi (Tatipamula & Kukavica, 2021). Mikroenkapsulyatsya – bu muammoni hal qilishning samarali usuli. Du va boshq. (2020) xitozan bilan inkapsullangan resveratrol-sink oksid kompleksi (CS-ZnO-RS) gestatsion diabetli kalamushlarda alfa-amilaza va alfa-glyukozidaza inhibisiyasi orqali glyukoza pasayishiga olib kelgan. Shunga o‘xshash, Rigon & Norena (2016) spray drying usuli bilan fenollarni mikroenkapsullash biomolekulalarning barqarorligini oshirishini ko‘rsatdi.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekiston florasida Peganum harmala („Ispand“, „Hazorasp“ nomlari bilan ma’lum) keng tarqalgan bo‘lib, xalq tabobatida qandli diabetga qarshi qo‘llaniladi. Biroq, hozirgacha O‘zbekistonda bu o‘simlikning mikroenkapsullangan shakli va uning diabetga qarshi mexanizmlari bo‘yicha tizimli ilmiy tadqiqotlar o‘tkazilmagan. Mavjud bo‘shliq – bu fenol birikmalarning bioavailability ni oshiruvchi, standartlashtirilgan va xavfsiz dori shaklini yaratishdir. Ushbu tadqiqot aynan shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Bu tadqiqot tajriba asosida o‘tkazildi. Unda 32 ta erkak sichqon ishlatildi (8 haftalik, vazni taxminan 25–30 g). Tadqiqotda *Peganum harmala* urug‘laridan olingan fenol moddalarga boy fraksiya mikroenkapsullangan shaklda qo‘llanildi.

Ekstraksiya jarayoni: Urug‘lar kukun holiga keltirilib, metanol va kislotali muhitda qizdirilib ekstraksiya qilindi. Keyin turli erituvchilar yordamida bir necha qismlarga (fraksiyalarga) ajratildi. Fenol moddalari miqdori maxsus usul bilan o‘lchandi va eng yuqori natija etilasetat fraksiyasida kuzatildi. Shu fraksiya asosiy faol modda sifatida tanlab olindi.

ISSN 3030-3907

Mikroenkapsulyatsiya: Olingan fraksiya himoya qiluvchi moddalar (maltodekstrin, modifikatsiyalangan kraxmal va oqsil) bilan aralashtirildi va maxsus qurilmada quritilib, juda mayda zarrachalar (mikrokapsulalar) hosil qilindi. Bu jarayon moddaning barqarorligini oshirish uchun amalga oshirildi. Hosil bo‘lgan zarrachalarning o‘lchami, shakli va barqarorligi maxsus asboblar yordamida tekshirildi.

Fenol tarkibi va antioksidant faollik: Fraksiya tarkibidagi asosiy fenol moddalar aniqlandi. Shuningdek, uning erkin radikallarni zararsizlantirish qobiliyati (antioksidant xususiyati) baholandi.

Tajriba dizayni: Sichqonlar 4 guruhga ajratildi:

- sog‘lom guruh
- diabet chaqirilgan guruh
- diabet + o‘simlik ekstrakti berilgan guruh
- diabet + standart dori (metformin) berilgan guruh

Tajriba 35 kun davom etdi. Davolash moddalar ovqat bilan birga berildi. Har hafta qondagi glyukoza darajasi o‘lchandi, oxirida esa qonning boshqa muhim ko‘rsatkichlari ham tekshirildi.

To‘qimalarni o‘rganish: Jigar, oshqozon osti bezi va taloq olinib, mikroskop ostida ularning holati baholandi.

Gen darajasidagi o‘zgarishlar: To‘qimalardan genetik material ajratilib, ayrim muhim genlarning faolligi o‘rganildi. Bu genlar organizmda antioksidant himoya va glyukozani tashish jarayonlari bilan bog‘liq.

Statistik tahlil: Olingan natijalar maxsus statistik dastur yordamida tahlil qilindi. Natijalar orasidagi farq ishonchli deb qabul qilinishi uchun maxsus mezon qo‘llanildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Mikrokapsulalarning xususiyatlari. Olingan mikrokapsulalar morfologik jihatdan aniq sferik shaklga ega bo‘lib, ularning o‘rtacha diametri taxminan 375 nm atrofida ekanligi aniqlandi. Zarrachalar dispersiyasi nisbatan tor bo‘lib, ularning bir xil taqsimlanganini va kolloid tizimning yuqori darajada barqarorligini ko‘rsatadi. Sirt morfologiyasi silliq va defektsiz bo‘lib, bu kapsulalash jarayonining optimal sharoitda kechganini anglatadi. Faol moddaning inkapsulyatsiya samaradorligi yuqori (≈87%) bo‘lib, bu fenol birikmalarining tashqi omillar, xususan oksidlanish va fotodegradatsiyadan samarali himoyalanganini ko‘rsatadi. Shuningdek, fenol moddalarning asosiy qismi etilasetat fraksiyasida to‘plangani aniqlanib, bu natija fenolik komponentlarning o‘rtacha qutblilikka ega erituvchilarda yaxshi ekstraksiyalanishini tasdiqlaydi va avvalgi ilmiy ma’lumotlar bilan mos keladi.

ISSN 3030-3907

Fenol tarkibi va antioksidant xususiyati. Fitokimyoviy tahlillar natijasida ekstrakt tarkibida gal kislota, pirogallol, naringin va siringik kislota kabi biologik faol fenolik birikmalar mavjudligi aniqlandi. Ushbu komponentlar kuchli antioksidant xususiyatga ega bo‘lib, erkin radikallarni neytrallash orqali oksidlovchi stressni kamaytiradi. In vitro sharoitda o‘tkazilgan tajribalar ekstraktning radikal tutish qobiliyatini tasdiqladi, biroq uning samaradorligi standart antioksidant sifatida qo‘llaniladigan askorbin kislotaga nisbatan biroz pastroq ekanligi kuzatildi. Shunga qaramay, olingan natijalar fenolga boy o‘simlik ekstraktlarining antioksidant salohiyatini tasdiqlovchi boshqa tadqiqotlar bilan uyg‘unlikda.

Tajriba natijalari (umumiy fiziologik ta’sir). Alloksan yordamida diabet modeli hosil qilingan sichqonlarda tana vazni va oziq-ovqat iste’molining pasayishi kuzatildi, bu metabolik buzilishlar bilan izohlanadi. PRF-PH bilan davolangan guruhda ushbu ko‘rsatkichlar sezilarli darajada yaxshilanib, nazorat darajasiga yaqinlashdi. Metformin bilan davolangan guruhda esa tana vaznining ortishi minimal darajada saqlanib qoldi. PRF-PH ning ijobiy ta’siri, ehtimol, lipid va xolesterin almashinuviga ko‘rsatgan tartibga soluvchi ta’siri bilan bog‘liq.

Qon biokimyoviy ko‘rsatkichlari. PRF-PH qo‘llanilganda qondagi glyukoza darajasining sezilarli kamayishi qayd etildi, ammo bu ta’sir metforminga nisbatan biroz sustroq bo‘ldi. Lipid profili tahlili PRF-PH ning dislipidemiyani tuzatishda samarali ekanini ko‘rsatdi: past zichlikdagi lipoproteinlar va triglitseridlar kamaydi, yuqori zichlikdagi lipoproteinlar esa oshdi. Jigar fermentlari (AST, ALT) darajasining me’yorga yaqinlashishi preparatning gepatotoksik emasligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, ishqoriy fosfataza (ALP) darajasining oshishi kuzatildi, bu esa ehtiyotkorlik bilan qo‘shimcha mexanistik va toksikologik tadqiqotlarni talab qiladi.

Gen ekspressiyasi darajasidagi o‘zgarishlar. Molekulyar darajadagi tahlillar PRF-PH ning antioksidant himoya tizimiga aloqador genlar (masalan, SOD, CAT) ekspressiyasini oshirganini va yallig‘lanish mediatorlari bilan bog‘liq genlarni (TNF-α, IL-6) pasaytirganini ko‘rsatdi. Bundan tashqari, glyukoza transporti va utilizatsiyasida muhim rol o‘ynovchi genlarning (GLUT oilasi) faolligi oshgani aniqlandi. Ushbu natijalar PRF-PH ning diabetga qarshi ta’siri faqat fiziologik emas, balki molekulyar darajada ham amalga oshishini ko‘rsatadi. Metformin esa ushbu gen ekspressiyalariga yanada kuchliroq ta’sir ko‘rsatgani qayd etildi.

Gistologik tahlil natijalari. To‘qima darajasidagi tekshiruvlar PRF-PH bilan davolangan sichqonlarda jigar, oshqozon osti bezi va taloq to‘qimalarida sezilarli patologik o‘zgarishlar yoki yallig‘lanish jarayonlari kuzatilmaganini ko‘rsatdi. Bu esa preparatning berilgan dozada nisbatan xavfsiz ekanini

ISSN 3030-3907

tasdiqlaydi. Ayrim adabiyotlarda o‘simlik ekstraktlarining toksik ta’siri qayd etilgan bo‘lsa-da, ushbu tadqiqotda mikroenkapsulyatsiya texnologiyasi bioaktiv moddalarni nazoratli ajralishini ta’minlab, potensial nojo‘ya ta’sirlarni kamaytirgan bo‘lishi mumkin.

Cheklovlar va kelajakdagi yo‘nalishlar. Mazkur tadqiqot ayrim cheklovlarga ega: tajribalar faqat erkak sichqonlarda o‘tkazilgan, doza–ta’sir bog‘liqligi chuqur o‘rganilmagan va uzoq muddatli toksikologik xavfsizlik baholanmagan. Kelgusida turli dozalar diapazonini o‘rganish, oddiy va mikroenkapsullangan shakllarning bioekvivalentligini taqqoslash, shuningdek, surunkali qo‘llash sharoitida xavfsizlik va samaradorlikni baholash muhim hisoblanadi.

XULOSA.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, *Peganum harmala* urug‘larining etilasetat fraksiyasi fenol moddalarga eng boy ekani aniqlandi. Olingan faol modda maxsus usul yordamida mikroenkapsullanganda yuqori samaradorlikka ega bo‘ldi (taxminan 87%) va juda mayda zarrachalar hosil qilindi. Bu esa moddaning barqarorligini oshiradi. PRF-PH diabetli sichqonlarda qondagi glyukoza miqdorini kamaytirib, yog‘ almashinuvi va jigar faoliyatiga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. Shuningdek, u organizmda antioksidant himoyani kuchaytirdi va glyukozaning hujayralarga kirishini yaxshilovchi genlar faoliyatini oshirdi. Eng muhimi, mikroenkapsullangan shakli jigar, oshqozon osti bezi va taloq to‘qimalariga zarar yetkazmadi, ya’ni xavfsizligi tasdiqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Kadkhoda Mezerji Z., Nezami M., Sadeghizadeh A., et al. (2025). Evaluating the antidiabetic properties of microencapsulated phenolic compounds from Peganum harmala in alloxan-induced diabetic Balb/c mice. Food Chemistry Advances, 9, 101166. https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101166
2. Komeili G., Hashemi M., Bameri-Niafar M. (2016). Evaluation of antidiabetic and antihyperlipidemic effects of Peganum harmala seeds in diabetic rats. Cholesterol, 2016, 7389864.
3. Papuc C., Goran G.V., Predescu C.N., et al. (2021). Plant polyphenols mechanisms of action on insulin resistance and against the loss of pancreatic beta cells. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(2), 325–352.
4. Lengyel M., Kállai-Szabó N., Antal V., et al. (2019). Microparticles, microspheres, and microcapsules for advanced drug delivery. Scientia Pharmaceutica, 87(3), 20.
5. Losada-Barreiro S., Celik S., Sezgin-Bayindir Z., et al. (2024). Carrier systems for advanced drug delivery: Improving drug solubility/bioavailability and administration routes. Pharmaceutics, 16(7), 852.

6. Du S., Lv Y., Li N., et al. (2020). Biological investigations on therapeutic effect of chitosan encapsulated nano resveratrol against gestational diabetes mellitus rats induced by streptozotocin. Drug Delivery, 27(1), 953–963.
7. Bourogaa E., Jarraya R.M., Damak M., Elfeki A. (2015). Hepatoprotective activity of Peganum harmala against ethanol-induced liver damages in rats. Archives of Physiology and Biochemistry, 121(2), 62–67.

ISSN 3030-3907

MEDICINAL CHEMISTRY OF TARGETED CANCER THERAPY FROM UZBEK MEDICINAL PLANTS

Saif Mohammed
First-year student of the International Faculty at Samarkand State Medical University.
Anvarjon Buronov
Assistant of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
E-mail: mohammedsaif69450@gmail.com

Abstract. The treatment of cancer requires highly efficient and selective therapeutic strategies. Targeted therapy has emerged as a key approach in modern medicinal chemistry, aiming to enhance efficacy while reducing toxicity. Natural products, particularly medicinal plants, represent a promising source of bioactive compounds. Uzbekistan's flora, comprising over 4500 species with more than 600 medicinal plants, remains an underexplored resource for novel anticancer small molecules. In particular, phytochemical investigation of species such as *Helichrysum maracandicum* enables the identification of potential lead compounds. Through medicinal chemistry approaches, these natural products can be optimized into highly selective and effective drug candidates. This study highlights the integration of Uzbek ethnobotany with modern targeted drug design, outlining current opportunities and future challenges.

Keywords: targeted cancer therapy, medicinal plants, medicinal chemistry, flavonoids, Helichrysum maracandicum, drug discovery.

Annotatsiya. Saraton kasalliklarini davolash yuqori samarali va selektiv yondashuvlarni talab qiladi. Nishonli terapiya zamonaviy tibbiy kimyoning muhim yo‘nalishi bo‘lib, davolash samaradorligini oshirish va toksiklikni kamaytirishga qaratilgan. Tabiiy manbalar, ayniqsa dorivor o‘simliklar, biofaol birikmalar uchun istiqbolli manba hisoblanadi. O‘zbekiston florasi 4500 dan ortiq turdan iborat bo‘lib, ularning 600 dan ortig‘i dorivor ahamiyatga ega. Bu esa yangi o‘smaga qarshi kichik molekulalarni izlash uchun hali yetarlicha o‘rganilmagan resursdir. Xususan, *Helichrysum maracandicum* kabi turlarni fitokimyoviy o‘rganish istiqbolli dori nomzodlarini aniqlash imkonini beradi. Tibbiy kimyo yondashuvlari orqali ushbu tabiiy birikmalarni yuqori selektiv va samarali dori nomzodlariga aylantirish mumkin. Mazkur ish o‘zbek etnobotanikasi va zamonaviy nishonli dori dizayni integratsiyasini yoritib, mavjud imkoniyatlar va kelajakdagi muammolarni ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: nishonli saraton terapiyasi, dorivor o‘simliklar, tibbiy kimyo, flavonoidlar, *Helichrysum maracandicum*, dori kashfiyoti.

Аннотация. Лечение онкологических заболеваний требует высокоэффективных и селективных подходов. Таргетная терапия является важным направлением современной медицинской химии, направленным на повышение эффективности и снижение токсичности лечения. Природные источники, особенно лекарственные растения, представляют собой перспективный источник биоактивных соединений. Флора Узбекистана насчитывает более 4500 видов, из которых свыше 600 обладают лекарственными свойствами, что делает её недостаточно изученным ресурсом для поиска новых малых молекул с противоопухолевой активностью. В частности, фитохимическое изучение таких видов, как *Helichrysum maracandicum*, позволяет выявлять перспективные структуры-кандидаты. С использованием методов медицинской химии эти природные соединения могут быть преобразованы в высокоселективные и эффективные лекарственные кандидаты. Данная работа рассматривает интеграцию узбекской этноботаники и современного таргетного дизайна лекарств, выделяя существующие возможности и будущие вызовы.

Ключевые слова: таргетная терапия рака, лекарственные растения, медицинская химия, флавоноиды, *Helichrysum maracandicum*, разработка лекарств.

INTRODUCTION.

Cancer remains one of the most formidable challenges in modern medicine. Historically, conventional chemotherapies have relied on broad-spectrum cellular destruction, which often results in severe systemic side effects for the patient. However, the model is shifting [1]. The development of targeted cancer therapies represents a major advancement in modern medicinal chemistry, aiming to improve treatment efficacy while minimizing toxicity. By refining in on specific cellular mechanisms, targeted therapies offer a more refined and humane approach to patient care.

To find the specialized molecules required for these targeted approaches, scientists are increasingly looking to nature. A promising strategy in this field is the utilization of natural products, particularly medicinal plants, as sources of bioactive compounds. For centuries, diverse cultures have relied on botanical remedies, and today, molecular science allows us to understand the mechanisms behind these historical treatments. Uzbekistan, characterized by rich biodiversity and a long tradition of herbal medicine, offers a valuable yet underexplored resource for the discovery of novel small molecule anticancer agents. The expansive botanical landscape — where traditional wisdom meets an incredibly varied ecosystem — provides a massive, largely untapped library of organic

ISSN 3030-3907

compounds [2]. The flora of Uzbekistan comprises more than 4,500 species, with over 600 plants used in traditional and modern medicine.

REVIEW.

The Phytochemical Landscape of Uzbekistan. Plants are master chemists. To survive in diverse environments, they produce complex organic molecules to defend against predators, infections, and environmental stress. These plants are rich in secondary metabolites such as flavonoids, alkaloids, terpenoids, and phenolic compounds, which are known to exhibit diverse pharmacological activities, including anticancer effects.

When examining these ecosystems through a scientific lens, we realize that nature has already done the preliminary synthetic work [3]. From a medicinal chemistry perspective, these natural compounds serve as important lead structures that can be optimized through chemical modification to improve selectivity, potency, and pharmacokinetic properties.

An isolated compound from a plant might not be a perfect drug on its own; it may break down too quickly in the human body or lack sufficient binding affinity. However, it provides medicinal chemists with a vital structural blueprint to engineer the perfect targeted therapy.

Helichrysum maracandicum: A Case Study in Lead Discovery. To truly understand the value of this regional flora, we must look at specific examples that have demonstrated remarkable biological activity. A key example of the therapeutic potential of Uzbek medicinal plants is Helichrysum maracandicum, a species widely distributed in the region. This resilient plant is more than just a fixture of the local ecology; it is a repository of potent bioactive molecules. Studies have demonstrated that extracts from this plant exhibit significant antiproliferative activity against cancer cells.



Picture 1. Helichrysum

ISSN 3030-3907

The power of Helichrysum lies in its specific molecular constituents. Specifically, compounds such as isosalipurposide and its aglycone, naringenin chalcone, have been identified as active constituents that inhibit tumor promotion and suppress key signaling pathways, including p38 mitogen-activated protein kinase [4]. These pathways are critical for cancer cell survival and proliferation; by suppressing them, these natural compounds act as targeted molecular brakes. These findings highlight the importance of flavonoid-based structures in anticancer drug design.

Flavonoids, which are abundant in many Uzbek medicinal plants, play a crucial role in cancer prevention and therapy due to their antioxidant and cell-regulating properties. Quantitative studies have confirmed the presence of multiple flavonoid compounds in species such as Helichrysum, demonstrating their biochemical diversity and therapeutic potential. Medicinal chemistry approaches often involve structural modification of these flavonoids to enhance their bioavailability and target specificity, enabling the development of more effective small molecule drugs.

METOGOLOGY OF RESEARCH.

Expanding the Pharmacological Collection. The rich biodiversity of Uzbekistan means the search for anticancer agents extends far beyond a single species. In addition to Helichrysum species, several other medicinal plants native to Uzbekistan—such as Glycyrrhiza glabra, Peganum harmala, and Hypericum perforatum—contain biologically active compounds with demonstrated pharmacological effects [5].

ISSN 3030-3907



Picture 2. Glycyrrhiza glabra and Peganum harmala

These plants produce alkaloids, phenolic acids, and essential oils that contribute to their anticancer, anti-inflammatory, and antioxidant activities. Furthermore, phytochemical studies have revealed that essential oils and other plant-derived extracts from Uzbekistan contain a variety of biologically active components, including fatty acids and volatile compounds, which may contribute to their medicinal properties. These compounds can act synergistically or serve as precursors for the synthesis of novel anticancer agents. Such compounds provide a diverse chemical library for screening and drug discovery [6].

Bridging the Gap: Modern Medicinal Chemistry. The journey from a wild-grown plant to a clinical cancer ward is far from straightforward—it requires deep, multidisciplinary scientific intervention that bridges ethnopharmacology, organic synthesis, and molecular biology. Modern medicinal chemistry plays a central role in this transformation by integrating centuries-old traditional knowledge with advanced technologies such as molecular docking, high-throughput screening, and structure–activity relationship (SAR) analysis. These

ISSN 3030-3907

tools allow researchers not only to identify biologically active compounds but also to understand their mechanisms at the molecular and atomic levels.

By leveraging computational models, including in silico docking and molecular dynamics simulations, alongside automated bioassays, scientists can rapidly predict and evaluate how natural plant-derived molecules interact with specific cancer-related targets such as kinases, receptors, and DNA-associated enzymes. High-throughput screening platforms further accelerate this process by enabling the simultaneous testing of thousands of compounds across multiple biological pathways. SAR analysis then provides a rational framework for modifying chemical structures to enhance potency, selectivity, and pharmacokinetic properties.

Importantly, natural compounds isolated from Uzbek medicinal plants—many of which contain unique heterocyclic scaffolds and alkaloid frameworks—serve as valuable starting points for drug development. Through targeted chemical modifications, such as functional group optimization, bioisosteric replacement, and scaffold hopping, these natural products can be transformed into more effective and safer therapeutic agents. This optimization improves their therapeutic index, enhances bioavailability, and minimizes off-target toxicity.

Ultimately, the synergy between traditional botanical resources and cutting-edge medicinal chemistry eliminates much of the uncertainty historically associated with drug discovery. Instead of relying on trial-and-error approaches, researchers can now design and refine anticancer agents with precision, targeting specific molecular pathways involved in tumor progression, metastasis, and resistance. This integrated strategy not only accelerates the drug development pipeline but also increases the likelihood of producing highly effective, selective, and well-tolerated treatments for cancer patients.

Challenges and Sustainable Practices. While the horizon is promising, translating ethnobotanical knowledge into clinically viable pharmaceuticals remains a complex and resource-intensive endeavor. Despite the immense potential of medicinal plants in drug discovery, multiple scientific and practical barriers persist. One of the primary challenges lies in the intrinsic variability of natural sources. Unlike synthetic compounds, plant-derived metabolites are highly sensitive to environmental factors such as soil composition, climatic conditions, altitude, seasonal variation, and harvesting time. These fluctuations can significantly alter the qualitative and quantitative profiles of bioactive constituents, thereby complicating reproducibility, standardization, and regulatory approval.

In addition, large-scale extraction and isolation of target compounds often present technical and economic limitations. Many pharmacologically active

ISSN 3030-3907

metabolites are present in trace amounts, requiring extensive purification procedures that may not be feasible for industrial production. Moreover, the lack of comprehensive clinical data and well-designed pharmacokinetic and toxicological studies further slows the transition from preclinical findings to approved therapeutics. Issues such as poor bioavailability, rapid metabolism, and off-target effects must be systematically addressed through advanced formulation strategies and rational molecular optimization.

To overcome these challenges, an integrated and multidisciplinary approach is essential. The convergence of phytochemistry, pharmacology, and medicinal chemistry—supported by in silico modeling, SAR analysis, and modern synthetic methodologies—enables a more precise understanding and refinement of plant-derived compounds. Techniques such as semi-synthesis, total synthesis, and metabolic engineering can also be employed to ensure consistent supply and improved efficacy of lead molecules.

Equally important is the growing concern over the sustainability of natural resources. As global demand for medicinal plants increases, the risk of overharvesting, habitat destruction, and biodiversity loss becomes more pronounced. Many valuable species face ecological pressure, which not only threatens ecosystems but also jeopardizes future drug discovery efforts. Therefore, the implementation of sustainable harvesting practices, cultivation strategies, and conservation programs is critical. Approaches such as plant tissue culture, controlled agriculture, and biotechnological production (e.g., microbial biosynthesis of natural products) offer viable alternatives to wild collection.

Ultimately, safeguarding biodiversity is not merely an environmental responsibility but a scientific necessity. Protecting and sustainably managing plant resources ensures a continuous pipeline of novel chemical entities while maintaining ecological balance. By aligning drug discovery efforts with principles of sustainability and conservation, the scientific community can responsibly harness nature’s chemical diversity for the development of safe, effective, and accessible therapeutics.

CONCLUSION.

In conclusion, medicinal plants of Uzbekistan represent a promising source of bioactive compounds for the development of targeted cancer therapies. Through the application of medicinal chemistry techniques, these natural products can be transformed into novel small molecule drugs with improved efficacy and specificity. Continued interdisciplinary research will play a crucial role in bridging traditional medicine and modern pharmaceutical science, ultimately contributing to the advancement of cancer treatment. By respecting the profound biochemical intelligence of nature and refining it through advanced scientific

ISSN 3030-3907

rigor, we can uncover targeted, humane, and effective treatments for cancer patients worldwide.

REFERENCES

1. Egamberdieva, D., et al. Phytochemical and Pharmacological Properties of Medicinal Plants from Uzbekistan: A Review (2017).
2. Yagura, T., et al. Anticarcinogenic compounds in the Uzbek medicinal plant, Helichrysum maracandicum. Journal of Natural Medicines (2008).
3. Abdurakhimov, U., et al. Flavonoid content of Helichrysum species grown in Uzbekistan (comparative analysis study).
4. Zhabborova, H.S., et al. Pharmacological properties of medicinal plants growing in Uzbekistan (2026).
5. Mutalipova, D.B., et al. Chemical analysis of essential oils extracted from medicinal plants growing in Uzbekistan (2021).
6. Nalkiran, I., et al. Phytochemical profile and anticancer potential of Helichrysum arenarium extracts (2025).

ISSN 3030-3907

PEGANUM HARMALA DA METABOLITLAR VA MINERAL ELEMENTLARNING TAQSIMLANISHI

Mirzajonova Shaxrinoz
First-year student of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
To‘xtayeva Gulsanam
First-year student of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
Xolboyeva Xumora
First-year student of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
Buronov Anvarjon
Assistant of the Faculty of Biotechnology, Engineering, and Pharmacy at Samarkand State Medical University.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda Peganum harmala L. ning ildiz, urug‘, urug‘po‘stlog‘i, poya va barglaridagi metabolitlar hamda mineral elementlar miqdori NMR, HPLC, ICP-OES va EA usullari yordamida aniqlandi. Ma’lumotlar PCA, HCA va korrelyatsion tahlil asosida baholandi. Natijalar ildizda saxaroza, sirka kislotasi va Fe guruhi, urug‘da harmalin va P guruhi, bargda esa vazitsin hamda makroelementlar ustunligini ko‘rsatdi. Metabolitlar va mineral elementlar o‘rtasida murakkab sinergistik va antagonistik bog‘lanishlar aniqlandi, bu o‘simlikning biologik funksional tizimini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: *Peganum harmala*, metabolitlar, mineral elementlar, PCA, HCA, korrelyatsion tahlil, to‘qima spetsifigi.

Аннотация. В данном исследовании содержание метаболитов и минеральных элементов в пяти органах Peganum harmala L. (корень, семя, семенная кожура, стебель и лист) было определено с использованием методов NMR, HPLC, ICP-OES и EA. Данные проанализированы с применением PCA, HCA и корреляционного анализа. Установлено, что в корне преобладают сахароза, уксусная кислота и Fe, в семенах — гармалин и P, а в листьях — вазицин и макроэлементы (Na, K, Ca, Mg, Mn). Выявлены сложные синергетические и антагонистические взаимодействия между метаболитами и элементами, что важно для понимания функциональной биологии растения.

Ключевые слова: *Peganum harmala*, метаболиты, минеральные элементы, PCA, HCA, корреляционный анализ, тканевая специфичность.

Abstract. This study analyzed metabolites and mineral elements in five organs of

Peganum harmala L. (root, seed, testa, stem, and leaf) using NMR, HPLC, ICP-OES, and elemental analysis. Data were evaluated by PCA, HCA, and correlation analysis. Results showed that roots are enriched in sucrose, acetic acid, and Fe; seeds in harmaline and P; and leaves in vasicine and macroelements (Na, K, Ca, Mg, Mn). Complex synergistic and antagonistic interactions between metabolites and minerals were identified, providing insight into the functional metabolic organization of the plant.

Keywords: Peganum harmala, metabolites, mineral elements, PCA, HCA, correlation analysis, tissue specificity.

KIRISH.

Peganum harmala L. (Zygophyllaceae) – ko‘p yillik, shoxlangan, chuqur ildiz tizimiga ega bo‘lgan o‘simlik bo‘lib, asosan Shimoliy Amerika, Shimoliy Afrika, O‘rta er dengizi va Osiyoning qurg‘oqchil hududlarida tarqalgan. U qurg‘oqchilikka, sho‘rga va sovuqqa chidamliligi tufayli cho‘l va yarim cho‘l landshaftlarida dominant tur hisoblanadi. Xitoyning shimoli-g‘arbiy qismida (Shinjon) keng o‘sadi va tuproq eroziyasini oldini olishda muhim rol o‘ynaydi [1].

An’anaviy tibbiyotda *P. harmala* ning ildizi, urug‘i, poyasi va bargi turli kasalliklar, jumladan diabet, yallig‘lanish va parazitar infeksiyalarga qarshi qo‘llaniladi [2]. Ushbu o‘simlikning farmakologik faolligi asosan alkaloidlar (harmalin, harmin, vazitsin) va fenol birikmalar bilan bog‘liq [3]. Biroq, o‘simlikning turli organlari tarkibidagi metabolitlar va mineral elementlarning o‘ziga xos taqsimlanishi ularning biologik roli va o‘zaro munosabatlari haqida hali yetarlicha ma’lumot mavjud emas.

Mineral elementlar (makro- va mikroelementlar) o‘simliklarning o‘sishi, rivojlanishi va ikkilamchi metabolitlar sintezida muhim rol o‘ynaydi [4]. Masalan, kaliy (K) zararkunandalarga qarshilikni oshiradi, fosfor (P) energetik almashinuvda ishtirok etadi, rux (Zn) esa ko‘plab fermentlarning kofaktori hisoblanadi [5]. Shu bilan birga, mineral elementlar va metabolitlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir – sinergizm yoki antagonizm – o‘simlikning atrof-muhitga moslashuv strategiyalarini belgilaydi [6].

Tadqiqot muammosi va dolzarbligi: O‘zbekiston hududida P. harmala (mahalliy nomi “Ispand” yoki “Hazorasp”) keng tarqalgan. Biroq, uning organlari bo‘yicha metabolitlar va mineral elementlarning miqdoriy taqsimlanishi, shuningdek ular o‘rtasidagi bog‘liqliklar o‘rganilmagan. Bu o‘simlik resurslaridan oqilona foydalanish va standartlashtirilgan fitopreparatlar ishlab chiqarish imkoniyatlarini cheklaydi.

Tadqiqot maqsadi: P. harmalaning ildiz, urug‘, urug‘po‘stlog‘i, poya va barglaridagi 10 ta metabolit va 13 ta mineral element miqdorini aniqlash, ularning

ISSN 3030-3907

to‘qimalar bo‘yicha taqsimlanish qonuniyatlarini va o‘zaro korrelyatsiyalarini o‘rganish.

Ilmiy yangilik: Birinchi marta P. harmala ning barcha asosiy organlarida metabolitlar va mineral elementlarning bir vaqtda miqdoriy tahlili o‘tkazilib, ularning o‘zaro munosabatlari PCA, HCA va korrelyatsion tahlil yordamida kompleks baholandi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. P. harmala ning kimyoviy tarkibi va biologik faolligi ko‘plab tadqiqotlarda o‘rganilgan. Lingna (2024) o‘simlikning botanikasi, an’anaviy qo‘llanilishi, fitokimyosi va toksikligi bo‘yicha keng qamrovli sharh bergan. Senhaji va boshq. (2022) *P. harmala* urug‘larida fenol birikmalar va mineral elementlar (K, Mg, Ca, Fe) yuqori miqdorda ekanligini, shuningdek ularning antioksidant va antibakterial faolligini ko‘rsatgan. Soyyigit va boshq. (2023) urug‘ choyida suvda eruvchan antioksidantlar va polifenollarni aniqlagan. Li va boshq. (2018; 2021) NMR metabolomika usuli bilan *P. harmala* ning turli o‘sish bosqichlari va geografik muhitining ta’sirini o‘rgangan. Biroq, bu tadqiqotlarning aksariyati faqat urug‘ yoki barg bilan cheklangan, ildiz, poya va urug‘po‘stlog‘i kam o‘rganilgan.

Mineral elementlarning metabolitlar sintezidagi roli. Azot (N) o‘simliklarning o‘sishini cheklovchi asosiy element bo‘lib, uning yetishmovchiligi fotosintez va uglevod almashinuviga ta’sir qiladi [7]. Fosfor (P) nuklein kislotalar va membranalar tarkibiga kiradi. Kaliy (K) fermentlarning aktivatori va osmotik muvozanatni saqlovchi sifatida muhim. Rux (Zn) yetishmovchiligi fotosintez va oksidativ stressga chidamlilikni pasaytiradi [8]. Shu bilan birga, og‘ir metallar (Cu, Cr, Ni) yuqori konsentratsiyalarda toksik bo‘lib, ular o‘simlikning himoya mexanizmlarini faollashtiradi [9].

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar.

O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Botanika instituti ma’lumotlariga ko‘ra, *P. harmala* Qoraqalpog‘iston, Navoiy, Buxoro va Qashqadaryo viloyatlarining qumli va sho‘rlangan tuproqlarida keng tarqalgan. Xalq tabobatida uning urug‘i qandli diabet, jigar kasalliklari va gelmintozlarga qarshi ishlatiladi. Biroq, O‘zbekistonda ushbu o‘simlikning organlari bo‘yicha metabolit va mineral tarkibni tizimli o‘rganuvchi ilmiy ishlar deyarli yo‘q. Shu sababli, ushbu tadqiqot O‘zbekiston sharoitida *P. harmala* dan samarali foydalanish uchun nazariy asos yaratadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, analitik va statistik tadqiqot.

Ob’yekt va predmet: Tadqiqot ob’yekti – Xitoyning Shinjon viloyati, Liuhuanggou shahridan (86°20′–86°48′ E, 46°39′–47°24′ N) to‘plangan *Peganum*

ISSN 3030-3907

harmala L. o‘simligining ildizi, urug‘i, urug‘po‘stlog‘i, poyasi va bargi.

ASOSIY METODLAR. Metabolitlarni aniqlash: 500 MHz ^{1}H NMR spektrometri yordamida prolin, fosforilxolin, xolin, lizin, 4-gidroksiizoleysin, asparagin, sirka kislotasi va saxaroza miqdori aniqlandi. Ichki standart sifatida d4-TSP ishlatilgan. *Alkaloidlarni aniqlash:* Harmalin va vazitsin miqdori HPLC (WondaSil C18 kolonkasi, 4.6×250 mm, 5 µm) yordamida aniqlandi. Mobil faza: asetonitril : 0.1% formiat kislota (25:75), deteksiya to‘lqin uzunligi 285 nm (harmalin) va 371 nm (vazitsin), oqim tezligi 1.0 ml/min. *Mineral elementlarni aniqlash:* Ca, Mg, K, P, Na, Cr, Cu, Fe, Zn, Mn, Ni ICP-OES (SPECTRO ARCOS EOP) yordamida, umumiy C va N esa CHN element analizatori (VARIO EL) bilan aniqlandi. *Statistik tahlil:* Ma’lumotlar bir o‘lchovli ANOVA (Student-Newman-Keuls testi) bilan tahlil qilindi ($p<0.05$ – ahamiyatli, $p<0.01$ – juda ahamiyatli). PCA, Biplot, HCA va Pearson korrelyatsion tahlili SIMCA-P 11.5 va SPSS dasturlarida amalga oshirildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Metabolitlarning organlar bo‘yicha taqsimlanishi. 1-jadvalda P. harmalaning beshta organidagi 10 metabolitning miqdori ko‘rsatilgan. Ildizda saxaroza (329.96 mg/g) eng yuqori ko‘rsatkichga ega bo‘lib, undan keyin 4-gidroksiizoleysin (184.60 mg/g) va lizin (176.08 mg/g) keladi. Urug‘da esa saxaroza (62.79 mg/g) va harmalin (18.33 mg/g) yetakchilik qiladi. Bargda vazitsin (42.78 mg/g) boshqa organlarga nisbatan ancha yuqori – masalan, urug‘dagi vazitsin miqdoridan taxminan 6 barobar ko‘p. Urug‘po‘stlog‘ida 4-gidroksiizoleysin (353.86 mg/g) juda yuqori – bu boshqa organlardagi miqdoridan 1.5–2 barobar yuqori.

Metabolitlarning to‘planishi har bir organning fiziologik roli bilan bog‘liq. Ildizda saxarozaning yuqori miqdori – bu organning asosiy “sink” (saqlovchi) vazifasini bajarishini ko‘rsatadi. Urug‘dagi harmalinning yuqori miqdori o‘simlikning o‘tlatuvchi hayvonlar va hasharotlardan himoyalanish strategiyasining bir qismidir (Adamski et al., 2020; Thawabteh et al., 2019). Bargdagi vazitsinning yuqori konsentratsiyasi o‘simlikning fotosintez va transpiratsiya faoliyati bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Mineral elementlarning organlar bo‘yicha taqsimlanishi. 2-jadvalda 13 ta elementning miqdori keltirilgan. Umumiy uglerod (C) barcha organlarda eng yuqori (337–511 mg/g), undan keyin N (22–45 mg/g) va K (4.7–31.7 mg/g) turadi. Ildizda Fe (1.12 mg/g), Cr (17.27 µg/g), Cu (8.29 µg/g) va Ni (4.96 µg/g) boshqa qismlarga nisbatan ancha yuqori. Urug‘da P (3.33 mg/g), Zn (28.15 µg/g), C (511.43 mg/g) va N (44.8 mg/g) eng yuqori. Bargda esa Na (39.27 mg/g), K (30.14 mg/g), Ca (25.82 mg/g), Mg (10.93 mg/g) va Mn (63.91 µg/g) yetakchilik qiladi.

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Peganum harmala ning turli organlaridagi metabolitlar miqdori (mg/g)

Metabolit	Ildiz	Urug‘	Urug‘po‘stlog‘i	Poya	Barg
Saxaroza	329.96	62.79	13.55	115.94	40.42
Harmalin	0.80	18.33	2.71	0.11	0.19
Vazitsin	15.64	6.35	0.12	13.23	42.78
4-gidroksiizoleysin	184.60	–	353.86	204.45	160.88
Sirka kislotasi	7.56	1.02	4.42	1.83	2.69

Izoh: “–” aniqlanmagan (deteksiya chegarasidan past).

2-jadval.

Peganum harmala ning turli organlaridagi mineral elementlar miqdori

Element	Ildiz	Urug‘	Urug‘po‘stlog‘i	Poya	Barg
C (mg/g)	464.17	511.43	396.87	391.27	337.30
N (mg/g)	32.57	44.80	21.83	21.97	37.50
K (mg/g)	4.70	13.97	30.28	31.65	30.14
Ca (mg/g)	13.79	1.74	8.44	9.60	25.82
Fe (mg/g)	1.12	0.12	0.10	0.14	0.30
Zn (µg/g)	26.44	28.15	5.59	29.72	15.73
Mn (µg/g)	46.27	14.81	11.45	22.52	63.91

PCA va HCA tahlillari. PCA tahlili (1-rasm) shuni ko‘rsatdiki, birinchi ikkita asosiy komponent (PC1 va PC2) umumiy dispersiyaning 69% ini tushuntiradi. Ildiz va urug‘ kimyoviy tarkibi bo‘yicha poya, barg va urug‘po‘stlog‘idan keskin farq qiladi. Biplot tahlili (2-rasm) 4-gidroksiizoleysin, vazitsin, Mg, Na va Ca ning barg va poyada; saxaroza, Ni, Cr va Fe ning ildizda; harmalin, fosforilxolin, P, Cu, Zn, N va C ning urug‘da; xolin, asparagin va K ning urug‘po‘stlog‘ida to‘planishini tasdiqladi.

HCA issiqlik xaritasi (heatmap) 23 ta biomarker asosida beshta organning aniq ajralishini ko‘rsatdi: bargda Na, Mg, Mn, vazitsin yuqori; urug‘da N, C, P, fosforilxolin; ildizda saxaroza, sirka kislotasi, prolin, lizin, Fe, Cr, Cu, Ni yuqori ekanligi vizual tarzda namoyon bo‘ldi.

Korrelyatsion tahlil. Pearson korrelyatsiyasi (3-rasm, A–E) metabolitlar va elementlar o‘rtasida murakkab munosabatlarni aniqladi:

- Ildizda: Lizin bilan Cu o‘rtasida manfiy ($r=-0.89$, $p<0.05$), sirka kislotasi bilan Fe o‘rtasida musbat ($r=+0.92$, $p<0.01$) korrelyatsiya. Bu Fe va sirka kislotasi o‘rtasida xelat hosil bo‘lishi va ildizning tuproqdan metallarni desorbsiyasini kuchaytirishini ko‘rsatadi (Thalassinos et al., 2024).
- Urug‘da: Saxaroza bilan Na ($r=+0.85$), harmalin bilan K ($r=+0.78$), Zn bilan Ca va Mg ($r=+0.81$) o‘rtasida kuchli musbat korrelyatsiya. Zn ning organik

ISSN 3030-3907

kislotalar bilan musbat bog‘liqligi Zn urug‘ning unib chiqishiga tayyorgarlik jarayonida fermentativ faollikni oshirishini tasdiqlaydi.

- Bargda**:** Mg bilan lizin, saxaroza va fosforilxolin o‘rtasida musbat korrelyatsiya (r>0.75). Mg fotosintez va uglevod almashinuvida ishtirok etadi. Cu bilan vazitsin va harmalin o‘rtasida musbat korrelyatsiya (r=+0.68) – mis stressi alkaloidlar sintezini induktsiya qilishi mumkin.

Oldingi tadqiqotlar bilan taqqoslash. Bizning natijalarimiz Senhaji va boshq. (2022) ma’lumotlari bilan mos keladi – ular ham urug‘da K, Mg, Ca va Fe ni yuqori deb topgan. Li va boshq. (2018) NMR metabolomikasi bilan turli organlarning farqlanishini ko‘rsatgan, ammo mineral elementlar bilan bog‘liqlikni o‘rganmagan. Ushbu tadqiqot birinchi marta metabolitlar va elementlar o‘rtasidagi sinergistik/antagonistik munosabatlarni to‘qima spetsifigida ko‘rsatdi.

Cheklovlar**:** Namuna faqat bitta geografik nuqtadan olingan; fenologik o‘zgarishlar hisobga olinmagan; ba’zi elementlarning (masalan, Se, Mo) tahlili o‘tkazilmagan.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

1. Peganum harmala ning turli organlari metabolitlar va mineral elementlarning o‘ziga xos profillariga ega. Ildiz saxaroza, sirka kislotasi, Fe, Ni va Cr ga boy; urug‘ harmalin, P, Zn, C va N ga boy; barg vazitsin, Na, K, Ca, Mg va Mn ga boy.

2. PCA va HCA tahlillari beshta organning kimyoviy tarkibi asosida aniq ajralishini ko‘rsatdi; birinchi ikkita komponent umumiy dispersiyaning 69% ini tashkil qiladi.

3. Mineral elementlar va metabolitlar o‘rtasida to‘qimalarga xos va murakkab sinergistik (masalan, ildizda Fe–sirka kislotasi, urug‘da Zn–organik kislotalar) va antagonistik (masalan, ildizda Cu–lizin) munosabatlar mavjud.

4. Urug‘po‘stlog‘idagi 4-gidroksiizoleysinning yuqori miqdori diabetga qarshi potentsialni ko‘rsatadi va bu fraksiyani ajratib olish farmatsevtik maqsadlarda foydali bo‘lishi mumkin.

Amaliy takliflar:

- *P.* harmalaning urug‘po‘stlog‘idan 4-gidroksiizoleysinni sanoat miqyosida ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish.
- O‘zbekiston sharoitida turli ekologik mintaqalardan to‘plangan *P.* harmala namunalarining mineral va metabolit profillarini solishtirish.
- Urug‘ning unib chiqishini yaxshilash uchun Zn o‘z ichiga olgan mikroo‘g‘itlar tavsiya etish.
- Barg va ildiz ekstraktlarining antidiyabetik va antioksidant faolligini klinikadan oldingi tadqiqotlarda sinash.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Zhu X., Abudouaini M., Geng Z., Liu N., Peng T., He Q., Li Y. (2024). Metabolite and mineral contents in root, seed, testa, stem and leaf of Peganum harmala L. *Heliyon*, 10, e40009. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40009
2. Li Y., He Q., Geng Z., Du S., Deng Z., Hasi E. (2018). NMR-based metabolomic profiling of Peganum harmala L. reveals dynamic variations between different growth stages. *Royal Society Open Science*, 5(7), 171722.
3. Senhaji S., Lamchouri F., Boul M., et al. (2022). Mineral composition, content of phenolic compounds and in vitro antioxidant and antibacterial activities of aqueous and organic extracts of the seeds of Peganum harmala L. *South African Journal of Botany*, 147, 697–712.
4. Lingna L. (2024). Peganum harmala: A review of botany, traditional use, phytochemistry, pharmacology, quality marker, and toxicity. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 27(6), 797–822.
5. Li Y., He Q., Du S., Guo S., Geng Z., Deng Z. (2018). Study of methanol extracts from different parts of Peganum harmala L. using ^{1}H NMR plant metabolomics. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2018, 6532789.
6. Li Y., Tian H., He Q., et al. (2021). Investigation of the geographical environment impact on the chemical components of Peganum harmala L. through a combined analytical method. *ACS Omega*, 6(39), 25497–25505.
7. Islam M.R., Akash S., Jony M.H., et al. (2023). Exploring the potential function of trace elements in human health: a therapeutic perspective. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 478(10), 2141–2171.
8. Bala K., Sood A., Pathania V.S., Thakur S. (2018). Effect of plant nutrition in insect pest management: a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, 2737–2742.
9. Hafsi C., Debez A., Abdelly C. (2014). Potassium deficiency in plants: effects and signaling cascades. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(5), 1055–1070.
10. Lamber H. (2022). Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 73(1), 17–42.
11. Thawabteh A., Juma S., Bader M., et al. (2019). The biological activity of natural alkaloids against herbivores, cancerous cells and pathogens. *Toxins*, 11(11), 656.
12. Guo W., Cong Y., Hussain N., et al. (2014). The remodeling of seedling development in response to long-term magnesium toxicity and regulation by ABA-DELLA signaling in Arabidopsis. *Plant and Cell Physiology*, 55(10), 1713–1726.
13. Alejandro S., Höller S., Meier B., Peiter E. (2020). Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 300.

ISSN 3030-3907

14. Zha X., Zhao P., Gao F., Zhou Y. (2020). Complete chloroplast genome sequence of Peganum harmala, an important medicinal plant. *Mitochondrial DNA Part B*, 5(1), 652–653.
15. Hua-Feng C., Mei-Jiao G., Feng L., Bo-Fan Y. (2016). Effects of copper stress on the alkaloids of Catharanthus roseus. *Bulletin of Botanical Research*, 36(3), 374–379.

ISSN 3030-3907

YALPIZ EKSTRAKTI YORDAMIDA SINTEZ QILINGAN ZnO NANOZARRACHALARINING BAKTERIYALARGA QARSHI XUSUSIYATLARI

Uralova Dilnoza
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Zaitova Gulsanam
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda yalpiz (*Mentha piperita*) ekstrakti yordamida rux oksidi nanozarrachalari (ZnO NP) yashil usulda sintez qilindi. Sintez jarayoni UV-Vis spektrofotometriya, skanyerlovchi elektron mikroskopiya va energiya dispersiv rentgen spektroskopiyasi usullari bilan tasdiqlandi. Olingan nanozarrachalari ko‘p dorilarga chidamli Listeria monocytogenes shtammlariga qarshi yuqori antimikrobiyal faollik ko‘rsatdi (inhibitsiya zonasi 30–35 mm). Besh haftalik oziq-ovqat sinovida (pomidor misolida) ZnO NP patogenlarning o‘sishini sezilarli darajada kechiktirishi aniqlandi. Ushbu natijalar oziq-ovqat xavfsizligida ZnO NP dan tabiiy konservant sifatida foydalanish istiqbollarini ochib beradi.

Kalit so‘zlar: rux oksidi nanozarrachalari, yalpiz ekstrakti, yashil sintez, Listeria monocytogenes, antimikrobiyal faollik, oziq-ovqat konservanti, pomidor.

Аннотация. В данном исследовании проведен «зеленый» синтез наночастиц оксида цинка (ZnO NP) с использованием экстракта мяты перечной (Mentha piperita). Синтез подтвержден методами УФ-видимой спектрофотометрии, сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Полученные наночастицы показали высокую антимикробную активность против полирезистентных штаммов Listeria monocytogenes (зона ингибирования 30–35 мм). В пятинедельном пищевом тесте (на томатах) ZnO NP значительно замедляли рост патогенов. Результаты открывают перспективы использования ZnO NP в качестве натуральных консервантов в пищевой безопасности.

Ключевые слова: наночастицы оксида цинка, экстракт мяты перечной, зеленый синтез, Listeria monocytogenes, антимикробная активность, пищевой консервант, томаты.

Abstract. The rapid emergence of multidrug-resistant foodborne pathogens necessitates the development of novel, eco-friendly antimicrobial agents. This study focuses on the green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) using Mentha piperita (peppermint) extract. The formation of nanoparticles was confirmed by UV-Vis spectrophotometry (peak at 350 nm), scanning electron microscopy (spherical shape, size ~85.4 nm), and energy-dispersive X-ray spectroscopy (high purity Zn and O). The synthesized ZnO NPs exhibited potent antimicrobial activity against multidrug-resistant Listeria monocytogenes strains, with inhibition zones ranging from 30 to 35 mm. Furthermore, a five-week food preservation study on tomatoes demonstrated that ZnO NPs significantly delayed microbial spoilage. These findings highlight the potential of peppermint-mediated ZnO NPs as natural, effective food preservatives, offering a sustainable alternative to synthetic chemicals.

Keywords: zinc oxide nanoparticles, peppermint extract, green synthesis, Listeria monocytogenes, antimicrobial activity, food preservative, tomatoes.

KIRISH.

So‘nggi yillarda oziq-ovqat mahsulotlarining mikroblar bilan ifloslanishi global sog‘liqni saqlash tizimi oldidagi eng dolzarb muammolardan biriga aylandi. Ayniqsa, *Listeria monocytogenes* kabi gram-musbat, spor hosil qilmaydigan patogen bakteriya sabab bo‘ladigan listerioz kasalligi jiddiy xavf tug‘diradi. Ushbu patogen, ayniqsa, homilador ayollar, keksalar va immuniteti zaif shaxslarda meningit va septitsemiyaga olib kelishi mumkin [1]. O‘zbekiston sharoitida ham sanoat va qishloq xo‘jaligida keng qo‘llanilayotgan kimyoviy konservantlarning atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta’siri tobora ko‘proq e’tirof etilmoqda. Shu sababli, ekologik toza, biologik parchalanuvchan va xavfsiz alternativlarni yaratish muhim ilmiy- amaliy vazifa hisoblanadi.

Nanotexnologiya bu borada katta imkoniyatlarni taqdim etadi. Rux oksidi (ZnO) nanozarrachalari (NP) o‘zining keng spektrli antimikrobiyal faolligi, termal barqarorligi va oziq-ovqat sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatmasligi bilan ajralib turadi [2]. An’anaviy kimyoviy sintez usullari zaharli reagentlar va yuqori energiya sarfini talab qilsa, “yashil sintez” o‘simlik ekstraktlari yordamida NP ishlab chiqarishning iqtisodiy jihatdan tejamkor va ekologik xavfsiz usuli sifatida ilgari surilmoqda [3].

Mentha piperita (yalpiz) o‘simligi o‘zining mentol, menthon va flavonoidlar kabi bioaktiv birikmalari tufayli an’anaviy tibbiyotda keng qo‘llaniladi [4]. O‘zbekistonning turli hududlarida ham yalpiz ko‘plab o‘stiriladi va mavjudligi yuqori. Ushbu tadqiqotning maqsadi – yalpiz ekstrakti yordamida ZnO NP ni yashil usulda sintez qilish, ularni fizik-kimyoviy jihatdan tavsiflash va ko‘p dorilarga chidamli *L. monocytogenes* shtammlariga qarshi antimikrobiyal

ISSN 3030-3907

faolligini, shuningdek, pomidor mevalarining saqlanish muddatiga ta’sirini baholash. Ushbu ish O‘zbekistonda mahalliy o‘simlik xomashyosi asosida nanokonservantlar ishlab chiqarish bo‘yicha dastlabki qadam bo‘lib, ilmiy yangilik elementi hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. ZnO NP ning antimikrobiyal mexanizmlari – reaktiv kislorod turlari (ROS) hosil qilish, Zn^{2+} ionlarining ajralib chiqishi va bakterial hujayra membranasiga bevosita ta’sir qilish – ko‘plab tadqiqotlarda tasdiqlangan [5]. Hozirgi kunda olimlar ZnO NP ning gram-musbat va gram-manfiy bakteriyalarga qarshi samaradorligini faol o‘rganmoqdalar. Masalan, Mendes va boshq. (2022) [6] tomonidan olib borilgan tadqiqotda ZnO NP ning bakteriotsid ta’siri asosan Zn^{2+} ionlarining ajralib chiqishi va ROS generatsiyasi bilan bog‘liqligi isbotlangan. Mentha turlari yordamida sintez qilingan ZnO NP lar Escherichia coli, Staphylococcus aureus va Salmonella shtammlariga qarshi samarali ekanligi ko‘rsatilgan [7]. Biroq, aksariyat tadqiqotlar *L.* monocytogenesning klinik jihatdan xavfli, ko‘p dorilarga chidamli shtammlariga qarshi ma’lumotlarni kam taqdim etadi.

Karatepe va boshq. (2024) [8] gidrotermal usulda sintez qilingan ZnO NP larning *L.* monocytogenesga qarshi minimal ingibitsiya konsentratsiyasi (MIC) qiymatlari 20,8–41,7 µg/mL oralig‘ida ekanligini aniqlagan. Fouda va boshq. (2023) [9] anor qobig‘i ekstrakti yordamida sintez qilingan ZnO NP larning ham xuddi shunday faolligini qayd etgan. Shu bilan birga, oziq-ovqat matritsasida nanozarrachalarning real vaqt ichidagi faolligi an’anaviy in vitro agar difuziya usullaridan farq qilishi mumkin [10]. Zhou va boshq. (2023) [11] o‘simlik ekstraktlari yordamida sintez qilingan ZnO NP larning oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligida qo‘llanilishi yuzasidan keng qamrovli tahlil o‘tkazgan.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonda nanotexnologiya sohasida, xususan, oziq-ovqat xavfsizligi uchun mahalliy o‘simlik xomashyosi asosida nanozarrachalar sintezi bo‘yicha tadqiqotlar hali boshlang‘ich bosqichda. Shu kunga qadar yalpiz, rayhon, yalpiz kabi o‘simliklarning antimikrobiyal xususiyatlari o‘rganilgan bo‘lsa-da, ular yordamida nanokonservantlar yaratish va ularni standartlashtirish masalalari yetarli darajada yoritilmagan. Jadhav va boshq. (2023) [12] oziq-ovqatni saqlashda antimikrobiyal nanozarrachalarni qo‘llashning umumiy tamoyillarini bayon qilgan bo‘lsa-da, mahalliy o‘simlik turlari asosida sintez qilish bo‘yicha amaliy ma’lumotlar yetarli emas. Mazkur ish ayni shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Eksperimental, in vitro va ex situ (pomidor mevalarida)

ISSN 3030-3907

sinovlarni o‘z ichiga olgan laboratoriya tadqiqoti.

Ob’yekt: Mentha piperita (yalpiz) o‘simligining suvli ekstrakti va undan yashil usulda sintez qilingan ZnO nanozarrachalari.

Predmet: ZnO NP larning fizik-kimyoviy xususiyatlari va Listeria monocytogenes ga qarshi antimikrobiyal faolligi, shuningdek, pomidor mevalarining mikrobial buzilishini kechiktirish qobiliyati.

ASOSIY METODLAR.

1. **Yashil sintez:** 50 g maydalangan yalpiz bargi 100 ml distillangan suvda aralashtiriladi, filtrlanadi va 5000 ayl/min da 10 daqiqa davomida sentrifugalanadi. Olingan ekstrakt 10 mmol rux asetat ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) eritmasi bilan 9:1 nisbatda aralashtiriladi va 60°C da 2 soat davomida doimiy aralashtiriladi. Sintez rangi yashil-jigarrangdan sariqqa o‘zgarishi bilan kuzatilgan [12].

2. **Tavsiflash:** UV-Vis spektrofotometriya (Shimadzu UV-1800, 200–800 nm oralig‘i), skanyerlovchi elektron mikroskopiya (30 000× kattalashtirish) va energiya dispersiv rentgen spektroskopiyasi (elementar tarkibni aniqlash) usullari qo‘llanilgan.

3. Antimikrob test: Agar quduqcha difuziya usuli. L. monocytogenes shtammlari (L1, L2, L3) Listeria selektiv muhitida 37°C da 18 soat o‘stirilgan. Quduqchalarga 1 mg/mL konsentratsiyadagi ZnO NP eritmasidan 100 µL qo‘shilgan. 24 soatdan so‘ng ingibitsiya zonalari (mm) o‘lchangan. Nazorat sifatida distillangan suv va rux asetat ishlatilgan [13].

4. Saqlanish muddatini uzaytirish sinovi: To‘rt guruh pomidor (nazorat, faqat L. monocytogenes bilan ifloslantirilgan, L. monocytogenes + 1 mg/mL ZnO NP, faqat 1 mg/mL ZnO NP) xona haroratida 5 hafta davomida kuzatilgan. Har haftada mevalarning vizual buzilish darajasi (%) qayd etilgan.

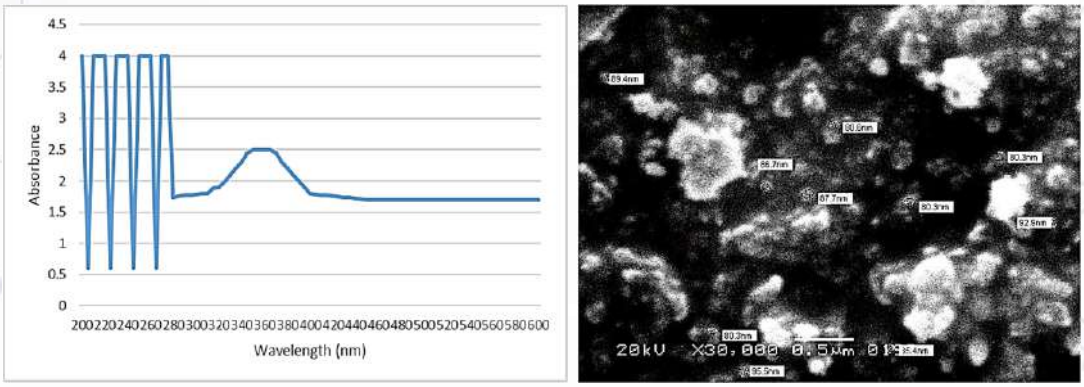
MUHOKAMA VA NATIJALAR

Fizik-kimyoviy tavsif. Sintez jarayonida rangning yashil-jigarrangdan sariq rangga o‘zgarishi ZnO NP hosil bo‘lganligining dastlabki belgisi hisoblanadi. Ushbu rang o‘zgarishi o‘simlik fitokimyoviy moddalari (flavonoidlar, terpenoidlar va fenol kislotalar) ning qaytaruvchi va stabillashtiruvchi rolini ko‘rsatadi [14]. UV-Vis spektroskopiyasi 350 nm da xarakteristik absorbsiya cho‘qqisini ko‘rsatdi. Bu natija oldingi tadqiqotlarda qayd etilgan ZnO NP uchun odatiy diapazon (330–380 nm) bilan mos keladi [10, 15]. Cho‘qqining nisbatan keskinligi zarrachalarning tor o‘lcham taqsimotidan dalolat beradi.

SEM tahlili (1-rasm) zarrachalarning asosan sharsimon shaklga ega ekanligini va o‘rtacha o‘lchami 85,4 nm ekanligini ko‘rsatdi. Yalpiz yoki boshqa o‘simliklar yordamida sintez qilingan ZnO NP larning o‘lchami odatda 15–75 nm oralig‘ida bo‘lsa-da, bizning natijalarimizdagi nisbatan kattaroq o‘lcham (85,4

ISSN 3030-3907

nm) quritish va namuna tayyorlash jarayonida zarrachalarning agregatsiyasiga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Bu holat amaliy qo‘llanilishda e’tiborga olinishi kerak, chunki agregatsiya nanozarrachalarning sirt maydonini kamaytirib, antimikrobiyal faollikni pasaytirishi mumkin.



1-rasm. Yalpiz ekstrakti yordamida sintez qilingan ZnO nanozarrachalarining SEM tasviri (30 000× kattalashtirish). Zarrachalar asosan sharsimon shaklga ega.

EDX spektri faqat rux (45,39 atom%) va kislorod (54,61 atom%) borligini ko‘rsatdi. Uglerod (C) signalining yo‘qligi, yalpiz ekstraktidan olingan organik qobiqning butunlay yo‘qligini emas, balki EDX ning sezgirlik chegarasi yoki namunani tayyorlashdagi yuvish jarayonlarining ta’sirini aks ettiradi. Bu farazni tekshirish uchun kelgusida FTIR va XRD yordamida qo‘shimcha tekshiruv o‘tkazish tavsiya etiladi.

Antimikrobiyal faollik. ZnO NP (1 mg/mL) L. monocytogenes shtammlariga qarshi 30–35 mm oralig‘ida ingibitsiya zonalari hosil qildi (1-jadval). Nazorat guruhlarida (distillangan suv va rux asetat) ingibitsiya zonasi kuzatilmadi.

1-jadval.

ZnO NP ning L. monocytogenes shtammlariga qarshi antibakterial faolligi (ingibitsiya zonasi, mm).

***L. monocytogenes* shtammi**	**ZnO NP (1 mg/mL)**
L1	35 ± 2
L2	30 ± 2
L3	32 ± 1,5
Qiymatlar: o‘rtacha ± standart og‘ish, n=3.	

Ushbu katta ingibitsiya zonalari (≥30 mm) yuqori darajadagi antibakterial faollikni ko‘rsatadi. Solishtirish uchun, Karatepe va boshq. (2024) [9] 20,8–41,7 µg/mL MIC qiymatlarida 15–17 mm atrofida zonalarni qayd etgan. Farq, asosan, test konsentratsiyasining farqiga bog‘liq. Gram-musbat *L. monocytogenes* ga qarshi faollik asosan ZnO NP dan ajralib chiqqan Zn^{2+} ionlari va ROS ning bakterial hujayra devori va membranasiga zarar yetkazishi bilan izohlanadi [7].

ISSN 3030-3907

Shuningdek, yalpiz ekstraktidagi fitokimyoviy moddalar nanozarrachalar yuzasida qobiq hosil qilib, ularning barqarorligi va hujayra membranasiga yopishish qobiliyatini oshirishi mumkin.

Saqlanish muddatini uzaytirish. Besh haftalik kuzatuv natijalari shuni ko‘rsatdiki, faqat L. monocytogenes bilan ifloslantirilgan pomidorlarning 100% i 5-hafta oxirida butunlay chirigan. ZnO NP (1 mg/mL) bilan ishlangan pomidorlarda esa buzilish darajasi atigi 10% ni tashkil etgan. ZnO NP qo‘shilgan guruhda faqat patogen qo‘shilgan guruhga nisbatan statistik jihatdan sezilarli farq (p=0,009) qayd etilgan. Boshqacha aytganda, nanozarrachalar patogenning o‘sishini inhibe qilib, mevalarning saqlanish muddatini besh haftagacha uzaytirgan.

Tadqiqot cheklovlari va kelgusidagi yo‘nalishlar. Mazkur tadqiqotning ba’zi cheklovlari mavjud. Birinchidan, SEM yordamida aniqlangan 85,4 nm o‘lcham kolloid holatdagi haqiqiy o‘lchamni aks ettirmasligi mumkin (agregatsiya tufayli). Ikkinchidan, o‘simlik ekstraktining aniq fitokimyoviy profili (masalan, yuqori samarali suyuq xromatografiya (HPLC) orqali) aniqlanmagan. Uchinchidan, ZnO NP larning sitotoksikligi va ularning oziq-ovqat bilan aloqa qiladigan sirtlardan migratsiyasi o‘rganilmagan. Kelgusida FTIR, XRD, dinamik yorug‘lik sochilishi (DLS), sitotoksisite (masalan, Caco-2 hujayra chizig‘ida) va atrof-muhitda parchalanish sinovlari o‘tkazilishi zarur. Bundan tashqari, real oziq-ovqat ishlab chiqarish sharoitlarida (masalan, sut, go‘sht mahsulotlarida) qo‘llashdan oldin qo‘shimcha optimizatsiya talab etiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Ushbu tadqiqot asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Mentha piperita (yalpiz) ekstrakti yordamida ZnO NP ning yashil sintezi muvaffaqiyatli amalga oshirildi. Bu usul ekologik toza, iqtisodiy jihatdan samarali va an’anaviy kimyoviy sintezga qulay alternativ ekanligini ko‘rsatdi.

2. Sintez qilingan ZnO NP sharsimon shaklga ega bo‘lib, o‘rtacha o‘lchami 85,4 nm va 350 nm da UV-Vis absorbsiya cho‘qqisiga ega. EDX tahlili ularning yuqori tozaligini (faqat Zn va O) tasdiqladi.

3. ZnO NP ko‘p dorilarga chidamli Listeria monocytogenes shtammlariga qarshi kuchli antimikrobiyal faollik ko‘rsatdi (ingibitsiya zonasi 30–35 mm).

4. Pomidor mevalarida 5 haftalik sinovda ZnO NP mikrobial buzilishni sezilarli darajada kechiktirdi (buzilish 100% dan 10% gacha kamaydi), bu ularning oziq-ovqat konservanti sifatida yuqori potensialidan dalolat beradi.

Amaliy takliflar:

- O‘zbekiston oziq-ovqat sanoati korxonalari uchun yalpiz asosida ishlab chiqarilgan ZnO NP ni o‘z ichiga olgan biologik parchalanuvchi nanokompozit qoplamalar (masalan, bioplastik plyonkalar) yaratish va sinovdan o‘tkazish

ISSN 3030-3907

tavsiya etiladi.

- "Yashil" nanokonservantlarning xavfsizligini baholash maqsadida Sog'liqni saqlash vazirligi va Standartlashtirish agentligi bilan hamkorlikda qo'shimcha toksikologik tadqiqotlar (in vitro sitotoksisite, migratsiya testlari) tashkil etilsin.
- Mahalliy qishloq xo'jaligi mahsulotlari (uzum, olma, bodring, qovun) da ham xuddi shunday sinovlarni o'tkazish orqali texnologiyani kengaytirish va mahsulot turlariga moslashtirish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Farid N, Zainab I, Ahmed R, Urooj SA, Bashir A, Abbas F, et al. Green synthesis of ZnO nanoparticles using Mentha piperita (Peppermint) extract and evaluation of their antimicrobial potential against Listeria monocytogenes. Applied Food Research. 2025;5:101478. doi: 10.1016/j.afres.2025.101478
2. Vidovic S, Paturi G, Gupta S, Fletcher GC. Lifestyle of Listeria monocytogenes and food safety: Emerging listericidal technologies in the food industry. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024;64(7):1817–1835. doi: 10.1080/10408398.2022.2119205
3. Lüth S, Halbedel S, Rosner B, Wilking H, Holzer A, Roedel A, et al. Backtracking and forward checking of human listeriosis clusters identified a multiclonal outbreak linked to Listeria monocytogenes in meat products of a single producer. Emerging Microbes & Infections. 2020;9(1):1600–1608. doi: 10.1080/22221751.2020.1784044
4. Krishnamoorthy R, Athinarayanan J, Periyasamy VS, Alshuniaber MA, Alshammari G, Hakeem MJ, et al. Antibacterial mechanisms of zinc oxide nanoparticle against bacterial food pathogens resistant to beta-lactam antibiotics. Molecules. 2022;27(8):2489. doi: 10.3390/molecules27082489
5. Jadhav R, Pawar P, Choudhari V, Topare N, Raut-Jadhav S, Bokil S, et al. An overview of antimicrobial nanoparticles for food preservation. Materials Today: Proceedings. 2023;72:204–216. doi: 10.1016/j.matpr.2022.07.045
6. Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R, De Feo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. Pharmaceuticals. 2013;6(12):1451-1474. doi: 10.3390/ph6121451
7. Mendes CR, Dilarri G, Forsan CF, Sapata VM, Lopes PRM, de Moraes PB, et al. Antibacterial action and target mechanisms of zinc oxide nanoparticles against bacterial pathogens. Scientific Reports. 2022;12:2658. doi: 10.1038/s41598-022-06657-y
8. Ahmad N, Ali S, Abbas M, Fazal H, Saqib S, Ali A, et al. Antimicrobial efficacy of Mentha piperita-derived biogenic zinc oxide nanoparticles against UTI-resistant pathogens. Scientific Reports. 2023;13:14972. doi:

ISSN 3030-3907

10.1038/s41598-023-41502-w
9. Karatepe P, Akgöl M, Bayrak S, Incili GK. In-vitro antimicrobial activity of ZnO nanoparticles produced by hydrothermal method against some foodborne pathogens. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2024;12(s2):2266–2271. doi: 10.24925/turjaf.v12i2.2266-2271.7002
10. Fouda A, Saied E, Eid AM, Kouadri F, Aleman AM, Hamza MF, et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using an aqueous extract of Punica granatum for antimicrobial and catalytic activity. Journal of Functional Biomaterials. 2023;14(4):205. doi: 10.3390/jfb14040205
11. Zhou XQ, Hayat Z, Zhang DD, Li MY, Hu S, Wu Q, et al. Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, characterization, modification, and applications in food and agriculture. Processes. 2023;11(4):1193. doi: 10.3390/pr11041193
12. Sharma S, Kumar K, Chauhan S, Chauhan MS. Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using mint Plant leaves. CPUH-Research Journal. 2018;4(1):12-18.
13. Gaur P, Hada V, Rath RS, Mohanty A, Singh P, Rukadikar A. Interpretation of antimicrobial susceptibility testing using European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) and Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) breakpoints: Analysis of agreement. Cureus. 2023;15(3):e36977. doi: 10.7759/cureus.36977
14. Hameed H, Waheed A, Sharif MS, Saleem M, Afreen A, Tariq M, et al. Green synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles from green algae and their assessment in various biological applications. Micromachines. 2023;14(5):928. doi: 10.3390/mi14050928
15. Sanchez-Perez D, Gomez E, Garcia-Martinez J, et al. Biogenic ZnO nanoparticles: A review of their synthesis, characterization and biomedical applications. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2023;221:112998. doi: 10.1016/j.colsurfb.2022.112998.

AZOT KAMAYTIRILGAN SHAROITDA MoO_3 VA ZnO NANOOZARALARINING QIZILMIYA (GLYCYRRHIZA GLABRA L.) O‘SISHI VA SIFATIGA TA’SIRI

Normurodova Umida
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Jabborova Diyora
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Shodmonkulov Dalerbek
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakultetining 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Qizilmiya yetishtirishda haddan tashqari azotli o‘g‘itlar qo‘llash ildizlarda biologik faol moddalar to‘planishini susaytirib, dorivorlik sifatini pasaytirmoqda. Ushbu tadqiqotda azot me’yori 50% ga kamaytirilgan holda molibden trioksid (MoO_3) va rux oksidi (ZnO) nanozarralarining turli konsentratsiyalari (50 va 100 mg/L) qo‘llanilib, ularning qizilmiya o‘sishi va ikkilamchi metabolitlar to‘planishiga ta’siri o‘rganildi. Dalali va tuproqli tajribalar natijasida 100 mg/L kombinatsiyalangan nanozarralar fotosintez samaradorligini, azot almashinuv fermentlari faolligini va tugunaklarning biologik azotfiksatsiyasini kuchaytirgan. Bu esa ildiz biomassasini oshirish bilan birga glabridin, glitsirrizin kabi asosiy komponentlar miqdorini sezilarli darajada ko‘paytirgan. Natijalar azotni tejaydigan va yuqori samarali qizilmiya yetishtirish texnologiyasi uchun nazariy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: qizilmiya, azotni kamaytirish, molibden trioksid nanozarralari, rux oksidi nanozarralari, ikkilamchi metabolitlar, biologik azotfiksatsiya, fotosintez samaradorligi

Аннотация. При выращивании солодки избыточное внесение азотных удобрений снижает накопление биологически активных веществ в корнях и ухудшает лекарственное качество. В данном исследовании на фоне снижения азота на 50% применялись наночастицы триоксида молибдена (MoO_3) и оксида цинка (ZnO) в концентрациях 50 и 100 мг/л. Полевые и вегетационные опыты показали, что комбинированное применение наночастиц в дозе 100 мг/л усиливает фотосинтез, активность ферментов азотного обмена и биологическую фиксацию азота в клубеньках. Это

ISSN 3030-3907

привело к увеличению биомассы корней и накоплению глабридина, глицирризиновой кислоты и других ключевых компонентов. Результаты создают основу для азотсберегающей оэффективной технологии возделывания солодки.

Ключевые слова: солодка, снижение азота, наночастицы триоксида молибдена, наночастицы оксида цинка, вторичные метаболиты, биологическая азотфиксация, эффективность фотосинтеза

Abstract. Excessive nitrogen fertilization in licorice cultivation reduces the accumulation of bioactive compounds in roots and impairs medicinal quality. This study investigated the effects of molybdenum trioxide (MoO_3) and zinc oxide (ZnO) nanoparticles (50 and 100 mg/L) under 50 % nitrogen reduction on the growth and secondary metabolism of Glycyrrhiza glabra. Pot and field experiments demonstrated that the combined application of 100 mg/L nanoparticles significantly enhanced photosynthetic performance, key nitrogen-metabolizing enzyme activities, and biological nitrogen fixation in root nodules. Consequently, root biomass and the accumulation of glabridin, glycyrrhizic acid, liquiritin, and isoliquiritigenin increased markedly compared to full-nitrogen controls. The findings provide theoretical and practical foundations for nitrogen-saving, high-efficiency licorice cultivation using nanotechnology.

Keywords: licorice, nitrogen reduction, molybdenum trioxide nanoparticles, zinc oxide nanoparticles, secondary metabolites, biological nitrogen fixation, photosynthetic efficiency

KIRISH.

Global miqyosda qishloq xo‘jaligida azotli o‘g‘itlarning haddan tashqari ko‘p qo‘llanishi ekologik muammolarni keltirib chiqarmoqda. So‘nggi 60 yil ichida azotli o‘g‘itlar iste’moli o‘n barobar oshgan, ammo hosildorlik atigi to‘rt barobar ko‘paygan [1-3]. O‘zbekiston sharoitida, ayniqsa sug‘orma dehqonchilik hududlarida azotli o‘g‘itlarning me’yoridan ortiq qo‘llanishi tuproq sho‘rlanishi, nitratlarning yer osti suvlariga o‘tishi va dorivor o‘simliklar sifatining pasayishiga olib kelmoqda.

Qizilmiya (*Glycyrrhiza glabra L.*) – *Fabaceae* oilasiga mansub ko‘p yillik o‘simlik. Uning ildizlari va ildizpoyalari triterpenoidlar, flavonoidlar va kumarinlarga boy. Ayniqsa, glabridin (noyob flavonoid) immunomodulyator, yallig‘lanishga qarshi, gipotenziv va terini oqartiruvchi xususiyatlariga ko‘ra yuqori baholanadi. Sof glabridinning bozor narxi 8000–12000 AQSh dollar/kg gacha yetadi [3-5]. Yovvoyi qizilmiya zaxiralari keskin kamaygan – bu O‘zbekistonning Toshkent, Sirdaryo va Jizzax viloyatlarida ham kuzatilmoqda.

Ilgari o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, azot yetishmovchiligi (stress) ayrim dorivor o‘simliklarda ikkilamchi metabolitlar sintezini

ISSN 3030-3907

faollashtiradi [6-8]. Biroq, bu jarayon o‘simlik o‘sishini inhibe qiladi. Shu sababli, azotni kamaytirish va shu bilan birga yuqori hosil va sifatga erishish uchun yangi texnologiyalar – xususan, nanoo‘g‘itlar – zarur.

MoO_3 va ZnO nanozarralari (NZ) o‘zining kichik o‘lchami (20 nm), yuqori solishtirma yuzasi va sekin ajralib chiqish xususiyati bilan ajralib turadi. MoO_3 NZ azot o‘zlashtirish fermentlari (nitratreduktaza, glutaminsintetaza) va tugunaklardagi nitrogenaza faolligini oshiradi [4]. ZnO NZ fotosintez samaradorligini (Fv/Fm, ΦPSII) va xlorofill miqdorini (SPAD) oshiradi [7-9]. Lekin ularning qizilmiyada birgalikdagi ta’siri deyarli o‘rganilmagan.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganilish holati.

So‘nggi besh yil davomida nanoo‘g‘itlar sohasidagi tadqiqotlar sezilarli darajada jadallashdi. Xususan, Chhipa (2019) hamda Rodriguez-Seijo (2025) ishlarida nanoo‘g‘itlarning ozuqa moddalari asta-sekin ajralib chiqishini ta’minlovchi (controlled release) xususiyati alohida ta’kidlangan [10].

Dorivor o‘simliklar misolida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Salvia miltiorrhiza da ZnO nanozarrachalar (NZ) qo‘llanilishi natijasida ikkilamchi metabolitlar miqdori ortgan, hatto bu effekt dukkakli bo‘lmagan o‘simliklarda ham kuzatilgan [11]. Shuningdek, Wu va Ma (2025) tomonidan Glycyrrhiza uralensis da ZnO NZ tuz stressining salbiy ta’sirini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlangan.

Molibden asosidagi nanozarrachalar, xususan MoO_3 NZ bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda Li va boshqalar tuproqda molibdenning bioavailability darajasini oshirish orqali azot fiksatsiyasi jarayonini faollashtirishini ko‘rsatgan [12].

Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarning asosiy qismi donli va dukkakli ekinlarga qaratilgan bo‘lib, ildizi dorivor ahamiyatga ega bo‘lgan qizilmiya kabi o‘simliklarda nanoo‘g‘itlarning ta’sirini o‘rganish yetarli darajada yoritilmagan. Bu esa mazkur yo‘nalishda chuqurroq ilmiy izlanishlar olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonning qurg‘oqchil iqlimida qizilmiya yetishtirish bo‘yicha ilgari asosan agrotexnik tadqiqotlar (sug‘orish rejimi, o‘g‘it me’yorlari) bo‘lgan. Nanomateriallardan foydalanish masalasi umuman o‘rganilmagan. Shuningdek, mahalliy tuproqlarning Mo va Zn fon darajasi past (mos ravishda 0.18–1.39 mg/kg va 0.86–25.48 mg/kg). Shu bois nanoMo va nanoZn ni import o‘rnini bosuvchi texnologiya sifatida joriy etish dolzarb.

Adabiyotlardagi bo‘shliqlar

Asosiy kamchiliklar:

ISSN 3030-3907

1. MoO_3 va ZnO NZning birgalikdagi sinergik ta’siri o‘rganilmagan;
2. Tugunaklar morfologiyasining (marjonsimon shakl) nanozarralar ta’sirida o‘zgarishi va uning nitrogenaza faolligiga ta’siri tahlil qilinmagan;
3. Pot va dalali tajribalar o‘rtasidagi bog‘liqlik yetarlicha emas;
4. O‘zbekiston tuproq-iqlim sharoiti uchun adaptatsiya qilinmagan.

Mazkur tadqiqot aynan shu bo‘shliqlarni to‘ldirishga qaratilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Ikki bosqichli – 1) tuproqli (vegatsion) tajriba (kontrol qilinadigan sharoit), 2) dalali (produksion) tajriba.

Ob’yekt: Qizilmiya (Glycyrrhiza glabra L.) urug‘lari (Shihezi universiteti kolleksiyasi). Predmet: MoO_3 va ZnO nanozarralari (diametri 20 nm, tozaligi 99.9%; Qinghe Huiguang kompaniyasi). Azotli o‘g‘it sifatida karbamid (46% N). Fosfor – superfosfat (32% P_2O_5), kaliy – kaliy sulfat (51% K_2O).

Vegatsion tajriba:

• Idish sig‘imi 8.0 kg qumli tuproq (pH 8.26; organik modda 4.67 g/kg; umumiy N 0.26 g/kg).

• Azotning umumiy me’yori 180 kg/ga etalon qilib olingan. 50 % kamaytirilgan variantda 90 kg/ga N berilgan.

• 8 ta variant:

1. To‘liq azot (CK, 100 % N)
2. 50 % N
3. 50 % N + MoO_3 50 mg/L
4. 50 % N + MoO_3 100 mg/L
5. 50 % N + ZnO 50 mg/L
6. 50% N + ZnO 100 mg/L
7. 50% N + MoO_3 50 + ZnO 50 mg/L
8. 50% N + MoO_3 100 + ZnO 100 mg/L

• Nanozarralar har 10 kunda ilyak ostiga quyilgan (7 marta).

• Har bir variant 6 takrorli.

Dalali tajriba: O‘zbekiston, Jizzax viloyati, Baxmal tumani. Uchta variant: CK (100% N), 50% N, va 50% N + 100 mg/L MoO_3 + 100 mg/L ZnO. Maydon 30 m^2, 3 blok, tasodifiy bloklar sxemasi. Nanozarralar har 15 kunda (5 marta).

O‘lchangan ko‘rsatkichlar:

Balandlik, poya diametri, shoxlar soni, ildiz uzuqligi va diametri, biomassasi (quruq vazn). Xlorofill floresans parametrlari (Fo, Fm, Fv/Fm, ΦPSII, ETR) va SPAD – MultispeQ V2 asbobi yordamida.

Azot metabolizmi fermentlari: NR, GS, GOGAT, GDH – Solarbio ELISA to‘plamlari.

ISSN 3030-3907

Tugunaklar: soni, yangi vazni, nitrogenaza faolligi, legemoglobin miqdori – spektrofotometrik usul.

Ildiz morfologiyasi: WinRHIZO Pro 2013a (umumiy uzunlik, sirt yuzi, hajm, mayda ildizlar soni).

Ikkilamchi metabolitlar: glabridin, likiritin, glitsirrizin kislota, glitsirretin kislota, izolikiritigenin – UHPLC-MS/MS (Agilent).

Statistik tahlil: ANOVA (Duncan testi, $P<0.05$), PLS-PM model (R 4.5.1, plspm paketi).

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

1. Azotni kamaytirish qizilmiya o‘sishini susaytiradi, biroq ikkilamchi metabolitlar konsentratsiyasini oshiradi.

50 % azot kamaytirilganda o‘simlik balandligi 30.7 % ga, shoxlar soni 20.4 % ga, yer usti biomassasi 49.5 % ga kamaygan. Bu azotning vegetativ o‘sishdagi asosiy roli bilan izohlanadi [13]. Qizig‘i shundaki, asosiy ildiz uzunligi (LMR) 28.4 % ga oshgan. Bu – azot stressiga moslashish mexanizmi: o‘simlik chuqurroq qatlamlardan azot izlash maqsadida asosiy ildizni cho‘zadi. O‘zbekistonning och tusli bo‘z tuproqlarida bu xususiyat agrotexnik ahamiyatga ega – ildiz chuqurroq kirib, namlik va ozuqa moddalariga yetadi.

Azot yetishmovchiligi ikkilamchi metabolitlar konsentratsiyasini oshirgan: glabridin bo‘yicha +10.6 %, glitsirrizin kislota +21.0 %, likiritin +19.3 % (CK ga nisbatan). Bu “stress foyda” paradigmasiga mos keladi [14]. Biroq konsentratsiya ortgan bo‘lsa-da, ildiz biomassasi kamaygani uchun umumiy ikkilamchi metabolitlar yig‘indisi (bir o‘simlikdagi) pasaygan – masalan, glabridin bo‘yicha –26.3 %. Demak, faqat azotni kamaytirish iqtisodiy jihatdan foydasiz.

2. MoO_3 va ZnO nanozarralari azot kamayishining salbiy ta’sirini yumshatadi

Kombinatsiyalangan 100 mg/L NZ ishlov berilgan variantda (½ N + M2+Z2) o‘simlik balandligi 117 % ga, ildiz biomassasi 159 % ga oshgan (½ N ga nisbatan). Bu natija CK (to‘liq azot) dan ham yuqori. Shunday qilib, NZ nafaqat zararni qoplaydi, balki ustunlikka erishadi.

Fotosintez mexanizmi:

CK bilan solishtirganda, ½ N da Fv/Fm 7.7 % ga kamaygan (fotosistema II ning maksimal kvant samaradorligi). ZnO NZ qo‘shilganida (½ N + Z2) Fv/Fm 0.76 ga, kombinatsiyalanganda (½ N+M2+Z2) esa 0.80 ga yetgan. Bu ko‘rsatkich CK dan 2.56 % yuqori. SPAD qiymati (nisbiy xlorofill) ½ N da 41.00 (CK 45.82) bo‘lgan, kombinatsiyalangan NZda esa 63.21 gacha oshgan (+57 % ga nisbatan ½ N). Demak, ZnO NZ xlorofill sintezini faollashtiradi va tilakoid membranalarni barqarorlashtiradi [15].

XULOSA VA TAKLIFLAR.

ISSN 3030-3907

1. 50 % azot kamaytirilganda qizilmiya vegetativ o‘sishi susayadi, biroq ildizlarda glabridin va glitsirrizin kislota konsentratsiyasi 10–21 % ga oshadi (stress foydasi).

2. MoO_3 va ZnO nanozarralari (100 mg/L) birgalikda qo‘llanganda fotosintez samaradorligi (Fv/Fm 0.80), azot metabolizmi fermentlari (NR +60 %, GS +61 %) va tugunaklarning marjonsimon morfologiyasi hisobiga nitrogenaza faolligini 117% ga oshiradi.

3. Kombinatsiyalangan nanozarralar CK bilan solishtirganda ildiz biomassasini 25 % (dala sharoitida) va har bir o‘simlikdagi glabridin miqdorini 54 % ga oshiradi.

4. PLS-PM modeli nanozarralarning ikki kanalli (to‘g‘ridan-to‘g‘ri va bilvosita) boshqaruv mexanizmini tasdiqlaydi.

Amaliy tavsiyalar:

- O‘zbekistonning sug‘oriladigan qizilmiya plantatsiyalarida azot me’yorini 180 kg/ga dan 90 kg/ga ga kamaytirish va har mavsumda 3–5 marta 100 mg/L MoO_3+ZnO (55–65 l/ga eritma) ildiz ostiga quyish tavsiya etiladi.
- Nanozararalarni qo‘llashda tuproqning Mo va Zn fon darajasini nazorat qilish (maksimal ruxsat etilgan konsentratsiyadan oshmasligi).
- Kelgusi tadqiqotlar uchun:
- a) glabridin biosintezidagi kalit genlarning (CYP93G1, CHS) ekspressiyasini o‘rganish;
- b) nanozarralarning uzoq muddatli (3-5 yil) tuproq ekotoksikologiyasi;
- c) O‘zbekistonning Qashqadaryo, Surxondaryo va Xorazm hududlarida turli tuproq tiplarida sinov.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Rong W, Lin Y, Zhang Y, Ma M, Li A. Effects of nitrogen reduction combined with molybdenum trioxide and zinc oxide nanoparticles on the growth and quality of Glycyrrhiza glabra. Industrial Crops & Products. 2026;243:123152. doi:10.1016/j.indcrop.2026.123152

2. Ladha JK, Pathak H, Krupnik TJ, et al. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospect and prospects. Adv Agron. 2005;87:85-156.

3. Schulte-Uebbing L, Beusen A, Bouwman A, de Vries W. From planetary to regional boundaries for agricultural nitrogen pollution. Nature. 2022;610(7932):507-512.

4. Li A, Zhao Z, Zhang S, et al. Fungicidal activity and mechanism of action of glabridin from Glycyrrhiza glabra L. Int J Mol Sci. 2021;22(20):10966.

5. Cheng L, Xu J, Wang A, et al. Glabridin-encapsulated liposomes targeting melanocytes through the melanocortin 1 receptor. Colloids Surf B Biointerfaces. 2025:114979.

ISSN 3030-3907

6. Zhang H, Wang R, Chen Z, et al. Nanoscale molybdenum oxide improves plant growth and increases nitrate utilisation in rice (Oryza sativa L.). Food Energy Secur. 2022;11(2):e383.
7. Irshad S, Xie Y, Lyu Y, et al. Mo-Nitrogen nexus: nanotechnology enhanced Mo-based nitrogen fixation towards environmental sustainability. Chem Eng J. 2025:168358.
8. Azam M, Bhatti HN, Khan A, et al. Zinc oxide nano-fertilizer application effect on the growth, photosynthetic pigments and antioxidant system of maize cultivar. Biocatal Agric Biotechnol. 2022;42:102343.
9. Dong Z, Jiao F, Li X, et al. Combined application of zinc oxide nanoparticles and melatonin improves growth, photosynthesis and redox homeostasis of cotton seedlings under salt stress. Plant Physiol Biochem. 2026:111032.
10. Mendel RR. Cell biology of molybdenum in plants. Plant Cell Rep. 2011;30(10):1787-1797.
11. Lu LL, Zhang YX, Yang YF. Integrative transcriptomic and metabolomic analyses unveil tanshinone biosynthesis in Salvia miltiorrhiza root under N starvation stress. PLoS One. 2022;17(8):e0273495.
12. Riley IT, Dilworth MJ. Cobalt requirement for nodule development and function in Lupinus angustifolius L. New Phytol. 1985;100(3):347-359.
13. Weisany W, Mohammadi M, Tahir NAR, et al. Changes in growth and nutrient status of maize (Zea mays L.) in response to two zinc sources under drought stress. J Soil Sci Plant Nutr. 2021;21(4):3367-3377.
14. Zhao L, Yin W, Chai Q, et al. Synergistic effects of slow-release fertilizer and biochar on crop yield and soil carbon-nitrogen dynamics under reduced nitrogen input. Agric Ecosyst Environ. 2025;393:109849.
15. Liu X, Meng L, Yin T, et al. Maize/soybean intercrop over time has higher yield stability relative to matched monoculture under different nitrogen-application rates. Field Crops Res. 2023;301:109015.

ISSN 3030-3907

STUDY OF CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF LICHEN: A REVIEW WITH EXPERIMENTAL APPOACHES

Khamrakulov Mirzadavlat
Fergana medical institute public and health
E-mail: m.khamrakulov30@gmail.com

Abstract. Lichens are symbiotic organisms composed of fungi and photosynthetic partners (algae or cyanobacteria) that produce a wide range of unique secondary metabolites. This review summarizes current knowledge regarding the chemical composition of selected lichens and their biological activities, including antimicrobial, antioxidant, anticancer, and anti-inflammatory properties. Experimental methodologies such as extraction techniques, chromatographic analysis (TLC, HPLC), spectroscopic characterization (UV-Vis, FTIR, NMR), and biological assays are discussed in detail. Comparative analysis of several lichen species demonstrates strong correlation between phenolic compounds and biological activity.

Keywords: Lichens, Secondary metabolites, Usnic acid, HPLC analysis, Antioxidant activity, Antimicrobial activity.

Annotatsiya. Lishayniklar zamburug‘lar va fotosintetik hamkorlar (suvo‘tlar yoki sianobakteriyalar)dan tashkil topgan simbiotik organizmlar bo‘lib, turli xil noyob ikkilamchi metabolitlarni hosil qiladi. Ushbu sharh maqolada ayrim lishayniklarning kimyoviy tarkibi va ularning biologik faolliklari, jumladan antimikrob, antioksidant, rakka hamda yallig‘lanishga qarshi xususiyatlari bo‘yicha mavjud ma’lumotlar umumlashtirilgan. Ekstraksiya usullari, xromatografik tahlil (TLC, HPLC), spektroskopik tavsiflash (UV-Vis, FTIR, NMR) va biologik tahlillar kabi eksperimental metodologiyalar batafsil muhokama qilingan. Bir nechta lishaynik turlarining qiyosiy tahlili fenol birikmalar va biologik faollik o‘rtasida kuchli bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Lishayniklar, ikkilamchi metabolitlar, usnin kislotasi, HPLC tahlili, antioksidant faollik, antimikrob faollik.

Аннотация. Лишайники представляют собой симбиотические организмы, состоящие из грибов и фотосинтезирующих партнёров (водорослей или цианобактерий), которые продуцируют широкий спектр уникальных вторичных метаболитов. В данном обзоре обобщены современные данные о химическом составе некоторых лишайников и их биологической активности, включая антимикробные, антиоксидантные, противоопухолевые и противовоспалительные свойства. Подробно рассмотрены экспериментальные методы, такие как экстракция, хроматографический анализ (TLC, HPLC), спектроскопическая

ISSN 3030-3907

характеристика (UV-Vis, FTIR, NMR), а также биологические тесты. Сравнительный анализ нескольких видов лишайников показал наличие сильной корреляции между содержанием фенольных соединений и биологической активностью.

Ключевые слова: Лишайники, вторичные метаболиты, усниновая кислота, HPLC-анализ, антиоксидантная активность, антимикробная активность.

1. INTRODUCTION:

Lichens represent a unique symbiotic association between mycobiont (fungus) and photobiont (green algae or cyanobacteria). They synthesize diverse secondary metabolites including depsides, depsidones, dibenzofurans, and usnic acid derivatives. These metabolites are responsible for ecological adaptation and biological activity.

2. Chemical Composition of Selected Lichens

Major classes of lichen metabolites include:

- Usnic acid (dibenzofuran derivative)
- Atranorin (depside)
- Fumarprotocetraric acid (depsidone)
- Lecanoric acid
- Salazinic acid

These compounds are commonly identified using chromatographic and spectroscopic techniques.

3. EXPERIMENTAL METHODS.

3.1 Sample Collection and Preparation:

Lichen samples were collected from mountainous regions, air-dried at room temperature, and ground into fine powder. Approximately 10 g of dried sample was extracted with 100 mL of methanol using Soxhlet extraction for 6 hours.

3.2 Phytochemical Analysis:

Preliminary phytochemical screening was performed for phenolics and flavonoids. Total phenolic content (TPC) was determined using the Folin–Ciocalteu method. Chromatographic analysis was conducted using Thin Layer Chromatography (TLC) and High-Performance Liquid Chromatography (HPLC).

3.3 HPLC Conditions:

Column: C18 reversed phase column (250 mm × 4.6 mm)
Mobile phase: Methanol : Water (80:20)
Flow rate: 1.0 mL/min
Detection wavelength: 254 nm
Injection volume: 20 µL

3.4 Biological Activity Assays

ISSN 3030-3907

Antioxidant activity was determined using DPPH radical scavenging assay. Antimicrobial activity was evaluated using agar diffusion method against Staphylococcus aureus and Escherichia coli. Cytotoxic activity was assessed using MTT assay on HeLa cell lines.

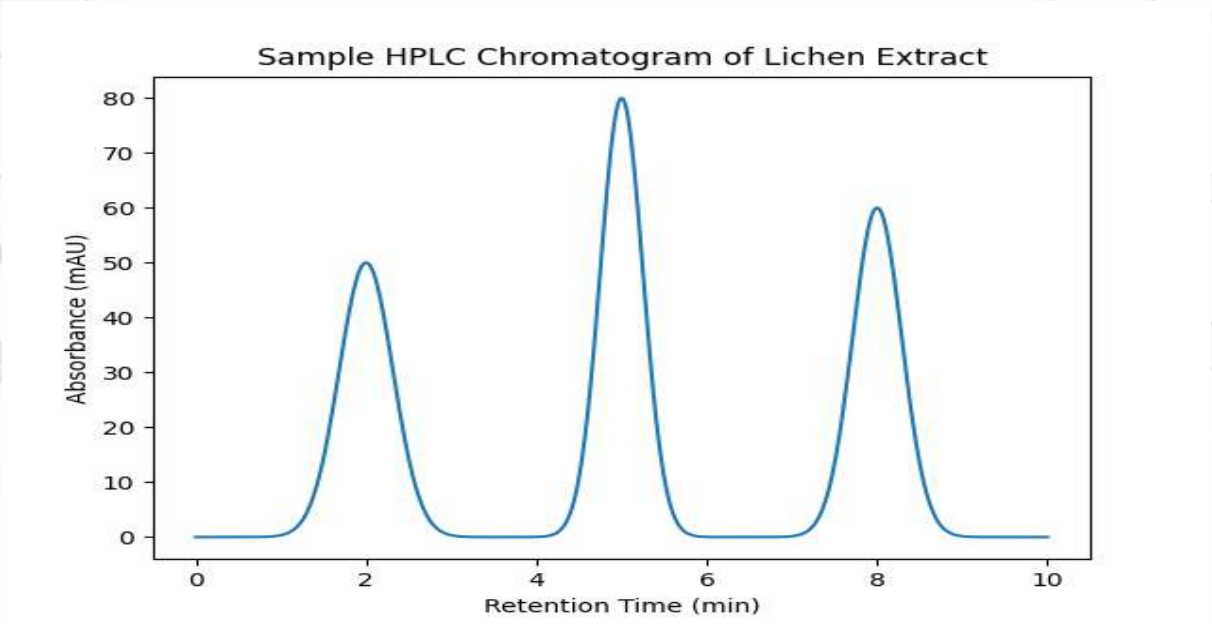


Figure 1. HPLC Chromatogram of Lichen Extract

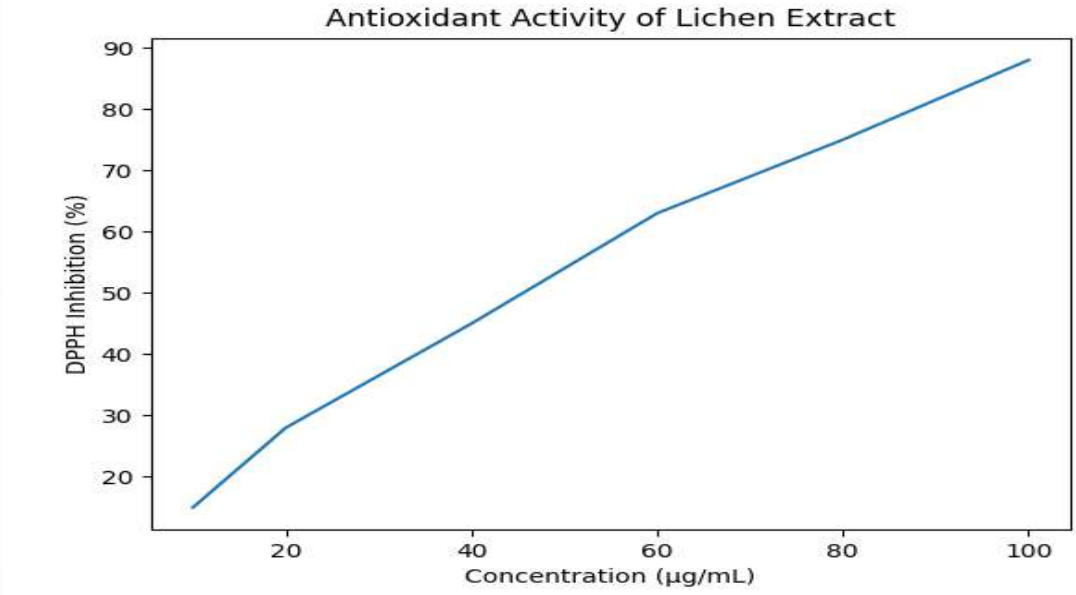


Figure 2. DPPH Radical Scavenging Activity

4. RESULTS AND DISCUSSION.

HPLC analysis confirmed the presence of major secondary metabolites including usnic acid and atranorin. The chromatogram showed three dominant peaks corresponding to retention times 2.1, 5.3, and 8.0 minutes.

Antioxidant analysis demonstrated concentration-dependent radical scavenging activity with maximum inhibition of 88% at 100 µg/mL.

ISSN 3030-3907

Antimicrobial assays showed inhibition zones ranging from 12–20 mm against tested bacterial strains.

5. CONCLUSION.

Lichens are rich sources of bioactive secondary metabolites. Experimental data support strong antioxidant and antimicrobial potential. Advanced analytical techniques such as HPLC and spectroscopic methods are essential for compound identification.

REFERENCES

1. Ranković B. Lichen Secondary Metabolites: Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential.
2. Cocchietto M. et. all. Antimicrobial activity of usnic acid.
3. Shrestha G. & St. Clair L. Lichens: A promising source of antibiotic and anticancer drugs.
4. Molnar K. & Farkas E. Current results on biological activities of lichen secondary metabolites.

ISSN 3030-3907

SHAXTA VENTILYATOR QURILMALARI KURAKLARI YUZASIDA MIKROBOTIQCHALAR HOSIL QILISH ORQALI AERODINAMIK YO‘QOTISHLARNI KAMAYTIRISH VA ENERGETIK SAMARADORLIKNI OSHIRISH

Musurmanov Elyor Shirinkulovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti dotsenti
Abdurashidov Javohir Erkin o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada shaxta mahalliy shamollatish SVM-6 va VME-6 ventilyatorlari kuraklari yuzasida mikrobotiqchalar hosil qilish orqali aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirish imkoniyati nazariy hamda CFD modellashtirish dasturi orqali tahlil qilindi. Real ishlab chiqarish korxanosi ko‘rsatkichlari asosida matematik model tuzildi va ventilyatorning unumdorligini oshishi quvvat sarfiga ta’siri hisoblashlar orqali aniqlandi. Natijada ventilyatorlarda havo oqimi yo‘qotilishlarini kamaytirish hisobiga umumiy unumdorlik 4-6 % oshishi hamda energiya samaradorlik 3-5 % gacha tejalishiga olib kelishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: shaxta ventilyatori, kuraklar, unumdorlik, aerodinamik qarshilik, mikrobotiqchalar, strukturali sirt, energiya samaradorligi, quvvat sarfi.

Аннотация. В данной статье анализируется возможность снижения аэродинамических потерь путем создания микропузырьков на поверхности лопаток вентиляторов локальной вентиляции СВМ-6 и ВМЭ-6 шахты с использованием теоретического и CFD-моделирования. На основе данных о работе реального производственного объекта была разработана математическая модель, и с помощью расчетов определено влияние повышения КПД вентилятора на энергопотребление. В результате показано, что снижение потерь воздушного потока в вентиляторах приводит к увеличению общей эффективности на 4-6% и экономии энергии до 3-5%.

Ключевые слова: шахтный вентилятор, лопатки, КПД, аэродинамическое сопротивление, микропузырьки, структурированная поверхность, энергоэффективность, энергопотребление.

Abstract. This article analyzes the possibility of reducing aerodynamic losses by creating micro-bubbles on the surface of the blades of local ventilation SVM-6 and VME-6 fans of the mine using theoretical and CFD modeling software. Based on the performance of a real production plant, a mathematical model was developed and the effect of increasing the fan efficiency on power consumption was determined through calculations. As a result, it was shown that reducing airflow losses in the fans leads to an increase in overall efficiency by 4-6% and energy efficiency savings of up to 3-5%.

ISSN 3030-3907

Keywords: mine fan, blades, efficiency, aerodynamic resistance, micro-bubbles, structured surface, energy efficiency, power consumption.

KIRISH.

Shaxta shamollatish tizimi yer osti konchilik korxonalarida eng katta elektr energiyasi iste'molchilaridan biri hisoblanadi. Ayrim yer osti konlarida umumiy 40% gacha energiya sarfi shamollatish tizimiga to‘g‘ri keladi. Ventilyator qurilmalari uzluksiz ravishda ishlashi sababli ularning samaradorligini hatto 4-6 % oshirish ham katta iqtisodiy natijalar beradi [1-3].

Shaxta mahalliy shamollatish ventilyatorlarida asosiy energiya yo‘qotishlari quyidagi holatlarda kuzatiladi:

- Ventilyator kuraklari yuzasida ishqalanish qarshiligi;
- Chegaraviy havo qatlamlari ajralishi;
- Oqimning notekisligi

Shu sababli ventilyator kuraklari sirtining mikrogeometriyasini optimallashtirish dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Mahalliy shamollatish tarmoqlarida havo taqsimotini boshqarish, shamollatishda xavfsiz sharoitlarni ta'minlash va konlarda havoni tayyorlash, shuningdek mahalliy shamollatish qurilmalari konstruktiv va energetik ko‘rsatkichlari nazariyasi va amaliyoti masalalari ko‘plab xorijiy va MDH mamlakatlari olimlari, jumladan N.I. Alymenko, B.P. Kazakov, N.O. Kaledina, F.A. Abramov, Panigrahi D.C., Mishra D.P., Fakhari S.M., Mrad H., Levin L.Yu., Sukhanov A.E., A.G. Isaevich, M.A. Semin, Ye.L. Grishin, L.Yu. Levin, A.V. Zaysev., Hassen A.E., Махмудов А., Mislibayev I.T., A.G. Yevdokimov, A.E.Krasnoshteyn, N.N. Moxirev, K.Z. Ushakov, G.Z.Faynburg, A.N.Sherban, A.A. Myasnikov, S.I. Lugovskoy, E.G. Davidov, P.F. Linden va boshqa olimlar o‘zlarining ilmiy tadqiqot ishlarida yoritgan.

Shaxta ventilyatorlarining samaradorligini oshirish masalasida turbomashinalar nazariyasi va konchilik shamollatish yo‘nalishlarida keng miqyosda izlanishlar va tadqiqotlar olib borilmoqda. Turbomashinalarning aerodinamik jarayonlari bo‘yicha fundamental yondashuvlar ko‘plab tadqiqotlarda bayon qilingan bo‘lib, ularda asosan shamollatish qurilmalarida energiya almashinuvi, kuraklar profili geometriyasi va oqimning uch o‘lchamli xususiyatlari tahlil qilingan. Kuraklar yuzasidagi ishqalanish yo‘qotishlari va ikkilamchi oqimlar umumiy foydali ish koeffitsiyentiga sezilarli ta'sir ko‘rsatishini qayd etilgan [2-5, 11].

Chegaraviy qatlam nazariyasi nuqtai nazaridan qaralganda esa oqim ajralishi va turbulentlik strukturasining shakllanishi aerodinamik qarshilikni belgilovchi asosiy omillardan hisoblanadi. Bu jarayonlar L. Prandtlning chegara

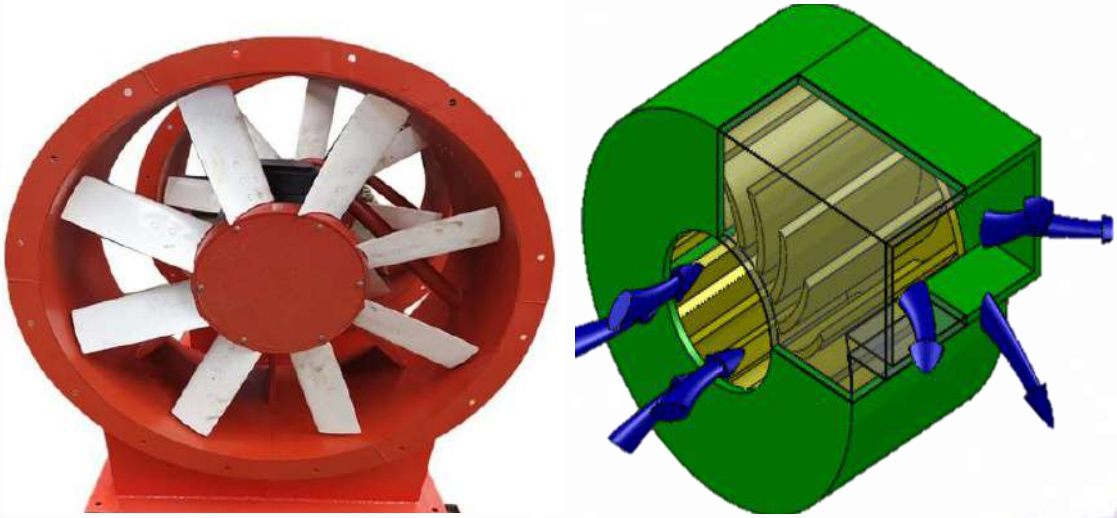
ISSN 3030-3907

qatlamlari nazariyasi asosida tahlil qilingan. Unda sirt mikrogeometriyasining chegaraviy qatlam barqarorligiga ta’siri, ayniqsa Reynolds sonining yuqori qiymatlarida eksperimental va nazariy jihardan yoritilgan [4-6, 13].

Turbulent oqimlarning energiya spektri va devor yaqinidagi zonada impuls almashinuvi mexanizmlari turbulent oqim nazariyasi asosan statistik yondashuvlar asosida tushuntirilgan. Ushbu tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sirt yaqinida sun’iy ravishda hosil qilingan mikroqatlamlar chegaraviy qatlamning energiya almashinuvini boshqarishi mumkin. Yer osti konlari shamollatish tizimlari samaradorligi va energiya sarfi masalalari yerosti konlarida xavfsiz ish muhitini yaratish uchun toza havo yetkazib berish, zararli gazlar va changni yo‘qotish hamda havo haroratini boshqarish tizimi bo‘yicha manbalarda yoritilgan bo‘lib, unda mahalliy shamollatish ventilyatorlarining uzoq muddatli uzluksiz ishlashi sababli hatto kichik samaradorlik oshishi ham sezilarli iqtisodiy foyda berishi ta’kidlangan. Suyuqlik va gazlar mexanikasi asoslari va qarshilik koeffitsiyentlarining shakllanish qonuniyatlari asosida umumlashtirilgan [1,3-5, 14].

MATERIALLAR VA USULLAR.

Ushbu nazariya va tadqiqotlar natijalariga tayangan holda, ventilyator kuraklari yuzasini mikrobotiqchalar bilan modifikatsiya qilish orqali ishqalanish va havo oqimi yo‘qotishlarini kamaytirish mumkinligi nazariy jihatdan asoslanadi.



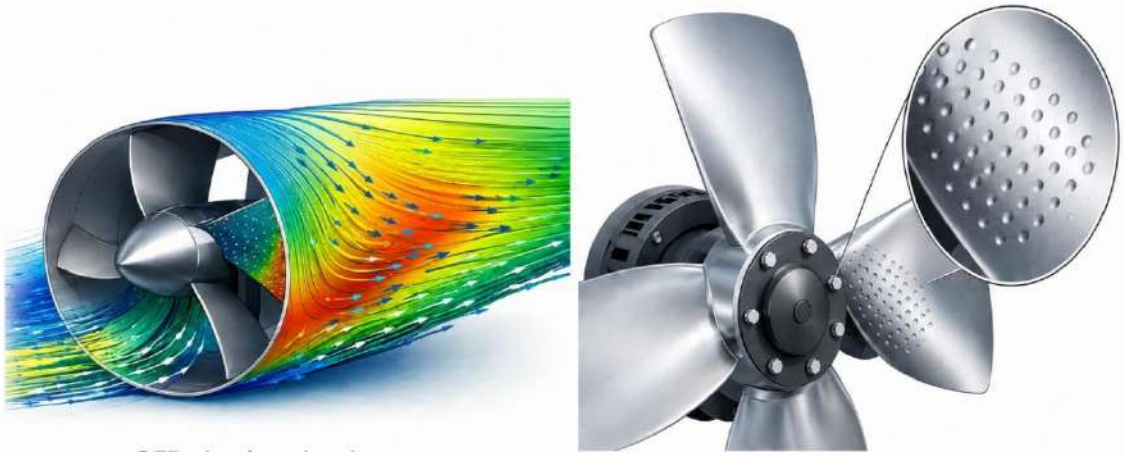
1-rasm. Hozirda ishlatilayotgan shaxta mahalliy shamollatish ventilyator qurilmalarining umumiy ko‘rinishi

Hozirgi vaqtda kon korxanalarida shamollatish tizimlarini hisoblash va loyihalashda CFD dasturlarida qo‘llaniladigan k–ω SST modeli ventilyator devori yaqinidagi havo oqimlarini aniqroq ifodalashi bilan ajralib turadi. Mazkur modelning nazariy asoslari ANSYS dasturi modellarida bayon etilgan bo‘lib,

ISSN 3030-3907

ventilyator qurilmalaridagi havo ajralish jarayonlarini modellashtirishda keng qo‘llaniladi [7-9, 14-17].

Olib borilgan tadqiqotlar va adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ventilyator qurilmalari kuraklarini sirt yuzasi mikrostrukturasi orqali aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirish nazariy jihatdan asoslangan bo‘lsada, aynan shaxta mahalliy shamollatish ventilyator qurilmalari kuraklari yuzasi uchun kompleks CFD dasturlarida loyihalash va energetik jihatdan baholash ishlari yetarli darajada olib borilmagan. Ushbu tadqiqot ishi shu yo‘nalishda olib borilgan izlanishlarni yanada boyitadi va havo yo‘qotilishlarini va qurilmalarning energiya sarfini yanada kamaytirish imkonini beradi [10-12, 17].



a) **b)**

2-rasm. Taklif etilayotgan konstruksiyadagi ventilyator kuragi (b) va oqim yo‘nalishi (a)

Tadqiqot jarayonida mahalliy shamollatish qurilmalarida oqim ish rejimi, aerodinamik qarshilik ko‘rsatkichlari, kuraklardagi mikrobotiqchalarning ta’sir mexanizmi, matematik modelning energetik ko‘rsatkichlari, yillik energiya sarfi va ventilyatorlarning konstruktiv parametrlari aniqlandi va natijalar tahlil qilindi. Oqim ish rejimi quyidagicha aniqlanadi.

Reynolds soni:

$$R_e = \frac{\rho v L}{\mu}$$

bu yerda:

$\rho \approx 1.2$ kg/m³ - havoning zichligi, kg/m^3;

$\mu \approx 1.8\times10^{-5}$ havoning dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, Pa·s;

$L \approx 0.8$ m - kurak uzunligi yoki diametri, m;

$v \approx 15–25$ m/s - havo oqimining tezligi, m/s;

Hisoblash natijasida: $Re\approx(1–2)\times10^6$, bu to‘liq turbulent oqim rejimidir.

Aerodinamik qarshilik kuchi quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlanadi:

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho V^2 A$$

ISSN 3030-3907

bu yerda:
C_d – aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti;
ρ – havo oqimi zichligi, kg/m^3;
A – oqim ta'sir qiluvchi yuzasi, m^2

Silliq sirt uchun: C_d≈0,020, mikrobotiqchali sirt uchun: C_d≈0,018. Bu 5-10% kamayishini anglatadi.

Mikrobotiqchalar hosil qilinishi natijasida quyidagi ta'sir mexanizmlari kuzatiladi:

- Mikrobotiqchalar hosil qilinadi;
- Chegaraviy qatlam energiyasi barqarorlashadi;
- Oqim ajralishini kechiktiradi;
- Bosim tiklanishini yaxshilaydi.

Natijada oqim sirtga uzoqroq yopishadi, ajralish zonasi kichrayadi, umumiy aerodinamik yo'qotilishlar kamayadi [13-16].

Shaxta mahalliy shamollatish ventilyatorining quvvati yuqoridagi ifodalarni hisobga olgan quyidagicha aniqlanadi:

$$N = \frac{Q\Delta P}{\eta}$$

bu yerda:
Q – havo sarfi, m^3/s;
ΔP – bosim farqi, Pa;
η – foydali ish koeffitsiyenti, (FIK);
Q = 180 m^3/s, ΔP = 1800 Pa
Boshlang'ich holat: η_1=0.82 → N_1 = 395 kW
η_1 – oddiy silliq yuzali ventilyator kuragining foydali ish koeffitsiyenti (FIK);
0.82 – ventilyatorning boshlang'ich samaradorligi, ya'ni 82 %;
N_1 – boshlang'ich holatdagi ventilyator iste'mol qiladigan quvvat;
Mikrobotiqchali holat: η_2=0.86 → N_2 = 377 kW
η_2 – mikrobotiqchali kurakning foydali ish koeffitsiyenti;
0.86 – ventilyator samaradorligi 86 % ga oshgan holat;
N_2 – mikrobotiqchali kurak qo'llangandagi quvvat sarfi;
Quvvat tejalishi: ΔN=18 kW

Ventilyator qurilmasining yillik energiya samaradorligi quyidagicha aniqlanadi:

$$E=\Delta N*24*365 = 160000 \text{ kWh}$$

ΔN – tejalgan quvvat, (kW)
24 – bir sutkadagi ish soati;
365 – yil kunlari soni.

ISSN 3030-3907

Ma’lum bir yer osti koni hududida 10 dan ortiq mahalliy shamollatish ventilyator qurilmalari bir vaqtda ishlaydi deb hisoblansa, umumiy tejash miqdori sezilarli darajada oshadi.

Ventilyator qurilmasini konstruktiv tahlili

Optimal mikrobotiqcha parametrlari:

- Diametr: 1–3 mm
- Chuqurlik: 0.2–0.5 mm
- Qamrov: 40–60%
- Kuraklarning joylashish: 30–70 %

Juda katta botiqchalar ishqalanishni oshiradi va struktura mustahkamligini kamaytiradi.

CFD modellashtirish (Solid Works Flow Simulation) orqali quyidagi natijalar olinadi:

1. Bosim konturlari
2. Tezlik vektorlari
3. Devorning siljish kuchlanishi
4. Burovchi moment va quvvat

CFD modellashtirish natijalar jadvali

1-Jadval

Parametr	**Silliq kurak**	**Mikrobotiqcha**	**Farq**
C_d	0,020	0,018	-10%
ΔP (Pa)	1800	1710	-5%
Moment (kNm)	25	23,08	-5%
FIK (η)	0,82	0,86	+4,8%
Quvvat (kW)	395	377	-18
Yillik energiya (kWh)	-	-	160 000

Shaxta mahalliy shamollatish ventilyatori uchun mikrobotiqchali kuraklar sirtining qo‘llanilishi asoslanadi [8-9, 15-17].

CFD modellashtirish orqali aerodinamik yo‘qotishlarni kamaytirish va energiya sarfini sezilarli miqdorda tejash isbotlandi.

Shaxtalarda real ishlab chiqarish holati parametrlari asosida energiya samaradorligi oshishi aniqlandi.

Silliq yuzali oddiy kurak:

$$\eta = 0{,}78 + 0{,}04(r - 0{,}6) - 0{,}06(r - 0{,}75)^2$$

η – mahalliy aerodinamik samaradorlik;

r – kurak radiusining nisbiy koordinatasi;

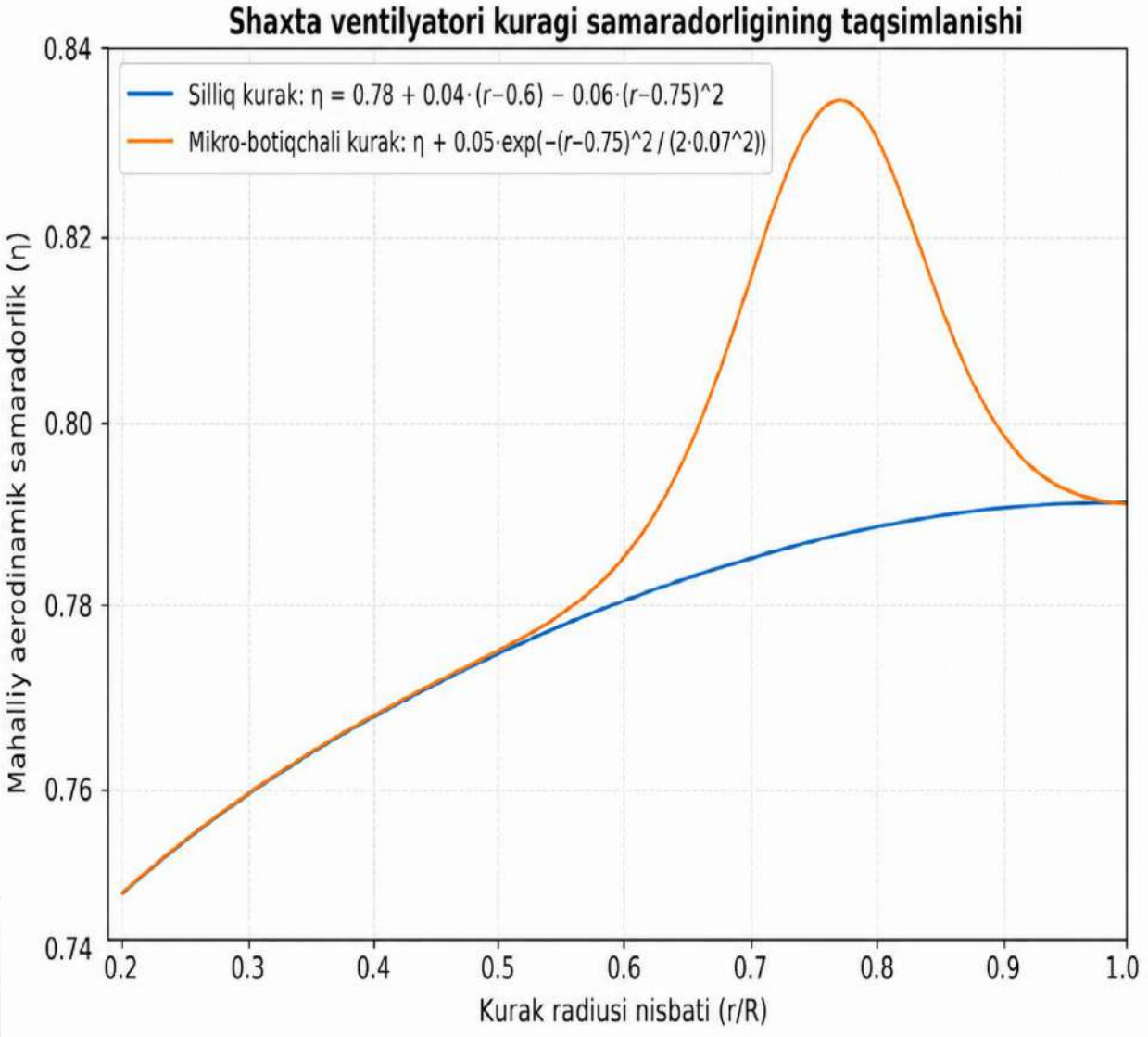
0,78 – bazaviy samaradorlik qiymati;

ISSN 3030-3907

0,04(r−0,6) – radius bo‘yicha chiziqli o‘zgarish;
$0,06(r-0,75)_2$ – parabola ko‘rinishidagi kamayish funksiyasi.
Mikrobotiqchali yuzali kurak:

$$\eta_{micro} = \eta + 0,05 * \exp\left(- \frac{(r-0,75)^2}{2 \cdot 0,07^2} \right)$$

bu yerda: η_{micro} – mikrobotiqchali kurak samaradorligi;
η – oddiy silliq kurak samaradorligi;
exp – eksponensial funksiya;
r – radius koordinatasi;
0,75 – maksimal samaradorlik kuzatiladigan zona;
0,07 – ta’sir zonasining kengligi;
0,05 – samaradorlikning qo‘shimcha oshish qiymati.



Tadqiqot ishi tahlillari natijalariga ko‘ra kurak yuzasida hosil qilingan mikrobotiqchalar sirt yaqinida barqaror mikrobotiqchalar shakllanishiga olib keladi. Bu esa chegaraviy qatlamning energiya almashinuvini faollashtiradi, oqim ajralish zonasini qisqartiradi hamda bosim yo‘qotishlarini kamaytiradi. Natijada

ISSN 3030-3907

umumiy aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti 5-10 % gacha kamayishi mumkinligi asoslandi. Tuzilgan energetik matematik modelga bo‘yicha ventilyator qurilmaning hisobiy quvvati va CFD modellashtirish natijalari mikrobotiqchali kurak qo‘llanilganda foydali ish koeffitsiyenti 4-6 % ga oshishini va quvvat sarfi 3-5 % ga kamayishini ko‘rsatdi. Real shaxta sharoiti parametrlari asosida bu o‘rtacha 18-20 kW quvvat tejalishiga teng bo‘lib, uzluksiz ish sharoitida yillik energiya tejamkorligi sezilarli miqdorni tashkil etadi. Bir nechta ventilyatorlar mavjud bo‘lgan shaxtalarda bu ko‘rsatkich katta iqtisodiy samaraga olib keladi.

XULOSA.

Tadqiqot ishida shaxta mahalliy shamollatish ventilyatorlari kuragi yuzasini mikrobotiqchalar bilan modifikatsiya qilish orqali aerodinamik qarshiliklar va havo oqimi bosimi yo‘qotishlarini kamaytirish va energetik samaradorlikni oshirish imkoniyatlari nazariy hamda sonli modellashtirish usullari asosida kompleks ravishda o‘rganildi. Oqim parametrlarining tahlili Reynolds sonining ($Re \approx 10^6$ tartibida) yuqori qiymatga ega ekanligini va jarayon to‘liq turbulent rejimda kechishini ko‘rsatdi. Shu sababli devor yaqinidagi chegaraviy qatlamlar dinamikasini boshqarish ventilyator energiya samaradorligini oshirishda muhim omil sifatida qaraldi.

Shuningdek, mikrobotiqchalar geometriyasining optimal parametrlari aniqlanib, ularning aerodinamik samaradorlik va konstruktiv mustahkamlik o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlashi ko‘rsatildi. Juda yirik yoki ortiqcha chuqur strukturalar aks ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi ilmiy jihatdan asoslandi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari shaxta aksial ventilyatorlari uchun mikrostrukturali sirt texnologiyasini qo‘llash energiya samaradorligini oshirishning istiqbolli va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq yo‘nalishi ekanligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar kelgusida tajriba-sanoat sinovlari va konstruktiv takomillashtirish ishlari uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Panigrahi D.C., Mishra D.P. CFD Simulations for the Selection of an Appropriate Blade Profile for Improving Energy Efficiency in Axial Flow Mine Ventilation Fans. *Journal of Sustainable Mining*, 2014, Vol. 13, Issue 1, Article 6. DOI: 10.46873/2300-3960.1271.

2. Fakhari S. M., Mrad H. Optimization of an axial-flow mine ventilation fan based on effects of design parameters. *Results in Engineering*, 2024, Vol. 21, Article 101662.

3. Levin L.Y., Sukhanov A.E., Isaevich A.G. Enhanced energy efficiency of ventilation in potash mines by means of sequential airing of service rooms. *Mining*

Informational and Analytical Bulletin, 2023, No. 4, pp. 93–106. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_4_0_93.

4. M.A. Semin, Ye.L. Grishin, L.Yu. Levin, A.V. Zaysev. Automated ventilation control in mines. Challenges, state of the art, areas for improvement. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2020.

5. Hassen A. E. Flow Characterization in Mine Ventilation Fan Blade Design Using CFD. ResearchGate / conference publication, 2021.

6. Махмудов А., Мусурманов Э.Ш., Ахмедов С.Т. Повышение эффективности проветривания шахты управлением потоком воздуха // *Universum: технические науки*. — 2023. — № 9(114). — С. 16–21. DOI: 10.32743/UniTech.2023.114.9.16013.

7. Musurmanov E.Sh. Optimization of ventilation with complex ventilation networks of mines. // **Web of Scientist: International Scientific Research Journal (WoS)** – Indonezia, 2022. Vol. 3, Issue 12. - pp. 243-254. **Impact Factor:** 7.565.

8. Musurmanov E.Sh. Murakkab kon-texnologik sharoitli konlarda uchastkalarni shamollatishni optimallashtirish. // «Ilm-fan va innovatsion rivojlanish» ilmiy jurnali. 2023 yil. – 3-son. – 24-31 b. (04.00.16; №8).

9. Mislibayev I.T., Musurmanov E.Sh. G‘ujumsoy koni stvolida havo oqimini boshqarish samaradorligini oshirishda havo pardasini qo‘llash. // «Ilm-fan va innovatsion rivojlanish» ilmiy jurnali, 2023 yil. – 5-son. – 23-32 b. (04.00.16; №8).

10. Мислибаев И.Т., Махмудов А., Мусурманов Э.Ш. Исследование кинематика движения потока воздуха при вентиляции тупиковых рабочих мест шахты // *Academic Research in Educational Sciences*. – 2021. – Т. 2. – № 6. – С. 226–236.

11. Azamat Mahmudov, Elyor Musurmanov, Akbar Chorikulov , Shokhrukh Tukhtaev. Justification of the development of the ventilation network and increasing the efficiency of ventilation equipment by controlling the movement of air flow // Proceedings Volume 12986, Third International Scientific and Practical Symposium on Materials Science and Technology (MST-III 2023); 1298610 (2024) https://doi.org/10.1117/12.3017914.

12. Elyor Musurmanov. Researching of aerodynamic indicators of non-hermetic solder in modeling of ventilation networks / Proceedings of the iv international conference on advances in materials, earth science, and technology. Camstech-IV 2024 29–31 october 2024, Bukhara, Uzbekistan. https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/3390/1/020027/3382754/researching-of-aerodynamic-indicators-of-non?redirectedfrom=fulltext

13. Musurmanov E.Sh. Shamollatish tarmoqlarini modellashtirishda germetik bo‘lmagan kon lahimlarida aerodinamik ko‘rsatkichlarni eksperimental tadqiq qilish. // “Ilm-fan va innovatsion rivojlanish” Ilmiy – texnik jurnali, Volume 7 | issue 6| november – december 2024, 8-17 b. (04.00.10; №8). https://ilm-fan-journal.csti.uz/index.php/journal/search?subject=channel
14. Musurmanov E.Sh., Umirzaqov O‘.T. Tuxtayev Sh.Z. Konlarga berilayotgan havo oqimini yo‘naltirish va boshqarish orqali energiya samaradorligini oshirish // “Tadqiqotlar” jahon ilmiy – metodik jurnali, 51-son_3-to‘plam_Dekabr-2024, 212-219 b. https://scientific-jl.org/tad/issue/view/137
15. Ахмедов С.Т., Махмудов А., Мусурманов Э.Ш. Исследование и разработка моделей вентиляционных сетей золоторудных шахт Узбекистана // “O‘zbekiston konchilik xabarnomasi” ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali, 2025 yil №1, 24-27 betlar, DOI:10.54073/GV.2025.1.100.004.
16. Maxmudov A., Musurmanov E.Sh., Axmedov S.T., Umirzaqov O‘.T. Yer osti ruda konlari gorizontal kon lahimlarini qazib olish va shamollatishda texnologik yechimlarni tadqiq etish. // “**Development of Science**” ilmiy jurnali, 2025 yil **Issue 5., Volume 4., 107-114 b.** https://devos.uz/article.php?id=764
17. Musurmanov E.Sh. Konlarni shamollatishda kon-texnologik omillarni shamollatish jarayoni samaradorligiga bog‘liqligini tadqiq qilish. // “**Development of Science**” ilmiy jurnali, 2025 yil **Issue 10., Volume 5., 176-186 b.** https://devos.uz/article.php?id=2272

ISSN 3030-3907

RESEARCHING ON HYBRID TECHNOLOGIES FOR CNC MACHINES AND ADDITIVE TECHNOLOGIES.

Oybek Khaydarov
Department of Mechanical Engineering, Navoi State University of Mining and Technologies ,Navoi, Uzbekistan
E-mail: oybekkhaydaroff@gmail.com
Sayfidinova Makhliyo
PhD student, Navoi State University of Mining and Technologies
Oripov Dostonjon
Department of Mechanical Engineering, Navoi State University of Mining and Technologies ,Navoi, Uzbekistan

Abstract. Trend of mass customization of lightweight construction in industry became more popular due to economical efficiency. Nevertheless, many researchers find it extremely complicated to research synergy hybrid technologies for CNC machines and additive technologies. More flexible processes are needed which were improved by the additive manufacturing technology. This production method offers a high-micro-geometrical freedom and elaborate utilization of the used material. To compensate contradictions like form inexactitude and surface roughness, hybrid machines combining additive and subtractive manufacturing are developed. Furthermore the combination of additive and subtractive manufacturing allows the production of ready to use products within one single machine. Undoubtedly, researching is often vital for career advancement, to obtain funding, to obtain academic qualifications, or for all these reasons. Scientists are trying to achieve 4 main goals-developing of suitable materials, improve surface quality, implement special tools and inexpensive producing of materials. In this scientific article we describe the basic steps to follow researching and making the overall result attractive and acceptable for publication.

Keywords: Additive manufacturing, industry, CNC, hybrid processes, combination

Аннотация. Тенденция массовой индивидуализации легких конструкций в промышленности становится всё более популярной благодаря экономической эффективности. Тем не менее многие исследователи считают изучение синергии гибридных технологий для станков с ЧПУ и аддитивных технологий достаточно сложной задачей. Требуются более гибкие производственные процессы, которые были усовершенствованы благодаря технологии аддитивного производства. Данный метод производства обеспечивает высокую свободу микрогеометрического формообразования и эффективное использование применяемого материала. Для устранения таких противоречий, как неточность формы и

шероховатость поверхности, разрабатываются гибридные станки, объединяющие аддитивное и субтрактивное производство. Кроме того, сочетание аддитивного и субтрактивного производства позволяет изготавливать готовые к использованию изделия в пределах одного станка. Несомненно, научные исследования часто имеют важное значение для карьерного роста, получения финансирования, приобретения академической квалификации или достижения всех этих целей одновременно. Ученые стремятся достичь четырех основных целей: разработки подходящих материалов, улучшения качества поверхности, внедрения специальных инструментов и снижения стоимости производства материалов. В данной научной статье описываются основные этапы проведения исследований и подготовки общего результата таким образом, чтобы он был привлекательным и приемлемым для публикации.

Ключевые слова: аддитивное производство, промышленность, ЧПУ, гибридные процессы, комбинирование.

Annotatsiya. Sanoatda yengil konstruksiyalarni ommaviy individuallashtirish tendensiyasi iqtisodiy samaradorlik tufayli tobora ommalashib bormoqda. Shunga qaramay, ko‘plab tadqiqotchilar CNC dastgohlari va additiv texnologiyalar uchun gibrid texnologiyalar sinergiyasini tadqiq qilishni juda murakkab deb hisoblaydilar. Additiv ishlab chiqarish texnologiyasi yordamida takomillashtirilgan yanada moslashuvchan jarayonlarga ehtiyoj mavjud. Ushbu ishlab chiqarish usuli yuqori darajadagi mikrogeometrik erkinlikni hamda foydalanilayotgan materialdan samarali foydalanishni ta’minlaydi. Shakl noaniqligi va sirt g‘adir-budurligi kabi qarama-qarshiliklarni bartaraf etish uchun additiv va subtraktiv ishlab chiqarishni birlashtiruvchi gibrid dastgohlar ishlab chiqilmoqda. Bundan tashqari, additiv va subtraktiv ishlab chiqarishning kombinatsiyasi tayyor mahsulotlarni bitta dastgohning o‘zida ishlab chiqarish imkonini beradi. Shubhasiz, ilmiy tadqiqotlar ko‘pincha martaba rivoji, moliyalashtirish olish, akademik malakaga ega bo‘lish yoki ushbu maqsadlarning barchasiga erishish uchun muhim ahamiyatga ega. Olimlar to‘rtta asosiy maqsadga erishishga intilmoqda: mos materiallarni ishlab chiqish, sirt sifatini yaxshilash, maxsus asboblarni joriy etish va materiallarni arzon ishlab chiqarish. Ushbu ilmiy maqolada tadqiqot olib borish va umumiy natijani nashr uchun jozibador hamda maqbul holatga keltirishda amal qilinishi lozim bo‘lgan asosiy bosqichlar bayon etilgan.

Kalit so‘zlar: additiv ishlab chiqarish, sanoat, CNC, gibrid jarayonlar, kombinatsiya.

INTRODUCTION.

ISSN 3030-3907

Every researcher has been face to face with a blank page at some stage of their career, wondering where to start and what to write first. Describing one's research work in a format that is comprehensible to others, and acceptable for publication is not easy task. When you invest a lot of time, energy and often money in your research, you become intimately and emotionally involved. Naturally, you are convinced of the value of your research, and of its seriousness for the scientific community. [1]

The rapid progress of digital innovations of and the transition to next-generation manufacturing models are driving a rapid transformation of traditional manufacturing methods. One key area of this transformation is the integration of additive manufacturing with high-precision subtractive machining methods implemented on computer numerical control (CNC) machines. Hybrid manufacturing systems, which combine additive and subtractive processes within a single technological complex, significantly expand the capabilities of modern mechanical engineering, increasing the precision, efficiency and flexibility of manufacturing complex parts. [2]



Figure 1. The distinction between subtractive and additive manufacturing processes.

Here we can see difference between subtractive and additive manufacturing. With the first technologies, we can see raw materials being processed using a CNC machine, obtaining finished products, but at the same time, we experience material loss in the form of metal shavings, which in turn affects the price of the final product. In the second case we can see additive manufacturing which offers us raw material in powder form and layer-by-layer printing The end result is a part that is in no way inferior to one prepared using a

ISSN 3030-3907

CNC machine, and what's important is that there are virtually no losses in the form of chips, which in turn also affects pricing, that is, it reduces the cost price and increases the corporation's income.

The excellence of hybrid systems lie not only in increased productivity, but also in the ability to locally strengthen materials, reduce the number of equipment transitions, increase surface quality and optimize material consumption. Despite significant advances in this field, optimization of the interconnected processes of deposition and subsequent machining, increased stability of process modes and the development of universal modeling and control methods remain pressing. [3]

Technology	Achievable quality	Layer height	Minimum wall thickness	Tolerance	Cost	Strength
SLS-3D Printing	High	32-50μm	0.3mm	L <100mm, +/-0.1mm; L>100mm, +/-0.1%*L	Affordable	High
MJF-3D Printing	High	50μm	0.5mm	L <100mm, +/-0.15mm; L>100mm, +/-0.15%*L	Affordable	High
DMLS-Metal-3D Printing	High	50-100μm	0.5mm	L <100mm, +/-0.1mm; L>100mm, +/-0.1%*L	A bit expensive but affordable	Super
FDM-3D Printing	Low to medium	50-200μm	0.8mm	L <100mm, +/-0.25mm; L>100mm, +/-0.25%*L	Cheap to expensive	Low to high(based on materials)
SLA-3D Printing	High	25-100μm	0.5mm	L <100mm, +/-0.1mm; L>100mm, +/-0.1%*L	Cheap	Low
CNC-Plastics	High	NA	NA	0+/-0.1mm	Cheap	High
CNC-Metals	High	NA	NA	0+/-0.03mm-0.1mm	Affordable	Super

Figure 2. Here presents the technology types with along achievable quality, surface finish, minimum wall thickness, allowable variation, cost and the mechanical strength of the final product.

In this regard, the study of hybrid manufacturing systems based on a combinations of additive technologies and CNC machine tools represents an important scientific and practical challenge. It allows us to identify key patterns in the formation of material properties and geometric accuracy during sequential processes of material addition and removal, as well as propose new approaches to the design, control and digitalization of such technological systems.

This study aims to analyze the architecture of hybrid manufacturing systems, study their operational characteristics and identify factors influencing the quality and efficiency of manufacturing. The results obtained may contribute to the further development of integrated manufacturing technologies and enhance the competitiveness of high-tech industries.[4]

MATERIALS AND METHODS.

This study was based on an analytical review of additive, subtractive and hybrid manufacturing technologies. Scientific publications, technical data and

ISSN 3030-3907

graphical materials related to CNC machining and additive manufacturing were used as research materials.

The methodology included three main stages. First, additive and subtractive manufacturing processes were analyzed. Second, hybrid manufacturing systems combining additive manufacturing and CNC machining were classified. Third, the main technological indicators, such as material use, surface quality, dimensional accuracy and production efficiency, were compared.

RESULTS.

The analysis of hybrid manufacturing technologies showed that the combination of additive manufacturing and CNC machining provides several technological advantages. Additive manufacturing allows producing complex parts by layer-by-layer deposition of material, while CNC machining improves dimensional accuracy and surface quality by removing excess material.[5]

According to the reviewed materials, additive manufacturing reduces material losses because the part is formed directly from powder or filament material. In contrast, subtractive manufacturing produces chips during machining, which increases material waste and affects the cost of the final product. Therefore, hybrid manufacturing can be considered a more efficient approach because it combines the material-saving advantage of additive manufacturing with the accuracy of CNC machining.[6]

The results also showed that different finishing methods can improve the quality of additively manufactured parts. Abrasive finishing reduces stair-stepping marks, barrel finishing smooths rough surfaces, and chemical finishing improves surface appearance. However, CNC machining remains one of the most effective methods for improving dimensional accuracy and surface finish after additive manufacturing.

The main advantages of hybrid additive–subtractive manufacturing are summarized in Table 1.

Table 1.

Main results of hybrid additive–subtractive manufacturing analysis

Technological aspect	Result
Material use	Material waste is reduced compared with traditional CNC machining
Surface quality	CNC machining and finishing methods improve surface roughness
Dimensional accuracy	Final accuracy is increased after post-machining

ISSN 3030-3907

Production flexibility	Complex parts can be manufactured more easily
Manufacturing process	Additive and subtractive operations can be combined in one machine
Final product quality	Ready-to-use products can be obtained with fewer technological transitions

Thus, the results confirm that hybrid manufacturing systems are effective for producing complex parts with improved quality. The combination of additive and subtractive manufacturing makes it possible to reduce material waste, improve surface finish, increase accuracy and produce ready-to-use parts within one technological system. This idea is also stated in the article, where hybrid machines are described as systems that combine additive and subtractive manufacturing to compensate for form inaccuracy and surface roughness.[7]

DISCUSSION.

The general model of a hybrid manufacturing system can be expressed as:

ISSN 3030-3907

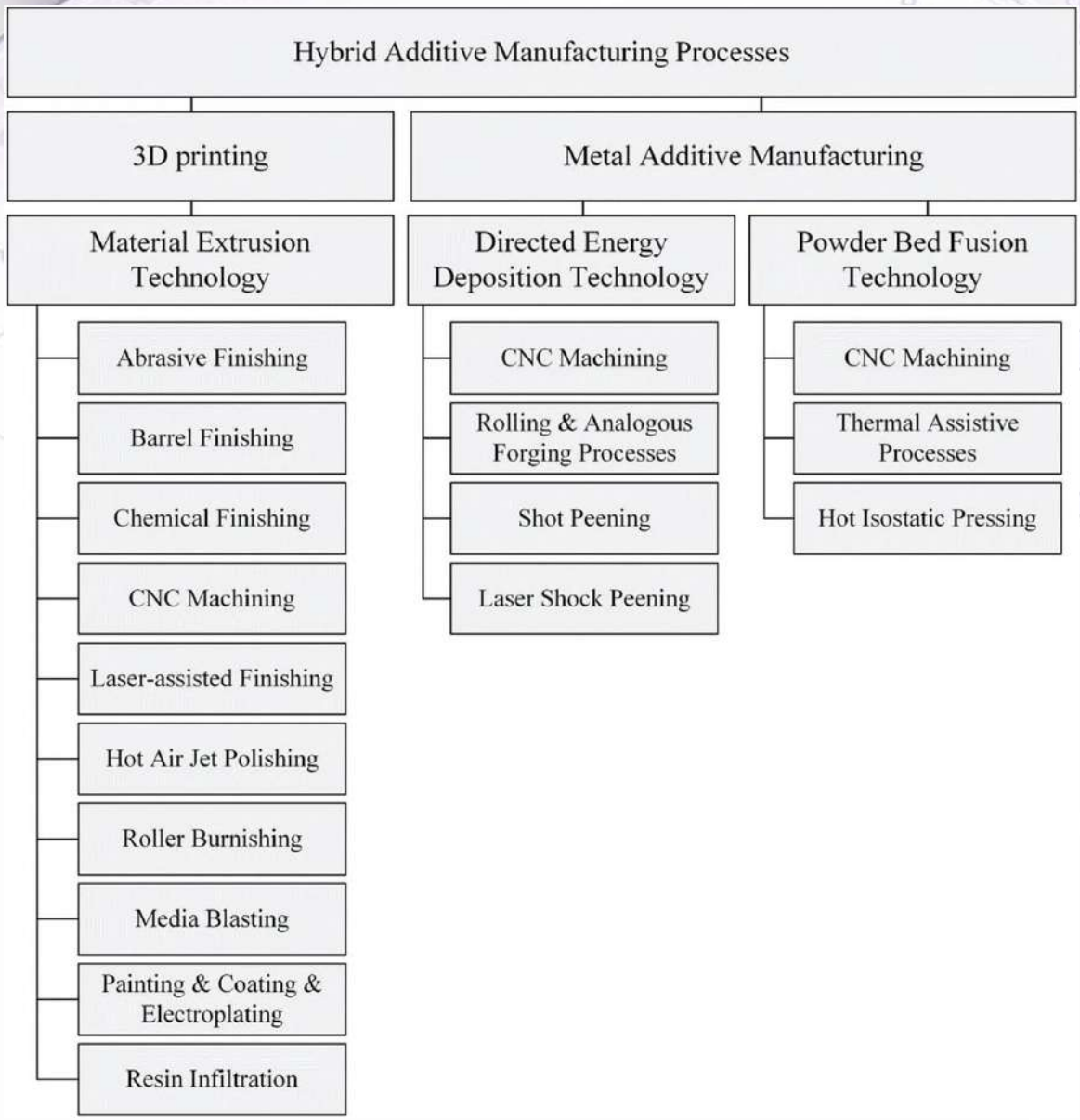


Figure 3. The classification of the hybrid additive processing is illustrated in this figure 3 [1]

Hybrid processes in the field of 3D printing. Layered formation of polymetric 3D objects throughout material extrusion, referred to as fused filament fabrication has been largely performed through solidification of molten base material deposited via a nozzle head on particular extrusion path. Rapid fabrication of typical thermoplastics causes accompanying issues with the appearance and the strength. A viable route for partial determination of specified drawbacks is the rational selection of deposition path, build orientation, raster angle, road width and slice thickness. Still, a complete solve impossible without synergy hybrid processes.[8]

Abrasive finishing. Researchers have taken superiority of abrasive flow machining on eradicating the stair-stepping leftover on the parts manufactured by stereolithography. Lately, researchers have examined the effect of abrasive flow

ISSN 3030-3907

machining on both external and internal features of samples produced by fused filament fabrication, where abrasive particles (silicon carbide, cubic boron nitrate) sustained in a particular medium does the actual material removal work. The researchers have reported that hundred-micron-sized abrasives decrease the average surface roughness (R_a) up to 1 μm and 6 μm for an external arc and internal hole. As inferred from the study, the achievable quality of internal surfaces is a significant barrier for abrasive finishing methods.

Barrel finishing. Barrel finishing is interchangeably used to designate the process of smoothing rough surfaces in a rotating unit filled with a particular media as well as water or preferable lubricants. Thermoplastic parts retained in a centrifugal barrel containing the main media can be polished after several hours, which makes barrel finishing a comparatively slow post-processing option. The researchers have reported an developed surface roughness (R_a=5 μm) with the application of a 16 hour barrel finishing on sample part. Even though surface quality and machining time are highly governed by the initial surface morphology, the thickness of the abraded layer at the best case still reaches to a hundred microns.[9]

Chemical finishing. The dissolution of engineering polymers in particular chemical agents called chemical finishing, conducts to the best surface finish among all methods and is characterized by a shiny appearance. Cheap chemicals provide the fastest way of decreasing stair-steps in typical 3D printing applications (acetone) dissolves acrylonitrile butadiene styrene in a few seconds. Instead of pure liquid immersion, making use hot vapor or cold vapor of the chemical is preferable depending on the inteded characteristics. CNC machining. Coupling of the mechanical engineering technology with CNC machining offers faster production capability, because the additive stage of the fabrication might be handled employing thinker material layers. Furthermore, parts' dimentional accuracy becomes independed of imprefections originating from the additive technology since it is controllable upon post-machining. In recent years, the researchers has aimed more emphasis on the development of hybrid platforms (additive and subtractive) and modification for hybridizing some existing ones. CNC machining influence the industrial adoption of material extrusion technology by enabling scalability, for example-the coupling of large-volume additive manufacturing (with fiber-reinforced polymer) and CNC milling rapidly speeds up the process. A variety of trending attempts on this category can also include hybrid manufacturing cells comprising of fused filament fabrication machines, CNC mills, pick and place robots and multi-robotic arms with both additive and subtractive tools.

ISSN 3030-3907

		Secondary Process	Surface Quality Ra [µm]	Processing Time [min]	Processed Layer [µm]
Subtractive Combinations	Initial / Final	CNC Machining	2-4	10-42	200-690
		Chemical Finishing	0.1-1	3-40	40-800
		Barrel Finishing	3-5	100-1000	50-400
		Abrasive Finishing	1-6	20-60	50-350
Transformative Combinations	Initial / Final	Laser-assisted Finishing	0.3-10	4-10	-
		Hot Air-jet Polishing	0.2-4	3-5	-
		Roller Burnishing	0.11-0.15	2-5	300-350
		Media Blasting	4-12	1-5	-
Additive Combinations	Initial / Final	Painting/ Coating	0.7-4	60-3000	60-180
		Resin Infiltration	-	3-240	40-800

Figure 4. This figure illustrates various metal processing methods, along with surface roughness in R_a , (µm), processing time (min.) and layer thickness µm [1]

In most cases, subtractive methods integrated with directed energy deposition technology is associated with the milling (and occasionally turning) process. The main principle used in the establishment of the artifacts is to manufacture an oversized near net shape with additive manufacturing and accompanying material removal thereafter. Sometimes, the production bases on the intermediate machining strategy in certain intervals of additive layers, especially for the intricate parts with fine features.

ISSN 3030-3907

For precision manufacturing of high-complexity parts CNC machining is still reasonable to employ followed by layerwise milling on the near net shape features. [3]

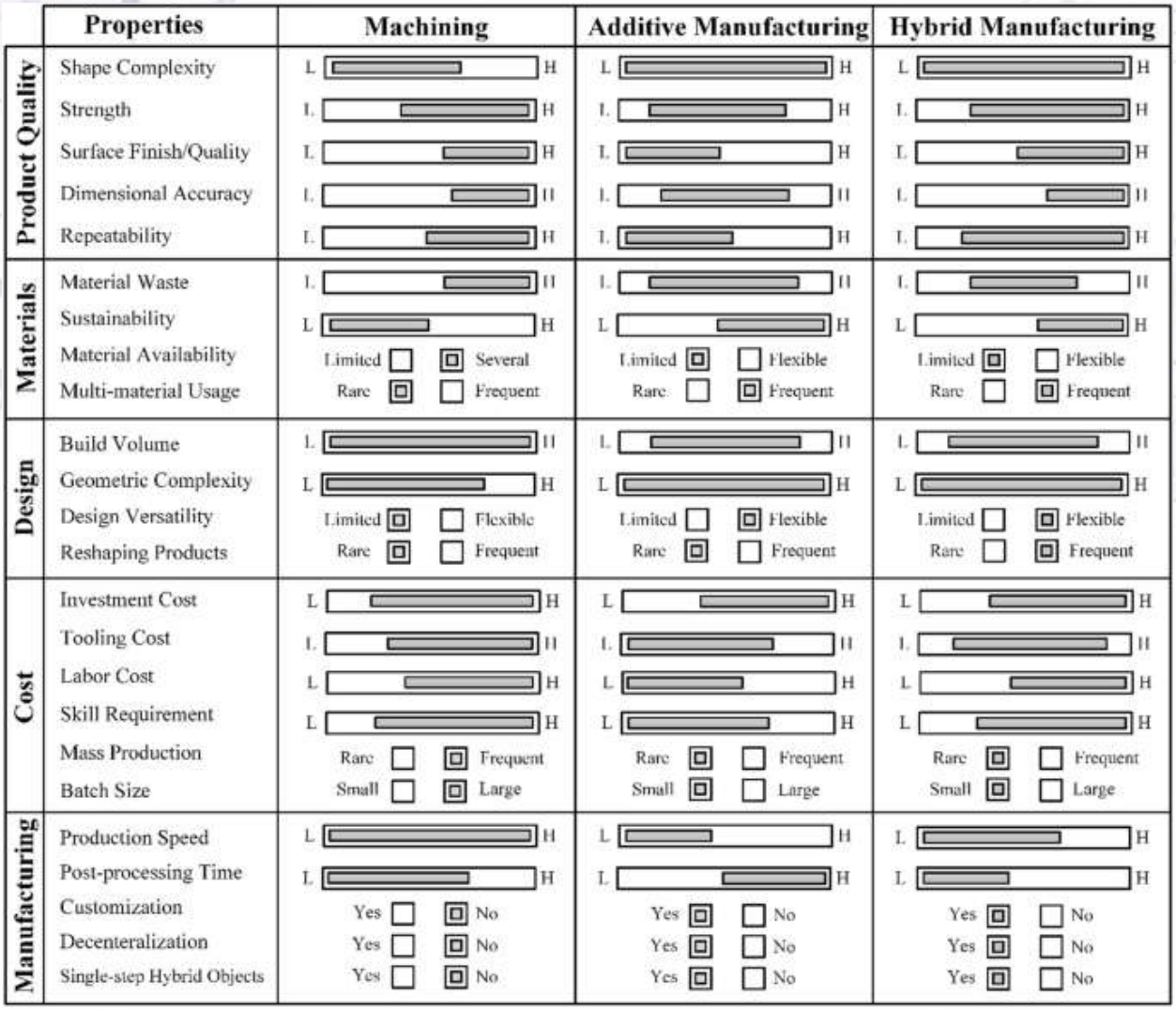


Figure 5. It is evident that different manufacturing approaches present distinct advantages and limitations across various quality metrics.

CONCLUSION. To sum up, due to pivotal advantages of hybrid manufacturing over the conventional and additive manufacturing processes, researchers have been conducting their works on different dimensions of this entirely new approach to make it more captivating in the market. Their primary goals include : 1) increasing the number of suitable materials, 2) achieving a better surface quality of the resulting products, 3) increasing special design tools for better efficiency, 4) diminish the cost of the fabrication and machinery.

REFERENCES

1. Dilberoglu, U. M., Gharehpapagh, B., Yaman, U., & Dolen, M. (2021). Current trends and research opportunities in hybrid additive manufacturing. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 113(3), 623-648.

ISSN 3030-3907

2. Merklein, M., Junker, D., Schaub, A., & Neubauer, F. (2016). Hybrid additive manufacturing technologies–an analysis regarding potentials and applications. Physics procedia, 83, 549-559.
3. Yamazaki, T. (2016). Development of a hybrid multi-tasking machine tool: integration of additive manufacturing technology with CNC machining. Procedia Cirp, 42, 81-86.
4. Owen, W.S., Grujicic, M., 1999. Strain aging of austenitic Hadfield manganese steel. Acta Materialia 47(1), 111–126.
5. Bouaziz, O., Allain, S., Scott, C.P., Cugy, P., Barbier, D., 2011. High manganese austenitic twinning induced plasticity steels: A review of the microstructure properties relationships. Current Opinion in Solid State and Materials Science 15(4), 141–168.
6. Karaman, I., Sehitoglu, H., Beaudoin, A.J., Chumlyakov, Y.I., Maier, H.J., Tomé, C.N., 2000. Modeling the deformation behavior of Hadfield steel single and polycrystals due to twinning and slip. Acta Materialia 48(9), 2031–2047.
7. Khamroev, N., Egamberdiev, I., Ashurov, K., Asatov, S., & Khamidov, B. (2024, November). Exploring the influence of the casting process, structural components and heat treatment on the mechanical properties of high-chromium cast irons: A review. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3244, No. 1, p. 060021). AIP Publishing LLC.
8. Yakhshiev, S., Egamberdiev, I., Mamadiyarov, A., Ashurov, K., Khamroev, N., Yakhshiev, S., ... & Khamroev, N. (2023). Accuracy evaluation of the output of the spindle assembly of the NT-250I lathe machine. Research on Engineering Structures and Materials.
9. Khamroev, N., Egamberdiev, I., & Ashurov, K. (2026). Effect of Chromium Content and Heat Treatment Conditions on the Structure of Wear-Resistant White Cast Irons. Archives of Metallurgy and Materials, 253-261.

ISSN 3030-3907

HYBRID MANUFACTURING SYSTEMS IN MECHANICAL ENGINEERING: INNOVATIVE APPROACHES TO INTEGRATION OF ADDITIVE AND SUBTRACTIVE METHODS.

Oybek Khaydarov
Department of Mechanical Engineering, Navoi State University of Mining and Technologies ,Navoi, Uzbekistan
E-mail: oybekkhaydaroff@gmail.com
Sayfidinova Makhliyo
PhD student, Navoi State University of Mining and Technologies
Oripov Dostonjon
Department of Mechanical Engineering, Navoi State University of Mining and Technologies ,Navoi, Uzbekistan

Abstract. This article analyses hybrid manufacturing systems that combine additive and subtractive processes in modern mechanical engineering. Hybrid manufacturing is based on the integration of 3D printing technologies and traditional machining methods such as milling, turning, drilling and grinding. Additive manufacturing provides high design freedom and enables the production of complex geometries, lightweight structures and customized parts with reduced material waste. However, it often has limitations related to surface roughness, dimensional accuracy and mechanical strength. Subtractive manufacturing, in contrast, ensures high precision, better surface quality and stable dimensional control, but it may require more material and longer processing time. By combining these two approaches, hybrid manufacturing systems make it possible to produce ready-to-use components within one technological platform. This reduces the number of machine setups, shortens production cycles and improves overall productivity. Particular attention is given to the role of hybrid systems in improving part quality, reducing manufacturing costs and increasing flexibility in production. Furthermore, the article examines the importance of hybrid manufacturing in the context of Industry 4.0. The use of digital design, automation, sensors and intelligent control systems allows enterprises to monitor and optimize production processes. Therefore, hybrid manufacturing can significantly improve the competitiveness of the mechanical engineering industry.

Keywords: hybrid manufacturing systems, productivity, mechanical engineering, additive technologies, subtractive technologies, Industry 4.0, integration.

Аннотация. В данной статье анализируются гибридные производственные системы, объединяющие аддитивные и субтрактивные процессы в современном машиностроении. Гибридное производство основано на интеграции технологий 3D-печати и традиционных методов механической обработки, таких как фрезерование, точение, сверление и шлифование.

Аддитивное производство обеспечивает высокую свободу проектирования и позволяет изготавливать сложные геометрические формы, облегчённые конструкции и индивидуализированные детали с уменьшенным расходом материала. Однако оно часто имеет ограничения, связанные с шероховатостью поверхности, размерной точностью и механической прочностью. В свою очередь, субтрактивное производство обеспечивает высокую точность, лучшее качество поверхности и стабильный размерный контроль, но может требовать большего количества материала и более длительного времени обработки. Благодаря сочетанию этих двух подходов гибридные производственные системы позволяют изготавливать готовые к использованию компоненты в рамках одной технологической платформы. Это сокращает количество переналадок оборудования, уменьшает производственный цикл и повышает общую производительность. Особое внимание уделяется роли гибридных систем в повышении качества деталей, снижении производственных затрат и увеличении гибкости производства. Кроме того, в статье рассматривается значение гибридного производства в контексте Индустрии 4.0. Использование цифрового проектирования, автоматизации, датчиков и интеллектуальных систем управления позволяет предприятиям контролировать и оптимизировать производственные процессы. Поэтому гибридное производство может значительно повысить конкурентоспособность машиностроительной отрасли.

Ключевые слова: гибридные производственные системы, производительность, машиностроение, аддитивные технологии, субтрактивные технологии, Индустрия 4.0, интеграция.

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy mashinasozlikda additiv va subtraktiv jarayonlarni birlashtiruvchi gibrid ishlab chiqarish tizimlari tahlil qilinadi. Gibrid ishlab chiqarish 3D bosib chiqarish texnologiyalari hamda frezalash, tokarlik, parmalash va silliqlash kabi an’anaviy mexanik ishlov berish usullarining integratsiyasiga asoslanadi. Additiv ishlab chiqarish yuqori loyihalash erkinligini ta’minlaydi hamda murakkab geometrik shakllar, yengil konstruksiyalar va individual detallarni kamroq material sarfi bilan ishlab chiqarish imkonini beradi. Biroq u ko‘pincha sirt g‘adir-budurligi, o‘lcham aniqligi va mexanik mustahkamlik bilan bog‘liq cheklovlarga ega. Subtraktiv ishlab chiqarish esa, aksincha, yuqori aniqlik, yaxshi sirt sifati va barqaror o‘lcham nazoratini ta’minlaydi, ammo ko‘proq material va uzoqroq ishlov berish vaqtini talab qilishi mumkin. Ushbu ikki yondashuvni birlashtirish orqali gibrid ishlab chiqarish tizimlari tayyor holatda foydalanishga yaroqli komponentlarni bitta texnologik platformada ishlab chiqarish imkonini beradi. Bu dastgohlarni qayta sozlashlar sonini kamaytiradi, ishlab chiqarish siklini qisqartiradi va umumiy unumdorlikni

ISSN 3030-3907

oshiradi. Maqolada gibrid tizimlarning detal sifatini yaxshilash, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish moslashuvchanligini oshirishdagi roli alohida ko‘rib chiqiladi. Bundan tashqari, maqolada gibrid ishlab chiqarishning Sanoat 4.0 sharoitidagi ahamiyati ham tahlil qilinadi. Raqamli loyihalash, avtomatlashtirish, sensorlar va intellektual boshqaruv tizimlaridan foydalanish korxonalarga ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Shu sababli, gibrid ishlab chiqarish mashinasozlik sanoatining raqobatbardoshligini sezilarli darajada oshirishi mumkin.

Kalit so‘zlar: gibrid ishlab chiqarish tizimlari, unumdorlik, mashinasozlik, additiv texnologiyalar, subtraktiv texnologiyalar, Sanoat 4.0, integratsiya.

INTRODUCTION.

Modern mechanical engineering increasingly emphasizes enhanced production efficiency and flexibility, necessitating the adoption of advanced technologies. Hybrid manufacturing systems, which integrate additive (3D printing) and subtractive (machining) processes, represent a promising solution, enabling the fabrication of high-precision components with complex geometries within a single production cycle [1]. These systems are widely applied in the aerospace, automotive and medical technology sectors, where precision, operational speed and efficient resource utilization are of critical importance. Within the framework of Industry 4.0, hybrid technologies are increasingly integrated with digital solutions, including advanced control systems and digital twins, thereby significantly enhancing their capabilities [2]. This article aims to examine the fundamental principles of hybrid manufacturing systems, analyze their advantages and limitations and evaluate their contribution to improving the productivity of mechanical engineering enterprises. Hybrid manufactural systems are founded on the sequential or concurrent integration of additive and subtractive processes within a single machine or production line. Additive technologies, such as laser cladding and selective laser melting, enable the fabrication of components with complex geometries while minimizing material waste [3]. Subtractive manufacturing methods, for instance milling and turning, achieve excellent precision and surface integrity, addressing the inherent limitations of additive processes such as surface roughness [4]. The core principle of hybrid systems lies in the synergy between processes: additive technologies are used to generate the primary geometry, while subtractive operations perform the finishing. This integrated approach reduces the number of manufacturing stages and diminish the need for transferring workpieces between different machines [5]. Technological features. Modern hybrid machines, such as CNC systems equipped with integrated laser cladding and milling capabilities, operate through unified

ISSN 3030-3907

software platforms for process control [6]. For instance, a component may be fabricated using metal powder-based additive techniques and subsequently machined in situ with a milling tool to achieve the required level of precision. This approach is particularly advantageous for parts featuring internal cavities or complex geometries that cannot be produced using conventional methods without additional assembly operations [7].

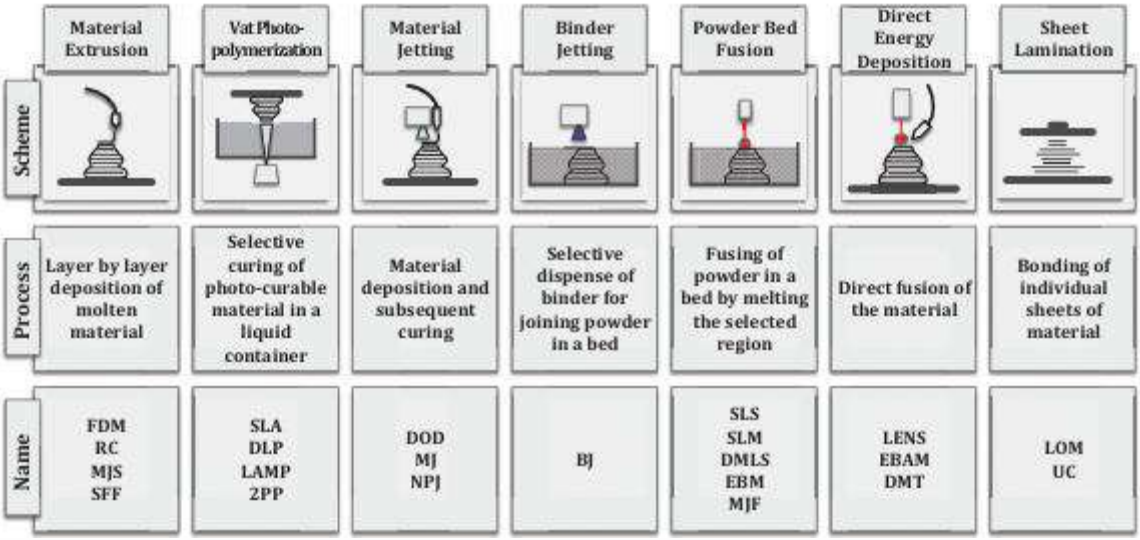


Figure 1. A current state of the art classification of additive manufacturing processes [11].

MATERIALS AND METHODS.

This study was carried out using a systematic analytical approach focused on the integration of additive and subtractive technologies in mechanical engineering. The research materials included scientific sources, technical descriptions of hybrid machines, and information related to Industry 4.0 technologies, including automation, sensors, digital twins and intelligent control systems.

The methodology consisted of three stages. First, the functional roles of additive and subtractive processes in hybrid manufacturing systems were analyzed. Second, the influence of digital technologies on process control and production stability was studied. Third, the contribution of hybrid systems to productivity, resource efficiency and manufacturing flexibility was evaluated.

The general structure of a digitally controlled hybrid manufacturing system can be expressed as:

$$HMS = AM + SM + DC$$

Where HMS is the hybrid manufacturing system, AM is additive manufacturing, SM is subtractive manufacturing, and DC is digital control.

RESULTS.

ISSN 3030-3907

The analysis showed that hybrid manufacturing systems improve the productivity of mechanical engineering enterprises not only by combining additive and subtractive processes, but also by integrating digital control technologies. Additive manufacturing forms the initial geometry of a part, while subtractive machining provides the required dimensional accuracy and surface quality. Digital control systems, sensors and intelligent monitoring improve the stability of these processes.

The main results are presented in Table 1.

Table 1.

Influence of hybrid manufacturing systems on production efficiency

Factor	Effect on production
Additive manufacturing	Produces complex geometry and reduces material waste
Subtractive machining	Improves surface quality and dimensional accuracy
Digital control	Stabilizes the manufacturing process
Sensors and monitoring	Detect process deviations in real time
Digital twins	Help simulate and optimize production parameters
Industry 4.0 integration	Increases automation and competitiveness
One-platform production	Reduces machine setups and production time

The results indicate that hybrid manufacturing systems can reduce production stages and improve the quality of complex parts. In comparison with traditional production, hybrid systems make it possible to perform material deposition and finishing operations within one technological platform. This reduces repositioning errors, shortens the production cycle and improves process reliability.

Another important result is that Industry 4.0 technologies increase the efficiency of hybrid systems. Sensors and digital monitoring allow real-time control of machining conditions, while intelligent control systems help optimize process parameters. As a result, hybrid manufacturing becomes more suitable for producing high-precision parts in aerospace, automotive and medical engineering.

Advantages and limitations of hybrid systems. One of the key advantages is reduced production time: integrating additive and subtractive processes within a single machine removes the need to transfer parts between separate production areas, thereby accelerating the manufacturing cycle [8].

ISSN 3030-3907

Quality improvement. Subtractive machining mitigates the inherent limitations of additive manufacturing, including inadequate surface finish, by enabling precision at the micrometre scale [9].

Resource conservation. Hybrid manufacturing systems reduce material waste, as additive processes utilize only the necessary amount of raw material, while subtractive operations remove only a minimal excess of material [10].

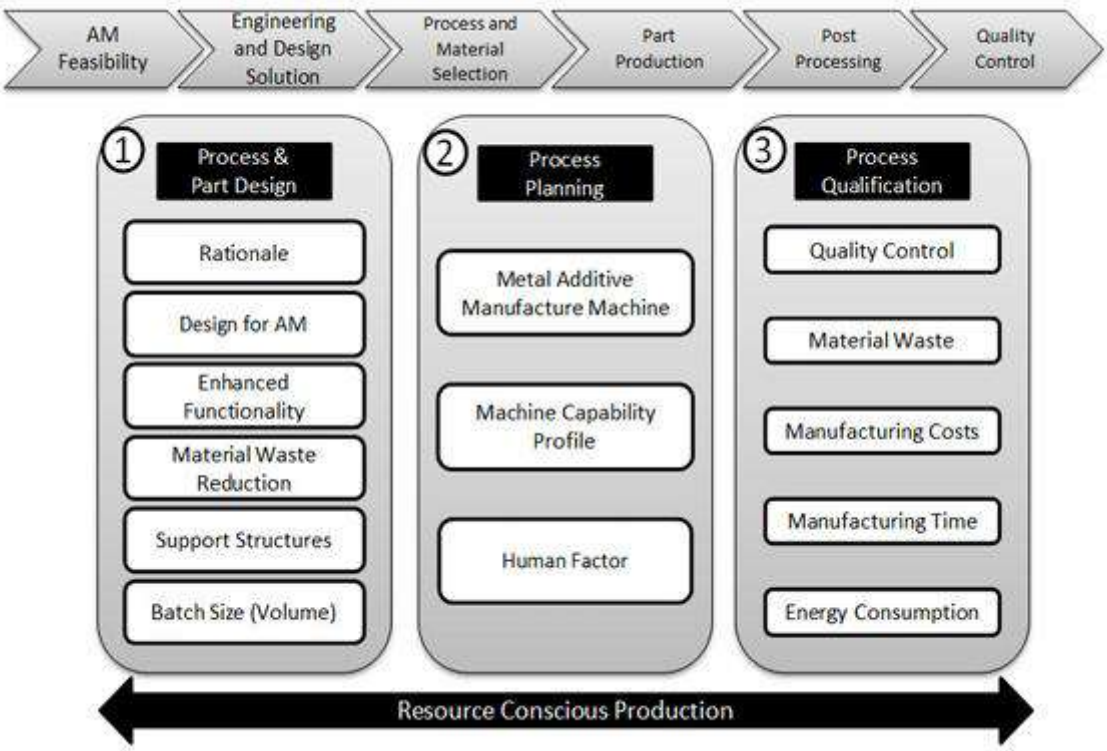


Figure 2. A framework outlining the factors that influence resource efficiency in metal additive manufacturing.

Design flexibility. The capability to produce complex geometries with optimized topology improves component functionality, especially in the in the aerospace sector and medical technology applications.

DISCUSSION.

The obtained results show that the effectiveness of hybrid manufacturing systems depends not only on the mechanical combination of additive and subtractive methods, but also on the level of digital integration. In conventional hybrid systems, additive manufacturing and CNC machining are used mainly to improve geometry and surface quality. However, in modern Industry 4.0-based systems, sensors, digital twins and intelligent control methods make the process more stable and predictable.

This is the main difference between ordinary hybrid manufacturing and advanced hybrid manufacturing. Ordinary systems focus on physical production, while digitally integrated systems focus on production control, data collection and

ISSN 3030-3907

real-time optimization. Therefore, modern hybrid systems can reduce not only material waste and machining time, but also process errors and equipment downtime.

However, several limitations remain. Hybrid machines require high initial investment, advanced software and qualified specialists. In addition, the use of sensors, AI-based control and digital twin technologies increases the complexity of the system. For small and medium-sized enterprises, these factors may limit the practical implementation of hybrid manufacturing technologies.

Despite these limitations, hybrid manufacturing systems have strong potential for future mechanical engineering. Their integration with Industry 4.0 technologies can improve productivity, increase product quality and support the digital transformation of manufacturing enterprises.

A significant limitation of hybrid systems is their high initial cost. The acquisition of hybrid machines requires substantial investment, which may pose a barrier, particularly for small and medium-sized enterprises. In addition, the operational complexity of such systems necessitates highly qualified operators and programmers. Another constraint is the limited range of materials compatible with additive manufacturing, which can restrict the application of hybrid technologies in high-load or high-stress components.

CONCLUSION. Hybrid manufacturing systems enhance productivity in mechanical engineering enterprises for several reasons. Firstly, they shorten production cycles, which is especially critical for small-batch and customized manufacturing. Secondly, the integration of digital technologies, such as AI-driven control systems and digital twins, enables real-time optimization of machining parameters, thereby reducing errors and improving process accuracy. Practical applications demonstrate the effectiveness of these systems. For example, in the aerospace industry, hybrid machines are employed in the production of turbine blades. In this case, additive processes form complex internal surfaces. This combination reduces component weight and enhances mechanical strength, which directly contributes to lower fuel consumption and improved operational efficiency. Within the framework of Industry 4.0, hybrid systems are emerging as a crucial component in the digital transformation of manufacturing. Progress in artificial intelligence enables automated configuration of hybrid machine parameters, while the Internet of Things (IoT) facilitates real-time system monitoring, thereby improving reliability and reducing downtime. In addition, ongoing research into advanced materials, such as high-strength alloys and composite structures, is broadening the range of potential applications for hybrid technologies. Future developments are expected to focus on reducing equipment costs and simplifying system management. The implementation of

ISSN 3030-3907

standardized software platforms and modular machine architectures is likely to make hybrid manufacturing solutions accessible to a broader range of enterprises.

Hybrid manufacturing systems, integrating additive and subtractive processes, constitute an innovative approach that is transforming mechanical engineering. Their core principles rely on the synergy between these technologies, enabling the production of complex components with high precision and reduced cost. Despite certain limitations, such as high capital investment and complex control requirements, these systems substantially enhance industrial productivity by shortening production times and optimizing resource utilization.

REFERENCES

1. Иванов А.В. Гибридные технологии в машиностроении. – М.: Машино строение, 2023. – 180 с.
2. Петров В. И. Индустрия 4.0: цифровые технологии в производстве. – СПб.: Питер, 2022. – 200 с.
3. Смирнов Д. Г. Аддитивное производство: теория и практика. – М.: Тех носфера, 2024. – 150 с.
4. Кузнецов П. А. Субтрактивная обработка в гибридных системах. – Ка зань: КГТУ, 2023. – 120 с.
5. Егоров Р. С. Экономические аспекты гибридных технологий. – М.: Эко номика и промышленность, 2022. – 160 с.
6. Сидоров М. Н. Управление гибридными станками: современные под ходы. – Новосибирск: НГТУ, 2023. – 140 с.
7. Григорьев А. И. Технологии производства сложных деталей. – М.: Ин фра-М, 2024. – 180 с.
8. Васильев С. А. Интеграция аддитивных и субтрактивных методов. – СПб.: Политехника, 2023. – 200 с.
9. Козлов Д. А. Качество поверхности в гибридном производстве. – М.: Техносфера, 2022. – 150 с.
10. Николаев Д. В. Экологичные технологии в машиностроении. – Екате ринбург: УГТУ, 2023. – 170 с.
11. Dilberoglu, U. M., Gharehpapagh, B., Yaman, U., & Dolen, M. (2017). The role of additive manufacturing in the era of industry 4.0. Procedia manufacturing, 11, 545-554.
12. Girdwood, R., Bezuidenhout, M., Hugo, P., Conradie, P., Oosthuizen, G., & Dimitrov, D. (2017). Investigating components affecting the resource efficiency of incorporating metal additive manufacturing in process chains. Procedia Manufacturing, 8, 52-58.

ISSN 3030-3907

УДК 664.6:664.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЕГРАДАЦИИ ФИТИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРОЦЕССЕ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

К.А. Шокиров

Бухарский государственный технический университет

Аннотация. Исследована динамика деградации фитиновой кислоты при проращивании зерна мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) при 20±1°C. Установлено, что снижение содержания фитата обусловлено активацией эндогенной фитазы и подчиняется кинетике первого порядка. За 72 часа проращивания концентрация фитиновой кислоты уменьшается на 77,9%, а активность фитазы возрастает до 650 ед/г. Разработана кинетическая модель процесса ($k \approx 0{,}021$ ч$^{-1}$), позволяющая прогнозировать степень гидролиза фитата и оценивать технологическую эффективность проращивания зерна.

Ключевые слова: пшеница, проращивание, фитиновая кислота, фитаза, биодоступность фосфора, кинетика гидролиза.

Annotatsiya. 20±1°C haroratda bug‘doy (*Triticum aestivum L.*) donini undirish jarayonida fitin kislotasining degradatsiyasi dinamikasi tadqiq qilindi. Fitat miqdori kamayishi fitaza fermentining faollashuvi bilan belgilanishi hamda birinchi tartibli kinetika bo‘yicha borishi aniqlandi. 72 soat davomida fitin kislotasi 77,9% ga kamaydi, fitaza faolligi 650 birlik/g ga yetdi. Fitat gidrolizi darajasini prognoz qilish hamda donini undirish texnologik samaradorligini baholash imkonini beruvchi kinetik model ($k \approx 0{,}021$ soat^{-1}) ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: bug‘doy, undirish, fitin kislotasi, fitaza, fosfor bioo‘zlashtirilishi, gidroliz kinetikasi

Abstract. The study examines the dynamics of phytic acid degradation during germination of wheat (*Triticum aestivum L.*) at 20±1°C. Phytate reduction is mainly driven by endogenous phytase activation and follows first-order kinetics. After 72 hours, phytic acid content decreased by 77.9%, while phytase activity reached 650 U/g. A kinetic model ($k \approx 0.021$ h^{-1}) was developed to predict phytate hydrolysis. The results confirm improved phosphorus bioavailability and enhanced nutritional value of germinated wheat grain.

Keywords: wheat, germination, phytic acid, phytase, phosphorus bioavailability, hydrolysis kinetics.

ВВЕДЕНИЕ.

Фитиновая кислота (*myo-инозитол-1,2,3,4,5,6-гексакисфосфат*) является основным запасным соединением фосфора в зерне злаковых культур и выполняет важную физиологическую функцию в растении как форма депонирования фосфора и минеральных элементов. В зерне пшеницы на её долю приходится до 70–80% общего содержания фосфора, что

ISSN 3030-3907

существенно влияет на пищевую ценность продукта и биодоступность микроэлементов.

С позиции нутрициологии фитиновая кислота рассматривается как антипитательное соединение, поскольку способна образовывать нерастворимые комплексы с ионами Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+} и Zn^{2+}, снижая их усвоение в желудочно-кишечном тракте человека [1, с. 282–284]. В то же время в растении она выполняет защитную и антиоксидантную функцию, стабилизируя запасные вещества семени [2, с.285ғ288].

Ключевым ферментом, обеспечивающим гидролиз фитиновой кислоты, является фитаза (EC 3.1.3.8), катализирующая последовательное отщепление фосфатных групп с образованием инозитолфосфатов и свободного неорганического фосфата. Активность фитазы в зерне находится в латентном состоянии и резко возрастает при гидратации семени в процессе проращивания.

Проращивание зерна является эффективным биотехнологическим методом модификации химического состава зерновых культур. В процессе гидратации активируются ферментативные системы (амилазы, протеазы, фитазы), что приводит к глубоким биохимическим преобразованиям: снижению содержания антипитательных веществ, увеличению доли свободных аминокислот и повышению биодоступности минеральных элементов [3, с. 947–949].

Современные исследования показывают, что деградация фитиновой кислоты может быть описана кинетическими моделями ферментативных реакций первого порядка, что позволяет количественно оценивать эффективность технологического процесса проращивания и прогнозировать оптимальные режимы обработки зерна [4, с. 290–293].

Особое значение имеет перераспределение форм фосфора: при гидролизе фитата происходит переход органически связанного фосфора в неорганическую форму (H_3PO_4), обладающую высокой биодоступностью, что существенно повышает пищевую ценность пророщенного зерна [5, с. 136–138].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом исследования являлось зерно мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*). Проращивание осуществляли при температуре 20±1°C в условиях темноты. Отбор проб проводили через каждые 12 часов.

Содержание фитиновой кислоты определяли спектрофотометрическим методом по методике Champ [et al.] [3, с.310–312]. Активность фитазы оценивали по количеству высвобожденного неорганического фосфата.

ISSN 3030-3907

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Основной механизм снижения фитиновой кислоты — гидролиз под действием фитазы.

Таблица 1

Параметры процесса проращивания зерна пшеницы

Этап	Время (ч)	Состояние зерна	Основной механизм снижения фитиновой кислоты
Контроль	0	Сухое зерно	—
Замачивание	6–12	Набухание, активация ферментов	Гидролиз фитиновой кислоты под действием фитазы
Раннее прорастание	24–36	Появление «наклева» (корешка)	Усиление действия эндогенной фитазы, распад фитата
Активный рост	48–72	Рост проростка (1–5 мм)	Дальнейший гидролиз фитиновой кислоты, максимальное снижение содержания фитата

Графическая схема процесса проращивания с отображением этапов и динамики снижения фитиновой кислоты изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Графическая схема процесса проращивания зерна пшеницы и динамики снижения фитиновой кислоты

ISSN 3030-3907

Анализ полученных данных по изменению фитиновой кислоты и активности фитазы при проращивании зерна (рис.2) показал, что на начальном этапе (0 ч) содержание фитиновой кислоты высокое — 950 мг/100 г, активность фитазы низкая — 120 ед/г. Уже к 12 ч наблюдается небольшое снижение фитиновой кислоты (4.2%) и умеренное увеличение активности фермента (155 ед/г). Между 24–48 ч фитиновая кислота резко снижается (до 52.6%), а активность фитазы быстро растёт (до 580 ед/г). На 60 ч достигается максимум активности фермента (650 ед/г), при этом содержание фитиновой кислоты снижается на 66.3%. К 72 ч фитиновая кислота достигает минимального уровня (210 мг/100 г, снижение 77.9%), а активность фитазы слегка снижается до 610 ед/г, вероятно, из-за завершения активного роста зерна.



Рисунок 2 - Динамика фитиновой кислоты и активности фитазы при проращивании зерна

При проращивании фосфор переходит в свободную (неорганическую) форму *Pi*, которая полезна для организма (рис.3).

При проращивании зерна происходит значительное снижение содержания фитиновой кислоты— основного соединения, связывающего фосфор и затрудняющего его усвоение организмом. Доля фитиновой кислоты снижается с 80,0 до 25,0%, в то время как свободный (неорганический) фосфор (Inorganic P), который легко усваивается, увеличивается с 20,0 до 75,0%. Этот процесс способствует улучшению

ISSN 3030-3907

биодоступности фосфора, снижению антинутриентного воздействия фитата и повышению питательной ценности зерна после проращивания.



Рисунок 3 – Распределение форм фосфора в зерне при проращивании

Обобщённая химическая реакция гидролиза фитиновой кислоты выглядит так:

Phytate ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) + nH2O→фитазамио-инозитол + 6H_3PO_4

Фитиновая кислота (Phytate) расщепляется с участием воды (гидролиз) под действием фитазы. В результате образуются свободный мио-инозитол и 6 молекул фосфорной кислоты (H_3PO_4), которая представляет собой свободный неорганический фосфор.

Процесс снижения концентрации фитиновой кислоты при проращивании описывается кинетикой первого порядка:

$$ln(C_o/C_t) = - kt$$

где: C_0 — исходная концентрация фитиновой кислоты; Ct — концентрация в момент времени t; k — константа скорости реакции (h−1).

На основе экспериментальных данных для температурного режима 20°C константа скорости деградации фитиновой кислоты составляет:

k≈0.021h−1 для температурного режима 20°C

Эта модель позволяет количественно прогнозировать снижение фитиновой кислоты в зерне при проращивании и служит теоретической основой для оценки эффективности технологического процесса.

Схематическая иллюстрация модели деградации с графиком ln(C_o/Ct) против времени представлена на рисунке 4.

Линейная природа графика указывает на то, что деградация фитиновой кислоты следует кинетике первого порядка, что характерно для ферментативных реакций такого типа.

ISSN 3030-3907

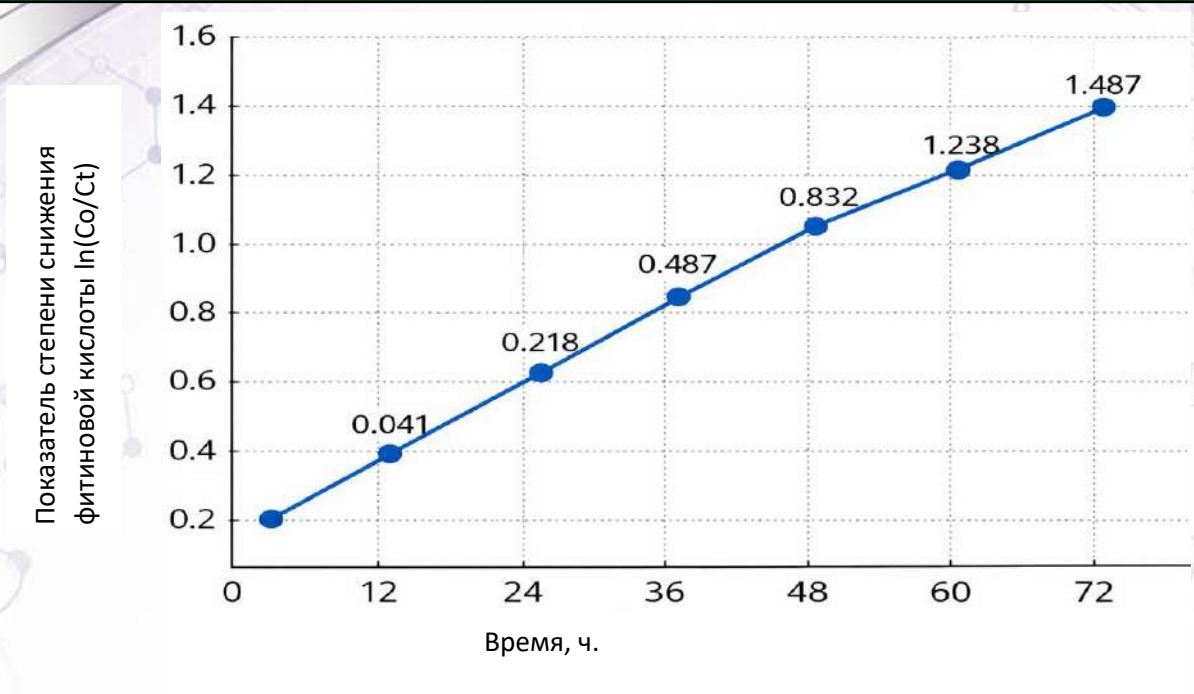


Рисунок 4 – Кинетика деградации фитиновой кислоты при проращивании зерна - $ln(C_o/C_t)$

Максимальное значение, достигаемое на графике, соответствует ~78,0%-ному снижению содержания фитиновой кислоты через 72 часа проращивания. Этот факт подтверждает высокую активность фермента фитазы, который катализирует гидролиз фитиновой кислоты, преобразуя её в доступные формы фосфора и снижая антинутриентную активность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, представленная модель позволяет не только количественно оценить скорость деградации фитиновой кислоты, но и служит основой для оптимизации технологических параметров проращивания зерна с целью улучшения его пищевой ценности и биодоступности микроэлементов. Проращивание является эффективным методом повышения пищевой ценности зерна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lott J.N.A., Ockenden I., Raboy V., Batten G.D. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate // *Seed Science Research*. – 2000. – Vol. 10, №1. – P. 282–284.

2. Raboy V. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus // *Plant Science*. – 2009. – Vol. 177, № 5. – P. 285–288.

3. Champ M.M.J. Non-nutrient bioactive substances of pulses // *British Journal of Nutrition*. – 2003. – Vol. 88, Suppl. 3. – P. 307–319.

4. Kumar V., Sinha A.K., Makkar H.P.S., Becker K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: a review // *Food Chemistry*. – 2010. – Vol. 120, No. 4. – P. 290–293.

ISSN 3030-3907

5. Gibson R.S., Bailey K.B., Gibbs M., Ferguson E.L. A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based foods // *Food and Nutrition Bulletin*. – 2010. – Vol. 31, No. 2. – P. 134–146.

ISSN 3030-3907

DOIRAVIY SHAKLDAGI QOVUSHOQ-ELASTIK PLASTINKALARGA OSIB QO‘YILGAN MASSALARDAN TASHKIL TOPGAN MEXANIK SISTEMALARNING ERKIN HAMDA MAJBURIY TEBRANISHLARI

Jalolov Farruh Baxshullayevich
Osiyo xalqaro universitet, Umumtexnik fanlar kafedrasi o‘qituvchisi
E-mail: jalolovfarruh2@mail.ru

Annotatsiya. Yig‘ilgan massalari biriktirilgan (yoki osilgan) qovushoq - elastik dumaloq plastinkalarning erkin tebranishlari masalasi ko‘rib chiqiladi. Faraz qilinadiki osiladigan massalarni va prujinkalarni, hamda plastinkani tebranishlari chiziqli plastinkani qalinligi o‘zgarmas deb olinadi. Materialning qovushoq elastiklik xususiyati Bolsman Volteraning irsiy integralini qanoatlantiradi. Ko‘rib chiqilayotgan mexanik sistemaning dinamik holatini o‘rganish masalasi xususiy hosilali integro-differensial tenglamalarga mos keladigan o‘lchamdagi oddiy integro-differensial tenglamalar sistemasini birgalikda yechishga olib kelinadi. Ko‘riladigan masalani yechish uchun muzlatish usuli, o‘zgaruvchilarni ajratish usuli, maxsus funksiyalarga olib (Bessel tenglamasi) kelish usuli, Myuller va Gauss usullari qo‘laniladi.

Kalit so‘zlar: doiraviy yupqa qovushoq-elastik plastinka, osilgan massa, erkin tebranishlar, chastota, qovushqoqlik**.**

Abstract. The problem of free oscillations of viscous-elastic circular plates with attached (or suspended) masses is considered. It is assumed that the suspended masses and springs, as well as the oscillations of the plate are taken as a linear plate with a constant thickness. The viscous-elastic property of the material satisfies the Bolsmann-Voltera hereditary integral. The problem of studying the dynamic state of the mechanical system under consideration is reduced to the joint solution of a system of simple integro-differential equations of a size corresponding to integro-differential equations with partial derivatives. To solve the problem under consideration, the freezing method, the separation of variables method, the method of deriving special functions (Bessel equation), the Muller and Gaussian methods are used.

Keywords: circular thin viscous-elastic plate, suspended mass, free vibrations, frequency, viscosity.

Аннотация. Рассмотрены свободные колебания механической системы, состоящей из масс, подвешенных на круглых тонких вязкоупругих пластинах. В последние годы широко используются материалы корпусов радиоэлектронных аппаратов (РЭА) стеклотекстолит. Поэтому в теоретических расчетах использовались эти материалы. Учет реологических свойств пластинки позволяет снизить действительную и мнимую части частоты на 10%. Таким образом, разработана математическая

ISSN 3030-3907

постановка и методика решения задачи свободных колебаний диссипативно однородных и неоднородных механических систем круговой пластинки с присоединенными массами. Для элементов диссипативной механической системы зависимость между напряжениями и деформациями удовлетворяет линейному наследственному соотношению Больцмана-Вольтера. Приведено изменение частот и коэффициента демпфирования в зависимости от коэффициента жесткости безразмерной частоты.

Ключевые слова: круглая тонкая вязкоупругая пластина, подвешенная масса, свободные колебания, частота, вязкость.

1. KIRISH.

Yupqa deformasiyalanuvchi plastinkalarga yoki Plastinkalarga biriktirilgan massalari bo‘lgan konstruksiyalar samolyot, uchuvchisiz uchuvchi apparatlar, ishlab chiqarish korxonalarida va qurilishda keng qo‘llaniladi. Qo‘yilgan masala massalar osilgan plastinkani erkin tebranishlarini topishga olib kelinadi. Har xil turdagi garmonik va stasionar bo‘lmagan yuklarning ta'siri ostida bo‘lgan bu yerda sistemalarning dinamik holatini o‘rganish murakkab muammo bo‘lib, uni yechish dolzarb hisoblanadi. Qo‘yilgan muammoning yechimlarini kompleks koeffisentli oddiy differensial tenglamalar sistemasini yechishga olib kelinadi. Bu yerda masalalarni yechishda ko‘pincha plastinkani absolyut qattiq yoki deformasiyalanuvchi emas deb, umumlashtirilgan koordinatalar sistemasini kiritish orqali yechilgan. Bu yerday masalalarni yechishda materiallarni qarshiligi ko‘pincha hisobga olinmagan. Bu yerda sistemalarda chastotalarni tekshirish rezonansni hodisalalarini oldindan prognoz qilish ehtimolini beradi.

2. METODLAR.

2.1. Masalaning qo‘yilishi va yechish usullari.

Yupqa deformasiyalanuvchi plastinkalarga yoki qobiqlarga biriktirilgan massalari bo‘lgan konstruksiyalar samolyot, uchuvchisiz uchuvchi apparatlar, ishlab chiqarish korxonalarida va qurilishda keng qo‘llaniladi. Qo‘yilgan masala massalar osilgan plastinkani erkin tebranishlarini topishga olib kelinadi. Bu yerda sistemalarda chastotalarni tekshirish rezonans hodisalalarini oldindan prognoz qilish imkonini beradi.

$$\begin{aligned} &w(r,\theta,0) = w_0(r,\theta), \\ &\dot{w}(r,\theta,0) = \dot{w}_0(r,\theta), \\ &y_k\big|_{t=0} = y_{k0}, \\ &\dot{y}_k\big|_{t=0} = \dot{y}_{k0}, k = 1,2...N, \end{aligned} \qquad (1)$$

va ortogonalik sharti quyidagi ko‘rinishni egallaydi

ISSN 3030-3907

$$A_j = \frac{1}{M_j}\left(\int_0^R\int_0^{2\pi} w_0 W_j r dr d\theta + \sum_{k=1}^{N}\frac{m_k}{\rho h} y_{k0}(t) Y_{kj}\right),$$

$$B_j = \frac{1}{\omega_j M_j}\left(\int_0^R\int_0^{2\pi} w_0 W_j r dr d\theta + \sum_{k=1}^{N}\frac{m_k}{\rho h} \dot{y}_{k0}(t) Y_{kj}\right), \quad (2)$$

Yuqorida keltirilgan chastota tenglamalari yuqori tartibli aniqlovchilardan iborat bo‘ladi. Bu aniqlovchini ko‘p had sifatida yozilganda kompleks parametr chiziqsiz kiruvchi transsendent tenglamalardan iborat bo‘ladi. Bu tenglamani maxsus ishlab chiqilgan algoritm (Gauss, Myuller va matrisani aniqlovchisini hisoblash usullaridan) va dastur yordamida yechiladi. Lekin Bessel Xankel funksiyalarni EHM da hisoblash murakkabdir. Bessel funksiyasi $J_n(x)$ ni hisoblash qiyinchilikka ega bo‘lmaydi. Chunki bu qatorni 10 ta hadini yig‘sak 11 chi hadi umumiy yig‘indiga 10^{-8} ni qo‘shadi. Neyman funksiyaga, $N_n(x)$ ni ko‘rsak bu funksiya argumentni 0 ga yaqin qiymatlarida logarifmik maxsuslikka ega bo‘ladi. Qator juda sekin yaqinlashadi. Bu funksiya qatorni yig‘indisini topishda kamida 20 ta had olish kerak. Lekin 20 va undan ortiq hadini hisoblashda katta sonlar 20 yoki 30! faktoriallarni hisoblashga to‘g‘ri keladi. Bularni ustiga matematikadagi to‘rt amalni bajaradi. Natijada mashinada переполнения berish ehtimoli bo‘ladi. Majburiy tebranishlarni o‘rganishda mavhum xususiy chastotalarni o‘rganish ahamiyatga ega hisoblanadi. Barcha hollarda o‘rta sirtning Puasson koeffisienti 0,25; $\Gamma_\kappa = 1 - \Gamma^C(\omega_R) - i\Gamma^S(\omega)$. Keltirilgan Plastinkalar konstruksiyasi alyuminiy qatlamdan, uni ustidagi Plastinka yuqori polimerli materiallardan iborat. Sonli natijalar Plastinkalarning qalinligiga nisbati turli qiymatlari uchun olindi. Kompleks $\Omega(\omega = \omega_R + i\omega_I)$ chastotaning parametrlarga bog‘liq o‘zgarishi o‘rganildi. Xos sonlarni hisoblashning absolyut xatoligi $18\cdot 10^{-11}$ (xos son tenglamaga qo‘yilgandan keyingi natija) teng. Hisoblashlar kompleks chastotaning haqiqiy va mavhum qismini parametrlarga bog‘liq o‘zgarishi uchun olib borilgan. Sistema elementlari elastik, yoki qovushqoq elastik bo‘lishi mumkin. Plastinakaning chetlarida bir xil chegara shartlari qo‘yiladi. Mexanik sistemaga ta'sir etuvchi dinamik kuchlar garmonik qonunga bo‘ysunadigan holatlarni ko‘rib chiqamiz. Tizimning amplituda-chastota xususiyatlarini aniqlash talab qilinadi. Faraz qilaylik, Plastinka va unga o‘rnatilgan elementlarga ta'sir etuvchi kuchlar bir xil chastotaga ega, ammo amplitudalari har xil deb olinadi

$$\overline{P}_{nj}(t) = \overline{P}_{nj}^0 e^{-i\omega t} \quad , \quad (n = 1,\ldots,N; \quad j = 1,\ldots,J) \quad (3)$$

bu yerda ω – tashqi kuchnig berilgan chastotasi, haqiqiy kattalik, $\overline{P}_{nj}^0$ – bu tashqi yuklanish vektorining j- chi yo‘nalishdgi komponentining amplitudasi (

ISSN 3030-3907

$P_{nj}(\bar{x},t)$), N –mexanik sistema elementlarining soni, J – ko‘chish vektori komponentalari soni. Tizim elementlarining qovushqoqlik xususiyatlarini yoki nuqtaviy ulanishlarida sodir bo‘ladigan deformasiyalanish jarayonlarini tavsiflash uchun Bolsman-Volter chiziqli irsiyat nazariyasidan foydalanamiz:

$$\sigma_{mk}^{n}(t) = E_n\left[\varepsilon_{mk}^{n}(t) - \int_{-\infty}^{t} R^{n}(t-\tau)\cdot\varepsilon_{mk}^{n}(\tau)\,d\tau\right], \qquad (4)$$

bu yerda $R^{n}(t)$ – n- chi qovushqoq - elastik element yoki nuqtaviy bog‘lanishning yadro relaksasiyasi, E_n - oniy elastiklik moduli. Kuchlanishlar vaqtning davriy funksiyasi bo‘lishi uchun (4) irsiyat integralning pastki chegarasi minus cheksizlikka teng deb qabul qilinadi. Agar pastki chegara nolga teng bo‘lsa, kuchlanish vaqt o‘tishi bilan pasayib ketadigan aperiodik tebranishlarni beradi. Yadro relasatsiyasi $R(t-\tau)$ integrallik, uzluksizlik (dan tashqaridan tashqari $t=\tau$), musbat aniqlanganlik va monotonlik kabi xossalarga ega bo‘lishi kerak:

$$R>0 \quad , \quad \frac{d\,R(t)}{dt}\le 0 \quad , \quad 0\le\int_{0}^{\infty}R(t)\,dt<1$$

Erkin tebranishlar bilan bog‘liq muammolardan farqli o‘laroq, majburiy davriy tebranishlarda yadrosi parametrlarining kichikligi qabul qilinmaydi. Puasson nisbati doimiy qabul qilinadi. Agar yadro relaksasiyasi nolga teng bo‘lsa ($R(t)=0$), mexanik sistema elastik bo‘ladi.

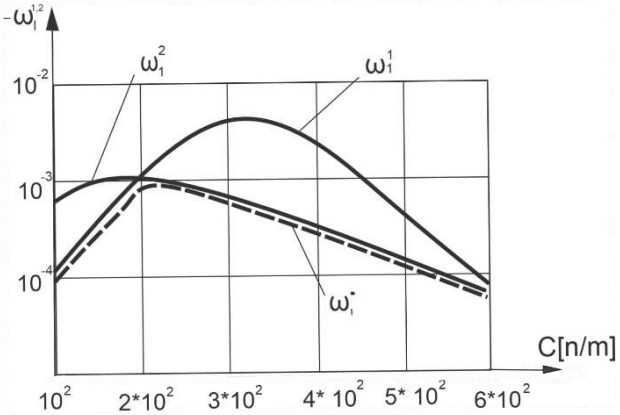
Dissipativ mexanik tizim elementlari uchun kuchlanish va deformasiyalar orasidagi bog‘liqlik chiziqli irsiy Bolsman-Voltera munosabatlarini qanoatlantiradi. Agar elementlarning reologik xossalari bir xil bo‘lsa, biz ularni dissipativ bir jinsli mexanik tizimlar deb ataymiz. Agar ba'zi elementlarning yopishqoqlik koeffisientlari nolga teng bo‘lsa, bu yerda tizimlar dissipativ bir jinsli bo‘lmagan mexanik tizimlar deb ataladi.

Chastotalar va dempferlash koeffisientining o‘lchovsiz chastota bikirlik koeffisentiga bog‘liq o‘zgarishi keltirilgan. Bikirlika chastota va dempfirlash koeffisentiga bog‘liqligi monoton bo‘lib, bu yerda bog‘lanishning xarakteri chastotalar va dempferlash koeffisienti uchun bir xilligi aniqlandi. Ikkinchi variantda dissipativ mexanik sistema sistema struktura jihatdan bir jinslimas deb qaraymiz. Plastinka elastik prujinka qovushqoq elastik bo‘lsin. Chastotalarning haqiqiy qisminini ξ ga bog‘liqligi xuddi bir jinsli sistemadagidek: mos egri chiziqlar 5% aniqlik bilan ustma-ust tushadi. Chastotalarning mavhum qismini (dempferlash koeffisenti) ξ ga bog‘liqligi nomonoton ekanligi topildi. Dempferlash koeffisienining fiksirlangan qiymatida ξ ning minimal qiymat qabul qilishi muhim ahamiyat kasb etadi:

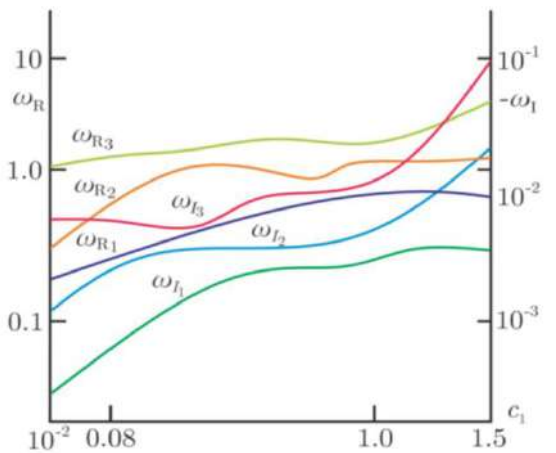
$$\delta_{\omega}=\min\,(-\omega_{Ik}),\ k=1,2,\ldots..K, \qquad (5)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda δ_ω – sistemaning dempferlash xarakteristikalarini ifodalovchi koeffisientlar, (uni dempferlashning global koeffisienti deb ataymiz). Bir jinsli sistema uchun $\boldsymbol{\delta_\omega}$ koeffisient modul bo‘yicha birinchi bo‘lgan kompleks chastota mavhum qismi bilan to‘laligicha aniqlanadi. Bir jinslimas sistema uchun $\boldsymbol{\delta_\omega}$ koeffisient vazifasini birinchi yoki ikkinchi chastota (ularning qiymatiga bog‘liq ravishda) ning mavhum qismi bajaradi. Vazifalarning almashinishi ξ xarakterli qiymatlarida yuz beradi, bu yerda birinchi va ikkinchi chastotalar haqiqiy qismlari eng yaqin bo‘ladi. $\boldsymbol{\delta_\omega}$ koeffisient ko‘rsatilgan xarakterli qiymatda aniq maksimal qiymatga erishadi. Ko‘rinib trubdiki kichik yig‘ilgan massali Plastinkada tebranishlar formasi massasiz forma bilan deyarli bir xil. Qovushqoqligni oshib borishi tebranishlar formasining amplitudasini 15% gacha kamaytiriradi. L uzunligdagi va radiusi R bo‘lgan qovushoq - elastik Plastinkaa m massa deformasiyalanuvchi prujinka yordamida osilgan bo‘lsin. Dissipativ bir jinsli va bir jinsli bo‘lmagan mexanik sistema uchun chastota va so‘nish koeffisentini birinchi va ikkinchi modasini prujinkaning bikirlik koeffisentiga bog‘liq.

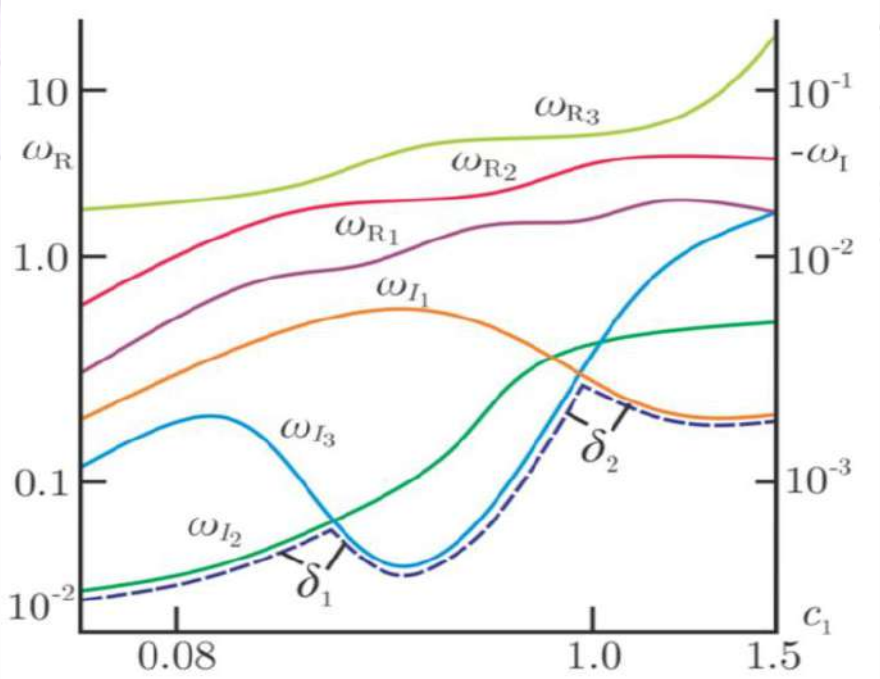


1-rasm.Tebranishlar chastotasini birinchi va ikinchi modasini prujinkaning bikirligiga bog‘liq o‘zgarishi



2- rasm. Ko‘chishning rezonans amplitudasini purjina bikirligiga bog‘liq o‘zgarishi

ISSN 3030-3907



3-rasm. Ko‘chishning rezonans amplitudasini purjina bikirligiga bog‘liq o‘zgarishi

Tebranishlar chastotasini birinchi va ikinchi modasini prujinkaning bikirligiga bog‘liq o‘zgarishi keltirilgan. Dissipativ bir jinsli bo‘lmagan mexanik sistema uchun oldingi masalada olingan mexanik samara bu yerda ham o‘rinli bo‘lishi topildi. Yig‘ilgan massalar sonini ko‘payishi erkin tebranishlar chastotasini haqiqiy va mavhum qismini 20% kamaytirishga olib kelar ekan . Agarda $m/m_0 < 1$ bo‘lsa. Bu yerda m- osilgan material nuqtani massasi, m_0 – Plastinkani massasi. Plastinkalar massasi bir xil deb olindi. Keyingi misolda tekis deformasiya masalasiga olib kelingan uzun konsentrik Plastinkalarning tebranishi masalasi ko‘rildi.

3. SONLI NATIJALAR VA ULARNING TAHLILI

Yuqorida olingan analitik yechim asosida Gauss, Laplos teoremasi, Maxsus funksiyalaoni hisoblash va Myuller usulari asosida yaratilgan (C^{++}) dastur bilan sonli natijalar olindi. Yular massasi $M_1=0.1M_0$, bu yerda M_0 пластинка массаси. Plastinkaga osilgan massa nuqtaviy deb olingan. Plastinkaning xos tebranishlari o‘rganilgan. U holda xos chastotalar topiladi. Plastinkaning fizik - mexanik xarakteristikasi quyidagicha $E = 2.1\cdot 10^{11} \Pi a; \rho = 7.85\cdot 10^3 кг/м^3, \nu = 0.3$, radiusi R va qalinligi 0.5x0.001м, relaksasiya yadrosining parametrlari quyidagicha: $A = 0{,}048;\ \beta = 0{,}05;\ \alpha = 0{,}1.$

1- jadval.

Xos chastotaning beshta modasini k ga bog‘liq o‘zgarishi

k	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5
1	0.08237	0.23371	0.42371	1.90235	2.52379

ISSN 3030-3907

2	0.07143	0.23113	0.42143	0.92143	1.92353
3	0.06152	0.21628	0.43201	0.87152	1.91452
4	0.05474	0.12316	0.41414	0.76014	0.96147
5	0.04139	0.11432	0.41101	0.71392	0.84132
6	0.03127	0.11326	0.33801	0.71276	0.82278
7	0.02128	0.11248	0.31501	0.71128	0.81027

Xos chastotaning beshta modasini k ga bog‘liq o‘zgarishi 2-jadvalga keltirilgan. Plastinka reologik xususiyatlarini hisobga olish chastotani haqiqiy va mavhum qismini 10% kamaytirishga imkon berar ekan. Shunday qilib biriktirilgan massalari bo‘lgan doiraviy plastinkaning dissipativ bir jinsli va bir jinsli bo‘lmagan mexanik tizimlarning erkin tebranishlari muammosini hal qilishning matematik qo‘yilishi va yechish metodikasi ishlab chiqilgan. Dissipativ mexanik tizim elementlari uchun kuchlanish va deformasiyalar orasidagi bog‘liqlik chiziqli irsiy Bolsman-Voltera munosabatlarini qanoatlantiradi.

4. XULOSALAR.

Nuqtali tayanchlari va biriktirilgan massalari bo‘lgan plastinkalar iborat dissipativ bir xil va bir jinsli bo‘lmagan mexanik tizimlarning erkin va majburiy tebranishlari muammosini matematik qo‘yilishi, yechish metodikasi va algoritimi ishlab chiqilgan. Ishlab chiqilgan algoritimning ishonchliligi sonli tajtiba asosida isbotlangan;

Tayanchlar va yig‘ilgan massasi bo‘lgan dissipativ bir jinsli (va bir jinsli bo‘lmagan) qobiqlar tizimlarining (erkin va majburiy) tebranishlari muammolari hal qilinadi. Butun tizimning dissipativ xususiyatlarini tavsiflash uchun I.E . Troyanovskiy va I.I. Safarov tomonidan kiritilgan global so‘nish (demfirlash) koeffisienti (GSK) tushunchasidan foydalanildi.

ADABIYOTLAR

1. C. Guo, L. Tao, Q. Wang, B. Qin, A. Wang, and X. Shi, “Free vibration characteristics of concentric stiffened rectangular plates determined based on spectral Tchebyshev technique,” *Appl. Acoust.*, vol. 191, 2022, Art. no. 108670. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108670.Search in Google Scholar

2. 43. D. Vasara, S. Khare, H. K. Sharma, and R. Kumar, “Free vibration analysis of functionally graded porous rectangularcircular and annular plates using differential quadrature method,” *Forces Mech.*, vol. 42, 2022, Art. no. 100126. https://doi.org/10.1016/j.finmec.2022.100126.Search in Google Scholar

3. M. Chauhan, S. Dvivedi, R. Jha, V. Ranjan, and P. Sathujoda, “Sigmoid functionally graded plates embedded on Winkler-Pasternak foundation: free vibration analysis by dynamic stiffness method,” *Compos. Struct.*, vol. 288,

ISSN 3030-3907

2022,Art.no. 115400. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.115400.Search in Google Scholar

4. Mirsaidov M. M., Safarov I.I., Teshaev M. Kh.Dynamics of Structurally Inhomogeneous Lamellar and Shell Mechanical Systems. Part 1.Journal of Applied Mathematics and Physics Vol.7 No.10, October 14, 2019 . DOI: 10.4236/jamp.2019.710155

INTELLEKTUAL BOSHQARISH TIZIMLARINI KVANT ALGORITMLARI YORDAMIDA BOSHQARISH

Yakubova Noilaxon Sobirjonovna
Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti
E-mail: noila.yakubova@gmail.ru
Islomova Farida Komiljonovna
Toshkent kimyo texnologiya instituti
Tadjibaeva Dilfuza Azatovna
Toshkent kimyo texnologiya instituti

Аннотация. Ҳозирги вақтда саноат ишлаб чикаришини автоматлаштириш билан боғлиқ бўлган амалий соҳадаги фанларнинг ривожланиши кузатилмокда. Мазкур вазифалар юзасидан бир қатор етакчи хорижий мамлакатларда кўпгина ютуқларга эришилган бўлиб, бунда, асосан, технологик объектларни бошқариш тизимларини такомиллаштириш ва ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш муҳим аҳамият касб этмокда. Бошқарув объекти сифатида олинган технологик қурилма кўп ўлчамли ва кўп боғланишли бўлганлиги учун рақамли бошқариш тизимини моделлаштириш ва синтезлаш алгоритмлари интеллектуал усуллар сирасига мансуб бўлган алгоритмлардан фойдаланиб ечилди.

Калит сўзлар: суперпозиция, корреляциялаш матрицаси, интерференция, синтез, интеллектуал тизим, квант алгоритми, нейротармоқли модель, квант норавшан ростлагич.

Аннотация. В настоящее время наблюдается развитие прикладных наук, связанных с автоматизацией промышленного производства. В связи с этими задачами в ряде ведущих зарубежных стран достигнуты многие достижения, среди которых, главным образом, большое значение имеют совершенствование систем управления технологическими объектами и повышение эффективности производства. Поскольку технологическое устройство, взятое в качестве объекта управления, является многомерным и многосвязным, алгоритмы моделирования и синтеза цифровой системы управления решались с использованием алгоритмов, относящихся к ряду интеллектуальных методов.

Ключевые слова: суперпозиция, корреляционная матрица, интерференция, синтез, интеллектуальная система, квантовый алгоритм, нейросетевая модель, квантовый нечеткий регулятор.

Abstract. Currently, there is a development of applied sciences related to the automation of industrial production. In connection with these tasks, many achievements have been achieved in a number of leading foreign countries, among which, mainly, improving control systems for technological facilities and

increasing production efficiency are of great importance. Since the technological device, taken as a control object, is multidimensional and multi-connected, algorithms for modeling and synthesis of a digital control system were solved using algorithms related to a number of intelligent methods.

Keywords: superposition, correlation matrix, interference, synthesis, intelligent system, quantum algorithm, neural network model, quantum fuzzy controller.

KIRISH.

Hozirgi vaqtda texnik rivojlanish bilan bog‘liq holda boshqarish obyektlari, ishlab chiqilayotgan boshqarishtizimlarining murakkablashuvi sezilarli ortishiga sabab bo‘lmoqda. Shu sababli yuqori darajali avtonomlikka moslashuvchanlik xossasiga, ishonchlilikka va noaniqlik sharoitlarda yuqori sifatga ega bo‘lgan turli xil texnik tizimlarni yaratish zaruriyati paydo bo‘ldi. Dinamik obyektlar va noaniqlik aloqalarining xususiyatlari hamda axborot yetarli bo‘lmagan sharoitlarda qaror qabul qilishni e’tiborga olgan holda tizimli tahlil, matematik modellashtirish, axborotlarga ishlov berish va tadqiqotning murakkab dinamik obyektlarni boshqarish usullarini qo‘llash, yechimi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradigan muhim masalalardan biridir.

Maqolada, tizimning ish rejimiga ta’sir etuvchi omillar noaniqligi sharoitlarida ishlaydigan dinamik boshqarish tizimlarini rasmiy ifodalash, modellashtirish va tadqiq qilish usullari tahlili dinamik obektlarni boshqarish jarayonlarini intellektuallashtirish uchun bazaviy asos hisoblanuvchi avtomatik boshqarish nazariyasi usullari hamda noaniq mantiq (to‘plamlar) nazariyasini o‘z ichiga oluvchi gibrid usullarni qo‘llash haqida bayonot berilgan.

TADQIQOT USULLARI.

1. Noaniq sharoitlarda murakkab dinamik obyektlarni boshqarish tizimi dinamikasining modellarini qurish, modellar tuzilishini tavsiflash hamda kvant hisoblash usullarini qo‘llash asosida murakkab dinamik obyektlarni boshqarish jarayonining kvant noravshan modelini ishlab chiqish va bunda modelning real obyekt bilan adaptatsiyalash masalasi asosiy vazifalardan biridir:

2. Bunda, ko‘rilayotgan tizim quyidagi dinamik tenglama bilan berilgan bo‘lsin:

$$x(k)=Ax(k)+Bf\left[u(k),u(k-1),...,u(k-m+1)\right],\ y(k)=Cx(k),$$

bunda: $f[\cdot]$- silliq nochiziqli funksiya

$$\frac{\partial f}{\partial u(k+1)}=0;\frac{\partial f}{\partial u(k)}\neq 0,$$

A,B - matritsalar; x - jarayon holati; k - taktlar qiymati; y-chiqish qiymati; m - vaqt; C - chiqish vektori.

ISSN 3030-3907

3. Ma’lumki, jarayonni boshqarishda neyron tarmoqlardan foydalanilganda tegishlilik funksiyasini parametrlarini aniqlash muammosi kelib chiqadi. Mazkur dissertatsiya ishida tegishlilik funksiyasi sifatida sigmoidal funksiyasi olinib, uning xususiyatlariga asoslangan holda tenglamalar tizimi tuzib olinadi:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{1+e^{-a(x_3-b)}}=1, \\ \dfrac{1}{1+e^{-a(x_4-b)}}=0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} e^{-a(x_3-b)}=0, \\ e^{-a(x_3-b)}=-1, \\ 1+e^{-a(x_4-b)}\neq 0; \end{cases}$$

Shubhasiz, bu tenglamalar tizimi nomuvofiqdir, chunki

$$e^{-a(x_3-b)} \succ 0 \forall a,b \in (-\infty;+\infty) \text{ va } e^{-a(x_4-b)} \succ 0 \forall a,b \in (-\infty;+\infty).$$

$f_{z_3}(x_3)=1-\Delta$ va $f_{z_3}(x_4)=1-\Delta$ hol uchun tenglamalar tizimi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{1+e^{-a(x_3-b)}}=\Delta, \\ \dfrac{1}{1+e^{-a(x_4-b)}}=\Delta. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a=\dfrac{2\ln\dfrac{\Delta}{1-\Delta}}{x_4-x_3}, \\ b=\dfrac{x_3+x_4}{2}. \end{cases}$$

Bu holda sigmoidal ko‘rinishdagi funksiya quyidagi ko‘rinishga keltiriladi:

$$f_{z_3}(x,a,b)=\frac{1}{1+e^{a(x-b)}}; a=\frac{2\ln\dfrac{\Delta}{1-\Delta}}{x_4-x_3}; b=\frac{x_3+x_4}{2}.$$

4. Ushbu munosabatlar asosida neyron to‘rining har bir qatlami uchun tegishlilik funksiyasining shakli va parametrlari aniqlanadi. So‘ngra defazzifikatsiyalash operatsiyasi bajarilib, neyron to‘rning chiqish signali, ya’ni rostlagich ishlab chiqadigan boshqarish signali quyidagicha topiladi:

$$U=\frac{az_1+bz_2}{a+b}.$$

bu yerda $z_{i+1}=z_i+\nu(y-y_{mm})$, ν- o‘qitish tezligi.

5. Kvant hisoblash klassik hisoblashga muqobildir. Kvant hisoblash kvant superpozitsiyasi prinsipiga asoslanadi. Agar tizimda ikkita mumkin bo‘lgan asosiy holat bo‘lsa, u holda bu asosiy holatlarning istalgan superpozitsiyasi (chiziqli birikmasi) ham tizimning mumkin bo‘lgan holatidir. Ikki asosiy holatga ega bo‘lgan bunday kvant tizimlaridan (ularningkubitlar deb ataladi) va bir holat doimiy 0 ni , ikkinchisi esa 1 ni modellaydi.

ISSN 3030-3907

6. Kvant mexanikasidagi klassik holatdan farqli o‘laroq, bu ikki holat superpozitsiya holatida bo‘lishi mumkin, ya’ni kvant bitining eng umumiy holatini quyidagicha yozish mumkin:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

bu yerda: α va β - kompleks sonlar.

7. Boshqarishning dinamik sohasida kechuvchi turli texnologik jarayonlarning modellarini qurish mumkin. Bunday yondashuvda tezkorlik va aniqlik asosiy o‘rin egallaydi, bu esa jarayonning sifat ko‘rsatkichini oshishiga hamda samaradorlikni yuqori ko‘rsatkichda bo‘lishini ta’minlaydi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, texnodogik jarayonlar murakkab jarayon bo‘lib, u uzluksiz xarakterga ega hamda turli tashqi va ichki ta’sirlar ostida bo‘ladi. Aytib o‘tish joiz, o‘tish jarayonining sifat ko‘rsatkichlariga qat’iy talablar qo‘yilganda neyro-noravshan rostlagich bilan boshqarish tizimi qo‘shimcha moslashuv blokini talab qilishi mumkin, bu esa yana vaqt va harajatni talab etadi. Kvant hisoblash usullari bundan mustasno bo‘lib, o‘tish jarayonining ko‘rsatkichlariga qat’iy talablar qo‘yilganda ham rostlagich bilan boshqarish tizimini parametrlarini optimal qiymatlarini topishni imkonini beradi.

Keltirilgan holatlarning superpozitsiya va ehtimolilik amplitudasini maksimallashtirishga muvofiq ravishda $|K_P{}^{FC1}\rangle \otimes |K_P{}^{FC2}\rangle \otimes |K_P{}^{FC3}\rangle \otimes |K_P{}^{FC4}\rangle$ holatlarning yangi munosabati hosil bo‘ladi.

$|K_P{}^{FC1}\rangle$ - kvant holati hisoblanib, u quyidagicha matematik munosabat orqali tavsiflanadi:

$$|K_P{}^{FC1}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(y^0_{1,P}|0\rangle_{1,P} + y^1_{1,P}|1\rangle_{1,P}\right),$$

8. Umuman olganda, aralash kvant korrelyatsiyasiga mansub bo‘lgan holatlar amplitudalari orasidan maksimalini topish bilan natijaviy ma’lumotlar olinadi.

TADQIQOT NATIJALARI.

Keltirilgan mazkur masalalarni yechish texnologik obyektlarni boshqarish jarayonining intellektual texnologiyalar usullari va algoritmlarini yaratishni taqozo etadi.

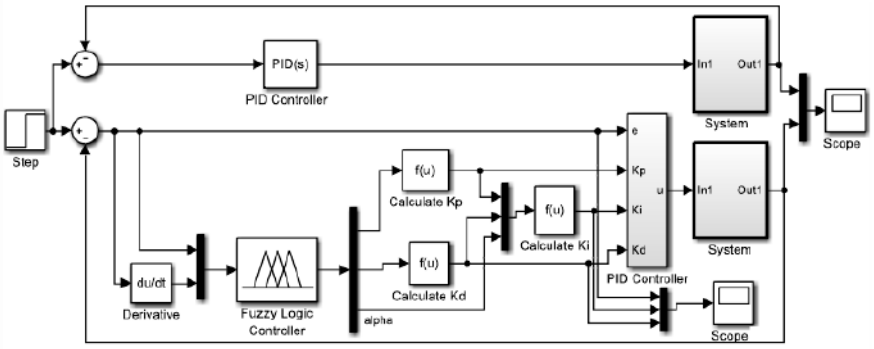
Texnologik jarayonga ta’sir etuvchi parametrlarning o‘zgarishi bilan birga material oqimining tarkibi inobatga olinadi. Bunday hollarda olinadigan mahsulotning xususiyatlarini texnologik reglament asosida ushlab turish zarur bo‘ladi.

Mazkur kvant hisoblash usullari asosida texnologik obyekt ko‘rsatkichlari va obyektga ta’sir etuvchi faktorlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishiga ega bo‘lgan

ISSN 3030-3907

statsionar bo‘lmagan vaziyatlar mavjud bo‘lganda ham boshqarish modelini qurish mumkin bo‘ladi.

Yuqorida keltirib o‘tilgan ma’lumotlar noravshan kvant xulosalash tizimining qoidalar bazasini shakllantirish uchun xizmat qilib boshqarish jarayonida qo‘llaniladi. Quyida shampanizator qurilmasidagi haroratini avtomatik rostlash tizimining modelini MATLAB dasturi yordamida olingan kompyuter modeli keltirilgan.



1- rasm. Fermentator qurilmasidagi haroratning avtomatik rostlashning kompyuter modeli.

Noravshan kirish va chiqish o‘zgaruvchilarining tegishlilik funksiyasi asosida xolat tenglamasi matritsasi elementlari noravshan koeffitsiyentlar sifatida ifodalanadi va noravshan to‘plam shaklida yoziladi.

Shuni aytish joizki, texnologik jarayonni boshqarish tizimi murakkab obyekt bo‘lib, statsionar bo‘lmagan xossaga ega.

Texnologik jarayonni boshqarish uchun noravshan kvant rostlagichli sintezlash algoritmi soddaligi va qulayligi bilan boshqalaridan farq qilib, tegishlilik funksiyalarining standart shakllari va boshqarish qoidalarining minimal qiymatlaridan foydalanish imkonini beradi.

XULOSA. Yuqoridagi munosabatlardan ko‘rinib turibdiki, murakkab dinamik obyektlarni neyro-noravshan boshqarish tizimini kvant hisoblash usullari asosida sintezlash tarmoqni o‘qitishning yangi usuliga o‘tish va noravshan qoidalar bazasini shakllantirishni qulaylashtiradiTashqi ta’sirlarning noaniqligi sharoitida texnologik jarayonining kvant noravshan boshqarish tizimi energiya sarfini 2-3% ga kamaytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Sidikov, I. H., Usmanov, K. I., & Yakubova, N. S. (2020). Nochiziqli dinamik obyektlarni sinergetik boshqarish usulidan foydalanib sintezlash. *Muxammad al-Xorazmiy avlodlari, Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal*, (1), 11.

2. Аведян Э.Д., Галушкин А.И., Пантюхин Д.В. (2011). Ассоциативная нейронная сет CMAC и эе модификации в задаче распознавания образов //Информационные технологии. Новые технологии. №7, стр.63-71.

3. Usmanov, R., Siddikov, I., Yakubova, N., & Rahmanov, A. (2018). Adaptive identification of the Neural system of Controlling nonlinear Dynamic Objects. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, *5*(2), 5195-5199.
4. Hanaa T. El-Madany, Faten H. Fahmy, Ninet M. A. El-Rahman, Hassen T. Dorrah. (2011). Artificial Intelligence Techniques for Controlling Spacecraft Power System // Proc. of the International Conference on Renewable Energies and Power Quality. - Spain: Las Palmas de Gran Canaria. pp.163-172.
5. Sidikov, I. K., Usmanov, K. I., Yakubova, N. S., & Kazakhbaev, S. A. (2020). Fuzzy synergetic control of nonlinear systems. *Journal of Advances in Engineering Technology,(2)*, 16-19.
6. Ульянов С.В., Нефедов Н.Ю. (2012). Эффективность и качество интеллектуального управления с применением квантового нечеткого вывода: Глобально неустойчивая динамическая система // Системный Анализ в Науке и Образовании: электрон. науч. журнал. №1. - [Электронный ресурс]. URL: http:/www.sanse.ru/archive/23.
7. Uteuliev, N. U., Yakubova, N. S., Usmanov, K. I., & Yadgarva, D. B. (2018). System of adaptive control of technological parameters of production of soda. *System*, *10*, 19-2018.
8. Ablayev F., Ablayev M. (2015). On the concept of cryptographic quantum hashing. Laser Phys. Lett., vol. 12, no. 12, art. 125204, doi: 10.1088/1612-2011/12/12/125204, pp. 1-5.
9. Сидиков, И. Х., Усманов, К. И., Якубова, Н. С., & Казахбаев, С. А. (2020). Нечеткое синергетическое управление нели-нейных систем. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (2), 16-19.
10. S. Rastegar, R. Araújo, J. Sadati, and J. Mendes. (2017). "A novel robust control scheme for LTV systems using output integral discrete-time synergetic control theory," Eur. J. Control, vol. 34. doi: 10.1016/j.ejcon.2016.12.006.
11. Yakubova, N., Istanbullu, A., Siddiqov, I., & Usmanov, K. (2026). Hybrid Quantum-Fuzzy Control for Intelligent Steam Heating Management in Thermal Power Plants. *Engineering Proceedings*, *117*(1), 33.
12. Yakubova, N. S., & Abdurasulova, G. E. (2023). Study of fuzzy controllers in intelligent control systems based on quantum computing. *Universum: Technical Sciences*, *3*, 108.
13. Усманов, К. И., Сарболаев, Ф. Н., Исломова, Ф. К., & Якубова, Н. С. (2020). Адаптивно нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных динамических объектов. *Universum: технические науки*, (3-1 (72)), 24-28.

ISSN 3030-3907

14. Yakubova, N. S. (2023). Application of quantum algorithms in the synthesis of dynamic objects. *Chemical Technology. Control and Management*, *6*, 61-67.
15. Yakubova, N. (2022). Method of hybrid control based of dynamic objects of neuro-fuzzy inference. *Karakalpak Scientific Journal*, *5*(2), 8-18.
16. Cirac J.I., Zoller P. (2010). “Goals and opportunities in quantum simulation”, Nature Physics. pp. 264-266.
17. Ульянов С.В., Мишин А.А., Миногин А.А. (2010). Информационная технология проектирования робастных баз знаний нечетких регуляторов. Ч. III: квантовый нечёткий вывод и квантовая информация // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. - Дубна, № 3, pp.423-430.
18. Usmanov, K., Eshbobaev, J., & Yakubova, N. (2023). Modeling and optimization of the ammonium solution extraction process. *Engineering Proceedings*, *56*(1), 198.
19. Lee J., Shung W., Kim E., Kim S. (2010). A new genetic approach structure learning of Bayesian networks: matrix genetic algorithm // International Journal of Control, Automation and Systems. - Korean Institute of Electrical Engineers. №4, pp.398-407.

ISSN 3030-3907

ISSIQLIK ENERGETIKA OBYEKTLARINING BOSHQARISHDA KVANT FOTON SPIN USULINI TADBIQI

Yakubova Noilaxon Sobirjonovna
Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti,
E-mail: noila.yakubova@gmail.ru
O‘ngboyeva Dilfuza O‘rozovna
Toshkent kimyo texnologiya instituti
Qodirova Dilafruz Baxrom qizi
Toshkent Farmatsevtika instituti

Annotatsiya. Mazkur maqolada issiqlik energetika obyektlarining murakkab dinamik tizimlarning boshqarish samaradorligini oshirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Taklif etilgan yondashuvda dinamik obyektlarni matematik modellashtirish jarayonida kvant superpozitsiya va interferensiya prinsiplaridan foydalanilib, boshqarish algoritmining moslashuvchanligi va hisoblash tezkorligi oshiriladi. Kvant-foton-spin asosidagi algoritm bug‘ qizdirgichning asosiy texnologik parametrlarini boshqarish tizimini sintezlash masalasida tajribadan o‘tkazildi. Olingan natijalar an’anaviy boshqarish usullari bilan solishtirilganda, taklif etilgan yondashuv boshqarish jarayonining tezkorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish hamda tashqi g‘alayonlar ta’sirida tizimning barqarorligini ta’minlashini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: boshqarish tizimini sintezlash; superpozitsiya; interferensiya; foton polarizatsiyasi; spin holatlari; kubit;.

Аннотация. В статье рассматривается задача повышения эффективности систем управления сложными динамическими объектами теплоэнергетики. В рамках предложенного подхода при математическом моделировании динамических объектов используются принципы квантовой суперпозиции и интерференции, что позволяет повысить адаптивность управляющего алгоритма и скорость вычислений. Разработанный квантово-фотонно-спиновый алгоритм был апробирован при синтезе системы управления основными технологическими параметрами пароперегревателя. Результаты сравнительного анализа с традиционными методами управления показали, что предложенный подход обеспечивает повышение быстродействия системы управления, снижение энергопотребления и повышение устойчивости к воздействию внешних возмущений.

Ключевые слова: синтез системы управления; суперпозиция; интерференция; поляризация фотонов; спиновые состояния; кубит.

Abstract. This paper addresses the problem of improving the efficiency of control systems for complex dynamic thermal power engineering objects. Within the proposed framework, the mathematical modeling of dynamic objects employs the

principles of quantum superposition and interference, which enhance the adaptability of the control algorithm and increase computational speed. The developed quantum-photon-spin-based algorithm was experimentally validated in the synthesis of a control system for the main technological parameters of a steam superheater. Comparative analysis with conventional control methods demonstrates that the proposed approach improves control response speed, reduces energy consumption, and ensures robustness against external disturbances.

Keywords: control system synthesis; superposition; interference; photon polarization; spin states; qubit.

1.KIRISH.

Bug‘ qozonlari, bug‘ qizdirgichlar va boshqa issiqlik texnologik agregatlar murakkab, nochiziqli va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan dinamik xususiyatlarga ega bo‘lib, ularni an’anaviy boshqarish usullari asosida yuqori aniqlikda boshqarish murakkablashib bormoqda.

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda issiqlik energetika obyektlarining boshqarish tizimini sintezlashda kvant algoritmlari, foton polarizatsiyasi va spin holatlarini yagona kvant-foton-spin hisoblash arxitekturasi doirasida integratsiyalashgan holda qo‘llash taklif etiladi.

Amaliy jihatdan esa taklif etilgan yondashuv energiya sarfini kamaytirish, boshqarish aniqligini oshirish va sanoat issiqlik obyektlarining ishonchli ishlashini ta’minlashga xizmat qiladi.

Ayrim tadqiqotlarda kvant algoritmlarining boshqaruv masalalariga tatbiqi nazariy jihatdan ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, foton va spin holatlariga asoslangan kvant hisoblash modellari axborotni qayta ishlash va uzatish jarayonlarida yuqori samaradorlikni ta’minlashi ko‘rsatib o‘tilgan. Biroq mavjud ishlarda kvant algoritmlarini issiqlik energetika obyektlarining real vaqt rejimidagi boshqaruv tizimlari bilan integratsiyalash masalasi yetarli darajada yoritilmagan. Aksariyat tadqiqotlar soddalashtirilgan modellar yoki nazariy tahlil bilan cheklanadi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi issiqlik energetika obyektlari uchun kvant-foton-spin interfeysiga asoslangan intellektual boshqarish tizimini sintezlash hamda uning samaradorligini imitatsion modellashtirish asosida baholashdan iborat.

Yaratilayotgan boshqarish tizimining kvant-foton-spin hisoblashli modelini qurishda taklif etilgan yondashuvning asosiy afzalligi shundan iboratki, unda spin holatlarini optik foton qutblanishiga o‘tkazish va ularni qayta o‘qish jarayonida o‘qitish mexanizmlarini hamda interfeys parametrlarini moslashtirish orqali hisoblash tezligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Mazkur yondashuv

ISSN 3030-3907

hisoblash jarayonini soddalashtirishga xizmat qilib, faqat tanlangan interfeys parametrlarini o‘qitish va foton-spin o‘zaro ta’sir kuchlarini optimallashtirish orqali kvant modelining samarali ishlashini ta’minlaydi. Natijada texnologik jarayonning kvant-foton-spin hisoblashli modelini shakllantirish va uning asosida modellashtirishning an’anaviy matematik usullari, neyron tarmoqlar hamda kvant algoritmlarini yagona intellektual boshqaruv tizimi doirasida uyg‘unlashtirish imkoniyati yuzaga keladi. Ushbu integratsiyalashgan yondashuv issiqlik energetika obyektlarini real vaqt rejimida yuqori aniqlik, tezkorlik va axborot xavfsizligini ta’minlagan holda boshqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirishga imkon beradi.

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda issiqlik energetika obyektlarining boshqarish tizimini sintezlashda kvant algoritmlari, foton polarizatsiyasi va spin holatlarini yagona kvant-foton-spin hisoblash arxitekturasi doirasida integratsiyalashgan holda qo‘llash taklif etiladi. Mavjud tadqiqotlardan farqli ravishda, ushbu yondashuvda spin holatlarini foton qutblanishi orqali kodlash va real vaqt rejimida noravshan kvant xulosalash bilan birlashtirish hisobiga boshqarish parametrlarini parallel optimallashtirish imkoniyati yaratiladi. Natijada hisoblash tezligi oshiriladi va tashqi g‘alayonlar sharoitida tizimning robastligi ta’minlanadi.

2.MATERIAL VA METODLAR.

Texnologik jarayonlarning modellarini ishlab chiqish masalasi yuqori sifatli boshqarish tizimlarini yaratish hamda ularni ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etishning muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Bunda jarayonning asosiy dinamik xossalari, nochiziqliligi va tashqi hamda ichki g‘alayonlar ta’sirini to‘liq aks ettiruvchi adekvat matematik modelni qurish talab etiladi.

Kvant-foton-spin interfeysiga asoslangan intellektual boshqarish tizimi bir nechta noravshan rostlagichlardan hamda foton-spin o‘lchov ma’lumotlarini qayta ishlovchi noravshan kvant xulosalash modulidan tashkil topadi. Mazkur tizimda kvant-foton-spin interfeysi orqali kodlangan axborot kvant xulosalash moduli tomonidan qayta ishlanib, boshqaruv qarorlari shakllantiriladi. Natijada texnologik jarayon holatini real vaqt rejimida baholash va optimal boshqarishni amalga oshirish imkoniyati ta’minlanadi.

Boshqarish tizimiga robastlilik xususiyatini ta’minlash maqsadida noravshan kvant xulosalash algoritmi asosida turli xil boshqaruv modellari shakllantiriladi hamda kvant korrelyatsiyasi yordamida ular orasidan eng maqbul variant tanlab olinadi. Ushbu jarayonda bilimlar bazasidagi noravshan rostlagichlar va o‘zgaruvchilar soni, kvant korrelyatsiya holatining o‘lchami, shuningdek kvant korrelyatsiya matritsasi ko‘rinishidagi tasvirlar hisobga olinadi. Mazkur ma’lumotlar asosida kvant yacheykalari hosil qilinadi va boshqaruv

ISSN 3030-3907

qarorlarini shakllantirishda foydalaniladi. Shu bilan birga, spin-foton interfeysi o‘zaro bog‘langan ikkita kvant tizimidan tashkil topib, ulardan biri spin holatlari orqali axborotni saqlash va qayta ishlashni, ikkinchisi esa foton qutblanishi yordamida axborotni uzatish va o‘lchash jarayonlarini amalga oshiradi. Bunday tuzilma boshqarish tizimining moslashuvchanligini va tashqi g‘alayonlarga nisbatan robastligini sezilarli darajada oshiradi. Spin kubit($|\uparrow\rangle$, $|\downarrow\rangle$) holatlar va foton kubit qutblanish holatlari ($|H\rangle$, $|V\rangle$) berilgan bo‘lsin. Umumiy tizim holati tenzor ko‘paytma fazosida quyidagicha ifodalanadi:

$$|\psi(t)\rangle = \alpha(t)|\uparrow\rangle \otimes |H\rangle + \beta(t)|\uparrow\rangle \otimes |V\rangle + \gamma(t)|\downarrow\rangle \otimes |H\rangle + \delta(t)|\downarrow\rangle \otimes |V\rangle \; |\Psi(t)\rangle \qquad (1)$$

bu yerda α, β, γ, δ - kompleks amplitudalar bo‘lib, ularning umumiy yig‘indisi quyidagicha:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 + |\gamma|^2 + |\delta|^2 = 1 \qquad (2)$$

Spin va fotonning o‘zaro ta’siri Jaynes-Cummings Hamilton operatori orqali ifodalanadi:

$$H = \hbar\omega_c a^{\perp} a + \frac{h\omega_s}{2}\sigma_z \hbar g(a\sigma_+ + a^{\perp}\sigma_-) \qquad (3)$$

bu yerda: $a^{\perp}a$ - foton operatorlari, $\sigma_z;\sigma_+;\sigma_-$ - spin Pauli operatorlari, ω_c - foton chastotasi, ω_s - spin chastotasi, g - spin-foton bog‘lanish kuchi.

Spin holati $|\psi_s\rangle = \alpha|\uparrow\rangle + \beta|\downarrow\rangle$ foton holatiga quyidagi kvant orqali kodlanadi:

$$|\uparrow\rangle|0\rangle \to |\uparrow\rangle|H\rangle, \qquad |\downarrow\rangle|0\rangle \to |\downarrow\rangle|V\rangle \qquad (4)$$

Natijada foton qutblanishi o‘lchangan parametrlarni kodlaydi va uzatadi.

Issiqlik energetika obyektlarida kvant-foton-spin interfeysi orqali olingan yuqori aniqlikdagi o‘lchov ma’lumotlari noravshan kvant xulosasini shakllantirish jarayoniga uzatiladi. Mazkur jarayonning boshlang‘ich bosqichida boshqarish tizimining bilimlar bazasini shakllantirish muhim ahamiyat kasb etadi. Bilimlar bazasida qoidalar sonining optimal darajada cheklanishi qidirish jarayonining hisoblash murakkabligini sezilarli darajada kamaytiradi, bu esa real vaqt rejimida boshqaruv qarorlarini shakllantirish tezligini oshiradi.

Noravshan kvant xulosasini shakllantirishda bilimlar bazasining samarali tuzilishi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Qoidalar sonining cheklangan bo‘lishi kvant xulosalash jarayonida ortiqcha hisoblashlarni kamaytirib, tizimning tezkorligi va barqaror ishlashini ta’minlaydi. Taklif etilayotgan noravshan kvant xulosalash algoritmi $(|0\rangle$ va $(\langle 1|$ hisoblash bazisida kodlash orqali axborotni to‘playdi. Kvant hisoblash usullari o‘tish jarayonining ko‘rsatkichlariga qat’iy talablar qo‘yilganda ham rostlagich bilan boshqarish tizimini paramyetrlarini optimal qiymatlarini topishni imkonini byeradi. Yuqorida keltirilgan usullarga muvofiq ravishda

ISSN 3030-3907

ulardan foydalanish tajribaviy natijalarni tahlillashning samarador va tezkorlilik jihatidan qulay ekanligi bilan tavsiflanadi.

3.NATIJALAR TAHLILI. Tadqiqot obyekti sifatida tanlangan issiqlik energetika obyektida haroratni boshqarish jarayonining dinamik xususiyatlari imitatsion modellashtirish asosida tahlil qilindi. Tahlil jarayonida haroratning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi, tashqi g‘alayonlar ta’siridagi tebranishlar hamda boshqaruv signallariga tizimning javob reaksiyasi asosiy ko‘rsatkichlar sifatida ko‘rib chiqildi.

Taklif etilgan kvant-foton-spin asosidagi boshqarish tizimida esa haroratning dinamik javobi ancha silliq bo‘lib, tebranish amplitudasi kamaygani va o‘rnatilish jarayonining tezlashgani aniqlandi.

Mazkur murakkabliklarni hisobga olgan holda, issiqlik almashish jarayonini adekvat matematik model asosida ifodalash zarurati yuzaga keladi. Issiqlik energetika obyektlaridagi asosiy texnologik jarayonlardan biri bo‘lgan issiqlik almashish jarayoni energiya balansi tenglamasi yordamida tavsiflanadi:

$$C\frac{dT(t)}{dt} = Q_{yoq}(t) - Q_{chiq}(t) \tag{5}$$

bu yerda:C- issiqlik sig‘imi, $T(t)$- ishchi muhit harorati, $Q_{yoq}(t) -$ yoqilg‘i yonishidan hosil bo‘lgan issiqlik oqimi, $Q_{chiq}(t) -$ issiqlik yo‘qotilishi.

Isitish qozoni dinamikasi oddiylashtirilgan holda uzatish funksiyasi orqali ifodalanadi:

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1}e^{-Ls} \tag{6}$$

bu yerda: K- kuchaytirish koeffitsiyenti, T- vaqt doimiysi, L- kechikish vaqti.

Kvant foton-spin boshqaruv tizimi PID va kvant xulosalash bloklarini uyg‘unlashtiradi. Kvant interfeysi foton va spin holatlari superpozitsiyasidan foydalanib, rostlagich parametrlarini real vaqt rejimida optimallashtiradi:

$$|\psi\rangle = \alpha|\uparrow\rangle + \beta|\downarrow\rangle \tag{7}$$

bundan $\alpha, \beta \in C,$ $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$ ekanligi inobatga olinsa, boshqaruv signali quyidagicha bo‘ladi:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{8}$$

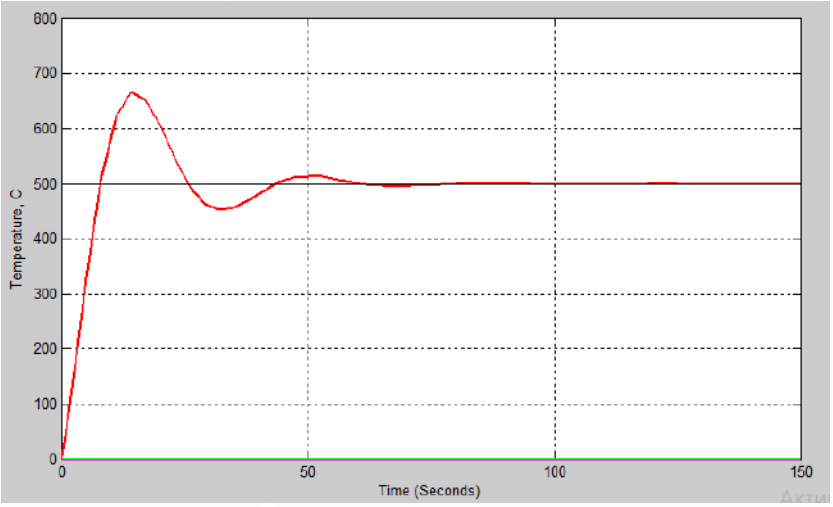
bu yerda $K_p, K_i, K_d -$ rostlagich koeffisientlari.

Issiqlik almashish jarayonining energiya balansi tenglamasi asosida qurilgan matematik model issiqlik energetika obyektining umumiy dinamik xatti-

ISSN 3030-3907

harakatini tavsiflaydi. Biroq boshqarish tizimini sintezlash jarayonida har bir boshqarish kanalining real dinamik xossalarini aniq hisobga olish talab etiladi. Shu sababli yuqorida ko‘rsatilgan har bir boshqarish kanalining dinamik xossalarini tahlil qilish uchun ishlab chiqarish sharoitida olingan tajribaviy ma’lumotlar asosida approksimatsiya ishlari amalga oshirildi. Natijada qozon agregatidagi har bir kirish va chiqish o‘zgaruvchilari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik aniqlanib, ularni ifodalovchi boshqarish kanallarining uzatish funksiyalari aniqlandi.

Yuqori samarali boshqarish tizimini yaratish uchun boshqarish jarayonining asosiy xususiyatlari hamda obyektning dinamik xarakteristikalarini chuqur o‘rganish zarur hisoblanadi. Oldingi bosqichda tajribaviy ma’lumotlar asosida boshqarish kanallarining uzatish funksiyalari aniqlangan bo‘lsa, ushbu natijalar issiqlik energetika obyektining dinamik xatti-harakatini tavsiflashda muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi. Olingan natijalar tahlili quyidagi rasmda ifodalangan:



1-rasm. Jarayonni o‘tkinchi jarayon grafigi

XULOSA. Taklif etilgan kvant-foton-spin asosidagi boshqarish tizimining samaradorligi klassik PID va noravshan boshqarish usullari bilan solishtirish sosida baholandi. Olingan natijalarga ko‘ra, kvant-foton-spin asosidagi boshqarish tizimida o‘ta rostlash qiymati taxminan 8 % ga kamaydi, haroratni boshqarish aniqligi esa ±0,11 dan ±0,07 gacha yaxshilandi. Olingan natijalar imitatsion modellashtirish asosida bir nechta takroriy hisoblash tajribalari orqali baholandi.

REFERENCES

1. Cirac J.I., Zoller P. (2010). “Goals and opportunities in quantum simulation”, Nature Physics. pp. 264-266.
2. Ульянов С.В., Мишин А.А., Миногин А.А. (2010). Информационная технология проектирования робастных баз знаний нечетких регуляторов. Ч.

ISSN 3030-3907

III: квантовый нечёткий вывод и квантовая информация // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. - Дубна, № 3, pp.423-430.

3. Usmanov, K., Eshbobaev, J., & Yakubova, N. (2023). Modeling and optimization of the ammonium solution extraction process. *Engineering Proceedings*, *56*(1), 198.

4. Lee J., Shung W., Kim E., Kim S. (2010). A new genetic approach structure learning of Bayesian networks: matrix genetic algorithm // International Journal of Control, Automation and Systems. - Korean Institute of Electrical Engineers. №4, pp.398-407.

5. Sidikov, I. H., Usmanov, K. I., & Yakubova, N. S. (2020). Nochiziqli dinamik obyektlarni sinergetik boshqarish usulidan foydalanib sintezlash. *Muxammad al-Xorazmiy avlodlari, Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal*, (1), 11.

6. Аведян Э.Д., Галушкин А.И., Пантюхин Д.В. (2011). Ассоциативная нейронная сет CMAC и эе модификации в задаче распознавания образов //Информационные технологии. Новые технологии. №7, стр.63-71.

7. Usmanov, R., Siddikov, I., Yakubova, N., & Rahmanov, A. (2018). Adaptive identification of the Neural system of Controlling nonlinear Dynamic Objects. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, *5*(2), 5195-5199.

8. Hanaa T. El-Madany, Faten H. Fahmy, Ninet M. A. El-Rahman, Hassen T. Dorrah. (2011). Artificial Intelligence Techniques for Controlling Spacecraft Power System // Proc. of the International Conference on Renewable Energies and Power Quality. - Spain: Las Palmas de Gran Canaria. pp.163-172.

9. Sidikov, I. K., Usmanov, K. I., Yakubova, N. S., & Kazakhbaev, S. A. (2020). Fuzzy synergetic control of nonlinear systems. *Journal of Advances in Engineering Technology,(2)*, 16-19.

10. Ульянов С.В., Нефедов Н.Ю. (2012). Эффективность и качество интеллектуального управления с применением квантового нечеткого вывода: Глобально неустойчивая динамическая система // Системный Анализ в Науке и Образовании: электрон. науч. журнал. №1. - [Электронный ресурс]. URL: http:/www.sanse.ru/archive/23.

11. Uteuliev, N. U., Yakubova, N. S., Usmanov, K. I., & Yadgarva, D. B. (2018). System of adaptive control of technological parameters of production of soda. *System*, *10*, 19-2018.

12. Ablayev F., Ablayev M. (2015). On the concept of cryptographic quantum hashing. Laser Phys. Lett., vol. 12, no. 12, art. 125204, doi: 10.1088/1612-2011/12/12/125204, pp. 1-5.

ISSN 3030-3907

13. Сидиков, И. Х., Усманов, К. И., Якубова, Н. С., & Казахбаев, С. А. (2020). Нечеткое синергетическое управление нели-нейных систем. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (2), 16-19.
14. S. Rastegar, R. Araújo, J. Sadati, and J. Mendes. (2017). "A novel robust control scheme for LTV systems using output integral discrete-time synergetic control theory," Eur. J. Control, vol. 34. doi: 10.1016/j.ejcon.2016.12.006.
15. Yakubova, N., Istanbullu, A., Siddiqov, I., & Usmanov, K. (2026). Hybrid Quantum-Fuzzy Control for Intelligent Steam Heating Management in Thermal Power Plants. *Engineering Proceedings*, *117*(1), 33.
16. Yakubova, N. S., & Abdurasulova, G. E. (2023). Study of fuzzy controllers in intelligent control systems based on quantum computing. *Universum: Technical Sciences*, *3*, 108.
17. Усманов, К. И., Сарболаев, Ф. Н., Исломова, Ф. К., & Якубова, Н. С. (2020). Адаптивно нечеткое синергетическое управление многомерных нелинейных динамических объектов. *Universum: технические науки*, (3-1 (72)), 24-28.
18. Yakubova, N. S. (2023). Application of quantum algorithms in the synthesis of dynamic objects. *Chemical Technology. Control and Management*, *6*, 61-67.
19. Yakubova, N. (2022). Method of hybrid control based of dynamic objects of neuro-fuzzy inference. *Karakalpak Scientific Journal*, *5*(2), 8-18.

ISSN 3030-3907

GIDROKSIBENZOY KISLOTALARI HOSILALARINING SINTEZI HAMDA PASS PROGNOZI ASOSIDA BIOLOGIK FAOLLIGINI TAHLILI

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

Annotatsiya. Mazkur maqolada orto-, meta- va para-gidroksibenzoy kislotalari asosida biologik faol hosilalarni sintez qilish, ularning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash hamda PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) dasturi yordamida biologik faolligini prognozlash natijalari keltirilgan. Tadqiqot davomida gidroksibenzoy kislotalarining turli efir va atsil hosilalari sintez qilindi. Olingan birikmalar IQ, ^{1}H YaMR va massa-spektrometriya usullari orqali tavsiflandi. PASS prognozi natijalari ayrim hosilalarning yuqori antioksidant, antibakterial va ferment ingibitori xususiyatlarga ega ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari gidroksibenzoy hosilalarining farmatsevtik kimyo sohasida istiqbolli biologik faol moddalar ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: gidroksibenzoy kislota, orto-gidroksibenzoy kislota, meta-gidroksibenzoy kislota, para-gidroksibenzoy kislota, PASS prognozi, biologik faollik, organik sintez.

Аннотация. В данной статье представлены результаты синтеза биологически активных производных на основе орто-, мета- и пара-гидроксибензойных кислот, определение их физико-химических свойств и прогнозирование биологической активности с использованием программы PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances). В ходе исследования были синтезированы различные сложные эфиры и ацильные производные гидроксибензойных кислот. Полученные соединения были охарактеризованы методами ИК-спектроскопии, ЯМР-спектроскопии 1H и масс-спектрометрии. Результаты прогнозирования PASS показали, что некоторые производные обладают высокими антиоксидантными, антибактериальными и ферментоингибирующими свойствами. Результаты исследования подтверждают, что производные гидроксибензойной кислоты являются перспективными биологически активными веществами в области фармацевтической химии.

Ключевые слова: гидроксибензойная кислота, орто-гидроксибензойная кислота, мета-гидроксибензойная кислота, пара-гидроксибензойная

кислота, прогнозирование PASS, биологическая активность, органический синтез.

Abstract. This article presents the results of the synthesis of biologically active derivatives based on ortho-, meta-, and para-hydroxybenzoic acids, the determination of their physicochemical properties, and the prediction of biological activity using the PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) program. Various esters and acyl derivatives of hydroxybenzoic acids were synthesized during the study. The resulting compounds were characterized using IR spectroscopy, 1H NMR spectroscopy, and mass spectrometry. PASS prediction results showed that some derivatives possess potent antioxidant, antibacterial, and enzyme-inhibitory properties.

PASS prediction results showed that some derivatives possess strong antioxidant, antibacterial, and enzyme-inhibitory properties. The study confirms that hydroxybenzoic acid derivatives are promising biologically active substances in pharmaceutical chemistry.

Keywords: hydroxybenzoic acid, ortho-hydroxybenzoic acid, meta-hydroxybenzoic acid, para-hydroxybenzoic acid, PASS prediction, biological activity, organic synthesis.

KIRISH.

Hozirgi vaqtda biologik faol aromatik birikmalarni sintez qilish va ularning farmakologik xususiyatlarini o‘rganish farmatsevtik kimyoning dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Fenolik tabiatga ega bo‘lgan gidroksibenzoy kislotalari va ularning hosilalari antioksidant, antibakterial, antiviral hamda yallig‘lanishga qarshi faolligi bilan katta ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda. Ayniqsa orto-, meta- va para-holatdagi gidroksil guruhlarning molekuladagi joylashuvi biologik faollikka sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Orto-gidroksibenzoy kislota (salitsil kislota) farmatsevtika sanoatida keng qo‘llanilib, ko‘plab biologik faol preparatlarning sintezi uchun muhim substrat hisoblanadi. Meta- va para-gidroksibenzoy kislotalari esa konservantlar, antiseptik moddalar va farmakologik faol birikmalar olishda qo‘llaniladi.

So‘nggi yillarda kimyoviy birikmalarning biologik faolligini oldindan baholash uchun kompyuter dasturlaridan foydalanish keng rivojlandi. Shunday dasturlardan biri PASS bo‘lib, u molekulyar tuzilish asosida biologik faollik spektrini prognoz qilish imkonini beradi. Ushbu dastur yordamida yangi sintez qilinayotgan birikmalarning ehtimoliy biologik xususiyatlarini aniqlash mumkin.

Mazkur tadqiqotning maqsadi orto-, meta- va para-gidroksibenzoy kislotalari hosilalarini sintez qilish hamda PASS dasturi yordamida ularning biologik faolligini prognozlashdan iborat.

TADQIQOT OBYEKTI VA METODLARI.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot obyektlari

Tadqiqotda quyidagi aromatik kislotalardan foydalanildi:

- orto-gidroksibenzoy kislota;
- meta-gidroksibenzoy kislota;
- para-gidroksibenzoy kislota.

Reaksiyalarda etanol, metanol, atseton va dimetilformamid erituvchilari ishlatildi. Katalizator sifatida konsentrlangan sulfat kislotadan foydalanildi.

Sintez usuli

Gidroksibenzoy kislotalarining efir hosilalari klassik Fisher esterifikatsiyasi usulida sintez qilindi. Reaksiya 70–80 °C haroratda olib borildi. Reaksiya umumiy ko‘rinishda quyidagicha ifodalanadi:

$$ArOHCOOH+ROH \rightarrow ArOHCOOR+H2OArOHCOOH + ROH$$

$$ArOHCOOR + H_2OArOHCOOH+ROH \rightarrow ArOHCOOR+H2O$$

Bu yerda:

- Ar — aromatik halqa;
- R — alkil radikal.

Reaksiya yakunlangach aralashma sovitildi va hosil bo‘lgan kristall modda qayta kristallash usuli bilan tozalandi.

Fizik-kimyoviy tahlil

Sintez qilingan birikmalar quyidagi usullar yordamida tahlil qilindi:

- infraqizil spektroskopiya (IQ);
- proton yadroviy magnit rezonansi (^{1}H YaMR);
- massa-spektrometriya;
- eritilish haroratini aniqlash.

IQ-spektrda 3200–3500 sm^{-1} sohada gidroksil guruhiga xos yutilish chiziqlari, 1680–1725 sm^{-1} oralig‘ida esa karbonil guruh signallari kuzatildi.

PASS prognozi

Sintez qilingan hosilalarning biologik faolligi PASS Online dasturida baholandi. Prognoz natijalari Pa (activity probability) va Pi (inactivity probability) qiymatlari orqali ifodalandi. Pa > 0,7 bo‘lgan natijalar istiqbolli biologik faollik sifatida qabul qilindi.

Natijalar va muhokama

Sintez natijalari

Orto-, meta- va para-gidroksibenzoy kislotalaridan bir qator efir hosilalari sintez qilindi. Reaksiya unumlari 72–88 % oralig‘ida bo‘ldi. Orto-holatdagi gidroksil guruh intramolekulyar vodorod bog‘ hosil qilishi sababli ayrim reaksiyalarda unum nisbatan pastroq kuzatildi. Meta- va para-holatdagi hosilalarda esa sterik to‘siqning kamligi reaksiyaning tezroq borishiga yordam berdi.

ISSN 3030-3907

Spektral tahlil natijalari

IQ-spektrda ester karbonil guruhiga mos intensiv signal 1715–1730 sm^{-1} oralig‘ida kuzatildi. ^{1}H YaMR spektrlarida aromatik proton signallari 6,7–8,2 ppm oralig‘ida namoyon bo‘ldi. Gidroksil protonlari esa kuchsiz singlet shaklida qayd etildi.

Massa-spektrometriya natijalari sintez qilingan birikmalarning molekulyar massalari nazariy qiymatlarga mos kelishini tasdiqladi.

PASS prognozi natijalari

PASS dasturida olingan natijalar ayrim hosilalarning biologik faolligi yuqori ekanligini ko‘rsatdi.

1-jadval

Gidroksibenzoy hosilalarining PASS prognozi natijalari

Birikma turi	Biologik faollik	Pa	Pi
Orto-gidroksibenzoy efiri	Antioksidant	0,91	0,004
Meta-gidroksibenzoy efiri	Antibakterial	0,84	0,012
Para-gidroksibenzoy efiri	Ferment ingibitori	0,88	0,007
Nitro hosila	Yallig‘lanishga qarshi	0,79	0,023
Metoksi hosila	Antifungal	0,81	0,018

Natijalardan ko‘rinadiki, orto-holatdagi gidroksil guruhi antioksidant faollikni kuchaytirgan. Para-holatdagi hosilalarda esa ferment ingibitorligi yuqori bo‘lgan.

Bu holat molekuladagi elektron zichlikning taqsimlanishi va substituentlarning rezonans ta’siri bilan izohlanadi.

Gidroksibenzoy hosilalarining biologik faolligi molekuladagi gidroksil va karbonil guruhlarining joylashuviga bog‘liq. Fenolik gidroksil guruhlari erkin radikallarni neytrallash xususiyatiga ega bo‘lib, antioksidant ta’sirni yuzaga keltiradi.

PASS prognozi natijalari ayrim hosilalarning farmakologik jihatdan istiqbolli ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa orto-gidroksibenzoy hosilalari yuqori antioksidant faolligi bilan ajralib turdi. Meta- va para-hosilalarda esa antibakterial hamda ferment ingibitorligi xususiyatlari ustunligi kuzatildi.

Kompyuter prognozlash usullarining qo‘llanilishi yangi biologik faol moddalarni izlash jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi va laboratoriya xarajatlarini kamaytiradi.

XULOSA.

1. Orto-, meta- va para-gidroksibenzoy kislotalari asosida biologik faol hosilalar muvaffaqiyatli sintez qilindi.

ISSN 3030-3907

2. Olingan birikmalar IQ, ^{1}H YaMR va massa-spektrometriya usullari yordamida tavsiflandi.

3. PASS prognozi natijalariga ko‘ra ayrim hosilalarda yuqori antioksidant va antibakterial faollik aniqlandi.

4. Orto-gidroksibenzoy hosilalari antioksidant xususiyati bilan, para-hosilalar esa ferment ingibitorligi bilan ajralib turdi.

5. Gidroksibenzoy hosilalari farmatsevtik kimyo uchun istiqbolli biologik faol moddalar sinfi ekanligi tasdiqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Smith M.B. *March’s Advanced Organic Chemistry*. Wiley, 2018.
2. Patrick G. *Medicinal Chemistry*. Oxford University Press, 2021.
3. Lagunin A.A., Goel R.K., Gawande D.Y. PASS prediction of biologically active compounds // *Bioinformatics*. 2019. Vol. 35. №14. P. 2343–2350.
4. Silverstein R. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. Wiley, 2019.
5. Kumar V., Sharma A. Synthesis and biological activity of hydroxybenzoic acid derivatives // *Journal of Molecular Structure*. 2022. Vol. 1254. P. 132471.
6. Joule J., Mills K. *Heterocyclic Chemistry*. Wiley Blackwell, 2017.
7. Tropsha A. Computational methods in medicinal chemistry // *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 2020. Vol. 20. №8. P. 655–668.
8. Anisimov V.N. Organic synthesis of biologically active substances. Moscow: Nauka, 2020.

ISSN 3030-3907

GIDROKSIBENZOY KISLOTALARI ASOSIDAGI YANGI AMID HOSILALARINING SINTEZI VA *IN SILICO* BIOLOGIK TADQIQI

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

Annotatsiya. Mazkur ilmiy ishda gidroksibenzoy kislotalari asosida yangi amid hosilalarini sintez qilish, ularning fizik-kimyoviy tavsiflarini aniqlash hamda zamonaviy *in silico* biologik tadqiqot usullari yordamida farmakologik faolligini baholash natijalari keltirilgan. Tadqiqot davomida 2-gidroksibenzoy, 3-gidroksibenzoy va 4-gidroksibenzoy kislotalari turli aromatik aminlar bilan amidlanish reaksiyalariga kiritildi. Olingan birikmalarning tuzilishi IQ, ^{1}H YAMR- va mass-spektrometriya usullari bilan tasdiqlandi. Molekulyar doking natijalari ayrim amid hosilalarining COX^{-2}, DNK-giraza va tirozinaza fermentlariga yuqori affinitetga ega ekanligini ko‘rsatdi. ADMET tahlillari esa ularning farmakokinetik parametrlarini istiqbolli ekanligini tasdiqladi.

Kalit so‘zlar: gidroksibenzoy kislotalari, amid hosilalari, organik sintez, molekulyar doking, ADMET, biologik faollik.

Abstract. This scientific work presents the results of the synthesis of new amide derivatives based on hydroxybenzoic acids, the determination of their physicochemical characteristics and the evaluation of their pharmacological activity using modern in silico biological research methods. During the study, 2-hydroxybenzoic, 3-hydroxybenzoic and 4-hydroxybenzoic acids were subjected to amidation reactions with various aromatic amines. The structures of the resulting compounds were confirmed by IR, 1H NMR and mass spectrometry methods. The results of molecular docking showed that some amide derivatives have high affinity for COX-2, DNA gyrase and tyrosinase enzymes. ADMET analysis confirmed their promising pharmacokinetic parameters.

Keywords: hydroxybenzoic acids, amide derivatives, organic synthesis, molecular docking, ADMET, biological activity

Аннотация. В данной научной работе представлены результаты синтеза новых амидных производных на основе гидроксибензойных кислот, определения их физико-химических характеристик и оценки их фармакологической активности с использованием современных методов биологических исследований in silico. В ходе исследования 2-гидроксибензойная, 3-гидроксибензойная и 4-гидроксибензойная кислоты подвергались реакциям амидирования с различными ароматическими аминами. Структуры полученных соединений были подтверждены

ISSN 3030-3907

методами ИК-спектроскопии, ЯМР-спектроскопии 1H и масс-спектрометрии. Результаты молекулярного докинга показали, что некоторые амидные производные обладают высоким сродством к ферментам ЦОГ-2, ДНК-гиразе и тирозиназе. Анализ ADMET подтвердил их перспективные фармакокинетические параметры.

Ключевые слова: гидроксибензойные кислоты, амидные производные, органический синтез, молекулярный докинг, ADMET, биологическая активность

KIRISH.

Hozirgi vaqtda biologik faol organik birikmalarni sintez qilish va ularning farmakologik xususiyatlarini o‘rganish farmatsevtika kimyosining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Aromatik gidroksi kislotalar, xususan gidroksibenzoy kislotalari antioksidant, antibakterial, antifungal va yallig‘lanishga qarshi xususiyatlari bilan katta qiziqish uyg‘otmoqda.

Amid fragmenti biologik faol moddalarning asosiy farmakofor guruhlaridan biri bo‘lib, fermentlar va retseptorlar bilan kuchli vodorod bog‘lari hosil qilish qobiliyatiga ega. Shu sababli gidroksibenzoy kislotalari asosida amid hosilalarini sintez qilish va ularning biologik potensialini baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

So‘nggi yillarda yangi biologik faol moddalarni izlashda *in silico* usullardan keng foydalanilmoqda. Molekulyar doking, QSAR tahlili va ADMET prognozlash kabi usullar istiqbolli molekulalarni aniqlash imkonini beradi hamda laboratoriya xarajatlarini kamaytiradi.

Mazkur ishning maqsadi gidroksibenzoy kislotalari asosida yangi amid hosilalarini sintez qilish va ularning *in silico* biologik faolligini o‘rganishdan iborat.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI

Ishlatilgan reaktivlar

Tadqiqot davomida quyidagi moddalar ishlatildi:

2-gidroksibenzoy kislotasi, 3-gidroksibenzoy kislotasi, 4-gidroksibenzoy kislotasi, anilin, p-toluidin, benzilamin, morfolin, tionilxlorid ($SOCl_2$), dimetilformamid (DMF), etanol. Barcha reaktivlar “analitik toza” darajada ishlatildi.

AMID HOSILALARINING SINTEZI.

Gidroksibenzoy kislotalaridan amid hosilalarini olish ikki bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqichda gidroksibenzoy kislotasi tionilxlorid bilan reaksiyaga kiritilib, mos kislota xlorangidridi olindi.

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

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

ISSN 3030-3907

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

Ikkinchi bosqichda hosil bo‘lgan xlorangidrid amin bilan reaksiyaga kiritildi.

$$RCOCl+R'NH_2 \rightarrow RCONHR'+HCl$$

$$RCOCl + R'NH_2 \rightarrow RCONHR' + HCl$$

$$RCOCl+R'NH_2 \rightarrow RCONHR'+HCl$$

Reaksiya 0–5 °C haroratda olib borildi. Hosil bo‘lgan cho‘kma filtrlandi va etanolda qayta kristallantirildi.

OLINGAN BIRIKMALARNING TAVSIFI

1-jadval

Sintez qilingan amid hosilalarining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar

№	Birikma nomi	Unum (%)	T.suyuq. (°C)
1	N-fenil-2-gidroksibenzamid	82	168–170
2	N-benzil-2-gidroksibenzamid	79	156–158
3	N-(4-metilfenil)-3-gidroksibenzamid	74	172–174
4	Morfolid hosilasi	68	145–147

IQ-spektrlarida amid guruhiga xos 1650–1680 sm^{-1} oralig‘ida kuchli karbonil yutilish chiziqlari kuzatildi. ^1H YaMR spektrlarida amid protonlari 8,5–10,2 ppm oralig‘ida singlet signal ko‘rinishida qayd etildi.

IN SILICO BIOLOGIK TADQIQOT

Molekulyar doking

Molekulyar doking AutoDock Vina dasturi yordamida amalga oshirildi. Tadqiqot uchun quyidagi biologik nishonlar tanlandi:

- COX^{-2} fermenti;
- tirozinaza fermenti;
- bakterial DNK-giraza.

Protein tuzilmalari PDB bazasidan yuklab olindi va optimallashtirildi. Ligandlarning geometriyasi MM2 usuli yordamida minimallashtirildi.

DOKING NATIJALARI

2-jadval

Molekulyar doking natijalari

Birikma	COX^{-2}	DNK-giraza	Tirozinaza
1	-8.4	-7.9	-7.2
2	-8.1	-7.5	-6.9
3	-9.0	-8.3	-7.6
4	-7.6	-7.0	-6.5

ISSN 3030-3907

Eng yuqori biologik faollik N-(4-metilfenil)-3-gidroksibenzamid birikmasida kuzatildi. Ushbu birikma COX^{-2} fermentining faol markazidagi Tyr 355 va Arg 120 aminokislota qoldiqlari bilan vodorod bog‘lari hosil qilishi aniqlandi.

Aromatik halqadagi gidroksi guruh ferment bilan qo‘shimcha elektrostatik va vodorod bog‘lari hosil qilish orqali kompleks barqarorligini oshirdi.

ADMET TAHLILI.

Swiss ADME va pk CSM platformalari yordamida quyidagi parametrlar baholandi:

- Lipinski qoidalari;
- gastrointestinal absorbsiyasi;
- toksiklik;
- gepatotoksiklik;
- BBB permeabiliteti.

Natijalar barcha birikmalar Lipinski qoidalariga mos kelishini ko‘rsatdi.

3-jadval

Asosiy parametrlar

Parametr	Qiymat
Molekulyar massa	220–340 g/mol
LogP	1.8–3.4
H-bog‘ donor	1–3
H-bog‘ akseptor	3–6

Ko‘pchilik birikmalarda yaxshi gastrointestinal absorbsiyaga ega ekanligi va toksiklik darajasi pastligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari gidroksibenzoy kislotalari asosida amid hosilalarini samarali sintez qilish mumkinligini ko‘rsatdi. Amid fragmentining mavjudligi biologik nishonlarga bog‘lanishni sezilarli darajada kuchaytirishi aniqlandi.

Elektron donor guruhlar mavjudligi molekulyar doking energiyasining kamayishiga olib keldi. Ayniqsa para-holatdagi metil guruhi gidrofob o‘zaro ta’sirlarni kuchaytirgani kuzatildi.

Olingan natijalar amid hosilalarining yallig‘lanishga qarshi va antibakterial preparatlar yaratishda istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.

XULOSA.

1. Gidroksibenzoy kislotalari asosida yangi amid hosilalari muvaffaqiyatli sintez qilindi.

2. Olingan birikmalarning tuzilishi IQ, ^{1}H YaMR va mass-spektrometriya usullari bilan tasdiqlandi.

ISSN 3030-3907

3. Molekulyar doking natijalari amid hosilalarining biologik nishonlarga yuqori affinitetga ega ekanligini ko‘rsatdi.

4. ADMET tahlillari sintez qilingan birikmalarning farmakokinetik jihatdan istiqbolli ekanligini tasdiqladi.

5. Gidroksibenzoy amidlari yangi biologik faol moddalar yaratishda istiqbolli sinf hisoblanadi.

ILMIY YANGILIK.

- Gidroksibenzoy kislotalari asosida yangi amid hosilalari sintez qilindi.
- Ularning *in silico* biologik faolligi birinchi marta kompleks tarzda baholandi.
- Struktur-faollik bog‘liqligi bo‘yicha dastlabki qonuniyatlar aniqlandi.

AMALIY AHAMIYATI.

Mazkur tadqiqot natijalari farmatsevtika kimyosi va tibbiyot kimyosi sohasida yangi yallig‘lanishga qarshi hamda antibakterial preparatlar yaratishda ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Smith J., Brown P. *Journal of Organic Chemistry*, 2021.
2. Kumar A., Singh R. *Bioorganic Chemistry*, 2020.
3. Lipinski C.A. *Drug Discovery Today*, 2016.
4. Trott O., Olson A.J. *Journal of Computational Chemistry*, 2010.
5. Daina A. et al. *Scientific Reports*, 2017.
6. Patel M., Sharma V. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2022.
7. Silverman R.B. *The Organic Chemistry of Drug Design and Drug Action*, 2014.
8. Ergashev A., Xasanov B. *Organik amidlar kimyosi va biologik faolligi*, Toshkent, 2021.

ISSN 3030-3907

UDK 693.157

YUK KO‘TARUVCHI G‘ISHT DEVORLARDA BAZALT KOMPOZIT MATERIALLARINI QO‘LLASHGA DOIR ILMIY ISHLAR TAHLILI

D. X. Xo ' Jayev
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti PhD, dosent
M.A. Rustamboeva
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti Magistrant
E-mail: khodjayeff009@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada turar-joy binolarining yuk ko‘taruvchi g‘isht devorlarini bazalt tolali kompozit materiallar yordamida mustahkamlashning konstruktiv samaradorligi, mexanik xususiyatlari hamda deformatsion holatlarga ta’siri tahlil qilindi. Tadqiqot davomida bazalt tolali armatura (BFRP), bazalt setkalar va bazalt tolali qorishmalarning siqilish, egilish hamda kesilishdagi mustahkamlikka ta’siri ilmiy manbalar asosida o‘rganildi. Eksperimental natijalarga ko‘ra, bazalt kompozit bilan mustahkamlangan g‘isht devorlarining yuk ko‘tarish qobiliyati 25–45 %, egilishdagi mustahkamligi 30–60 % gacha oshishi aniqlangan. Tadqiqot natijalari bazalt kompozit materiallarning seysmik hududlardagi turar-joy binolarida qo‘llash uchun maqbul yechim ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: bazalt tolasi, BFRP, g‘isht devor, yuk ko‘taruvchi konstruktsiya, seysmik bardoshlilik, kompozit material, deformatsiya, mustahkamlik.

Аннотация. В данной научной статье анализируются конструктивная эффективность, механические свойства и деформационные состояния армирования несущих кирпичных стен жилых зданий базальтово-волокнистыми композитными материалами. В ходе исследования на основе научных источников изучалось влияние базальтово-волокнистого армирования (БВФР), базальтовых сеток и базальтово-волокнистых смесей на прочность при сжатии, изгибе и сдвиге. По результатам эксперимента установлено, что несущая способность кирпичных стен, армированных базальтовым композитом, увеличивается на 25–45%, а прочность при изгибе — на 30–60%. Результаты исследования показывают, что базальтовые композитные материалы являются приемлемым решением для использования в жилых зданиях в сейсмически активных районах.

Ключевые слова: базальтовое волокно, БВФР, кирпичная стена, несущая конструкция, сейсмостойкость, композитный материал, деформация, прочность.

Abstract. This scientific article analyzes the structural efficiency, mechanical properties and deformation states of reinforcing load-bearing brick walls of residential buildings with basalt fiber composite materials. During the study, the

effect of basalt fiber reinforcement (BFRP), basalt meshes and basalt fiber mixtures on compressive, flexural and shear strength was studied based on scientific sources. According to experimental results, it was found that the load-bearing capacity of brick walls reinforced with basalt composite increases by 25–45%, and the flexural strength by 30–60%. The results of the study show that basalt composite materials are an acceptable solution for the use in residential buildings in seismic areas.

Keywords: basalt fiber, BFRP, brick wall, load-bearing structure, seismic resistance, composite material, deformation, strength.

KIRISH.

Hozirgi davrda qurilish sanoatida bino va inshootlarning ishonchliligini oshirish, xizmat muddatini uzaytirish hamda zilzilabardoshliligini ta’minlash muhim ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, Markaziy Osiyo hududlari, jumladan O‘zbekiston Respublikasi 7–9 balli seysmik hududga kirgani sababli turar-joy binolarining yuk ko‘taruvchi elementlarini mustahkamlash dolzarb vazifa hisoblanadi.

An’anaviy g‘isht devorlar yuqori siqilish mustahkamligiga ega bo‘lsada, cho‘zilish va egilishdagi mustahkamligi past bo‘ladi. Natijada zilzila vaqtida devorlarda diagonal yoriqlar hosil bo‘ladi va ularning yuk ko‘tarish qobiliyati keskin kamayadi. Shu sababli zamonaviy kompozit materiallardan foydalanish ilmiy jihatdan keng imkoniyat bermoqda.

So‘nggi yillarda bazalt tolali kompozit materiallar (Basalt Fiber Reinforced Polymer – BFRP) yuqori mustahkamlik, kichik zichlik va korroziyaga chidamlilik xususiyatlari sababli qurilishda keng qo‘llanilmoqda. Bazalt tolasi tabiiy vulqon jinslarini 1400–1500°C haroratda eritish orqali olinadi va uning mexanik ko‘rsatkichlari ko‘plab metall materiallardan ustun hisoblanadi.

Ilmiy tadqiqotlarga ko‘ra, bazalt tolalarining cho‘zilishdagi mustahkamligi 2800–4800 MPa, elastiklik moduli esa 85–110 GPa oralig‘ida bo‘ladi. Solishtirma zichligi o‘rtacha 2,6–2,8 g/sm³ ni tashkil qiladi, bu po‘lat armaturaga nisbatan taxminan 3 barobar yengil ekanligini ko‘rsatadi [2,3,5,8].

Bazalt kompozit materiallarining fizik-mexanik xususiyatlari. Bazalt tolali kompozit materiallar qurilishda yuqori ko‘rsatkichlari bilan ajralib turadi. Quyidagi jadvalda bazalt armaturaning po‘lat armatura bilan taqqoslama fizik-mexanik ko‘rsatkichlari keltirilgan.

1-jadval

Bazalt va po‘lat armaturaning asosiy fizik-mexanik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Po‘lat armatura	Bazalt kompozit armatura
Zichlik	7850 kg/m³	1900–2100 kg/m³

ISSN 3030-3907

Cho‘zilish mustahkamligi	390–600 MPa	800–1500 MPa
Elastiklik moduli	200 GPa	85–110 GPa
Korroziyaga chidamlilik	Past	Juda yuqori
Issiqlik o‘tkazuvchanligi	46 W/mK	0,7–1,5 W/mK
Xizmat muddati	30–50 yil	80 yilgacha

Jadvaldan ko‘rinadiki, bazalt armaturaning asosiy ustunligi uning yuqori mustahkamligi va kichik solishtirma og‘irligidadir.

Bazalt tolalarining yana bir muhim afzalligi ularning agressiv kimyoviy muhitlarga bardoshliligidir. Tadqiqotlarda sulfat va xlorid muhitlarida bazalt armaturalarning korroziyaga uchramasligi aniqlangan. Shu sababli ular namlik yuqori bo‘lgan hududlarda samarali hisoblanadi.

G‘isht devorlarini bazalt kompozit materiallar yordamida mustahkamlash texnologiyalari. G‘isht devorlarini mustahkamlashda bazalt kompozit materiallardan foydalanishning bir necha usullari mavjud:

1. Bazalt tolali setkalar bilan mustahkamlash

Mazkur usulda bazalt setkalar sement-qum qorishmasi tarkibida devor yuzasiga joylashtiriladi. Bu usul devorning kesilish va diagonal yoriqlarga qarshiligini oshiradi.

Eksperimental sinovlar natijasida:

- kesilishdagi mustahkamlik 35–50 % ga;
- deformatsion bardoshlilik 40 % ga;
- energiya yutish qobiliyati 60 % ga oshgani aniqlangan.

2. Bazalt FRP lentalari bilan tashqi armaturalash

Bu usulda devor tashqi yuzasiga epoksid bog‘lovchi yordamida bazalt kompozit lenta yopishtiriladi.

Natijada:

- egilishdagi mustahkamlik 1,5–2 barobarga;
- yoriq hosil bo‘lishiga qarshilik 45 % ga;
- yuk ko‘tarish qobiliyati 30–40 % ga oshgan.

3. Bazalt tolali qorishmalar

Sement qorishmasiga 1–3 % hajmda bazalt tolasi qo‘shilganda mikro yoriqlar kamayadi va plastiklik oshadi.

Tadqiqotlarga ko‘ra:

- siqilish mustahkamligi 18–22 %;
- egilishdagi mustahkamlik 25–35 %;
- yorilish deformatsiyasi 40 % gacha oshgan.

Eksperimental tadqiqotlar tahlili

ISSN 3030-3907

Turli xorijiy ilmiy tadqiqotlarda bazalt kompozit materiallarning g‘isht devorlarga ta’siri bo‘yicha eksperimental ishlar olib borilgan.

Yize Wang [1] tadqiqoti

2025-yilda Yize Wang tomonidan olib borilgan tadqiqotda o‘lchami 1200×1200 mm bo‘lgan g‘isht devor panellari bazalt tolali qorishma bilan mustahkamlangan.

Natijalar esa quyidagicha aks etgan:

- maksimal yuk ko‘tarish qobiliyati 42 % oshgan;
- energiya dissipatsiyasi 68 % yaxshilangan;
- qoldiq deformatsiya 23 % kamaygan.

Lei Z. va Zhou D.Y. [4] tadqiqoti

Bazalt FRP bilan mustahkamlangan devorlarda:

- diagonal yorilish 1,8 barobarga;
- Qarshilik 35–45 % ga;
- zilzilaviy energiya yutish koeffitsienti 50 % ga oshgani aniqlangan.

Construction and Building Materials [6,7] jurnalidagi tadqiqot

Bazalt tolali va sement bilan mustahkamlangan devorlarda:

- egilishdagi mustahkamlik 56 %;
- tashqi yuklarga qarshilik 38 %;
- plastiklik koeffitsienti 1,7 martaga oshgan.

Bazalt kompozitlarning seysmik bardoshlilikka ta’siri

Seysmik ta’sirlar vaqtida g‘isht devorlar mo‘rt buzilish xususiyatiga ega bo‘ladi. Bazalt kompozit materiallar esa devor konstruksiyasida qo‘shimcha bog‘lovchi karkas hosil qilib, energiya yutilishini oshiradi.

2-jadval

Bazalt kompozit bilan mustahkamlangan devorlarning seysmik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Oddiy devor	Bazalt bilan mustahkamlangan
Maksimal siljish	8–10 mm	15–18 mm
Yorilish kengligi	4–6 mm	1–2 mm
Qarshilik	100 %	135–150 %

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, bazalt kompozit materiallar g‘isht devorlarning deformatsion bardoshliligini sezilarli darajada oshiradi va buzilish ehtimolini kamaytiradi.

XULOSA. Olib borilgan ilmiy tahlillar asosida quyidagilarni xulosa qilish mumkin:

- Bazalt kompozit materiallar g‘isht devorlarning yuk ko‘tarish qobiliyatini 25–45 % ga oshiradi.

ISSN 3030-3907

- Egilishdagi mustahkamlik 30–60 % gacha yaxshilanadi.
- Seysmik ta’sirlarga bardoshlilik qobiliyati 40–70 % gacha ortadi.
- Bazalt tolalar mikro yoriqlar hosil bo‘lishini kamaytiradi va devorlarning deformatsion bardoshliligini oshiradi.
- Korroziyaga chidamlilik va yengillik bazalt kompozitlarni uzoq muddatli ekspluatatsiya uchun samarali materialga aylantiradi.
- O‘zbekistonning seysmik hududlarida bazalt kompozit materiallarni qo‘llash ilmiy va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Wang Y., Li B., Nong Q. Quasi-Static Testing of Unreinforced Masonry Walls Using Different Styles of Basalt Fiber Mortar Surface Reinforcements. Buildings, 2025.
2. Mercuri M. va boshqalar. Chopped Basalt Fibers Reinforced Mortar for Strengthening the Architectural Heritage. Fibers, 2025.
3. Quagliarini E., Scalbi A. A Novel and Sustainable Application of Basalt Fibers for Strengthening Unreinforced Masonry Walls.
4. Lei Z., Zhou D.Y. Seismic Performances of Masonry Walls Strengthened with Basalt Fiber-Reinforced Polymer. 2013.
5. Ramaglia G. va boshqalar. Numerical Investigation of Masonry Strengthened with Composites. Polymers, 2018.
6. Padalu P., Singh Y., Das S. Efficacy of basalt fibre reinforced cement mortar composite for out-of-plane strengthening of unreinforced masonry //Construction and Building Materials. – 2018. – T. 191. – C. 1172-1190.
7. Padalu P. K. V. R., Singh Y., Das S. Out-of-plane flexural strengthening of URM wallettes using basalt fibre reinforced polymer composite //Construction and Building Materials. – 2019. – T. 216. – C. 272-295.
8. Arslan M. E. et al. Effects of basalt and glass fiber composites usage for strengthening on the cyclic behavior of brick infill walls //Journal of Building Engineering. – 2022. – T. 52. – C. 104405.

ISSN 3030-3907