ISNN 3030-3907

2026/1
VOLUME 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/1 VOLUME 7

ISSN 3030 -3907

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

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

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

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

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

ISSN 3030-3907

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

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

ISSN 3030-3907

MUNDARIJA

1	Chet tillarini o‘qitishda turli xil ta’limiy o‘yinlardan foydalanishning ahamiyati *Sharopova Gulnoza*	9
2	Медицинская химия и химическая биология: синтез и биологическая активность синтетических соединений и поиск новых мишеней *Абдусобирова Гулирано Джамшид кизи* *Мансурова Жасмина Шерзодовна* *Назарова Махбуба Эркин қизи*	14
3	Talabalarni kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlanishning mazmuni *Berdimuradov Aliyar*	19
4	Oziq-ovqat mahsulotlarining biokimyoviy tarkibi va energetik qiymati: teoretik asoslar, baholash mezonlari va amaliy imkoniyatlar *Bakirov Juma Ashurovich*	28
5	Suyultirilgan sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish jarayonining ikkilamchi suyuq oqimi asosida erituvchilar olish texnologiyasini ishlab chiqish *Raximov G‘anisher Baxtiyorovich* *Sayfiyev Elbek Xalmahmat o‘g‘li*	40
6	Ekologik ma’lumotlarni boshqarishda zamonaviy ma’lumotlar bazasi tizimlarining ahamiyati *Davronova Nafosat Ilxomovna*	49
7	Клинические проявления острой ревматической лихорадки *Умарова Саодат Сулаймоновна*	58
8	Kichik qo‘zg‘alishlarning tarqalishini ikki qatlamli dispers muhit oqimida tahlil qilish *D.S. Yaxshibaev*	68
9	Молекулярно-массовое распределение в системе сополимеров *Шамуратова Махинабану* *Абдикамалова Азиза* *Эшметов Иззат*	79
10	Ammiak molekulasini diatsetatsellyuloza-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga adsorbsiyalanish xossalari *Yarkulov Axror Yuldashevich*	90
11	Sintetik polimerlar asosida kimyoviy reagentlar va polifunksional biomateriallar *Qobilov N.S.* *Yalg‘ashev E.Y.* *Tog‘ayev A. I.* *Olimov J. T.* *Qosimova Y.N*	99
12	Анализ потерь воды в зависимости от изменения коэффициента проницаемости дна и боковых стенок каналов *Усмонов Алишер Хабибулло угли*	107
13	Основные показатели качества и надежности осевого инструмента. *Талибжан Умаров* *Мухаммади Туронов* *Дадаев Мирзахмад*	117
14	Mahalliy jun tolasidan tayyorlangan noto‘qima matoning ishqalanishga chidamliligini aniqlash tahlili *Omonturdiyev Ortiq Eshboyevich* *Jurayev Davron Amir o‘g‘li*	133
15	Bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirishda zamonaviy boshqaruv yondashuvlari (maktabgacha ta’lim muassasalari misolida) *Tuyg‘unova Barno Nuriddin qizi*	143
16	Girdobli tezkor oqimda harakatlanayotgan ko‘pkomponentli gazlarni mavjud holati va qo‘shimcha markaziy okislitel berilgandan kiyingi issiqlik hamda massalarini o‘zaro almashinishi jarayoni *Qobilov Avaz Sultonovich*	151

ISSN 3030-3907

17	Scientific and practical foundations for the development of technology for producing a defoliant based on magnesium sulfate and its application in agriculture *Mamaraimov Ashuroxun Abdumutalib o'g'li* *Yuldashev Bakhrom Ergashovich*	159
18	Markazlashgan federativ o'qitish usullari, arxitekturalari *Quzibayev Xudayshukur Shavkat o'g'li* *O'razmatov Tohir Quranboyevich* *Beymamatov Xudoybergan Ollobergan o'g'li* *Quljanova Shukurjon Zaribovna*	165
19	Pan tolalari chiqindilarini fizik-ionik tarmoqlash orqali qishloq xo'jaligi uchun suvni ushlab qoluvchi gidrogelga aylantirish *Eshbo'riyev Tursunali Nasrullayevich* *Shirinov Shavkat Davlatovich* *Mamajanov Maxamadadil Mamajanovich*	183
20	Development of an intelligent assignment generator for students based on quantitative modeling *Ulashev Asrorjon Nasriddinovich*	196
21	Научно-технические аспекты выбора кислотного реагента для глубокой очистки отработанного железо-хромового катализатора как этапа синтеза строительных пигментов *Нурмонов Сувонқул Эрхонович* *Нурмонов Алишер Аслиддин ўғли* *Азимов Сайдулло Хамидович*	212
22	Прогностические модели и балльные шкалы риска тиреоидной дисфункции и эндокринного бесплодия у женщин с ожирением и метаболическим синдромом *Юлдашев Бахром Эргашевич* *Атаханов Санжарбек Анварович*	221
23	Химические основы образования камней в почках. *Пардаева Азиза Абдусалом кизи* *Абдуллаева Маргуба Толибжоновна*	233
24	Hesh funksiyalarida sun'iy intellektga asoslangan to'qnashuvni aniqlash usullari *Jumanova Zuxra Xolbayevna* *Samarov Sherzod Khamrayevich*	250
25	Oil bull in release depth pumps work indicators impact attachment factors *Abdirazakov Akmal Ibrahimovich* *Soatov Jahongir G'afur o'g'li* *Murtazayeva Sevara Farmon qizi*	262
26	Development of artificial intelligence algorithms for creating adaptive control systems *Tuychiyev Olimjon Alimjonovich* *Riskulova Sitora Uktam qizi*	267
27	Analysis of the biological adsorption capabilities of chromium by azolla caroliniana *Sh. Azimov* *E. Egamberdiev* *S. Turabdajanov*	272
28	Hybrid algorithm for registration of point clouds obtained by laser scanning *Yo'ldoshev Baxtiyor Botirovich*	280
29	Bo'lajak boshlang'ich sinf o'qituvchilarining kasbiy kompetentligini rivojlantirishda web platformalardan foydalanish *Tojiboyeva Gulhayo Abdug'oni qizi* *O.R.Avezov*	286

ISSN 3030-3907

ISSN 3030-3907

ISSN 3030-3907

CHET TILLARINI O‘QITISHDA TURLI XIL TA’LIMIY O‘YINLARDAN FOYDALANISHNING AHAMIYATI

Sharopova Gulnoza

Samarqand davlat tibbiyot universiteti Xalqaro ta’lim fakulteti stajor assistenti

Annotatsiya. Ushbu maqola turli xil ta’limiy o‘yinlardan foydalanishning foydalanish afzalligi haqida fikr yurililadi. Maqolada hozirgi vaqtdagi pedagogik jarayonda bu o‘yinlarning ahamiyati qanchalik muhim ekanligi ham yorilib boriladi.

Kalit so‘zlar: yangi metodlar, til o‘rganish jarayoni, ta’limiy o‘yinlar

Abstract. This article discusses the advantages of using various educational games. It also highlights how important these games are in the modern pedagogical process.

Keywords: new methods, language learning process, educational games

Аннотация. В данной статье рассматриваются преимущества использования различных образовательных игр. Также раскрывается, насколько важную роль эти игры играют в современном педагогическом процессе.

Ключевые слова: новые методы, процесс изучения языка, образовательные игры

KIRISH

Hozirgi kunda chet tililarini o‘qitish ta’lim sohasidagi eng dolzarb masallardan biridir. Chunki, har bir sohaga zamonaviy yondashuvlar kirib kelayotgan bir davrda chet tilini o‘qitish ham shunday zamonaviy metod va til o‘qitish jarayonlarini talab qilayapdi.

O‘qivchini oddiy, eskirgan o‘qitish texnikalari bilan endilikda o‘qituvchi o‘ziga qarata olmaydi. Bunday dars esa o‘z sifatini yo;qotib boradi. Dars davomida turli xil ta’limiy metodlar, o‘yinlardan foydalanish har bir o‘rganuvchiga shu sohaga bo‘lgan e’tiborini yanada oshiradi.

Qadimda ham ta’lim jarayonida faqatgina yozish, o‘qish va tinglshdan tashqar turli xil zehnni charxlovchi, xotirani va idrokni yaxshilovchi o‘yinlargan foydalanib kelingan. Bunday o‘yinlar har bir farzandiga e’tiborli bo‘lgan xonadonlarda olib borilgan. Jumladan, Sharq xalqlari orasida “Bahrubayt” ya’ni so‘zning baytning oxirgi harfiga mos keluvchi harf bilan boshlanuvchi she’r aytish, yoki “Kim ko‘p maqol bilar?”, bayt ma’nosining tubidagi yashirin ma’noni topish uchun esa “So‘z o‘yini” mohirlik bilan o‘ynalgan.

Ta’limiy o‘yinlar haqida so‘z borganda shaxmatning alohida o‘rni bor. Chunki bu o‘yin har bir davrda ham juda dolzarb hisoblangan. Xususan, shoh saroylarida yosh shaxzodalarni tarbiyashda bu o‘yin uchun maxsus bilimga ega bo‘lgan murabbiylar jalb etilgan. Ular bu o‘yin orqali kelajakda davlatni

ISSN 3030-3907

boshqarishda va jang san’atida o‘ziga xos strategiylarini qo‘llashda o‘z bilimlarini mustahkamlab borishgan.

G‘arb olamida ham Ludo- strategiya va raqibni o‘rganish metodi, shaxmat, Tabula kabi o‘yinlar o‘ynalgan, G‘arb faylasufi Homer ham o‘z asarida ta’limiy o‘yinlarning ahamiyati qanchalik yuori ekanligi haqida yozadi.

Hozirga davrda ham o‘yinlar bola hayotining ajralmas qismidir. Har kuni 8-12 yoshli bola o‘rtacha o‘zining 5 soat vaqtini o‘yin bilan o‘tkazadi. Ta’limiy o‘yinlar bolaning aqliy faoliyatini rivojlantirishda muhim ahamiyatlidir.

Ilmiy tadqiqotchilar ko‘rsatishicha, o‘yinlarning aksariyati o‘quvchilarning kognitiv (bilish) ko‘nikmalarini rivojlantiradi. O‘yinlar jarayonida bolalarning ko‘pchiligi nutqiy va mantiqiy fikrlash qobiliyatlarini rivojlantira oladi. Ijodkorlikka asoslangan o‘yinlarning aksariyati o‘quvchilarga turli fanlarni o‘rganishda ham yordam beradi. Ma’lumotlarni eslab qolish va avvalgi bilimlarni takrorlashda aqliy o‘yinlar juda foydalidir.

Ilmiy tadqiqotlar jurnali Paper (TM) tadqiqotlariga ko‘ra, so‘rovnomada qatnashganlarning 48 foizi ta’limiy o‘yinlar o‘qitish jarayonida samarali bo‘lishiga ishonishini bildirgan. Metodika jarayonida qo‘llaniladigan turli o‘yinlar o‘quvchilarning ko‘nikmalarini rivojlantiradi. Ularni til o‘rganish darslarida qo‘llashning bir qancha afzalliklari mavjud. Olimlar Rafael Prieto de Lope va

F. L. Gutiérrez Vela o‘z asarlarida o‘yinlarning ijobiy jihatlari haqida yozganlar. Ular o‘yinlar quyidagi imkoniyatlarni berishini ta’kidlaganlar:

• idrok etish vaqtini qisqartiradi
• qo‘l–ko‘z muvofiqligini yaxshilaydi
• o‘ziga bo‘lgan ishonchni oshiradi
• tasavvurni rivojlantiradi
• interaktiv o‘rganishni rag‘batlantiradi
• qiyinchiliklarni yengish
• izlanish faoliyatini va o‘rganishga bo‘lgan istakni kuchaytiradi
• ijtimoiy ko‘nikmalar va asosiy matematik bilimlarni rivojlantiradi
• kognitiv (bilish) ko‘nikmalarni rivojlantiradi

Chet tillarini o‘qitishda o‘yinlar orqali ta’lim berish asosan o‘quvchilarni yanada faol o‘qishga undaydi va bilimlarni turli jarayonlarning barcha sohalarida rivojlantirish qobiliyatini oshiradi. O‘quvchilarni o‘qitishda qo‘llash mumkin bo‘lgan bir qancha o‘yin turlari mavjud. Chet tillarini o‘qitish jarayonida turli o‘yinlardan foydalanish o‘quvchilarni kuchli rag‘batlantiradi. Ba’zi o‘yinlar faqat bitta so‘zlar ro‘yxati yordamida o‘ynalishi mumkin bo‘lsa, boshqalari hozirgacha o‘rganilgan barcha lug‘at birliklarini qamrab olgan holda takrorlash mashqlari

ISSN 3030-3907

sifatida samarali ishlatiladi. O‘quvchilarning xotirasini rivojlantirishga qaratilgan o‘yinlarning aksariyati ularni qiyinchiliksiz qo‘llashga yordam beradi.
O‘qitish jarayonida o‘qituvchilarga yordam beradigan juda ko‘p o‘yinlar mavjud. Ulardan biri **“Juftlikda ishlash (Pair Work)”** deb ataladi. Bu o‘yinda o‘qituvchi doskaga bir nechta yangi so‘zlarni yozadi va o‘quvchilar ularni yodlab olishlari kerak bo‘ladi. O‘quvchilar juft bo‘lib o‘tiradilar va har bir juftlik alohida guruh hisoblanadi. Ularning vazifasi berilgan so‘zlarni qisqa vaqt ichida o‘rganib olishdir. Qaysi guruh tayyor bo‘lsa, doskaga chiqib so‘zlarni yoddan aytib beradi. Agar juftlikdagi o‘quvchilardan biri barcha so‘zlarni ayta olsa-yu, ikkinchisi xato qilsa, bu guruh topshiriqni bajarmagan hisoblanadi va ikkala o‘quvchi ham baholanmaydi.

Ushbu o‘yinni ta’limning barcha bosqichlarida qo‘llash mumkin. O‘qituvchilar uni maktablarda ham, oliy ta’lim muassasalarida ham ishlatishlari mumkin. Bu esa o‘qituvchi tanlagan materialga bog‘liq. O‘qituvchi o‘yin uchun mos, juda qiyin ham, juda oson ham bo‘lmagan materialni tanlashi kerak. Shuningdek, tanlangan o‘yinning afzalliklaridan biri shundaki, o‘quvchilar bir-birlariga so‘zlarni o‘rgatishga harakat qiladilar va so‘zlarni tez yodlashga intilishadi. Faoliyat davomida o‘qituvchi sinfda iliq va qulay muhit yaratadi. O‘qituvchi dars vaqtida ushbu o‘yinni yangi so‘zlarni o‘rgatish va o‘quvchilarning bilimlarini oshirish uchun qo‘llashi mumkin. O‘yin ko‘p vaqtni olmaydi va dars boshida ishlatilishi mumkin. Yangi mavzuning so‘zlarini yodlash uchun o‘yin juda foydalidir.

O‘yin jarayonida hatto turli darajadagi o‘quvchilar ham bitta jamoa bo‘lishi mumkin. Masalan, ilg‘or va o‘rta, yoki o‘rta yuqori va boshlang‘ich darajadagi o‘quvchilar bir jamoa bo‘lishi mumkin. Bunday vaziyatda past darajadagi o‘quvchi ham jamoasiga yordam berish uchun ko‘p harakat qiladi. Bu boshlang‘ich darajadagi o‘quvchilarda motivatsiyani oshiradi.
O‘yinning yana bir afzalligi shundaki, u yangi mavzuni tushuntirishni osonlashtiradi. Chunki o‘quvchilar mavzuning yangi so‘zlarini oldindan bilsa, o‘qituvchiga yangi mavzuni tushuntirish osonroq bo‘ladi.
Masalan, o‘qituvchi 6-sinf uchun “O‘rmon” mavzusini o‘rganmoqchi. O‘qituvchi doskaga so‘zlarni yozadi:
Bush- buta
Cave – g‘or
Mountain- tog‘
Desert – cho‘l
Send – qum
Root - ildiz

ISSN 3030-3907

Climate- iqlim
Mushroom- qo‘ziqorin
Herb- giyoh
Oak- eman
Birch – qayin

Berilgan so‘zlarni o‘quvchilar ikki -uch minut ichida yodlashlari kerak bo‘ladi. Bu metod orqali o‘quvchilar o‘z bilimlarini mustahkamlashlari mumkin.

“Draw That” — bu doska yoki daftarlarni talab qilmaydigan o‘yin. O‘quvchilar so‘zlarni ifodalash uchun rasmlar va belgilar topishga majbur bo‘ladilar. Ushbu faoliyat yosh o‘quvchilar uchun xotirani mustahkamlovchi vosita sifatida konspekt tuzishga o‘tish uchun juda qulay. Shuningdek, bir nechta rasmlar va diagrammalardan foydalanish mumkin.

1. O‘qituvchi mavzuga oid lug‘at so‘zlari yozilgan kartochkalarni tayyorlaydi.
2. O‘quvchilar ikki yoki uch guruhga bo‘linadi.
3. Birinchi guruhdagi o‘yinchi so‘zni tanlaydi.
4. O‘yinchi tanlangan so‘zni doskaga rasm orqali chizib ko‘rsatishi kerak.
5. Boshqa o‘yinchi vaqt tugashidan oldin so‘zni aniq topishi kerak

Bu ham juda foydali o‘yin. Bu o‘yin orqali xotira mustahlaklanadi. O‘quvchilar o‘z zehnini charxlaydi. O‘yin davomida o‘quvchilar orasida iliq muhit yaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOT

1. YOROVA, S. LATIN AND ITS SIGNIFICANCE IN MEDICAL PROFESSION. Курский государственный медицинский университет КОНФЕРЕНЦИЯ: 20–24 мая 2024 года Организаторы: Курский государственный медицинский университет БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ: Входит в РИНЦ: да Цитирований в РИНЦ: 0 Входит в ядро РИНЦ: нет Цитирований из ядра РИНЦ: 0 Рецензии: нет данных ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ:
2. (Nasimova Sohiba Yaxyayevna, Trans.). (2025). London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation (LIMCMRI), 2(1), 502-503.
3. Tolibjonova, Z. B., & Nasimova, S. Y. (2025). Language diversification in ancient period. American Journal of Language, Literacy and Learning in STEM Education, 3(1), 343-345.
4. Karimovna, Y. S. Pragmatic and Linguistic Peculiarities of Medical Discourse in English and Uzbek Languages.
5. Шодикулова, А. З. (2023). АНТОНИМЛАР ВОСИТАСИДА ШАКЛЛАНАДИГАН МЕТОНИМИК КОГЕЗИЯ. Research Focus, 2(5), 80-84.

ISSN 3030-3907

6. Zikiryaevna, S. A. (2025). BRAIN: THE MOST PERFECT ORGAN. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 5(2), 159-163.
7. Mallaevna, N. S., & Chopra, A. (2024). Some features of prescription rules in medicine. technical science research in Uzbekistan, 2(1), 238-244.
8. Nadine Palmer. Gaming in the classroom improves teaching and learning 2024.
9. Эсанова, М. Б. (2022). Инглиз ва ўзбек тилларидаги қўшма гапларнинг тўсиқсиз маъноли турлари. Science and Education, 3(11), 1372-1375.
10. Mallaevna, N. S. (2023). THE MAIN INDICATORS OF THE COMMUNICATION CULTURE OF A MEDICAL WORKER. JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH, 6(7),
11. Sharopova G.O (2025) Advantages of case and method in teaching foreign languages. Multidisciplinary Journal of Science and Technology.2276-2280p
12. https://paper.co/blog/game-based-learning-in-education-a-quick-history

ISSN 3030-3907

МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ: СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОИСК НОВЫХ МИШЕНЕЙ

Абдусобирова Гулирано Джамшид кизи
Самаркандский государственный медицинский университет, факультет лечебного дела.
Мансурова Жасмина Шерзодовна
Самаркандский государственный медицинский университет, факультет лечебного дела.
Назарова Махбуба Эркин қизи
Самаркандский государственный медицинский университет,ассистент

Аннотация. Стремительное развитие медицинской химии и химической биологии в последние годы способствует созданию инновационных терапевтических средств, направленных на лечение социально значимых и трудно поддающихся терапии заболеваний. В работе подчеркивается значимость интеграции рационального дизайна лекарств, синтеза новых химических соединений и поиска биологических мишеней для повышения эффективности современной фармакотерапии. Медицинская химия ориентирована на разработку, структурную модификацию и оптимизацию синтетических молекул, обладающих высокой биологической активностью и благоприятными фармакокинетическими свойствами. Химическая биология дополняет её, изучая взаимодействие химических соединений с биологическими системами с целью выявления новых молекулярных мишеней, понимания механизмов заболеваний и определения точек терапевтического воздействия. Совместное применение молекулярного моделирования, высокопроизводительного скрининга, биоинформатики и клеточных методов способствует ускоренному поиску лекарственных кандидатов и разработке селективных и малотоксичных препаратов. Интеграция этих дисциплин представляет собой перспективное направление для создания лекарственных средств нового поколения.

Ключевые слова: медицинская химия; химическая биология; синтетические соединения; дизайн лекарств; биологические мишени; фармакотерапия; молекулярное моделирование; высокопроизводительный скрининг.

Annotatsiya. So‘nggi yillarda tibbiy kimyo va kimyoviy biologiyaning jadal rivojlanishi ijtimoiy ahamiyatga ega hamda davolash qiyin bo‘lgan kasalliklarni davolashga qaratilgan innovatsion terapevtik vositalarni yaratishga xizmat qilmoqda. Ushbu ishda zamonaviy farmakoterapiya samaradorligini oshirish maqsadida dorilarni ratsional dizayn qilish, yangi kimyoviy birikmalarni sintezlash

ISSN 3030-3907

va biologik nishonlarni aniqlashni integratsiyalash muhimligi ta’kidlanadi. Tibbiy kimyo yuqori biologik faollikka va qulay farmakokinetik xususiyatlarga ega bo‘lgan sintetik molekulalarni yaratish, ularni strukturaviy modifikatsiya qilish va optimallashtirishga yo‘naltirilgan. Kimyoviy biologiya esa biologik tizimlar bilan kimyoviy birikmalarning o‘zaro ta’sirini o‘rganish orqali yangi molekulyar nishonlarni aniqlash, kasalliklarning mexanizmlarini tushunish va terapevtik ta’sir nuqtalarini belgilashni to‘ldiradi. Molekulyar modellashtirish, yuqori unumdor skrining, bioinformatika va hujayraviy usullarni birgalikda qo‘llash dori nomzodlarini tezkor izlash hamda selektiv va kam toksik preparatlarni ishlab chiqishga yordam beradi. Ushbu fanlarning integratsiyasi yangi avlod dori vositalarini yaratish uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: tibbiy kimyo; kimyoviy biologiya; sintetik birikmalar; dori dizayni; biologik nishonlar; farmakoterapiya; molekulyar modellashtirish; yuqori unumdor skrining.

Abstract. The rapid development of medicinal chemistry and chemical biology in recent years has contributed to the creation of innovative therapeutic agents aimed at the treatment of socially significant and difficult-to-treat diseases. This work emphasizes the importance of integrating rational drug design, the synthesis of new chemical compounds, and the identification of biological targets to enhance the effectiveness of modern pharmacotherapy. Medicinal chemistry focuses on the development, structural modification, and optimization of synthetic molecules possessing high biological activity and favorable pharmacokinetic properties. Chemical biology complements this field by studying the interactions of chemical compounds with biological systems in order to identify new molecular targets, understand disease mechanisms, and determine points of therapeutic intervention. The combined application of molecular modeling, high-throughput screening, bioinformatics, and cellular methods facilitates the accelerated discovery of drug candidates and the development of selective and low-toxicity pharmaceuticals. The integration of these disciplines represents a promising direction for the creation of next-generation medicinal products.

Keywords:medicinal chemistry; chemical biology; synthetic compounds; drug design; biological targets; pharmacotherapy; molecular modeling; high-throughput screening.

ВВЕДЕНИЕ

Современная фармацевтическая наука переживает период интенсивного развития, обусловленного необходимостью поиска новых эффективных и безопасных лекарственных средств. Рост лекарственной резистентности микроорганизмов, увеличение числа онкологических,

ISSN 3030-3907

аутоиммунных и нейродегенеративных заболеваний, а также сложности их фармакологической коррекции требуют внедрения инновационных подходов к разработке терапевтических молекул. В этом контексте особую значимость приобретают медицинская химия и химическая биология — междисциплинарные области науки, объединяющие методы органического синтеза, молекулярной биологии, биохимии, фармакологии и биоинформатики.

Медицинская химия ориентирована на целенаправленный дизайн и синтез новых химических соединений, обладающих специфической биологической активностью и оптимальными фармакокинетическими характеристиками. Применение современных инструментов, таких как молекулярное моделирование, высокопроизводительный скрининг (HTS), QSAR-анализ и компьютерный дизайн лекарств (CADD), значительно ускоряет процесс поиска перспективных молекул–кандидатов.

Химическая биология, в свою очередь, изучает взаимодействие химических соединений с функциональными системами живых организмов с целью выявления новых терапевтических мишеней. Исследование молекулярных механизмов патологических процессов, сигнальных путей и клеточных структур позволяет расширить понимание природы заболеваний и определить точки воздействия для новых лекарственных препаратов.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что именно интеграция медицинской химии и химической биологии обеспечивает рациональное создание препаратов нового поколения, обладающих высокой селективностью, минимальной токсичностью и направленным действием на конкретные биомишени. Разработка синтетических соединений с проверенной биологической активностью и параллельный поиск новых мишеней представляют собой стратегическое направление развития современной фармакотерапии и биомедицинских исследований.

Современное развитие медицинской химии и химической биологии открывает новые возможности для создания эффективных лекарственных препаратов, направленных на лечение социально значимых заболеваний. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска новых биологически активных соединений и терапевтических мишеней, способных повысить эффективность фармакотерапии и снизить побочные эффекты существующих препаратов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Медицинская химия сосредоточена на рациональном дизайне, синтезе и модификации химических соединений с целью получения веществ, обладающих высокой биологической

ISSN 3030-3907

активностью и селективностью. Особое внимание уделяется таким классам соединений, как гетероциклы, пептидомиметики, гибридные молекулы и наноструктурированные системы доставки лекарств. Применение методов компьютерного моделирования, молекулярного докинга и QSAR-анализа позволяет прогнозировать структуру перспективных соединений и оптимизировать их фармакологические свойства ещё на этапе лабораторного синтеза.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Химическая биология, в свою очередь, изучает взаимодействие созданных химических молекул с биологическими целями — белками, нуклеиновыми кислотами, ферментами и клеточными рецепторами. Поиск новых мишеней (таргетов) включает исследование внутриклеточных сигнальных путей, эпигенетических регуляторов, ферментных систем, участвующих в развитии онкологических, вирусных, бактериальных и нейродегенеративных заболеваний. В последние годы активно изучаются такие мишени, как протеины-киназы, G-белок-связанные рецепторы, эпигенетические ферменты (HDAC, DNMT), а также белки, связанные с механизмами апоптоза и клеточной пролиферации.

Таким образом, интеграция достижений медицинской химии и химической биологии обеспечивает комплексный подход к созданию инновационных лекарственных средств. Использование междисциплинарных технологий — от органического синтеза и биотестирования до биоинформатики и молекулярной биотехнологии — способствует ускоренному открытию лидирующих соединений и выявлению новых терапевтических мишеней. Дальнейшее развитие исследований в данной области позволит расширить арсенал эффективных препаратов, направленных на лечение устойчивых и сложных заболеваний.

Медицинская химия и химическая биология сегодня являются ключевыми драйверами инноваций в области разработки лекарственных средств. Их интеграция обеспечивает комплексный и научно обоснованный подход к созданию новых терапевтических молекул и открытию перспективных биологических мишеней. Проведённый анализ показывает, что рациональный дизайн и синтез химических соединений, сочетаемый с углублённым изучением механизмов их взаимодействия с биосистемами, позволяют значительно ускорить процесс поиска эффективных лекарственных кандидатов.

Современные методы молекулярного моделирования, биоинформатики, клеточной инженерии, высокопроизводительного скрининга и биотестирования расширяют возможности исследователей в

ISSN 3030-3907

разработке высокоселективных и малотоксичных препаратов. Особое внимание уделяется созданию синтетических молекул с таргетным механизмом действия, способных воздействовать на ключевые сигнальные пути и молекулярные процессы, лежащие в основе развития различных патологий.

ВЫВОДЫ: Таким образом, синергия медицинской химии и химической биологии является стратегически важным направлением, обеспечивающим прогресс фармакотерапии и открывающим новые горизонты в лечении социально значимых заболеваний. Продолжение исследований в данной области будет способствовать формированию научной базы для создания инновационных лекарственных средств, направленных на повышение качества и продолжительности жизни населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Patrick, G. L. An Introduction to Medicinal Chemistry. – Oxford University Press, 2017. – 840 p.
2. Silverman, R. B., Holladay, M. W. The Organic Chemistry of Drug Design and Drug Action. – Academic Press, 2014. – 503 p.
3. Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto, G. J., Stryer, L. Biochemistry. – W.H. Freeman and Company, 2019. – 1220 p.
4. Kinthada, P. K., Desai, N., Jasti, P. Recent Advances in Chemical Biology: New Strategies for Drug Discovery // Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. – 2021. – Vol. 31, № 9. – P. 127–145.
5. Zheng, M., Liu, X., Lu, Y. Target Identification and Validation in Drug Discovery // Trends in Pharmacological Sciences. – 2020. – Vol. 41, № 8. – P. 512–529.
6. Mayer, T. U. Chemical Biology: Methods and Protocols. – Humana Press, 2018. – 420 p.
7. Hughes, J. P., Rees, S. S., Kalindjian, S. B., Philpott, K. L. Principles of Early Drug Discovery // British Journal of Pharmacology. – 2011. – Vol. 162, № 6. – P. 1239–1249.
8. Imming, P., Sinning, C., Meyer, A. Drugs, Their Targets and the Nature and Sources of Drug-like Molecules // Nature Reviews Drug Discovery. – 2006. – Vol. 5. – P. 821–834.

ISSN 3030-3907

TALABALARNI KOMPYUTER GRAFIKASI TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISHGA TAYYORLANISHNING MAZMUNI

Berdimuradov Aliyar
Osiyo Xalqaro Universiteti magistranti

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot talabalarni zamonaviy kompyuter grafikasi texnologiyalaridan samarali foydalanishga tayyorlashning mazmuniy jihatlarini ilmiy asosda yoritishga qaratilgan. Bugungi raqamli jamiyatda kompyuter grafikasi dizayn, muhandislik, axborot texnologiyalari, reklama, ta’lim va multimedia sohalarida keng qo‘llanilib, mutaxassislarning kasbiy kompetensiyasini shakllantirishda muhim omilga aylanmoqda. Shu sababli, oliy ta’lim muassasalarida kompyuter grafikasi bo‘yicha bilim va ko‘nikmalarni shakllantirish nafaqat texnik vositalarni o‘rgatish, balki talabalarning ijodiy, mantiqiy va vizual tafakkurini rivojlantirish bilan ham uzviy bog‘liqdir. Tadqiqotda kompyuter grafikasi texnologiyalarining didaktik imkoniyatlari, ularni ta’lim jarayoniga integratsiyalash mexanizmlari hamda amaliy mashg‘ulotlar orqali kompetensiyalarni rivojlantirish usullari tahlil qilinadi. Shuningdek, grafik muharrirlar, uch o‘lchamli modellashtirish vositalari, animatsiya va vizualizatsiya texnologiyalaridan foydalanish orqali talabalarni real kasbiy faoliyatga tayyorlash yo‘llari ochib beriladi. Natijada, kompyuter grafikasi texnologiyalariga asoslangan ta’lim muhiti talabalarning raqamli savodxonligini oshirishi, mustaqil fikrlashini kuchaytirishi va innovatsion faoliyatga bo‘lgan qiziqishini shakllantirishi ilmiy jihatdan asoslanadi.

Kalit so‘zlar: kompyuter grafikasi, raqamli texnologiyalar, vizualizatsiya, ta’lim innovatsiyalari, kasbiy kompetensiya, grafik muharrirlar.

Аннотация. Данная работа посвящена раскрытию содержания подготовки студентов к эффективному использованию технологий компьютерной графики в образовательном процессе. В условиях цифровизации общества компьютерная графика занимает важное место в таких сферах, как дизайн, инженерия, информационные технологии, реклама и мультимедиа, что требует от будущих специалистов владения современными графическими инструментами. Подготовка студентов в этом направлении предполагает не только освоение программных средств, но и развитие их творческого мышления, пространственного воображения и аналитических навыков. В исследовании рассматриваются педагогические возможности компьютерной графики, методы её интеграции в учебный процесс, а также пути формирования профессиональных компетенций через практико-ориентированное обучение. Особое внимание уделяется использованию

ISSN 3030-3907

графических редакторов, технологий трёхмерного моделирования, анимации и визуализации для повышения качества подготовки будущих специалистов. Сделан вывод о том, что внедрение компьютерной графики в образовательную среду способствует развитию цифровой грамотности студентов и формированию у них устойчивой мотивации к инновационной деятельности.

Ключевые слова: компьютерная графика, цифровые технологии, визуализация, профессиональные компетенции, образовательные инновации, графические редакторы.

Annotation. This study is aimed at revealing the content of preparing students to effectively use computer graphics technologies in the educational process. In the context of the digital society, computer graphics plays a significant role in design, engineering, information technologies, advertising, and multimedia, which requires future specialists to master modern graphic tools. Student training in this field is not limited to technical skills but also includes the development of creative thinking, spatial imagination, and analytical abilities. The research analyzes the pedagogical potential of computer graphics technologies, their integration into the learning environment, and methods for developing professional competencies through practice-oriented approaches. Special attention is paid to the use of graphic editors, three-dimensional modeling tools, animation, and visualization technologies as key means of preparing students for real professional activities. The results confirm that an educational environment based on computer graphics technologies enhances students' digital literacy, promotes independent thinking, and increases their motivation for innovative work.

Keywords: computer graphics, digital technologies, visualization, professional competence, educational innovation, graphic editors.

KIRISH

Bugungi kunda raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi ta'lim tizimiga ham tubdan ta'sir ko'rsatib, o'quv jarayonining mazmuni va metodikasini yangicha yondashuvlar asosida qayta tashkil etishni taqozo etmoqda. Xususan, kompyuter grafikasi texnologiyalari dizayn, arxitektura, muhandislik, axborot texnologiyalari, marketing, ta'lim va ommaviy axborot vositalari kabi ko'plab sohalarda asosiy vizual vosita sifatida keng qo'llanilib, zamonaviy mutaxassislarning kasbiy faoliyatida muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu sababli, oliy ta'lim muassasalarida talabalarni kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash masalasi dolzarb pedagogik muammo sifatida namoyon bo'lmoqda.Zamonaviy ilmiy manbalarda ta'kidlanishicha, kompyuter grafikasi nafaqat axborotni vizual shaklda taqdim etish vositasi, balki bilimlarni o'zlashtirish jarayonini

ISSN 3030-3907

faollashtiruvchi, talabalarning ijodiy va mantiqiy fikrlashini rivojlantiruvchi samarali pedagogik texnologiya sifatida ham qaraladi. Tadqiqotchilar grafik muharrirlar, uch o‘lchamli modellashtirish, animatsiya va vizual simulyatsiyalar yordamida murakkab jarayonlarni tushunarli va aniq ko‘rinishda ifodalash imkoniyati mavjudligini ilmiy jihatdan asoslab berganlar. Bu esa ta’lim jarayonida vizual taqdimotlarning rolini yanada oshirib, an’anaviy o‘qitish usullarini takomillashtirish zaruratini yuzaga keltiradi.Ta’limda kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanish talabalarning raqamli savodxonligini oshirish, axborotni tahlil qilish, modellashtirish va dizayn asoslarini o‘zlashtirish imkonini beradi. Shuningdek, bunday texnologiyalar o‘quv jarayonida interaktiv muhit yaratib, talabalarni mustaqil izlanishga, muammoli vaziyatlarni hal etishga va kreativ yechimlar topishga undaydi. Shu jihatdan, kompyuter grafikasi texnologiyalarini ta’lim jarayoniga integratsiyalash zamonaviy pedagogikaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda.Mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, talabalarni kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash jarayoni faqat dasturiy ta’minotni o‘rgatish bilangina cheklanib qolmasligi, balki ularning kasbiy kompetensiyasini shakllantirishga yo‘naltirilgan tizimli yondashuvni talab etadi. Shu bois mazkur tadqiqot mavzusi dolzarb bo‘lib, u ta’lim jarayonida innovatsion texnologiyalardan foydalanishning nazariy va amaliy asoslarini qisman yoritishga xizmat qiladi.Zamonaviy ta’lim tizimida kompyuter grafikasi texnologiyalari nafaqat texnik vosita, balki ta’lim jarayonining mazmunini boyituvchi, talabalarni kasbiy faoliyatga tayyorlovchi muhim pedagogik resurs sifatida qaralmoqda. Ilmiy adabiyotlarda kompyuter grafikasi axborotni vizual shaklda modellashtirish, tasvirlash va qayta ishlash imkonini beruvchi texnologiyalar majmuasi sifatida talqin etiladi. Bu texnologiyalar yordamida murakkab tushunchalar va jarayonlarni ko‘rgazmali, tushunarli va interaktiv tarzda namoyish etish mumkinligi ko‘plab tadqiqotlarda asoslab berilgan.

Ta’lim jarayonida vizual materiallardan foydalanish talabalar bilimini mustahkamlash, ularning idrokini faollashtirish hamda o‘rganilayotgan mavzuga bo‘lgan qiziqishini oshirishga xizmat qilishi ilmiy jihatdan isbotlangan.Kompyuter grafikasi texnologiyalarining asosiy ustunligi shundaki, ular abstrakt tushunchalarni real vizual modellar orqali ifodalash imkonini beradi. Bu esa talabalar uchun murakkab nazariy bilimlarni osonroq qabul qilishga sharoit yaratadi. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, inson miyasi vizual axborotni matnli axborotga nisbatan tezroq va samaraliroq qabul qiladi, shu bois grafik tasvirlar orqali berilgan ma’lumotlar uzoq muddatli xotirada mustahkamroq saqlanadi. Ta’lim jarayonida grafik muharrirlar, diagrammalar, interaktiv modellar,

ISSN 3030-3907

animatsiyalar va simulyatsiyalar qo‘llanilishi bilimlarning chuqurroq o‘zlashtirilishiga olib keladi.Talabalarni kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash jarayoni ularning raqamli kompetensiyalarini shakllantirish bilan bevosita bog‘liqdir. Raqamli kompetensiya deganda axborotni izlash, tahlil qilish, qayta ishlash va vizual shaklda taqdim etish ko‘nikmalarining majmuasi tushuniladi. Ilmiy tadqiqotlarda ta’kidlanishicha, bugungi mehnat bozorida raqamli texnologiyalarni bilish mutaxassisning raqobatbardoshligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu sababli, kompyuter grafikasi bo‘yicha bilimlar talabalarni nafaqat texnik jihatdan, balki kreativ va analitik fikrlashga ham yo‘naltiradi.Oliy ta’lim muassasalarida kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishning samaradorligi o‘quv jarayonining interaktivligini oshirishda namoyon bo‘ladi. Amaliy mashg‘ulotlar davomida talabalar grafik muharrirlar, uch o‘lchamli modellashtirish dasturlari, animatsiya va vizualizatsiya vositalari bilan ishlash orqali real kasbiy vaziyatlarga yaqinlashadilar. Ilmiy adabiyotlarda bunday yondashuv talabalarning mustaqil fikrlashini, muammoli vaziyatlarda to‘g‘ri qaror qabul qilish qobiliyatini hamda jamoada ishlash ko‘nikmalarini rivojlantirishi qayd etilgan.Kompyuter grafikasi texnologiyalarini ta’lim jarayoniga integratsiyalash pedagogdan ham yangicha yondashuvni talab etadi. O‘qituvchi nafaqat bilim beruvchi, balki yo‘naltiruvchi va maslahatchi rolini bajarishi lozim. Ilmiy tadqiqotlarda pedagogik jarayonda interaktiv metodlar, loyiha asosida o‘qitish, vizual taqdimotlar va multimediya vositalaridan foydalanish talabalarning o‘qishga bo‘lgan motivatsiyasini sezilarli darajada oshirishi ko‘rsatib berilgan. Bu esa ta’lim sifatining oshishiga xizmat qiladi.Shuningdek, kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanish talabalarning estetik didini, dizayn madaniyatini va vizual savodxonligini shakllantirishga yordam beradi. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, vizual madaniyat bugungi axborot jamiyatida shaxsning muhim ko‘nikmalaridan biri hisoblanadi. Grafik tasvirlar orqali fikrni aniq va ta’sirchan ifodalash qobiliyati talabalarni kelajak kasbiy faoliyatida muvaffaqiyatli bo‘lishiga zamin yaratadi.Xulosa qilib aytganda, talabalarni kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash jarayoni ularning kasbiy, raqamli va ijodiy kompetensiyalarini shakllantirishga xizmat qiluvchi muhim pedagogik yo‘nalishdir. Ilmiy adabiyotlarda berilgan nazariy va amaliy yondashuvlar shuni ko‘rsatadiki, kompyuter grafikasi asosida tashkil etilgan ta’lim muhiti talabalarni zamonaviy mehnat bozoriga mos, innovatsion fikrlaydigan mutaxassis sifatida shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlashda o‘quv dasturlarining mazmuni alohida ahamiyat kasb etadi. Ilmiy adabiyotlarda

ISSN 3030-3907

ta’kidlanishicha, o‘quv rejalari zamonaviy grafik dasturlar, vizual modellashtirish tamoyillari va dizayn asoslarini qamrab olgan holda ishlab chiqilishi zarur. Bunda nazariy bilimlar bilan bir qatorda, ularni amaliy vazifalar orqali mustahkamlash muhim hisoblanadi. Talabalarga real loyihalar bilan ishlash imkoniyatini berish, ularni bo‘lajak kasbiy faoliyatga tayyorlashning samarali usullaridan biri sifatida e’tirof etiladi.Kompyuter grafikasi asosida tashkil etilgan ta’lim muhiti talabalarning bilim olishga bo‘lgan ichki motivatsiyasini kuchaytiradi. Tadqiqotlarda ko‘rsatilishicha, interaktiv va vizual materiallar bilan ishlash jarayonida talabalar o‘qitish jarayonining faol ishtirokchisiga aylanadi, bu esa ularning bilimni mustaqil egallashiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Vizual modellar orqali murakkab mavzularni anglash osonlashadi, natijada talabalarning o‘zlashtirish darajasi oshadi.Kompyuter grafikasi texnologiyalarini o‘qitishda fanlararo integratsiya ham muhim hisoblanadi. Masalan, matematika, fizika, arxitektura, dizayn va axborot texnologiyalari fanlari bilan uzviy bog‘liqlikda olib borilgan mashg‘ulotlar talabalarning bilimlarini kengaytiradi. Ilmiy manbalarda fanlararo yondashuv talabalarning tizimli fikrlashini rivojlantirishi, bilimlarni turli sohalarda qo‘llash imkoniyatini oshirishi qayd etilgan.Shuningdek, kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanish talabalarda vizual muloqot madaniyatini shakllantiradi. Grafik tasvirlar orqali axborotni yetkazish bugungi kunda global kommunikatsiyaning muhim vositasiga aylangan. Ilmiy tadqiqotlarda vizual savodxonlik shaxsning axborotni to‘g‘ri qabul qilish va baholash qobiliyatini belgilovchi omillardan biri sifatida ko‘rsatiladi. Shu bois kompyuter grafikasi asosida o‘qitish talabalarni zamonaviy axborot jamiyatiga moslashtiradi.Bundan tashqari, kompyuter grafikasi texnologiyalarini o‘qitishda masofaviy ta’lim imkoniyatlari ham kengaymoqda. Onlayn platformalar, virtual laboratoriyalar va grafik simulyatorlar orqali talabalar joydan qat’i nazar bilim olish imkoniyatiga ega bo‘ladilar. Ilmiy manbalarga ko‘ra, bunday yondashuv ta’limning moslashuvchanligini oshirib, o‘quv jarayonini individuallashtirishga xizmat qiladi.Shu tariqa, kompyuter grafikasi texnologiyalariga asoslangan ta’lim modeli talabalarning bilim, ko‘nikma va malakalarini kompleks tarzda rivojlantiradi hamda ularni raqamli jamiyat talablariga mos mutaxassis sifatida shakllantirishga xizmat qiladi.

Kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlashda baholash tizimini to‘g‘ri tashkil etish ham muhim ahamiyat kasb etadi. Ilmiy adabiyotlarda kompetensiyaga yo‘naltirilgan baholash yondashuvi talabalarning faqat nazariy bilimlarini emas, balki ularning amaliy ko‘nikmalari, ijodiy yechimlar ishlab chiqish qobiliyatini ham aniqlash imkonini berishi qayd etilgan. Grafik loyihalar, portfoliolar, vizual taqdimotlar va amaliy topshiriqlar orqali

ISSN 3030-3907

baholash talabalarni o‘z ustida ishlashga undaydi hamda ularning kasbiy tayyorgarlik darajasini aniq ko‘rsatadi.Kompyuter grafikasi texnologiyalariga asoslangan ta’lim jarayonida muhit dizayni ham muhim omil hisoblanadi. O‘quv auditoriyalarini ergonomik jihatdan qulay, texnik vositalar bilan jihozlangan holda tashkil etish talabalar faoliyatining samaradorligini oshiradi. Ilmiy tadqiqotlarda qulay vizual muhit o‘quvchilarning diqqatini jamlashiga, axborotni tezroq qabul qilishiga va ijodiy jarayonga faol kirishishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi ko‘rsatib berilgan.Shuningdek, kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanish talabalarni o‘z-o‘zini rivojlantirishga yo‘naltiradi. Talabalar grafik dizayn, vizual modellashtirish va animatsiya yo‘nalishlarida mustaqil loyihalar yaratish orqali o‘z qiziqishlarini kengaytiradilar. Ilmiy adabiyotlarda mustaqil ta’limga asoslangan yondashuv talabalarning mas’uliyatini oshirishi, ularni doimiy ravishda yangi bilimlarni egallashga undashi ta’kidlangan.Bundan tashqari, kompyuter grafikasi texnologiyalari yordamida jamoaviy ishlash ko‘nikmalari ham shakllanadi. Guruhiy loyihalar, dizayn muammolarini birgalikda hal qilish jarayonida talabalar muloqot qilish, fikr almashish va o‘z g‘oyalarini himoya qilishni o‘rganadilar. Ilmiy manbalarda bunday hamkorlik faoliyati talabalarning ijtimoiy va kasbiy moslashuvchanligini oshirishi qayd etiladi.Natijada, kompyuter grafikasi texnologiyalariga asoslangan ta’lim jarayoni talabalarni nafaqat texnik jihatdan, balki shaxsiy va kasbiy rivojlanish nuqtayi nazaridan ham har tomonlama tayyorlaydi. Bu esa ularni zamonaviy raqamli jamiyat talablariga mos mutaxassis sifatida shakllantirishga xizmat qiladi.

Zamonaviy oliy ta’lim tizimida kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash jarayoni qator pedagogik, texnik va metodik muammolar bilan chambarchas bog‘liq. Ilmiy tadqiqotlarda qayd etilishicha, ko‘plab ta’lim muassasalarida grafik texnologiyalarni o‘qitish uchun zarur bo‘lgan texnik infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligi o‘quv jarayonining sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Zamonaviy grafik dasturlar yuqori texnik imkoniyatlarni talab qilgani sababli, eskirgan kompyuterlar va litsenziyalanmagan dasturiy ta’minotdan foydalanish talabalarni real mehnat bozoriga mos tayyorlash imkoniyatini cheklaydi. Bu holat ularning kasbiy kompetensiyasini shakllantirishda muhim to‘siq bo‘lib xizmat qiladi.Yana bir muhim muammo o‘quv dasturlarining tez rivojlanayotgan texnologiyalar bilan mos kelmasligidir. Ilmiy manbalarda ta’kidlanishicha, ko‘plab ta’lim muassasalarida o‘quv rejalari an’anaviy yondashuv asosida tuzilgani sababli zamonaviy grafik vositalar, uch o‘lchamli modellashtirish va animatsiya texnologiyalari yetarlicha qamrab olinmaydi. Natijada talabalar nazariy bilimlarga ega bo‘lsalar-da, ularni amaliy faoliyatda qo‘llashda qiyinchiliklarga duch keladilar. Bu esa bitiruvchilarning

ISSN 3030-3907

mehnat bozoridagi raqobatbardoshligini pasaytiradi.Pedagog kadrlarning tayyorgarlik darajasi ham muhim muammolardan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda qayd etilishicha, ayrim o‘qituvchilar zamonaviy grafik texnologiyalar bilan ishlash bo‘yicha yetarli bilim va ko‘nikmaga ega emas. Bu holat o‘quv jarayonida innovatsion metodlarning to‘liq joriy etilishiga to‘sqinlik qiladi. O‘qituvchilarning malaka oshirish kurslarida yetarlicha qatnashmasligi, yangi dasturiy vositalar bilan ishlash imkoniyatlarining cheklanganligi ta’lim sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.Mazkur muammolarga yechim sifatida, avvalo, ta’lim muassasalarining moddiy-texnik bazasini zamonaviy grafik texnologiyalar bilan ta’minlash zarur. Ilmiy tadqiqotlarda ochiq kodli grafik dasturlardan foydalanish, bulutli texnologiyalar asosida ishlaydigan platformalarni joriy etish texnik cheklovlarni kamaytirishi ko‘rsatib berilgan. Bu yondashuv nafaqat moliyaviy xarajatlarni qisqartiradi, balki talabalarga zamonaviy muhitda ishlash imkonini ham yaratadi.Shuningdek, o‘quv dasturlarini muntazam yangilab borish va ularni mehnat bozori talablariga moslashtirish muhim hisoblanadi. Ilmiy manbalarda ta’kidlanishicha, loyiha asosida o‘qitish, real amaliy vazifalar va fanlararo integratsiya talabalarning bilim va ko‘nikmalarini chuqurlashtiradi. Bu yondashuv talabalarni mustaqil izlanishga, ijodiy fikrlashga va muammoli vaziyatlarni hal etishga tayyorlaydi.Pedagog kadrlar salohiyatini oshirish ham muhim yechimlardan biridir. Zamonaviy grafik texnologiyalar bo‘yicha malaka oshirish dasturlarini tashkil etish, onlayn kurslar va seminarlar orqali o‘qituvchilarning bilimini yangilash ta’lim jarayonining innovatsion xarakterini kuchaytiradi. Ilmiy adabiyotlarda pedagoglarning doimiy kasbiy rivoji ta’lim sifatining barqarorligini ta’minlovchi asosiy omil sifatida ko‘rsatiladi.Xulosa qilib aytganda, kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash jarayonida yuzaga keladigan muammolarni kompleks yondashuv asosida hal etish orqali ta’lim sifatini sezilarli darajada oshirish mumkin. Ilmiy asoslangan yechimlar ta’lim muhitini zamonaviy, interaktiv va samarali qilishga xizmat qiladi.

So‘nggi yillarda kompyuter grafikasi texnologiyalarini ta’lim jarayoniga joriy etish masalasi xalqaro va mahalliy ilmiy tadqiqotlarda keng yoritilmoqda. Ilmiy adabiyotlarda ushbu texnologiyalar vizual axborotni yaratish, qayta ishlash va taqdim etishning samarali vositasi sifatida baholanib, ularning ta’lim sifatiga ta’siri chuqur tahlil qilingan. Tadqiqotchilar kompyuter grafikasi o‘quv jarayonida talabalarning bilishga bo‘lgan qiziqishini oshirishi, ularning vizual idrokini faollashtirishi hamda murakkab tushunchalarni tushunarli shaklda yetkazishga xizmat qilishini ta’kidlaydilar.Ko‘plab ilmiy manbalarda vizual taqdimotlar asosida tashkil etilgan ta’lim muhitining samaradorligi qayd etilgan. Tadqiqotlarda inson miyasi axborotning katta qismini vizual shaklda qabul qilishi sababli grafik

ISSN 3030-3907

materiallar yordamida berilgan ma’lumotlar tezroq o‘zlashtirilishi isbotlangan. Shu nuqtayi nazardan, kompyuter grafikasi texnologiyalari o‘quv jarayonini interaktiv va ko‘rgazmali qilish orqali ta’lim samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi.Xorijiy olimlar tomonidan olib borilgan izlanishlarda kompyuter grafikasi vositalari orqali o‘qitish talabalarning tanqidiy va ijodiy fikrlashini rivojlantirishi, ularni mustaqil muammolarni hal qilishga undashi ko‘rsatilgan. Ayniqsa, uch o‘lchamli modellashtirish, animatsiya va vizual simulyatsiyalar yordamida real jarayonlarni modellashtirish talabalarning kasbiy tayyorgarligini oshirishi qayd etiladi. Bu yondashuv talabalarga nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan uyg‘unlashtirish imkonini beradi.Mahalliy va xorijiy manbalarda ta’kidlanishicha, kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanish raqamli kompetensiyalarni shakllantirishda muhim vosita hisoblanadi. Tadqiqotlarda raqamli savodxonlik zamonaviy mutaxassisning ajralmas qismi sifatida qaralib, grafik dasturlar bilan ishlash ko‘nikmalari mehnat bozorida yuqori baholanishi ko‘rsatiladi. Shu sababli, oliy ta’lim muassasalarida bu texnologiyalarni o‘qitish strategik ahamiyat kasb etadi.Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, kompyuter grafikasi texnologiyalarini samarali joriy etish uchun pedagogik yondashuvlar ham yangilanishi zarur. Tadqiqotchilar loyiha asosida o‘qitish, interaktiv metodlar va fanlararo integratsiyani ta’lim jarayonining ajralmas qismi sifatida ko‘rsatadilar. Bu usullar talabalarning o‘rganish jarayonida faol ishtirokini ta’minlab, ularning bilimni mustaqil egallashiga sharoit yaratadi.Shuningdek, ilmiy manbalarda texnik infratuzilmaning ahamiyati ham alohida qayd etiladi. Zamonaviy grafik texnologiyalar yuqori quvvatli texnik vositalarni talab qilgani sababli, ta’lim muassasalarining moddiy-texnik bazasini yangilash zarurligi ta’kidlanadi. Shu bilan birga, ochiq kodli dasturlar va bulutli texnologiyalar yordamida bu muammoni qisman bartaraf etish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslanadi.Umuman olganda, adabiyotlar tahlili kompyuter grafikasi texnologiyalarining ta’lim jarayonidagi o‘rni va ahamiyatini tasdiqlab, ularni samarali qo‘llash orqali talabalarning bilim, ko‘nikma va kompetensiyalarini rivojlantirish mumkinligini ko‘rsatadi. Ushbu ilmiy qarashlar mazkur tadqiqot uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotda talabalarni kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishga tayyorlash masalasi zamonaviy ta’lim tizimining dolzarb yo‘nalishlaridan biri sifatida yoritildi. Raqamli jamiyat sharoitida kompyuter grafikasi texnologiyalari nafaqat texnik vosita, balki ta’lim jarayonining samaradorligini oshiruvchi, talabalarning ijodiy va kasbiy kompetensiyalarini shakllantiruvchi muhim pedagogik resurs ekanligi ilmiy manbalar asosida asoslab berildi. Tadqiqot davomida kompyuter grafikasi asosida tashkil etilgan o‘quv

ISSN 3030-3907

muhiti talabalarning vizual savodxonligini, raqamli kompetensiyasini hamda mustaqil va tanqidiy fikrlash qobiliyatini rivojlantirishi aniqlangan.Shuningdek, kompyuter grafikasi texnologiyalarini ta’lim jarayoniga integratsiyalash o‘qitishning interaktiv va amaliy yo‘naltirilgan shakllarini rivojlantirishga xizmat qilishi qayd etildi. Grafik muharrirlar, uch o‘lchamli modellashtirish, animatsiya va vizualizatsiya vositalaridan foydalanish talabalarni real kasbiy faoliyatga yaqinlashtiradi, ularning bilim va ko‘nikmalarini mustahkamlaydi. Ilmiy adabiyotlar tahlili hamda mavjud muammolar va ularning yechimlari asosida shuni ta’kidlash mumkinki, kompyuter grafikasi texnologiyalariga asoslangan ta’lim modeli zamonaviy mutaxassislarni tayyorlashda samarali pedagogik vosita hisoblanadi.Natijada, ushbu tadqiqotda bayon etilgan nazariy va amaliy xulosalar oliy ta’lim muassasalarida kompyuter grafikasi texnologiyalaridan foydalanishni yanada takomillashtirish, ta’lim sifatini oshirish va raqamli iqtisodiyot talablariga mos kadrlar tayyorlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Abduqodirov A.A. Axborot texnologiyalari va ularning ta’limdagi o‘rni. – Toshkent: O‘qituvchi, 2021.
2. Alimov S.B. Kompyuter grafikasi asoslari. – Toshkent: Fan, 2020.
3. Mayer R.E. Multimedia Learning. – New York: Cambridge University Press, 2020.
4. Vaughan T. Multimedia: Making It Work. – New York: McGraw-Hill, 2019.
5. Robin B. Digital Storytelling in Education. – New York: Routledge, 2021.
6. Reiser R.A., Dempsey J.V. Trends and Issues in Instructional Design and Technology. – Boston: Pearson, 2018.
7. Jonassen D.H. Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking. – New Jersey: Prentice Hall, 2017.

ISSN 3030-3907

OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARINING BIOKIMYOVIY TARKIBI VA ENERGETIK QIYMATI: TEORETIK ASOSLAR, BAHOLASH MEZONLARI VA AMALIY IMKONIYATLAR

Bakirov Juma Ashurovich

Termiz iqtisodiyot va servis universiteti kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dots. v.b.

Email: juma_bakirov@tues.uz

https://orcid.org/0009-0009-2534-0072

Annotatsiya. Ushbu maqolada oziq-ovqat mahsulotlarining biokimyoviy tarkibi hamda ularning energetik qiymati shakllanishining ilmiy-nazariy asoslari tahlil qilinadi. Mahsulot tarkibiy komponentlarining hazm bo‘lishi, so‘rilishi va metabolizmda o‘zlashtirilishi jarayonlari energoqiymatga ta’sir etuvchi muhim omil sifatida ko‘rib chiqiladi. Makronutrientlar ulushi, aminokislota profili, yog‘ kislotalari tarkibi, uglevodlarning glikemik xususiyatlari, oziq tolalari va texnologik ishlovning biokimyoviy o‘zgarishlarga olib kelishi yoritiladi. Energiya qiymatini hisoblashda Atvater tizimi va uning cheklovlari, shuningdek, bioqo‘llanish va hazmlanish koeffitsientlarini hisobga olish zarurati asoslanadi. Maqola oziq-ovqat xavfsizligi, salomatlikka yo‘naltirilgan ratsion tuzish, funksional mahsulotlar ishlab chiqish, markirovka va oziqlanish siyosatini ilmiy jihatdan qo‘llab-quvvatlash nuqtai nazaridan amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: biokimyoviy tarkib, energetik qiymat, makronutrientlar, mikroelementlar, vitaminlar, bioqo‘llanish, hazmlanish, Atvater koeffitsientlari, funksional mahsulotlar, oziqlanish, markirovka.

Abstract. This article analyzes the biochemical composition of food products and the scientific and theoretical foundations of the formation of their energy value. The processes of digestion, absorption and metabolism of the product components are considered as important factors affecting the energy value. The proportion of macronutrients, amino acid profile, fatty acid composition, glycemic properties of carbohydrates, dietary fiber and the biochemical changes caused by technological processing are highlighted. The Atwater system and its limitations, as well as the need to take into account bioavailability and digestibility coefficients when calculating energy value, are justified. The article is of practical importance in terms of food safety, health-oriented diet planning, development of functional products, labeling and scientific support of nutrition policy.

Keywords: biochemical composition, energy value, macronutrients, microelements, vitamins, bioavailability, digestibility, Atwater coefficients, functional products, nutrition, labeling.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В данной статье анализируется биохимический состав пищевых продуктов и научно-теоретические основы формирования их энергетической ценности. Важными факторами, влияющими на энергетическую ценность, рассматриваются процессы переваривания, всасывания и метаболизма компонентов продукта. Выделены пропорции макронутриентов, аминокислотный профиль, состав жирных кислот, гликемические свойства углеводов, пищевые волокна и биохимические изменения, вызванные технологической обработкой. Обоснованы система Атвата и ее ограничения, а также необходимость учета коэффициентов биодоступности и усвояемости при расчете энергетической ценности. Статья имеет практическое значение в области безопасности пищевых продуктов, планирования здорового питания, разработки функциональных продуктов, маркировки и научного обоснования политики в области питания.

Ключевые слова: биохимический состав, энергетическая ценность, макронутриенты, микроэлементы, витамины, биодоступность, усвояемость, коэффициенты Атвата, функциональные продукты, питание, маркировка.

KIRISH

Oziq-ovqat mahsulotlari inson organizmi uchun energiya manbai va plastik material bo‘lib xizmat qiladigan murakkab biokimyoviy tizimdir. “Tarkib-energiya-funksiya” zanjiri nuqtai nazaridan qaralganda, har qanday mahsulotning qiymati faqat kaloriyalar yig‘indisi bilan emas, balki kaloriyaning qaysi molekulalardan kelib chiqishi, ularning hazmlanishi, metabolik yo‘nalishi, gormonal-fermentativ javoblar, to‘yish hissi va mikrobiotaga ta’siri bilan ham belgilanadi. Shu sababli oziq-ovqat mahsulotlarining biokimyoviy tarkibini kompleks baholash va energiya qiymatini ilmiy asosda hisoblash zamonaviy nutritsiologiya, oziq-ovqat biokimyosi, tibbiyot va oziq-ovqat sanoati uchun o‘ta dolzarb hisoblanadi [1]. Ayniqsa, metabolik sindrom, semirish, 2-tur diabet, yurak-qon tomir kasalliklari va mikronutrient tanqisligi bilan bog‘liq epidemiologik tendensiyalar oziq-ovqat tarkibi va kaloriya zichligini qayta ko‘rib chiqishga majbur qilmoqda [2].

Biokimyoviy tarkib deganda mahsulotdagi asosiy makronutrientlar, mikroelementlar, vitaminlar, suv, mineral moddalar hamda kichik konsentratsiyadagi biologik faol birikmalarning sifat va miqdor ko‘rsatkichlari tushuniladi. Oqsillar aminokislotalardan tashkil topgan bo‘lib, ularning biologik qiymati aminokislota tarkibining inson ehtiyojiga mosligi, ayniqsa leysin, lizin, triptofan, metionin kabi almashinmaydigan aminokislotalar ulushi bilan belgilanadi [3]. Masalan, sut oqsillari aminokislota profili jihatidan muvozanatli hisoblansa, ayrim o‘simlik oqsillarida lizin yoki metionin cheklovchi aminokislota

ISSN 3030-3907

bo‘lishi mumkin; bu esa “samarali o‘zlashish” ko‘rsatkichlarini pasaytiradi va energiya hamda plastik ehtiyojni qondirish uchun ratsionda komplementar kombinatsiyalar (don + dukkakli) talab etiladi [4]. Oqsillarning hazmlanish darajasi ham energetik hissaga ta’sir qiladi: chunki oqsillardan keladigan energiyaning bir qismi “oziq-ovqatning termik effekti”ga (thermic effect) sarflanadi, azotli metabolitlar chiqindisi bilan bog‘liq xarajatlar ortishi mumkin [5]. Shu jihatdan, bir xil kaloriyali ratsionlarda ham energiya samaradorligi farq qilishi ilmiy asoslangan.

ASOSIY QISM

Yog‘lar energiyaning eng zich manbai bo‘lib, 1 gramm yog‘ oksidlanganda taxminan 9 kkal energiya ajraladi. Biroq yog‘larning biokimyoviy ahamiyati faqat energiya zichligida emas, balki yog‘ kislotalari tarkibida, membrana plastikligi, gormonlar sintezi, yallig‘lanish mediatorlari va lipid signalizatsiyasidagi rolida namoyon bo‘ladi [6]. To‘yingan yog‘ kislotalari, mono-to‘yinmagan va polito‘yinmagan (omega-3, omega-6) kislotalar nisbati organizmning lipid profiliga va kardiometabolik xavfga ta’sir ko‘rsatadi; shu bois energetik qiymatni baholashda “kaloriyaning manbai”ni hisobga olish amaliyotga yaqin yechimdir [7]. Margarinlashtirish, qayta-qayta qizdirish, frityurda ishlov berish kabi texnologik jarayonlarda trans-izomerlar paydo bo‘lishi mumkin; bu birikmalarning fiziologik ta’siri salbiy ekani haqida ilmiy xulosalar mavjud [8]. Demak, yog‘lar energiya manbai sifatida zarur bo‘lsa-da, ularning sifat ko‘rsatkichlari va texnologik ishlov tarixi ham muhim.

Oziq-ovqatning biokimyoviy tarkibi: asosiy komponentlari quyidagilar:

Oqsillar. Oqsillar aminokislotalar manbai bo‘lib, to‘qima qurilishi, ferment/gormon sintezi va immun javobda ishtirok etadi. Oziq-ovqatda oqsil sifati nafaqat miqdor, balki aminokislota spektri va hazm bo‘lish (bioqimmat) bilan belgilanadi. Laborator amaliyotda oqsil miqdori ko‘pincha umumiy azot asosida (Kjeldahl/Dumas) baholanib, konversiya koeffitsienti (odatda 6.25) orqali “xom oqsil” hisoblanadi.

Yog‘lar. Yog‘lar energiyaning eng zich manbai bo‘lib, membrana fosfolipidlari va biologik aktiv lipidlar bilan bog‘liq. Yog‘ fraksiyasining to‘yingan/to‘yinmagan nisbati, trans-izomerlar mavjudligi va issiqlik ta’sirida oksidlanish mahsulotlari xavfsizlik nuqtai nazaridan ham ahamiyatli.

Uglevodlar va tolalar. Uglevodlar kraxmal, mono/disaxaridlar va nonkraxmal polisaxaridlardan tashkil topadi. “Umumiy uglevod” ko‘rsatkichi amaliyot hisoblarida ko‘pincha “farq usuli” bilan: 100 g dan suv, xom oqsil, xom yog‘, kul va tolalarni ayirib, qolgan qism sifatida baholanadi. Kletchatka hazm bo‘lmaydigan yoki qisman fermentlanadigan fraksiya bo‘lib, energiya bahosini

ISSN 3030-3907

pasaytirishi va ichak mikrobiotasi orqali qisman energiya berishini (SCFA) inobatga olish kerak.

Suv va kul (mineral moddalar). Suv mahsulot massasining katta qismini tashkil etadi va 100 g dagi energiyani “suyultiruvchi” omil hisoblanadi. Kul (ash) - mineral moddalarning umumiy bahosi bo‘lib, Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn va boshqalar elektrolitlar balansi va fermentlar faolligi uchun muhim.

Bioaktiv birikmalar. Vitaminlar, organik kislotalar, fermentlar, polifenollar va pigmentlar mahsulotning antioksidant qiymati, ta’m/hid va saqlanish barqarorligini shakllantiradi; ularning miqdori texnologik ishlovda sezilarli o‘zgarishi mumkin.



1-rasm. Oziq-ovqat mahsulotlarining biokimyoviy tarkibi va energetik qiymati

Uglevodlar odatda 1 gramm uchun 4 kkal energiya beradi. Ammo uglevodlarning hamma turi bir xil metabolik natija bermaydi: monosaxaridlar va ba’zi disaxaridlar tez so‘rilib, glikemik javobni keskin oshiradi; kraxmalning ayrim fraksiyalari esa ichak mikrobiotasi tomonidan fermentatsiyalanib, qisqa zanjirli yog‘ kislotalarini hosil qiladi va energiyaning bir qismini bilivosita ta’minlaydi [9]. Oziq tolalari (sellyuloza, pektin, β-glyukanlar) to‘g‘ridan-to‘g‘ri kaloriya bermasada, hazm-ichak funksiyasi, xolesterin almashinuvi, to‘yish hissi va glikemik nazoratga kuchli ta’sir ko‘rsatadi; shu sababli “energetik qiymat” tushunchasi “metabolik qiymat” bilan birga ko‘rilganda to‘liqroq bo‘ladi [10]. Shakar qo‘shimchalari, oq un, yuqori darajada rafinatsiya qilingan kraxmalli mahsulotlar kaloriya zichligini oshirib, nutritiv zichlikni pasaytirishi mumkin; bu aholi salomatligi nuqtai nazaridan muhim omil hisoblanadi [2].

ISSN 3030-3907

Mikronutrientlar - vitaminlar va mineral moddalar - to‘g‘ridan-to‘g‘ri energiya bermaydi, ammo energetik metabolizmning fermentativ reaksiyalarida koferment yoki kofaktor sifatida ishtirok etadi. Masalan, V guruhi vitaminlari (B1, B2, B3, B6) uglevod va aminokislota almashinuvi bosqichlarida NAD/NADP, FAD, koenzim-A kabi tizimlar bilan bog‘liq; temir kislorod tashish va sitoxromlar orqali elektron transport zanjirida ishtirok etadi; magniy ATF bilan kompleks hosil qilib, ko‘plab fermentlar faolligi uchun zarur [11]. Shu sababli mahsulotning “kaloriyasi” yuqori bo‘lsa-da, mikronutrient tanqis bo‘lgan ratsion “energetik ortiqcha, ammo biokimyoviy yetishmovchilik” holatini keltirib chiqaradi. Bu holat ayniqsa fastfud va ultra-qayta ishlangan mahsulotlar ulushi katta bo‘lgan ratsionlarda tez-tez uchraydi [12].

Energetik qiymatni hisoblash amaliyotida klassik yondashuv Atvater koeffitsientlariga tayanadi: oqsil va uglevod uchun 4 kkal/g, yog‘ uchun 9 kkal/g, spirt uchun 7 kkal/g. Bu usul oziq-ovqat markirovkasining asosiy standarti sifatida keng qo‘llanadi [13]. Biroq ilmiy nuqtai nazardan Atvater tizimi bir qator cheklovlarga ega: u hazmlanish darajasi, individual mikrobiota farqlari, oziq tolalarining fermentatsiyasi, termik effekt, texnologik ishlov tufayli bioqo‘llanish o‘zgarishlarini doimo to‘liq aks ettirmaydi [14]. Masalan, yong‘oqlardagi energiya qiymati markirovkada yuqori chiqsa-da, haqiqiy o‘zlashadigan energiya mexanik tuzilma va tola matriksi tufayli pastroq bo‘lishi mumkin; bu masala bir qator eksperimental ishlar bilan asoslangan [15]. Shunday ekan, oziq-ovqat biokimyosida energiyani “nominal” va “metabolik” qiymatlarga ajratib tahlil qilish maqsadga muvofiq.

Mahsulotning biokimyoviy tarkibiga agrotexnologiya va genetik omillar ham ta’sir qiladi. Bir xil turdagi mahsulot nav, iqlim, tuproq mineral tarkibi, o‘g‘itlash, sug‘orish rejimi, yig‘im-terim vaqti, saqlash sharoitiga ko‘ra vitaminlar, minerallar, antioksidantlar miqdori va fermentativ faolligi bo‘yicha farqlanadi [16]. Saqlashda askorbin kislota degradatsiyasi, lipidlarning peroksidlanishi, fermentativ qorayish kabi jarayonlar mahsulotning biokimyoviy sifatini o‘zgartiradi va energetik qiymatdan ko‘ra ko‘proq nutritiv qiymatga ta’sir qiladi. Texnologik ishlovda esa Mayyard reaksiyasi ta’m va xushbo‘ylikni oshirsa-da, ayrim aminokislotalar bioqo‘llanishini pasaytirishi yoki yangi birikmalar hosil bo‘lishi xavfini keltirib chiqarishi mumkin [17]. Fermentatsiya jarayonlari bioqo‘llanishni oshirishi, anti-nutritiv omillarni kamaytirishi va biofunksional metabolitlar hosil qilish orqali tarkibiy qiymatni boyitishi mumkin [18].

Demak, mahsulotning energetik qiymati o‘zgarmasligi mumkin, ammo biokimyoviy foydalilik keskin o‘zgarishi ehtimoldan xoli emas. Oziq-ovqat mahsulotlarini baholashda ikki tushunchani farqlash muhim: kaloriya zichligi va

ISSN 3030-3907

nutritiv zichlik. Ilmiy-amaliy nuqtai nazardan aholi salomatligi uchun eng maqbul strategiya - kaloriya zichligi nisbatan past, nutritiv zichligi yuqori bo‘lgan mahsulotlarni rag‘batlantirishdir [12].

Bu yondashuv maktab ovqatlanishi, ijtimoiy oziqlanish dasturlari va profilaktik tibbiyotda muhim ahamiyat kasb etadi. Masalan, ratsionida sabzavot-meva, to‘liq don, dukkaklilar, sut mahsulotlari, sifatli oqsil manbalari yetarli bo‘lgan guruhlarda mikronutrient kamchiliklari kamroq kuzatiladi, hatto umumiy kaloriya o‘rtacha darajada bo‘lsa ham [2].

Energetik qiymatni hisoblash va tarkibni tahlil qilishda laborator metodlar muhim. Biokimyoviy tahlillar orasida: Keldal usuli bilan umumiy azotdan oqsil hisoblash, gaz-xromatografiya orqali yog‘ kislotalari profilini aniqlash, yuksak samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) bilan vitaminlar va polifenollarni baholash, atom-absorbsiya/ICP-MS usullari bilan mineral tarkibni o‘lchash keng tarqalgan [19]. Energiya qiymatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri aniqlashda bomba-kalorimetriya “yalpi energiya”ni ko‘rsatadi, ammo inson organizmidagi hazmlanish va yo‘qotishlar hisobga olinmagan bo‘ladi. Shu sababli amaliy markirovkada hisoblash usullari qulay, lekin ilmiy tadqiqotlarda turli korreksiya koeffitsientlari va hazmlanish parametrlarini qo‘llash talab etiladi [14]. Bu, ayniqsa, funksional mahsulotlar va nutritiv terapiya mahsulotlarida dolzarb.

Oziq-ovqat tarkibining energetik qiymat bilan bog‘liqligi ratsion tuzishda ham, texnologik mahsulot yaratishda ham hal qiluvchi omildir. Masalan, past kaloriyali mahsulotlar ishlab chiqishda shakar va yog‘ni kamaytirish bilan birga, tuzilma va ta’mni saqlash uchun tolalar, belok konsentratlari, tabiiy shirinlatkichlar, emulgatorlar va fermentlar qo‘llanadi; bu jarayonlarda biokimyoviy barqarorlik va bioqo‘llanish asosiy kriteriy bo‘lib qoladi [20]. Shuningdek, “kaloriyani kamaytirish” har doim “sog‘lomlashtirish” emas: agar kamaytirish mikronutrientlar, to‘laqonli oqsil yoki sifatli yog‘lar hisobiga amalga oshirilsa, organizmning biokimyoviy ehtiyojlari qondirilmasligi mumkin. Shu sababli ilmiy asoslangan yondashuv mahsulotni “energiya-nutrientlar-biofunksiya” uchligida baholashni talab qiladi.

MUHOKAMA.

Oziq-ovqat mahsulotlari inson organizmi uchun energiya manbai, to‘qima va hujayralar qurilishi uchun plastik material hamda moddalar almashinuvini boshqaruvchi bioregulyator omillarni yetkazib beruvchi murakkab biokimyoviy tizim hisoblanadi. Shuning uchun mahsulot haqida to‘liq ilmiy tasavvur hosil qilishda uning kaloriyasinigina emas, balki biokimyoviy tarkibi, hazmlanishi, so‘rilishi va organizmda metabolik jarayonlarga qanday ta’sir qilishini ham bir butun tarzda baholash talab etiladi. Amalda faqat kaloriyaga asoslangan yondashuv

ISSN 3030-3907

ba’zan noto‘g‘ri xulosalarga olib keladi: masalan, kaloriyasi yuqori bo‘lgan ayrim mahsulotlar mikronutrientlarga kam bo‘lishi mumkin va bunday holat “energiya yetarli, ammo nutritiv yetishmovchilik” deb ataladigan vaziyatni keltirib chiqaradi. Shu sababli zamonaviy nutritsiologiya va oziq-ovqat biokimyosida energiya zichligi bilan bir qatorda nutritiv zichlik - ya’ni ma’lum kaloriya birligiga to‘g‘ri keladigan vitaminlar, minerallar, tolalar, sifatli oqsil va foydali lipidlar ulushi ham muhim ko‘rsatkich sifatida qabul qilingan.

Oziq-ovqat mahsulotlarining biokimyoviy tarkibi deganda undagi makronutrientlar, mikronutrientlar, suv, oziq tolalari va biologik faol birikmalarning miqdor va sifat jihatdan yig‘indisi tushuniladi. Makronutrientlar energetik qiymatni shakllantiruvchi asosiy qism bo‘lib, ularning organizmda o‘zlashishi biokimyoviy jihatdan bir xil emas. Oqsillar aminokislotalardan tashkil topgan bo‘lib, ularning asosiy vazifasi to‘qimalarni qurish va yangilash, fermentlar va gormonlar sintezi, immun himoya va transport funksiyalarini ta’minlashdan iborat. Oqsilning biologik qiymati uning aminokislota profiliga, ayniqsa almashinmaydigan aminokislotalar yetarliligiga, shuningdek hazmlanish va o‘zlashish darajasiga bog‘liq. Ayrim o‘simlik oqsillarida lizin yoki metionin kabi aminokislotalar nisbatan kam bo‘lishi mumkin, shuning uchun ratsionda don-dukkaklilarni birga qo‘llash orqali aminokislota balansi yaxshilanadi. Oqsillar odatda 1 grammiga 4 kilokaloriya energiya berishi qabul qilingan bo‘lsa-da, ularning metabolizmida termik effekt yuqoriroq bo‘lgani uchun “real netto energiya” ayrim holatlarda farqlanishi mumkin.

Yog‘lar energiyaning eng zich manbai bo‘lib, 1 grammiga taxminan 9 kilokaloriya to‘g‘ri keladi. Biroq lipidlarning ahamiyati faqat kaloriya bilan cheklanmaydi: ular hujayra membranalari tarkibiga kiradi, steroid gormonlar sintezida ishtirok etadi, yallig‘lanish mediatorlari va signal molekulalarning asosiy manbalaridan hisoblanadi, shuningdek A, D, E, K kabi yog‘da yeruvchi vitaminlarning o‘zlashishi uchun zarur sharoit yaratadi. Yog‘larning sifat ko‘rsatkichi yog‘ kislotalari tarkibi bilan belgilanadi: to‘yingan, mono-to‘yinmagan va polito‘yinmagan yog‘ kislotalari nisbati, omega-3 va omega-6 muvozanati organizmning kardiometabolik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Texnologik ishlov jarayonlarida, ayniqsa gidrogenlash yoki qayta-qayta qizdirishda transizomerlar va oksidlanish mahsulotlari paydo bo‘lishi ehtimoli ortgani uchun mahsulotning energetik qiymati o‘zgarmasada, biokimyoviy xavf omillari kuchayishi mumkin.

Uglevodlar organizm uchun tez energiya manbai hisoblanadi va 1 gramm uglevod o‘rtacha 4 kilokaloriya energiya berishi bilan baholanadi. Biroq uglevodlarning turi metabolik natijani keskin o‘zgartiradi: tez so‘riladigan

ISSN 3030-3907

shakarlar glikemik javobni tez oshiradi, kraxmalning qayta ishlanganlik ham qonda glyukoza ko‘tarilishini tezlashtirishi mumkin. Shu bilan birga, oziq tolalari - sellyuloza, pektin, β-glyukanlar va rezistent kraxmal kabi komponentlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri kaloriya berishi past bo‘lsa-da, ichak peristaltikasi, to‘yish hissi, xolesterin va glikemik nazoratga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi; ba’zi tola turlari mikrobiota tomonidan fermentatsiyalanib, qisqa zanjirli yog‘ kislotalarini hosil qiladi va energiyaga bilvosita hissa qo‘shadi. Shu sababli “uglevod miqdori”dan tashqari uglevod sifati, tolalar ulushi va glikemik xususiyatlar ham baholash mezoni bo‘lishi kerak.

Vitaminlar va mineral moddalar energetik qiymatni to‘g‘ridan-to‘g‘ri oshirmaydi, ammo energiya almashinuvi uchun zarur fermentativ reaksiyalarni ta’minlaydi. V guruhi vitaminlari uglevod va aminokislota almashinuvida kofermentlar tizimi sifatida qatnashadi, temir kislorod tashish va elektron transport zanjirida ishtirok etadi, magniy esa ATF bilan kompleks hosil qilib ko‘plab fermentlar faolligi uchun zarur bo‘ladi. Selen va sink antioksidant tizimlar, immun javoblar va fermentlar faoliyatida katta ahamiyatga ega. Shu sababli kaloriyasi yuqori, ammo vitamin-minerallarga kam mahsulotlar ulushi katta bo‘lgan ratsionlarda metabolik buzilishlar va funksional yetishmovchilik holatlari xavfi ortadi.

Energetik qiymat mahsulot iste’mol qilinganda organizmda hosil bo‘ladigan energiya miqdori bo‘lib, amalda 100 gramm (yoki 100 ml)ga nisbatan kilokaloriya yoki kilodjoulda beriladi. Keng qo‘llanadigan hisoblash amaliyoti Atvater koeffitsientlariga asoslanadi: oqsil va uglevod 4 kkal/g, yog‘ 9 kkal/g (spirt 7 kkal/g). Oddiy hisoblash formulasiga ko‘ra energiya (kkal) = (oqsil, g × 4) + (uglevod, g × 4) + (yog‘, g × 9). Masalan, 100 g mahsulotda 12 g oqsil, 10 g yog‘ va 20 g uglevod bo‘lsa, energetik qiymat 12×4 + 10×9 + 20×4 = 48 + 90 + 80 = 218 kkal bo‘ladi. Biroq ilmiy nuqtai nazardan nominal kaloriya bilan real o‘zlashadigan kaloriya doimo bir xil bo‘lmasligi mumkin, chunki hazmlanish darajasi, mahsulotning mexanik tuzilishi, maydalanishi, issiqlik ishlovi natijasida kraxmalning jelatinizatsiyasi yoki oqsilning denaturatsiyasi, tolalarning fermentatsiyasi, shuningdek individual mikrobiota farqlari energiyaning o‘zlashish samaradorligiga ta’sir qiladi. Shuning uchun ayrim mahsulotlarda markirovkada berilgan kaloriya amaldagi metabolik kaloriyadan farq qilishi ehtimoli mavjud.

Oziq-ovqat mahsulotlari tarkibiga ta’sir etuvchi muhim omillardan yana biri saqlash va texnologik ishlov jarayonlaridir. Saqlash vaqtida askorbin kislota (S vitamini) parchalanishi, lipidlarning peroksidlanishi, fermentativ qorayish kabi jarayonlar tezlashishi mumkin, bu esa mahsulotning nutritiv sifatini pasaytiradi. Issiqlik ishlovida Mayyard reaksiyasi ta’m va aromatni boyitadi, biroq ayrim

ISSN 3030-3907

aminokislotalar bioqo‘llanishini kamaytirishi yoki ba’zi noxush birikmalar hosil bo‘lishi xavfini oshirishi mumkin. Fermentatsiya esa aksincha, ayrim vitaminlar bioqo‘llanishini oshirishi, anti-nutritiv omillarni kamaytirishi va foydali metabolitlar hosil qilishi orqali mahsulotning biokimyoviy qiymatini yaxshilashi mumkin. Demak, bir xil kaloriyaga ega mahsulotlar ham qayta ishlanganlik darajasi va texnologik tarixi tufayli organizmga ta’siri jihatidan turlicha bo‘ladi.

Amaliyotda 100 gramm hisobida sabzavotlar odatda 15-25 kkal, mevalar 40-60 kkal, sut 50-60 kkal, tuxum 140-160 kkal, tovuq go‘shti 160-200 kkal, don mahsulotlari va non 230-270 kkal, quruq makaron va guruch 330-370 kkal, yong‘oqlar 550-700 kkal, o‘simlik moylari esa taxminan 900 kkal atrofida bo‘ladi. Bu ko‘rsatkichlar mahsulot turi, nav, namlik darajasi va ishlovga qarab o‘zgaradi, ammo energiya zichligi bo‘yicha umumiy manzarani tushunishga yordam beradi. Shu bilan birga, mahsulot tanlashda kaloriya zichligi past bo‘lgan sabzavot va meva, to‘liq don, dukkaklilar, sifatli oqsil manbalari hamda foydali yog‘lardan tashkil topgan ratsion nutritiv zichlikni oshirishga xizmat qiladi, qayta ishlangan, shakari va yog‘i yuqori mahsulotlarning ortiqcha iste’moli esa kaloriyani tez oshirib, vitamin-minerallar ta’minlanganligini pasaytirishi mumkin.

Energetik qiymat tushunchalari va hisoblash haqida quyidagilarni keltirib o‘tish joiz. Oziq-ovqat energiyasi bir necha bosqichda qaraladi: yalpi energiya (gross energy), hazm bo‘ladigan energiya (digestible energy), metabolik energiya (metabolizable energy) va sof energiya (net energy). Oziqlanish amaliyotida ko‘p hollarda metabolik energiya yoki tamg‘alashda qabul qilingan “kaloriyalilik” qo‘llanadi.

Atvater koeffitsientlari. Klassik hisoblash: 1 g oqsil ≈ 4 kkal, 1 g uglevod ≈ 4 kkal, 1 g yog‘ ≈ 9 kkal, 1 g spirt ≈ 7 kkal.
Shunda:

$$E\ (kcal) \approx 4\,P + 9\,F + 4\,C + 7\,A.$$

Biroq bu formulada C sifatida, odatda, hazm bo‘ladigan uglevodlar tushuniladi; kletchatka (dietary fiber) ko‘p bo‘lgan mahsulotlarda standart Atvater energiyani ortiqcha baholashi mumkin. Shu sababli ayrim tizimlarda “modifikatsiyalangan Atvater” koeffitsientlari, yoki tolalar uchun pastroq koeffitsientlar qo‘llanadi.

Energetik qiymatga ta’sir etuvchi omillar

Namlik. Namlik yuqori bo‘lgan mahsulotlarda (masalan, sabzavot, meva, sut) 100 g da kaloriya past bo‘ladi; quritish va konsentrlash energiya zichligini oshiradi.

ISSN 3030-3907

Ishlov berish (termik/mexanik). Pishirish, ekstruziya va maydalash kraxmal jelatinizatsiyasini kuchaytirib, hazm bo‘lishni oshirishi mumkin; ayni paytda Mayyar reaksiyalari va lipid oksidlanishi bioqimmatni pasaytirishi mumkin.

Fermentatsiya. Fermentatsiya davrida uglevodlar bir qismi organik kislotalar va gazlarga aylanadi; natijada umumiy energiya va glikemik yuklama o‘zgarishi mumkin.

Kletchatka va rezistent kraxmal. Tolalar va rezistent kraxmal qismi yo‘g‘on ichakda fermentlanib, qisman energiya (SCFA) beradi; lekin klassik formulalarda bu to‘liq aks etmasligi mumkin.

1-digramma

100 g uchun namunaviy hisob va talqin

Mahsulot (100 g)	Oqsil, g	Yog‘, g	Uglevod, g	E, kkal
Sut (2.5%)	3.0	2.5	4.7	≈4 · 3.0 + 9 · 2.5 + 4 · 4.7
Tuxum	12.6	10.6	1.1	≈4 · 12.6 + 9 · 10.6 + 4 · 1.1
Non (oq)	8.0	3.0	49.0	≈4 · 8.0 + 9 · 3.0 + 4 · 49.0
Olma	0.4	0.4	11.3	≈4 · 0.4 + 9 · 0.4 + 4 · 11.3

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, yog‘ ulushi kam o‘zgarganda ham energiyaga ta’siri katta: yog‘ 1 g ga ≈9 kkal hissa qo‘shadi. Shuningdek, namlik yuqori bo‘lgan mahsulotlarda (sut, meva) energiya zichligi past.

Umuman olganda, oziq-ovqat mahsulotlarining biokimyoviy tarkibi va energetik qiymati o‘zaro bog‘liq, lekin bir-birini to‘liq almashtirmaydigan tushunchalardir. Energetik qiymat organizmning energiya ehtiyojini qondirishda muhim bo‘lsa, biokimyoviy tarkib mahsulotning salomatlikka yo‘naltirilgan haqiqiy qiymatini belgilaydi. Shu sababli ratsion tuzish va mahsulotlarni baholashda “kaloriya qancha?” degan savol bilan birga “bu kaloriya qaerdan kelgan?”, “mahsulotda sifatli oqsil, foydali yog‘, tola va vitamin-minerallar yetarlimi?”, “qayta ishlov darajasi qanday?” degan mezonlar ham doimo hisobga olinishi lozim.

XULOSA

Xulosa sifatida aytish mumkinki, oziq-ovqat mahsulotlarining biokimyoviy tarkibi va energetik qiymati o‘zaro bog‘liq, biroq bir-birini to‘liq almashtirmaydigan tushunchalardir. Energiya qiymati makronutrientlar miqdoridan kelib chiqsa, biokimyoviy qiymat tarkibning sifat ko‘rsatkichlari,

ISSN 3030-3907

bioqo‘llanish, texnologik ishlov, mikronutrientlar, biologik faol birikmalar hamda individual metabolik javoblar bilan belgilanadi. Atvater tizimi oziq-ovqat markirovkasi uchun qulay hisoblash asosi bo‘lsa-da, ilmiy tadqiqot va funksional mahsulotlar kontekstida uni hazmlanish, termik effekt, tola fermentatsiyasi va matriks ta’siri bilan to‘ldirish maqsadga muvofiq. Mazkur yondashuv aholi salomatligini muhofaza qilish, oziq-ovqat xavfsizligi, ratsionni optimallashtirish va sanoatda yuqori nutritiv zichlikka ega mahsulotlar ishlab chiqish uchun ilmiy-amaliy poydevor bo‘lib xizmat qiladi [1-2, 12-14].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Tutelyan V.A. Ximicheskiy sostav i kaloriynost piщevыx produktov: spravochnыe podxodы i sovremennыe otsenki. - M.: GEOTAR-Media, 2012. - 336 s. - 2012.
2. WHO. Healthy diet: Fact sheet (nutrition and diet-related NCD prevention). - Geneva: World Health Organization. - 2020.
3. Shayxova G.I., Nurmatov Sh.N. Oqsillar almashinuvi va aminokislotalarning biokimyoviy ahamiyati. - Toshkent: “Abu Ali ibn Sino” nashriyoti, 2018. - 224 b. - 2018.
4. FAO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. - Rome: FAO Food and Nutrition Paper 92. - 2013.
5. Hall K.D., Guo J. Obesity energetics: body weight regulation and the effects of diet composition. - Nature Reviews Endocrinology. - 2017. - Vol.13(7). - P. 367-378. - 2017.
6. Nelson D.L., Cox M.M. Lehninger Principles of Biochemistry. - 8th ed. - New York: W.H. Freeman, 2021. - 1328 p. - 2021.
7. Mozaffarian D. Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity. - Circulation. - 2016. - Vol.133(2). - P. 187-225. - 2016.
8. European Food Safety Authority (EFSA). Scientific opinion on trans fatty acids and health. - EFSA Journal. - 2018. - 16(12). - 2018.
9. Cummings J.H., Stephen A.M. Carbohydrate terminology and classification. - European Journal of Clinical Nutrition. - 2007. - Vol.61(S1). - P. S5-S18. - 2007.
10. Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. - Nutrients. - 2013. - Vol.5(4). - P. 1417-1435. - 2013.
11. Ganiev B.B., Karimova M.K. Vitaminlar va mikroelementlarning metabolizmdagi o‘rni. - Samarqand: SamDU nashriyoti, 2019. - 180 b. - 2019.
12. Monteiro C.A., Cannon G., Levy R.B. et al. Ultra-processed foods: what they are and how to identify them. - Public Health Nutrition. - 2019. - Vol.22(5). - P. 936-941. - 2019.

ISSN 3030-3907

13. Atwater W.O., Woods C.D. The chemical composition of American food materials. - Washington: USDA Bulletin. - 1896.
14. Livesey G. Metabolizable energy of macronutrients. - The American Journal of Clinical Nutrition. - 2001. - Vol.74(6). - P. 689-708. - 2001.
15. Baer D.J., Novotny J.A. Metabolizable energy from nuts: review and implications for labeling. - Current Developments in Nutrition. - 2019. - Vol.3(10). - 2019.
16. Kader A.A. Postharvest biology and technology: an overview. - In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. - University of California. - 2002.
17. Mottram D.S. The Maillard reaction: source of flavor in foods. - Food Chemistry. - 1998. - Vol.62(4). - P. 415-424. - 1998.
18. Marco M.L., Heeney D., Binda S. et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. - Current Opinion in Biotechnology. - 2017. - Vol.44. - P. 94-102. - 2017.
19. Nielsen S.S. Food Analysis. - 5th ed. - New York: Springer, 2017. - 664 p. - 2017.
20. Damodaran S., Parkin K., Fennema O.R. Fennema's Food Chemistry. - 5th ed. - Boca Raton: CRC Press, 2017. - 1120 p. - 2017.

ISSN 3030-3907

SUYULTIRILGAN SINTETIK YOQILG‘I ISHLAB CHIQARISH JARAYONINING IKKILAMCHI SUYUQ OQIMI ASOSIDA ERITUVCHILAR OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH

Raximov G‘anisher Baxtiyorovich
Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, dotsenti, t.f.f.d.
O‘zbekiston Respublikasi, Qashqadaryo viloyati, Mustaqillik ko‘chasi, 225, 180100,
E-mail: ganisher.raximov1@inbox.ru
https://orcid.org/0009-0004-1970-1541
Tel: +998 94 297-75-63
Sayfiyev Elbek Xalmahmat o‘g‘li
“O‘zbekiston GTL” MChJ yetakchi muhandisi
Qashqadaryo viloyati, ko‘ch.180100,
Tel: +998 99-665-55-57

Annotatsiya. Mazkur ishda suyultirilgan sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi suyuq oqimning tarkibi va undan sanoat erituvchilari olish imkoniyatlari kompleks tarzda o‘rganildi. Tadqiqotlar gaz xromatografiya–mass-spektrometriya (GC–MS) hamda gaz xromatografiya–alanga-ionlash detektori (GC–FID) usullarida amalga oshirildi. Olingan natijalar ikkilamchi suyuq oqim tarkibida past molekulyar spirtlar ustun ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu oqimni fraksion distillatsiya asosida qayta ishlash orqali turli texnologik maqsadlar uchun mos erituvchilar olish mumkinligi asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: sintetik yoqilg‘i, ikkilamchi suyuq oqim, sanoat erituvchilari, GC–MS, spirtlar, fraksion ajratish.

Abstract. This study provides a comprehensive investigation of the composition of a secondary liquid stream generated during the production of liquefied synthetic fuels and evaluates the feasibility of obtaining industrial solvents from this stream. The research was carried out using gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) and gas chromatography with a flame ionization detector (GC–FID). The obtained results indicate the predominance of low-molecular-weight alcohols in the secondary liquid stream. It was substantiated that processing this stream by fractional distillation makes it possible to obtain solvents suitable for various technological applications.

Keywords: synthetic fuel, secondary liquid stream, industrial solvents, GC–MS, alcohols, fractional separation.

Аннотация. В данной работе комплексно исследован состав вторичного жидкого потока, образующегося в процессе производства сжиженного синтетического топлива, а также оценена возможность получения из него

ISSN 3030-3907

промышленных растворителей. Исследования проведены с использованием методов газовой хроматографии–масс-спектрометрии (ГХ–МС) и газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором (ГХ–ПИД). Полученные результаты показали преобладание низкомолекулярных спиртов в составе вторичного жидкого потока. Обоснована возможность переработки данного потока методом фракционной перегонки с целью получения растворителей, пригодных для различных технологических применений.

Ключевые слова: синтетическое топливо, вторичный жидкий поток, промышленные растворители, ГХ–МС, спирты, фракционное разделение.

KIRISH.

Sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish texnologiyalari rivojlanishi fonida jarayon davomida hosil bo‘ladigan ikkilamchi oqimlardan samarali foydalanish masalasi muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Amaliy tajribada bunday suyuq oqimlar ko‘pincha past iqtisodiy qiymatga ega mahsulot sifatida qaraladi yoki yo‘qotishlarga olib keladi.

Shu bilan birga, ushbu oqimlarning tarkibi ko‘pincha past molekulyar spirtlar va kislorodli organik birikmalardan iborat bo‘lib, ular sanoat erituvchilari sifatida keng qo‘llaniladi. Mazkur ishda ikkilamchi suyuq oqimning kimyoviy tarkibi va uni erituvchilar olish uchun qayta ishlash texnologiyasi ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Tadqiqot obyekti va usullari. Tadqiqot obyekti sifatida suyultirilgan sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘lgan ikkilamchi suyuq mahsulot tanlab olindi. Namunalarning sifat va miqdoriy tahlili zamonaviy xromatografik usullar yordamida amalga oshirildi.

1-jadval

Ikkilamchi suyuq mahsulotni tahlil qilishda qo‘llanilgan usullar

Tahlil usuli	**Asosiy vazifasi**
GC–MS	Komponentlarni aniqlash va identifikatsiya qilish
GC–FID	Asosiy komponentlarning miqdoriy bahosi
Distillatsiya tahlili	Fraksion xususiyatlarni aniqlash

Moddalarni identifikatsiya qilish NIST17 spektrlar kutubxonasi asosida amalga oshirildi. Fraksion xatti-harakatni baholashda distillatsiya oralig‘i inobatga olindi.

NATIJALAR VA ULARNING TAHLILI.

Mazkur tadqiqot ishida sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi suyuq oqimning kimyoviy tarkibi, fraksion xatti-harakati va asosiy spirtli komponentlarining miqdoriy ulushi eksperimental usullar yordamida

ISSN 3030-3907

o‘rganildi. Tadqiqotlar natijalarining ishonchliligini ta’minlash maqsadida namuna olishdan boshlab analitik tahlilgacha bo‘lgan barcha bosqichlar xalqaro laboratoriya amaliyoti (GLP) talablariga muvofiq amalga oshirildi.

Eksperimental ishlar davomida namunalarni tanlab olish, saqlash va tayyorlash sharoitlari qat’iy nazorat qilinib, tahlillar gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriya (GC–MS) va gaz xromatografiyasi–olov-ionlash detektori (GC–FID) usullarini birgalikda qo‘llash orqali bajarildi. Fraksion ajralish xususiyatlarini baholash uchun laboratoriya sharoitida distillatsiya sinovlari o‘tkazilib, olingan natijalar sifat nazorati va statistik aniqlik mezonlari asosida tahlil qilindi. Ushbu yondashuv tadqiqot natijalarining takrorlanuvchanligi, aniqligi va ilmiy asoslanganligini ta’minlashga xizmat qildi.

Namuna olish. Ikkilamchi suyuq oqim texnologik liniyadan izchil rejimda (barqaror yuklama sharoitida) olinib, namuna idishlari oldindan yuvilib quritilgan shisha flakonlarda (PTFE qopqoqli) yig‘ildi. Namuna olishdan oldin liniya 1–2 daqiqa davomida purkab (flush) yuborildi; har bir namuna uchun kamida 500 ml hajm tanlandi. Namuna yorlig‘ida sana/vaqt, oqim manbai, harorat va bosim qayd etildi.

Saqlash va tayyorlash. Namuna laboratoriyaga yetkazilgunga qadar 4±2 °C da saqlandi, yorug‘likdan himoyalandi. Tahlildan oldin namuna 0,45 mkm PTFE membrana filtrdan o‘tkazildi (mexanik aralashmalarni olib tashlash), so‘ng 1:10 nisbatda n-gekzan (yoki izooktan) bilan suyultirildi. Har bir namuna uch marta takroran tayyorlandi (n=3).

GC–MS tahlili. Identifikatsiya uchun kapillyar kolonka (30 m × 0,25 mm × 0,25 mkm, 5% fenil–95% dimetilpolisiloksan ekvivalenti) qo‘llandi. Tashuvchi gaz: geliy, oqim 1,0 ml/min. Inyeksiya: 1 mkl, split 1:20. Pech harorat dasturi: 40 °C (2 min) → 10 °C/min bilan 200 °C gacha → 5 °C/min bilan 240 °C gacha (5 min). MS rejimi: EI 70 eV, skan diapazoni m/z 35–350. Piklar NIST17 kutubxonasi bo‘yicha identifikatsiya qilindi (moslik ko‘rsatkichi ≥80% qabul qilindi).

GC–FID tahlili. Miqdoriy baholash uchun FID detektori qo‘llanib, tashuvchi gaz va kolonka GC–MS bilan bir xil sharoitda ishlatildi. Kalibrlash etanol, 1-propanol, 1-butanol va etil format standart eritmalari yordamida 5 nuqtali kalibrlash egri chizig‘i orqali bajarildi (R^2 ≥0,995). Ichki standart sifatida n-propanol-d7 (yoki 2-butanol) qo‘llanilishi tavsiya etiladi; natijalar massaviy ulush (%) ko‘rinishida keltirildi.

Distillatsiya sinovi. Fraksion xatti-harakatni baholash uchun laboratoriya fraksion distillatsiya kolonnasi (Vigreux/packing) ishlatildi. Boshlang‘ich namuna hajmi 250 ml, qaynatish tezligi 2–3 tomchi/s. Har bir 5–10 °C intervalda fraksiya alohida yig‘ildi; fraksiyalar tarkibi GC–FID bilan nazorat qilindi. Ajratish

ISSN 3030-3907

samaradorligi uchun “boshlanish–yakun” qaynash oralig‘i, fraksiya chiqimi (%) va mass balansi (±2% dan oshmasligi) nazorat qilindi.

Sifat nazorati va aniqlik. Har bir tahlil seriyasi uchun blank, laboratoriya dublikatlari va nazorat namunasi (QC) qo‘llandi. Nisbiy standart og‘ish (RSD) maqsadli komponentlar uchun ≤5% bo‘lganda natijalar qabul qilindi. O‘lchash noaniqligi kalibrlash, takrorlanuvchanlik va namunani tayyorlash bosqichlari bo‘yicha yig‘ma usulda baholandi.

2-jadval.

Xromatografik tahlil uchun tavsiya etilgan asosiy parametrlar

Parametr	Qiymat (tavsiya)
Kolonka	30 m × 0,25 mm × 0,25 mkm (5% fenil–95% PDMS)
Tashuvchi gaz	Geliy, 1,0 ml/min
Inyeksiya	1 mkl; split 1:20
Pech dasturi	40 °C (2 min) → 10 °C/min 200 °C → 5 °C/min 240 °C (5 min)
MS skan	EI 70 eV; m/z 35–350
Kalibrlash	5 nuqta; R^2 ≥0,995; ichki standart tavsiya etiladi

GC–MS tahlili natijalari ikkilamchi suyuq mahsulot tarkibi asosan past molekulyar spirtlardan iborat ekanligini ko‘rsatdi. Eng katta ulush etanolga to‘g‘ri keladi, undan keyin propanol va butanol fraksiyalari joylashgan.

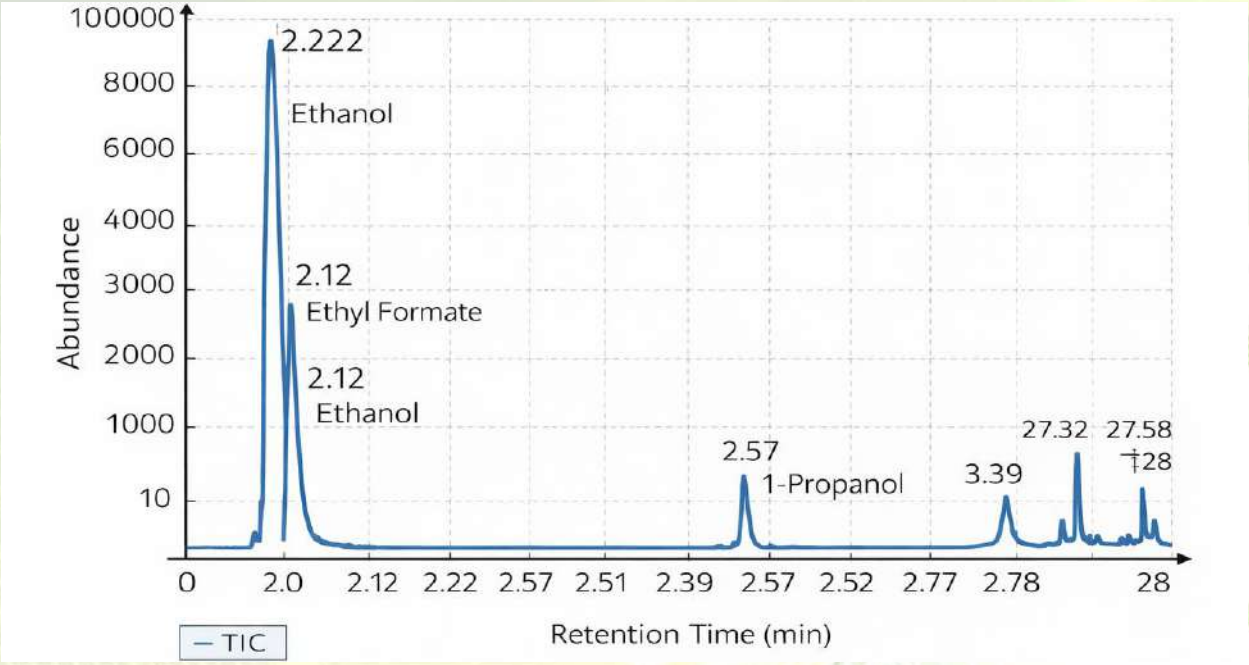
3-jadval

Ikkilamchi suyuq mahsulotning asosiy komponent tarkibi

Komponent	**Nisbiy ulushi, %**
Etanol	45–46
Etil format	≈24
1-Propanol	≈16
1-Butanol	≈5
Boshqa komponentlar	<10

GC–FID tahlili spirtlar yig‘indisi yuqori ekanligini tasdiqladi, bu esa mazkur mahsulotni spirtli erituvchilar aralashmasi sifatida baholash imkonini beradi.

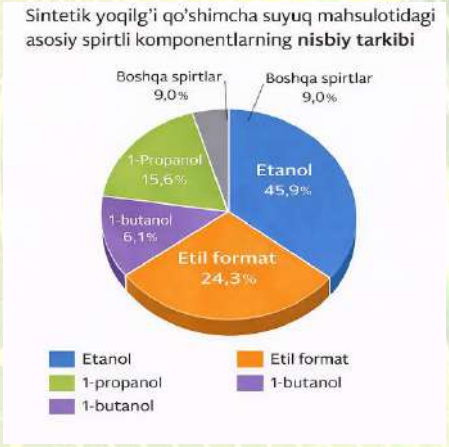
ISSN 3030-3907



1-rasm. Ikkilamchi suyuq mahsulotning GC–MS umumiy ion oqimi xromatogrammasi

Eslatma (rasm ichidagi yozuvlar): x-o‘qi — “Saqlanish vaqti, min”; y-o‘qi — “Nisbiy intensivlik, a.u.”; sarlavha — “GC–MS TIK xromatogramma”.

Xromatogrammadan ko‘rinadiki, asosiy piklar qisqa saqlanish vaqtiga ega bo‘lib, bu past molekulyar komponentlar ustunligini ko‘rsatadi.

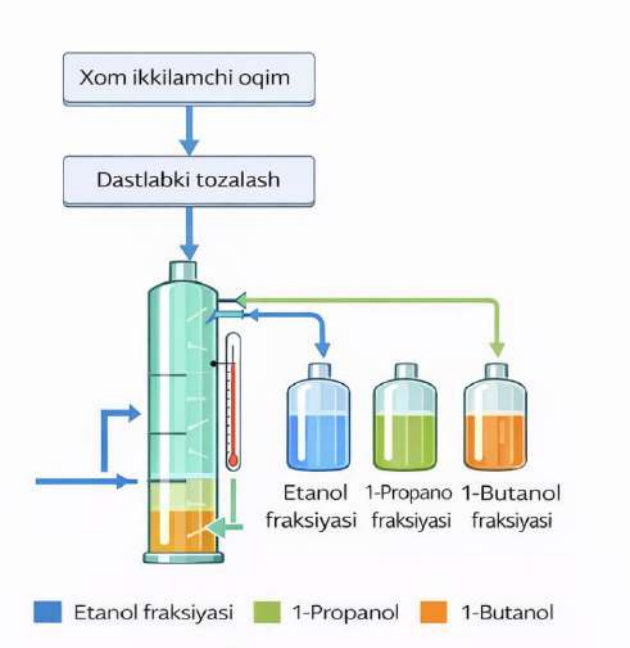


2-rasm. Ikkilamchi suyuq mahsulotdagi spirtlar tarkibining taqsimlanishi

Eslatma (rasm ichidagi yozuvlar): x-o‘qi — “Komponentlar”; y-o‘qi — “Nisbiy ulush, %”; legenda — “Etanol”, “1-propanol”, “1-butanol”, “Etil format”, “Boshqalar”.

Grafikdan etanol va propanol fraksiyalarining asosiy ulushni tashkil etishi aniqlanadi, bu esa ularning sanoat erituvchilari sifatida istiqbolliligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Ikkilamchi suyuq mahsulotni qayta ishlashning tavsiya etilgan texnologik sxemasi

Sxemada xom ikkilamchi oqimni dastlabki tozalash, fraksion distillatsiya va tayyor erituvchi fraksiyalarini ajratish bosqichlari keltirilgan.

3-rasmda keltirilgan texnologik sxema ikkilamchi suyuq mahsulotni sanoat miqyosida qayta ishlash uchun taklif etilgan asosiy bosqichlarni aks ettiradi. Jarayon xom ikkilamchi oqimni dastlabki mexanik va fizik tozalashdan boshlanib, unda mexanik aralashmalar va og‘ir fraksiyalar ajratib olinadi. Keyingi bosqichda tozalangan oqim fraksion distillatsiya kolonnasiga uzatiladi.

Fraksion ajratish jarayoni komponentlarning qaynash haroratidagi farqlariga asoslanib olib boriladi. Natijada past qaynash haroratiga ega etanolga boy fraksiya**,** undan keyin propanol va butanol fraksiyalari, shuningdek og‘ir qoldiq alohida oqimlar sifatida ajratiladi. Ushbu bosqichda distillatsiya samaradorligi fraksiya chiqimi va mass balansi orqali baholandi.

Olingan etanolga boy fraksiya sanoatda texnologik erituvchi, tozalash suyuqligi yoki yoqilg‘i qo‘shimchasi sifatida qo‘llanishi mumkin. Propanol va butanol fraksiyalari esa lak-bo‘yoq sanoati**,** kimyo texnologiyalari hamda reaksiya muhitlari uchun istiqbolli erituvchilar hisoblanadi. Og‘ir qoldiq fraksiyasi esa energiya tashuvchi komponent yoki qo‘shimcha qayta ishlash obyekti sifatida ko‘rib chiqilishi mumkin.

Taklif etilgan texnologik sxema ikkilamchi suyuq oqimni chuqur kimyoviy qayta ishlashsiz, asosan fizik ajratish usullari yordamida qiymatli mahsulotlarga aylantirish imkonini beradi, bu esa jarayonning energiya va iqtisodiy samaradorligini oshiradi.

ISSN 3030-3907

MUHOKAMA. Olingan natijalar ikkilamchi suyuq mahsulotni chuqur kimyoviy qayta ishlashsiz, asosan fizik ajratish usullari yordamida qayta ishlash mumkinligini ko‘rsatdi. Fraksion distillatsiya jarayonida etanol, propanol va butanolga boy fraksiyalarni ajratib olish mumkin.

Mazkur yondashuv chiqindisiz texnologiya tamoyillariga mos bo‘lib, sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish majmualarida ichki ehtiyojlar uchun erituvchilar bilan ta’minlash imkonini beradi.

XULOSA. O‘tkazilgan tadqiqotlar suyultirilgan sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi suyuq mahsulot yuqori miqdorda past molekulyar spirtlardan iborat ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu mahsulotni fraksion ajratish orqali sanoat erituvchilari olish texnologik jihatdan maqsadga muvofiq ekanligi aniqlandi. Taklif etilgan yondashuv sintetik yoqilg‘i ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga va ikkilamchi oqimlardan kompleks foydalanishga xizmat qiladi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismailov, O., Ganijonov, D., Shomansurov, F., Pirimov, T. Y., & Rakhimov, G. (2025). Nomograms for determining the thermo-physical properties of fruit juices. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 15(3), e12745-e12745.
2. Khurmamatov, A., Rakhimov, G., Murtazayev, F., & Buronov, F. (2025, July). Increasing the efficiency of heat exchanging by improving the design of heat exchanger devices. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3304, No. 1, p. 030059). AIP Publishing LLC.
3. Буронов, Ф., & Рахимов, Г. (2025). METANDAN PIROLIZ USULIDA ETILEN OLISH JARAYONI SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH (Doctoral dissertation, Neft va gaz sohasida kadrlar tayyorlash sifatini oshirishda ta'lim va ishlab chiqarish klasterining ahamiyati).
4. Буронов, Ф., & Рахимов, Г. (2025). Research on the thermal pyrolysis method for obtaining ethylene from methane.
5. Rakhimov, G. B., & Ochilov, B. M. (2025). Research on the appropriate design of a filter device used in liquid-solid phase separation. Экономика и социум, (11-2 (138)), 437-440.
6. Rakhimov, G. B., Buronov, F. E., & Zamonov, O. N. (2025). Investigation of abrasive wear and erosion processes and enhancement of operational performance in pumps used for the transfer of heavy hydrocarbons (Wax with solids). Экономика и социум, (11-2 (138)), 433-436.
7. Буронов, Ф., & Рахимов, Г. (2025). Research of the process of ethylene production from methane.

ISSN 3030-3907

8. Buronov, F. E., Rakhimov, G. B., & Narzyev, S. S. (2025). Research of the process of ethylene production from methane. Экономика и социум, (5-1 (132)), 166-171.
9. Khurmamatov, A. M., Ismailov, O., Auesbaev, A. U., Rakhimov, G. B., Muminov, J. A., & Khametov, Z. M. (2025). Increasing the efficiency of heat exchange by improving the design of heat exchangers. Nafta-Gaz, 81.
10. Rakhimov, G., & Yuldashev, T. (2024, November). Study of the degree of foaming of absorbent compositions used when purifying gases from acidic components. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3244, No. 1, p. 050008). AIP Publishing LLC.
11. Rakhimov, G. B., & Sayfiyev, E. K. (2024). Research of the process of producing alcohols based on by-products obtained in the fischer-tropsch synthesis. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 2(03).
12. Raximov, G. A., & Poyonov, L. (2024). Absorber konstruksiyasini takomillashtirish orqali gazlarni tozalash samaradorligini oshirish. ACUMEN: International journal of multidisciplinary research, 1(1), 27-35.
13. Raximov, G. A. B. (2024). Qobiq-quvurlardan foydalangan holda issiqlik almashinish uskunasining samaradorligini oshirish uchun konstruksiyani takomillashtirish. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 2(03).
14. Rakhimov, G. B. (2023). Development of anti-detonation additive. Экономика и социум, (12 (115)-1), 604-607.
15. Normurod, F., Sadokat, N., Davron, H., & Ganisher, R. (2024). Catalytic aromanication of propane mixture. Universum: технические науки, 12(11 (128)), 5-8.
16. Bakhtiyorovich, R. G., & Khalmakhmatogli, S. E. (2024). Research of the process of producing alcohols based on by-products obtained in the fischer-tropsch synthesis. Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности, 2(3), 139-143.
17. Rakhimov, G. B., Buronov, F. E., & Saidov, S. L. (2024). To study the operation of the fractionating apparatus in increasing the efficiency of separation of hydrocarbon fractions.
18. Рахимов, Г. Б. (2024). Изучение влияния эффективности теплообмена в кожухотрубчатого теплообменник на гидродинамические параметры. Экономика и социум, (12-1 (127)), 998-1007.
19. Yuldashev, T. R., Rakhimov, G. B., Bekmurodov, A. A., & Jabborov, N. X. (2024). Increasing the efficiency of cleaning natural gases from sour components. Экономика и социум, (11-1 (126)), 626-631.

ISSN 3030-3907

20. Rakhimov, G., Kuybokarov, O., & Karshiyev, M. (2024). Research of the catalytic properties of a catalyst selected for the production of high-molecular weight liquid synthetic hydrocarbons from synthesis gas. In E3S Web of Conferences (Vol. 498, p. 01008). EDP Sciences.
21. Rakhimov, G. (2023). Qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmalaridagi issiqlik almashinish samaradorligini gidrodinamik parametlariga ta’sirini o ‘rganish. Innovatsion texnologiyalar, 51(03), 77-86.

ISSN 3030-3907

EKOLOGIK MA’LUMOTLARNI BOSHQARISHDA ZAMONAVIY MA’LUMOTLAR BAZASI TIZIMLARINING AHAMIYATI

Davronova Nafosat Ilxomovna

Buxoro davlat texnika universiteti axborot tizimlari va texnologiyalari yo‘nalishi talabasi

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash va tahlil qilish jarayonlarida zamonaviy ma’lumotlar bazasi tizimlarining tutgan o‘rni chuqur tahlil qilingan. Hozirgi kunda ekologik monitoring tizimlari katta hajmdagi, tez yangilanib boruvchi va turli formatdagi ma’lumotlar bilan ishlashni talab etadi. Bunday sharoitda an’anaviy axborotlarni boshqarish usullari yetarli samara bermaydi. Tadqiqotda ekologik ma’lumotlarning asosiy turlari, ularning xususiyatlari hamda relatsion va NoSQL ma’lumotlar bazalarining ekologiya sohasida qo‘llanilish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, IoT texnologiyalari, geografik axborot tizimlari va katta ma’lumotlar bilan integratsiyalashgan ma’lumotlar bazalarining ekologik monitoringdagi ahamiyati yoritilgan. Maqolada ekologik qarorlar qabul qilish jarayonida ishonchli ma’lumotlar bazasining o‘rni asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari zamonaviy ma’lumotlar bazasi texnologiyalaridan samarali foydalanish ekologik barqarorlikni ta’minlash va atrof-muhitni muhofaza qilish jarayonlarini optimallashtirishga xizmat qilishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: ekologik monitoring, ma’lumotlar bazasi, axborot tizimlari, IoT texnologiyalari, katta ma’lumotlar, GIS, atrof-muhit.

Аннотация. В данной научной статье рассматривается роль и значение современных систем баз данных в процессах сбора, хранения, обработки и анализа экологической информации. В условиях цифровизации экологического мониторинга объем и разнообразие экологических данных постоянно увеличиваются, что требует применения эффективных информационных технологий. В исследовании проанализированы основные виды экологических данных, их особенности, а также возможности использования реляционных и NoSQL баз данных в экологических информационных системах. Особое внимание уделено интеграции баз данных с IoT-технологиями, геоинформационными системами и технологиями больших данных. Показано, что использование современных систем управления базами данных способствует повышению точности экологического анализа и эффективности принятия управленческих решений. Результаты исследования подтверждают, что внедрение современных информационных технологий играет важную роль в

ISSN 3030-3907

обеспечении экологической устойчивости и рационального природопользования.

Ключевые слова: экологический мониторинг, базы данных, информационные системы, IoT, большие данные, ГИС, окружающая среда.

Abstract. This scientific article examines the role and significance of modern database systems in the collection, storage, processing, and analysis of environmental data. In the context of digital transformation, environmental monitoring systems generate large volumes of heterogeneous and continuously updated data, which require efficient data management solutions. The study analyzes the main types and characteristics of environmental data and explores the application of relational and NoSQL database systems in environmental information systems. Special attention is given to the integration of databases with IoT technologies, geographic information systems, and big data platforms. The article demonstrates that modern database technologies enhance the accuracy of environmental analysis and support effective data-driven decision-making. The research findings highlight the importance of advanced database systems in achieving environmental sustainability and improving environmental protection practices.

Keywords: environmental monitoring, database systems, information systems, IoT technologies, big data, GIS, environment.

KIRISH

Hozirgi globallashuv va texnologik rivojlanish sharoitida atrof-muhitni muhofaza qilish masalalari insoniyat oldidagi eng dolzarb muammolardan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda. Iqlim o‘zgarishi, atmosfera havosining ifloslanishi, suv resurslarining kamayishi, tuproq degradatsiyasi va biologik xilma-xillikning qisqarishi kabi ekologik muammolar nafaqat tabiiy muhitga, balki ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishga ham salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Ushbu muammolarni samarali hal etish ekologik jarayonlarni chuqur o‘rganish, monitoring qilish va ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishni talab etadi.

Ekologik monitoring jarayonlari bevosita katta hajmdagi ma’lumotlar bilan bog‘liq bo‘lib, ushbu ma’lumotlar turli manbalardan olinadi. Jumladan, meteorologik kuzatuvlar, sanoat korxonalarining ekologik hisobotlari, masofadan zondlash tizimlari, sensor qurilmalar va IoT texnologiyalari ekologik ma’lumotlarning asosiy manbalari hisoblanadi. Ushbu ma’lumotlar vaqt bo‘yicha uzluksiz yangilanib boradi va turli formatlarda shakllanadi. Shu sababli ekologik ma’lumotlarni an’anaviy usullar yordamida boshqarish samaradorlikni pasaytiradi.

Raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi ekologiya sohasida axborot tizimlaridan keng foydalanish imkonini bermoqda. Xususan, zamonaviy

ISSN 3030-3907

ma’lumotlar bazasi tizimlari ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash va tahlil qilishda muhim infratuzilma vazifasini bajaradi. Ma’lumotlar bazasi texnologiyalari ekologik axborotlarning yaxlitligi, ishonchliligi va tezkorligiga erishish imkonini yaratadi. Bu esa ekologik holatni real vaqt rejimida baholash va muammoli vaziyatlarga tezkor javob berish imkonini beradi.

So‘nggi yillarda ekologik ma’lumotlar bilan ishlashda katta ma’lumotlar (Big Data), IoT, geografik axborot tizimlari (GIS) va sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu texnologiyalar ma’lumotlar bazasi tizimlari bilan uyg‘unlashgan holda ekologik monitoringning samaradorligini oshiradi. Shu nuqtai nazardan, ekologik ma’lumotlarni boshqarishda zamonaviy ma’lumotlar bazasi tizimlarining ilmiy va amaliy ahamiyatini o‘rganish dolzarb masala hisoblanadi.

Mazkur ilmiy maqolaning asosiy maqsadi ekologik ma’lumotlarni boshqarishda zamonaviy ma’lumotlar bazasi tizimlarining o‘rni, imkoniyatlari va amaliy qo‘llanilishini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot doirasida ekologik ma’lumotlarning xususiyatlari, ma’lumotlar bazasi modellarining turlari hamda ularning ekologik monitoring tizimlaridagi ahamiyati yoritiladi.

1. EKOLOGIK MA’LUMOTLARNING MOHIYATI VA XUSUSIYATLARI

Ekologik ma’lumotlar atrof-muhit holatini tavsiflovchi va tabiiy jarayonlar dinamikasini aks ettiruvchi axborotlar majmuasidir. Ushbu ma’lumotlar atmosfera havosi, suv resurslari, tuproq holati, o‘simlik va hayvonot dunyosi, iqlim ko‘rsatkichlari hamda antropogen ta’sirlar bilan bog‘liq bo‘lgan ko‘rsatkichlarni o‘z ichiga oladi. Ekologik ma’lumotlarning asosiy xususiyati ularning murakkabligi va ko‘p o‘lchovliligidadir.

Ekologik ma’lumotlar vaqt bo‘yicha uzluksiz yangilanib boradi va ko‘pincha real vaqt rejimida shakllanadi. Masalan, atmosfera havosining ifloslanish darajasi, harorat va namlik ko‘rsatkichlari doimiy ravishda o‘zgarib turadi. Shu sababli ekologik ma’lumotlar bilan ishlashda ularni tezkor qayta ishlash va saqlash imkonini beruvchi texnologiyalar talab etiladi. Bundan tashqari, ekologik ma’lumotlar turli formatlarda, jumladan, raqamli, matnli, grafik va fazoviy ko‘rinishda bo‘lishi mumkin.

Ekologik axborotlarning yana bir muhim xususiyati ularning katta hajmda shakllanishidir. Masofadan zondlash texnologiyalari va IoT qurilmalarining keng joriy etilishi natijasida ekologik monitoring tizimlari son-sanoqsiz ma’lumotlar oqimini hosil qilmoqda. Ushbu ma’lumotlarni samarali boshqarish va tahlil qilish zamonaviy ma’lumotlar bazasi tizimlarisiz deyarli imkonsizdir. Shu bois ekologik

ISSN 3030-3907

ma’lumotlarni tizimli boshqarish ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim omil hisoblanadi.

2. MA’LUMOTLAR BAZASI MODELLARINING EKOLOGIYADA QO‘LLANILISHI

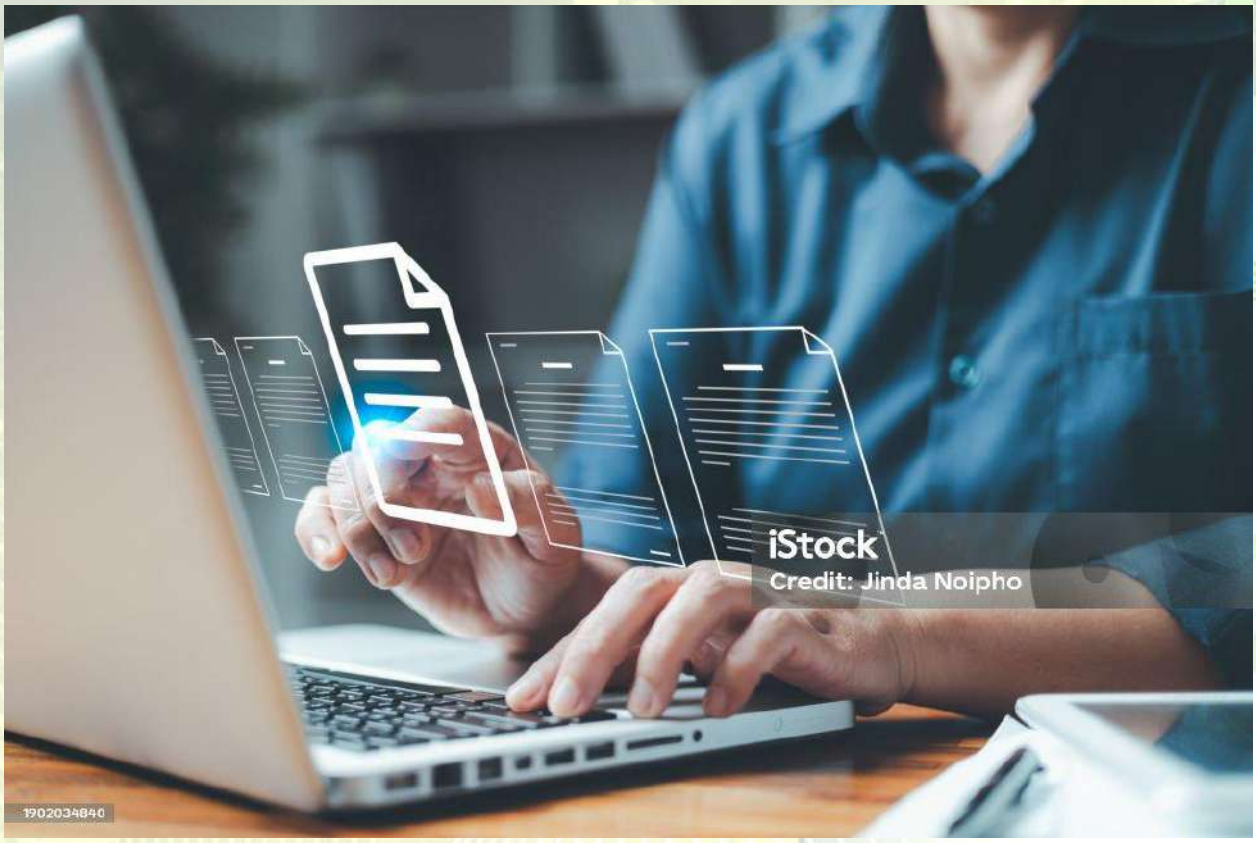
Ekologik ma’lumotlarni boshqarishda ma’lumotlar bazasi modellari muhim metodologik asos hisoblanadi. Ma’lumotlar bazasi modeli ma’lumotlarning qanday tuzilishini, ularning o‘zaro bog‘liqligini va qayta ishlash mexanizmlarini belgilaydi. Ekologiya sohasida ishlatiladigan ma’lumotlar bazalari turli formatdagi, katta hajmdagi va tez yangilanib boruvchi axborotlar bilan ishlashni talab etadi. Shu sababli ekologik axborot tizimlarida mos va samarali ma’lumotlar bazasi modelini tanlash muhim ahamiyatga ega.

Ekologik monitoring jarayonlarida relatsion, obyektga yo‘naltirilgan va NoSQL ma’lumotlar bazasi modellaridan keng foydalaniladi. Har bir model ma’lum turdagi ekologik ma’lumotlar bilan ishlashda o‘ziga xos afzallik va cheklovlarga ega. Zamonaviy ekologik axborot tizimlari ko‘pincha bir nechta ma’lumotlar bazasi modellari integratsiyasiga asoslanadi.

2.1. Relatsion ma’lumotlar bazalarining ekologik tizimlardagi roli

Relatsion ma’lumotlar bazalari ekologik ma’lumotlarni jadval ko‘rinishida saqlash va ularni mantiqiy bog‘lash imkonini beradi. Ushbu modelda ma’lumotlar qat’iy strukturaga ega bo‘lib, jadval ustunlari va qatorlari orqali ifodalanadi. Ekologik statistika, monitoring natijalari, laboratoriya tahlillari va rasmiy ekologik hisobotlar relatsion ma’lumotlar bazalari uchun qulay hisoblanadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Raqamli ma’lumotlar bazasida tartiblangan ma’lumotlar oqimi

Ekologiya sohasida relatsion ma’lumotlar bazalaridan foydalanish ma’lumotlarning yaxlitligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Birlamchi va tashqi kalitlar yordamida ekologik obyektlar o‘rtasidagi bog‘liqliklar aniqlanadi. Masalan, monitoring nuqtalari, kuzatuv vaqti va o‘lchov natijalari o‘rtasidagi munosabatlar relatsion model asosida aniq ifodalanadi. Bu esa ekologik tahlil natijalarining ishonchliligini oshiradi.

Relatsion ma’lumotlar bazalari yordamida ekologik ko‘rsatkichlar bo‘yicha murakkab so‘rovlar tuzish va statistik tahlillarni amalga oshirish mumkin. SQL so‘rov tili ekologik ma’lumotlar ustida filtrlash, guruhlash va agregatsiya amallarini bajarishga imkon beradi. Natijada ekologik holatning dinamikasi, muammoli hududlar va xavf omillari aniqlanadi.

2.2. NoSQL ma’lumotlar bazalarining ekologik monitoringdagi ahamiyati

Ekologik monitoring jarayonida katta hajmdagi va strukturalanmagan ma’lumotlar bilan ishlash zarurati NoSQL ma’lumotlar bazalarining qo‘llanilishini talab etadi. NoSQL tizimlari moslashuvchan tuzilishga ega bo‘lib, ma’lumotlarni tezkor saqlash va qayta ishlash imkonini beradi. Sensorlar, IoT qurilmalari va masofadan zondlash texnologiyalari orqali olinadigan ma’lumotlar ko‘pincha NoSQL muhitida samarali boshqariladi.

ISSN 3030-3907

NoSQL ma’lumotlar bazalari ekologik ma’lumotlarni hujjat, ustunli, kalit-qiymat yoki grafik ko‘rinishda saqlash imkonini beradi. Bu esa ekologik jarayonlarni murakkab va ko‘p o‘lchovli tarzda tahlil qilish imkonini yaratadi. Masalan, real vaqt rejimida havo ifloslanishi bo‘yicha kelayotgan ma’lumotlar oqimini NoSQL tizimlari orqali tezkor qayta ishlash mumkin.

Shuningdek, NoSQL ma’lumotlar bazalari gorizontal masshtablash imkoniyatiga ega bo‘lib, ekologik ma’lumotlar hajmi ortib borganda tizim samaradorligini saqlab qoladi. Bu xususiyat ekologik monitoring tizimlarining uzluksiz ishlashini ta’minlaydi.

3. KATTA MA’LUMOTLAR VA IOT TEXNOLOGIYALARINING EKOLOGIK MA’LUMOTLAR BAZASI BILAN INTEGRATSIYASI

Zamonaviy ekologik monitoring tizimlari katta hajmdagi va yuqori tezlikda shakllanadigan ma’lumotlar oqimi bilan tavsiflanadi. Ushbu ma’lumotlar ekologik jarayonlarning murakkab va dinamik tabiatini aks ettiradi. Katta ma’lumotlar (Big Data) texnologiyalari ekologik axborotlarni saqlash, qayta ishlash va tahlil qilishda yangi imkoniyatlar yaratadi. An’anaviy ma’lumotlar bazasi tizimlari bunday hajmdagi ma’lumotlar bilan ishlashda cheklangan bo‘lsa, katta ma’lumotlar platformalari ekologik monitoring samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Ekologik katta ma’lumotlar quyidagi asosiy xususiyatlarga ega: katta hajm (Volume), yuqori tezlik (Velocity), xilma-xillik (Variety) va ishonchlilik (Veracity). Ushbu xususiyatlar ekologik axborotlarni boshqarishda maxsus yondashuvlarni talab etadi. Ma’lumotlar bazasi tizimlari katta ma’lumotlar platformalari bilan integratsiyalashgan holda ekologik tahlil jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini beradi.

Internet of Things (IoT) texnologiyalarining rivojlanishi ekologik monitoring tizimlarini tubdan o‘zgartirdi. IoT asosidagi sensor qurilmalar atmosfera havosi, suv resurslari, tuproq holati va radiatsiya darajasini real vaqt rejimida kuzatish imkonini yaratadi. Ushbu qurilmalardan kelib tushayotgan ma’lumotlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri ma’lumotlar bazasiga uzatiladi va markazlashgan holda saqlanadi. Natijada ekologik holatni doimiy monitoring qilish va tezkor tahlil qilish imkoniyati yuzaga keladi.

IoT va ma’lumotlar bazasi tizimlarining integratsiyasi ekologik xavflarni erta aniqlashda muhim rol o‘ynaydi. Masalan, suv havzalarida ifloslanish darajasi oshgan taqdirda tizim avtomatik ravishda ogohlantirish signallarini yuborishi mumkin. Bu esa ekologik falokatlarning oldini olish va tezkor choralar ko‘rish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Ekologik monitoringda IoT sensorlar orqali ma’lumot yig‘ish jarayoni

4. GEOGRAFIK AXBOROT TIZIMLARI VA FAZOVIY MA’LUMOTLAR BAZALARI

Ekologik ma’lumotlarning muhim qismi hududiy bog‘liqlikka ega bo‘lib, ularni fazoviy tahlil qilish zarurati mavjud. Geografik axborot tizimlari (GIS) ekologik ma’lumotlarni hududiy kontekstda tahlil qilish va vizuallashtirish imkonini beradi. Ma’lumotlar bazasi tizimlarining GIS texnologiyalari bilan integratsiyasi ekologik monitoring samaradorligini oshiradi.

Fazoviy ma’lumotlar bazalari ekologik obyektlarning geografik joylashuvi, hududiy chegaralari va makoniy munosabatlarini saqlash uchun mo‘ljallangan. Ushbu ma’lumotlar bazalari ekologik xaritalar yaratish, muammoli hududlarni aniqlash va ekologik risklarni baholashda keng qo‘llaniladi. Masalan, sanoat korxonalarining atrof-muhitga ta’siri hududiy kesimda tahlil qilinadi va ifloslanish manbalari aniqlanadi.

GIS texnologiyalari ekologik ma’lumotlarni grafik va vizual shaklda taqdim etish imkonini beradi. Bu esa ekologik muammolarni aniqlash va tahlil qilish jarayonini soddalashtiradi. Davlat ekologik siyosatini ishlab chiqishda fazoviy tahlil natijalari muhim axborot manbai hisoblanadi.

Ekologik monitoringda GIS va ma’lumotlar bazasi integratsiyasi hududiy ekologik prognozlar tuzish imkonini beradi. Masalan, iqlim o‘zgarishi natijasida

ISSN 3030-3907

yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan ekologik xavflar oldindan modellashtiriladi va ularning hududiy ta’siri baholanadi.

5. SUN’IY INTELLEKT VA MASHINAVIY O‘RGANISH TEXNOLOGIYALARINING EKOLOGIK MA’LUMOTLAR BAZASI BILAN INTEGRATSIYASI

Sun’iy intellekt (SI) va mashinaviy o‘rganish (MO) algoritmlari ekologik ma’lumotlarni tahlil qilishda yangi imkoniyatlar yaratadi. Katta hajmdagi ma’lumotlar va murakkab ekologik jarayonlarni modellash SI yordamida yanada samarali amalga oshiriladi. Ma’lumotlar bazalarida saqlangan ekologik axborotlar asosida mashinaviy o‘rganish modellarini qurish mumkin, bu esa ekologik jarayonlarning oldindan bashorat qilinishiga imkon beradi.

Ekologik monitoringda SI tizimlari ifloslanish darajasini aniqlash, suv resurslarining holatini baholash, o‘simlik va hayvonot dunyosining xavf ostidagi hududlarini aniqlash kabi vazifalarni bajaradi. Mashinaviy o‘rganish algoritmlari real vaqt rejimida kelayotgan ma’lumotlarni tahlil qiladi va ekologik xavflarni erta aniqlash imkonini beradi.

NoSQL va relatsion ma’lumotlar bazalari SI tizimlari bilan integratsiya qilinganda ekologik monitoring tizimining samaradorligi sezilarli darajada oshadi. Ma’lumotlarning to‘g‘ri strukturasi va samarali saqlanishi SI modellarining aniq natijalar berishini ta’minlaydi.

6. EKOLOGIK QARORLAR QABUL QILISHDA MA’LUMOTLAR BAZASINING AHAMIYATI

Ekologik qarorlar qabul qilish jarayonida ishonchli va yangilangan ma’lumotlar bazasi tizimi muhim ahamiyatga ega. Davlat ekologik dasturlarini ishlab chiqish, sanoat korxonalarining atrof-muhitga ta’sirini baholash, ekologik me’yorlarni belgilash va hududiy ekologik siyosatni shakllantirish jarayonlarida ma’lumotlar bazasidagi ekologik axborot asosiy omil hisoblanadi.

Markazlashgan ma’lumotlar bazasi asosida shakllangan tahliliy hisobotlar va prognozlar ekologik xavflarni aniqlash va ularni minimallashtirish strategiyalarini ishlab chiqishda ishlatiladi. IoT sensorlaridan kelayotgan real vaqt ma’lumotlar bazaga uzatiladi va shu asosda tezkor qarorlar qabul qilinadi.

GIS bilan integratsiyalashgan ma’lumotlar bazasi hududiy ekologik tahlilni soddalashtiradi, muammoli hududlarni aniqlashni va ekologik xavflarni hududiy kontekstda baholashni imkonini beradi. Shu bilan birga, SI va MO algoritmlari ekologik qarorlarni yanada aniq va asosli qilishda yordam beradi.

7. XULOSA

ISSN 3030-3907

Maqolada ekologik ma’lumotlarni boshqarishda zamonaviy ma’lumotlar bazasi tizimlarining ilmiy va amaliy ahamiyati yoritildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra:

1. Ekologik ma’lumotlar katta hajm, tez yangilanish va murakkab struktura xususiyatlariga ega bo‘lib, ularni boshqarishda zamonaviy ma’lumotlar bazalari zarur.

2. Relatsion ma’lumotlar bazalari ekologik statistik ma’lumotlarni tizimli saqlash va tahlil qilish imkonini beradi.

3. NoSQL tizimlari, katta ma’lumotlar platformalari va IoT texnologiyalari ekologik monitoringning samaradorligini oshiradi va real vaqt rejimida ma’lumotlarni qayta ishlash imkonini beradi.

4. GIS integratsiyasi hududiy tahlil imkoniyatlarini kengaytiradi, ekologik xaritalar va hududiy prognozlar yaratishda muhim rol o‘ynaydi.

5. Sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganish ekologik tahlil va qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtiradi va aniq natijalar beradi.

Umuman olganda, zamonaviy ma’lumotlar bazasi tizimlari ekologik monitoringni avtomatlashtirish, ma’lumotlarni ishonchli saqlash va chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Axborot texnologiyalari va ekologiya integratsiyasi ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim vosita hisoblanadi. Kelajakda ma’lumotlar bazasi, SI va raqamli texnologiyalarning rivojlanishi ekologik muammolarni yanada samarali hal etish imkoniyatlarini kengaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Elmasri R., Navathe S. *Fundamentals of Database Systems.* Pearson, 2016.
2. Silberschatz A., Korth H., Sudarshan S. *Database System Concepts.* McGraw-Hill, 2020.
3. Han J., Kamber M., Pei J. *Data Mining: Concepts and Techniques.* Morgan Kaufmann, 2012.
4. Buyya R. et al. *Big Data: Principles and Paradigms.* Morgan Kaufmann, 2016.
5. Gubbi J. et al. *Internet of Things (IoT): A vision.* Future Generation Computer Systems, 2013.
6. UNEP. *Environmental Data and Digital Transformation*, 2021.
7. EPA. *Environmental Monitoring Systems and Data Management*, 2020.
8. Kitchin R. *The Data Revolution.* Sage Publications, 2014.

ISSN 3030-3907

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ОСТРОЙ РЕВМАТИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ

Умарова Саодат Сулаймоновна

PhD, ассистент Самаркандский государственный медицинский университет (Самарканд, Узбекистан)

Аннотация. Острая ревматическая лихорадка (ОРЛ) — это системное воспалительное заболевание, развивающееся после перенесенной стрептококковой инфекции и характеризующееся аутоиммунными реакциями. Заболевание чаще всего поражает детей и подростков, приводя к осложнениям, таким как ревмокардит, что может стать причиной инвалидности. В статье рассматриваются клинические проявления ОРЛ, её патогенез, роль ß-гемолитического стрептококка группы А (БГСА) в развитии заболевания, а также современные подходы к диагностике и лечению, включая пересмотренные критерии Джонса, эхокардиографию и серологические исследования. Особое внимание уделено генетической предрасположенности, механизмам аутоиммунных реакций и перспективам разработки новых методов диагностики и профилактики заболевания. Несмотря на достижения в области профилактики и лечения, ОРЛ продолжает оставаться актуальной медицинской проблемой.

Ключевые слова: ревмокардит, ß-гемолитический стрептококк, Джонс критерии, эхокардиография, аутоиммунные реакции

Annotatsiya. O‘tkir revmatik isitma (O‘RI) — bu streptokokk infektsiyasidan keyin rivojlanadigan tizimli yallig‘lanishli kasallik bo‘lib, autoimmun javoblar bilan xarakterlanadi. Kasallik odatda bolalar va o‘smirlarni zararlaydi va uning natijasida revmokardit kabi asoratlar rivojlanishi mumkin, bu esa nogironlikka olib kelishi mumkin. Maqolada O‘RI ning klinik ko‘rinishlari, uning patogenezi, ß-gemolitik streptokokk A guruhining (BGS) kasallik rivojlanishidagi roli, shuningdek, diagnostika va davolashning zamonaviy yondashuvlari, jumladan, Djonson mezonlari, ehokardiyografiya va serologik tekshiruvlar ko‘rib chiqilgan. Maxsus e’tibor genetika predispozitsiyasi, autoimmun reaksiyalar mexanizmlariga va kasallikning yangi diagnostika va profilaktika metodlarini ishlab chiqish istiqbollariga qaratilgan. Profilaktika va davolash sohasidagi yutuqlarga qaramay, O‘RI hali ham dolzarb tibbiy muammo bo‘lib qolmoqda.

Kalit so‘zlar: revmokardit, ß-gemolitik streptokokk, Jons mezonlari, exokardiyografiya, autoimmun reaksiyalar

Abstract. Acute rheumatic fever (ARF) is a systemic inflammatory disease that develops after a streptococcal infection and is characterized by autoimmune responses. The disease primarily affects children and adolescents, leading to

ISSN 3030-3907

complications such as rheumatic carditis, which may result in disability. This article discusses the clinical manifestations of ARF, its pathogenesis, the role of group A β-hemolytic streptococcus (GAS) in disease development, as well as modern approaches to diagnosis and treatment, including revised Jones criteria, echocardiography, and serological tests. Special attention is given to genetic predisposition, mechanisms of autoimmune reactions, and prospects for developing new diagnostic and preventive methods. Despite advancements in prevention and treatment, ARF remains a relevant medical issue.

Key words: rheumatic carditis, β-hemolytic streptococcus, Jones criteria, echocardiography, autoimmune reactions.

ВВЕДЕНИЕ

ОРЛ может иметь различные клинические проявления в разных странах в зависимости от генетической предрасположенности, распространенности ревматогенных штаммов, социально-экономических условий[8]. Существуют также различия в распространенности критериев Джонса на разных континентах [16], что может быть объяснено эпитопами ревматогенных стрептококковых штаммов и генетикой [8].

Изучение течения и особенностей этого заболевания особенно важно для ранней диагностики. Снижение заболеваемости ОРЛ привело к низкой настороженности семейных врачей и педиатров в отношении этого заболевания.

Из давних времен нам известно, что одним из древнейших заболеваний человечества является острая ревматическая лихорадка. В 460-377 годах до нашей эры ещё Гиппократ описал клиническую картину острого ревматического полиартрита и отметил тот факт, что преимущественно, это заболевание встречается у в молодом возрасте [6,9,10,12,15].

На сегодняшний день, несмотря на полученные успехи в лечении и профилактике, проблема ОРЛ сохраняет свою актуальность среди педиатров и оториноларингологов. Ревмокардит, осложнившийся в результате ОРЛ, считается главной причиной госпитализации больных в возрасте от 5 до 24 лет в кардиологические отделения. Во всем мире ежегодно по статистике ВОЗ, около 500 тыс. человек заболевает ревматической лихорадкой и у 300 тыс. из них ОРЛ осложняется развитием пороков сердца. Эти осложнения являются основной причиной инвалидизации. Как нам известно из источников зарубежной литературы, этиологией развития ОРЛ является БГСГА, но к сожалению эпидемиология данной инфекции в последние годы существенно изменилась [2,7,10].

ISSN 3030-3907

Анализ данных зарубежной литературы (Мамедова С.Н.,Мусаев С.Н., 2022) показал, что активация инвазивных стрептококковых заболеваний связан со сменой циркулирующих в популяции серотипов возбудителя - на смену М-типам 2, 4, 12, 22 и 49 пришли известные как ревматогенные и токсикогенные М типы 1, 3, 5, 6, 14, 18, 19, 24, 28, 29. Данные изменения привели к росту заболеваемости острой ревматической лихорадкой и токсикоинфекциями (скарлатина, синдром токсического шока и токсический тонзиллофарингит) [5,8]. ВОЗ в своих докладах приводит данные о высокой (20–50 %) распространенности БГСА-инфекций среди школьников, которая и объясняет формирование потенциальную возможность развития ОРЛ у предрасположенных к ней лиц молодого возраста [6,7,13] .Титова Л.В. (2023) описывает варианты течения ОРЛ. Болезнь Буйо-Сокольского или же острая ревматическая лихорадка (ОРЛ) - это системное заболевание при которой в первую очередь поражается соединительная ткань локализованной в сердечно-сосудистой системе, суставах, тканях мозга и коже, вызывается β-гемолитическим стрептококком группы А (БГСА), преимущественно развивающегося у предрасположенных лиц, главным образом молодого возраста, от 7 до 15 лет, в связи с аутоиммунным ответом организма на антигены стрептококка и перекрестной реактивностью со схожими аутоантигенами поражаемых тканей человека (феномен молекулярной мимикрии). Также на основе этого заболевания лежит аутоиммунный процесс после перенесенного фарингита, импетиго или скарлатины, вызванный β-гемолитическим стрептококком группы А [13].

Некоторые авторы утверждают, что во всем мире обострилась эпидемиологическая ситуация по инфекционным заболеваниям, и в том числе и с ОРЛ [9]. Клинический полиморфизм заболевания, повсеместное внедрение эхокардиографии (ЭхоКГ) в широкую клиническую практику побудили экспертов Американской кардиологической ассоциации к очередному пересмотру критериев ОРЛ, итоги которого были опубликованы в мае 2015 г. [19]. Основные аспекты пересмотра экспертов ассоциации состоят в указании на необходимость определения риска развития ОРЛ у каждого пациента, с обязательным учетом и анализом эпидемиологической ситуации в регионе его проживания. Следующий важный критерий пересмотра, это доказанность связи особенностей клинической картины заболевания с перенесенной инфекцией глотки, вызванной ß-ГСА, которая была подтвержденной микробиологическими или современными иммунологическими методами (ИФА) [15,18].

ISSN 3030-3907

Следует подчеркнуть, для подтверждения роли БГСА в развитии ОРЛ важную роль играет высеваемая положительная бактериальная культура из зева. В современной медицине незаменимыми являются серологические исследования по выявлению повышенных или повышающихся титров противострептококковых антител - антистрептолизина-О (АСЛ-О) и антидезоксирибонуклеазы В (анти-ДНК аза В) для диагностики перенесенной инфекции. В данным многих авторов, описаны основные факторы развития ОРЛ, которым является БГСА-фарингит. Он встречается у детей гораздо реже, чем вирусный. Частота развития ОРЛ при БГСА фарингите составляет около 3%, в развитие которого имеет роль индивидуальная предрасположенность [4,7].

Особенно хотелось бы подчеркнуть наличии прямой значимости аутоиммунной реакции организма. Аутоиммунная реакции развивающаяся при ОРЛ может активироваться через некоторое время с момента появления клиники фарингита. Поэтому для диагностики инфицирования БГСА важным считается рассматривать классификацию критериев Киселя-Джонса. Например, при ОРЛ обычно поражаются все структуры сердца, которое и отражается в термине «ревматический кардит», но термин «вальвулит» имеет исключительное значение и для диагноза, и для дальнейшего прогноза. Интерстициальные гранулемы Ашоффа-Талалаева характерные для ОРЛ могут находится в перикарде, могут проявлятся фибриноидным перикардитом, подвергаясь обратному развитию без повреждения этих структур, но гранулемы при вальвулите обычно осложняются клапанными дефектами [14].

В XX веке в клиническую практику внедрение ЭхоКГ позволило своевременную диагностику развившихся осложнений со стороны сердца, поэтому этот современный этап назван «эрой ЭхоКГ». В пересмотре критериев 1992 г. было отмечено, что недостаточно оснований для отнесения ЭхоКГ-параметров вальвулита к большим критериям [14]. Но по последним результатам научных исследований Ахраровой Ф.М. (2022), эхокардиограмма считается обязательным методом исследования для подтверждения диагноза у пациентов с ОРЛ или с подозрением на ОРЛ, а также для мониторирования клапанных поражений после ОРЛ [3].

Как приводилось выше диагноз ОРЛ ставится на основании пересмотренных критериев Джонса, который был разработан в 1944 году Т. Дакеттом Джонсом. В 1992 и 2015 годах был пересмотрен Американской кардиологической ассоциацией (АНА). В 1944 году предложенная Джонсом классификация ОРЛ из-за дисбаланса гипердиагностики и гиподиагностики

ISSN 3030-3907

некоторое время оказывал трудности для клиницистов [146]. Эти трудности явились причиной пересмотра в 1995 году Американской кардиологической ассоциацией.

Важные изменения при ходе пересмотра заключаются в следующем:

-во-первых, по риску население было разделено на группы умеренного, высокого и низкого риска;

-был добавлен диагноз «субклинический кардит;

- как признаки скелетно-мышечного воспаления при моноартритах были введены в популяциях с умеренным и высоким риском.

Согласно многочисленным данным литературы (Белов Б.С., Бабаева А.Р., 2016), последний пересмотр данных критерий по Джонсу был осуществлен в 2015 году. И в настоящее время диагностика ОРЛ основывается на критериях Джонса, которые включают два большие и малые проявления, по риску населению делятся группам: низкого, промежуточного и высокого риска. Главные первоначальные диагностические критерии включают поражения сердца (кардит), поражения суставов (артрит), поражения ЦНС (хорею), поражения кожи (кольцевидную эритему и подкожные узелки). Дополнительные критерии включают артралгию, гипертермию, повышенную СОЭ, повышенный уровень С-реактивного белка, удлинение P-Q интервала [3,9,11,17,19,20]. Если предполагается что возможный диагноз ОРЛ в качестве первого эпизода заболевания необходимо выделить два основных критерия или один основной и два малых критерия, а для диагностики последующих эпизодов РЛ - два основных критерия или один основной и два малых критерия или три малые критерии необходимо выявить у пациента [9,12]. Для подтверждения инфицирования БГС должен иметься положительный посев из зева на возбудитель стрептококкового ряда, повышение титра антистрептолизина-О (АСЛО). Подчеркивая важность пересмотренных критериев Джонса, можно сказать это достижением в улучшении диагностики ОРЛ. Как следует из данных Ялымовой Д.Л. и др. (2014) целесообразно введения термина «субклинический кардит» и представили ЭхоКГ как критерии диагностики ревматического вальвулита [13,14].

Согласно исследованиям вышеперечисленных авторов (Ялымовой Д.Л. и др. 2014), при диагностике субклинического кардита, в качестве единственного основного критерия, безусловно, очень важно провести качественную ЭхоКГ, интерпретация должна проводиться опытным специалистом в данной сфере. Watkins D.A., Johnson C.O. etc (2017)

ISSN 3030-3907

допускают, что частота диагностических ошибок может значительно увеличиться [19].

В зависимости от строения иммунной системы пациента клинические признаки ОРЛ (хорея, кардит, эритемы) появляются примерно через три недели после перенесенной стрептококковой инфекции верхних дыхательных путей. К самым грозным осложнением который часто приводит к смерти можно отнести кардит, который в свою очередь в остром периоде может привести к сердечной недостаточности и смерти от панкардита [15]. Анализируя зарубежную и отечественную литературу, мы не нашли информацию о специфических биомаркеров которые давали полную информацию о ОРЛ, без каких-либо лабораторных данных и функциональных исследований трудно оценить активность заболевания на момент поступления пациента. Особенности течения ОРЛ и степень выраженности клинических проявлений, в первую очередь зависят от генетической предрасположенности самого пациента, так и от вида стрептококка, его вирулентности, условий житья, и конечно же принадлежащей популяции [16,20]. Согласно современным представлениям, повторная ОРЛ не является рецидивом первой атаки, а является повторным заболеванием, которое возникает после перенесенной активной ß-ГС группы А-инфекции верхних дыхательных путей [9].

Несмотря на успехи по диагностики острой ревматической лихорадки, повторные приступы ОРЛ и формирование поражений сердца, а также других осложнений встречается часто. На сегодняшний день продолжаются исследования по поиску современных эффективных методов диагностики и лечения [8].

Следует подчеркнуть, что патогенезе развития ОРЛ и ее перехода в ревматическую болезни сердца играет большую роль иммунная система организма. Иммунные механизмы решают два аспекта: активацию БГСА и предрасположенность к развитию ревматизма. Не у всех пациентов перенесенная стрептококковая инфекция приводит к развитию острой ревматической лихорадки. И только у 3% переболевших стрептококковой инфекцией развивается ОРЛ. В семьях больных острой ревматической лихорадкой склонность к повышенному иммунному противострептококковому ответу (АСЛ-0, АСГ, АСК, ДНКаза В) и распространенность ОРЛ и ревматических пороков сердца выше, чем в среди родственников первой степени родства [9,17,20].

В настоящее время имеются убедительные данные Бушуевой Э.М. (2019), что при развитии ОРЛ имеет важную роль индивидуальная

ISSN 3030-3907

повышенная иммунная реакция организма на антигены стрептоккоковой инфекции и противострептоккоковые антитела, которые определяют продолжительность данного ответа. До сих пор не выяснены причины длительно стойкой персистенции антистрептококковых антител, гипериммунных реакция и требует дальнейших исследований. Ведутся исследования о роли элиминации стрептококка обусловленная генетическими механизмами. В большинстве случаев возбудитель принимает L-форму, чем объясняет персистеницию данного возбудителя. Исследования в сфере молекулярной генетикидоказывают, что заболеваемость высока среди пациентов с группой крови АО (II), ВО (III). Также имеются ряд исследований вязанных с фенотипом HLA [16].

Таким образом, имеются данные о роли и механизмах развития острой ревматической лихорадки и осложнений, стрептококковая инфекция как этиологический фактор заболевания, но механизмы генетической предрасположенности к данному заболеванию не раскрыты до конца [5].

Согласно исследованиям Aliku T.O. (2022), патогенез развития клинических проявлений острой ревматической лихорадки как аннулярная эритема, артрит, ревмокардит, хорея склоняется больше всего воспалению иммунного характера, иммунопатологическим процессам где, антигены стрептококковой инфекции и антитела вырабатываемые против этих антигенов имеют большую роль. Данный патогенез объясняет и токсический компонент при начале заболевания. Также не исключена аутоиммунная реакция на антигены стрептококковой инфекции. Доказана перекрестная реакция антигенов стрептококков между антигенами миокарда, в последующем обнаружена перекрестная реакция между компонентами стрептококковой мембраны и сарколемными антигенами, стрептококками и компонентами предсердно-желудочкового пучка, стрептококковыми мембранами и цитоплазматическими нейрональными антигенами у детей острой ревматической хореей. В патогенезе иммунные механизмы при ревмокардите объясняется обнаружением в крови у пациентов циркулирующих антиген-антитела комплексов. По данным Теньковой О.А., Макаренко Е.В. (2019), сформировавшиеся иммунные комплексы связываясь с белками и антигенами соединительной ткани, клинически проявляются симптомами поражения соединительной ткани. Этот механизм является основным механизмом в развитии ОРЛ и РБС [8,9,10]. Эти механизмы активируют клеточные и гуморальные реакции, которые в свою очередь к структурно-функциональным изменениям [7]. Активация аутоиммунных реакций сохраняется долгое время и после выздоровления [6].

ISSN 3030-3907

За последние годы ведутся научные исследования в сфере иммунологии, в частности изучения провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов, которые имеют огромную роль в развитие острой ревматической лихорадки и фиброзных поражений клапанов сердца [11].

Биохимические изменения стихают в течении 2-4 недель. Целесообразно оценивать данные изменения после 2-4 недель после лечения, хотя заболевание может протекать до несколько месяцев. [5].

Не менее важное значение имеет изучения цитокинов в развитие острой ревматической лихорадке. Изучения цитокинов показало, что полиморфизм ряда генов отвечает на предрасположенность к острой ревматической лихорадке и поражению клапанов. Полиморфизм некоторых генов способны кодировать аутоиммунные протеины, которые активируют иммунные реакции. К иммунореактивным протеинам относятся факторы некроза опухоли, интерлейкин-1a, цитотоксичный Т-лимфоцитарный протеин и другие [17].

ВЫВОД. Острая ревматическая лихорадка (ОРЛ) остается важной медицинской проблемой, несмотря на значительные достижения в профилактике и лечении этого заболевания. Эпидемиологическая ситуация по ОРЛ варьируется в зависимости от региона, что обусловлено различиями в генетической предрасположенности населения, распространенности стрептококковых инфекций и социально-экономических условиях. Повышенная заболеваемость ОРЛ наблюдается среди детей и подростков, особенно в возрасте от 7 до 15 лет, что связано с аутоиммунными реакциями на ß-гемолитический стрептококк группы А (БГСА).Патогенез ОРЛ характеризуется молекулярной мимикрией, где иммунный ответ на антигены стрептококков вызывает повреждение тканей организма, включая сердце, суставы, кожу и нервную систему. Одним из основных осложнений является ревмокардит, который может привести к развитию пороков сердца и инвалидности. Таким образом, своевременная диагностика и мониторинг клинических проявлений заболевания, включая использование эхокардиографии для выявления вальвулита, являются важнейшими аспектами в снижении заболеваемости и смертности.

Пересмотренные критерии Джонса 2015 года, учитывающие новые данные о роли эхокардиографии и серологических исследований, позволили улучшить диагностику и диагностику повторных эпизодов заболевания. Важным направлением остаются исследования генетической предрасположенности, механизмов аутоиммунных реакций и молекулярных

ISSN 3030-3907

маркеров, что может стать основой для разработки новых методов диагностики и профилактики ОРЛ.

Несмотря на успехи в диагностике, частота повторных приступов ОРЛ и их осложнений, таких как развитие ревматической болезни сердца, остаётся высокой. Это подчеркивает необходимость постоянного внимания к этой болезни, особенно в странах с высоким уровнем заболеваемости, а также разработки индивидуализированных подходов к лечению и профилактике.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Асроров, С. У. Гафарова, М. Х. Мухамеджанова. Формирование хронического тонзиллита у детей в зависимости от клинико-иммуногенетических факторов. Педиатрический вестник Южного Урала № 2, 2016. С. 10-20.
2. Алещик И. Ч., Плавский Д. М. Тактика лечения пациентов с хроническим тонзиллитом //ББК 56.8.431 Ш 76. - 2022. - С. 8.
3. Ахрарова Ф. М. Особенности интерпретации электрокардиографических данных у детей с синдромом дисплазии соединительной ткани сердца //Журнал гепато-гастроэнтерологических исследований. – 2022. – №. SI-1.
4. Балабанова Р. М., Дубинина Т. В., Насонов Е. Л. К 95-летию Российской ревматологической службы //Научно-практическая ревматология. - 2023. - Т. 61. - №. 1. - С. 5-9.
5. Бобомуратов Т. А., Каримова Н. А., Турсунбаев А. К. Осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы у детей, перенесших COVID-19. – 2023.
6. Белов Б. С., Насонов Е. Л. К 100-летию со дня рождения академика В.А. Насоновой Инфекции и ревматические заболевания: от прошлого к будущему //Научно-практическая ревматология. – 2023. – Т. 61. – №. 1. – С. 10-15.
7. Белов Б.С А-стрептококковые инфекции глотки: диагностика и рациональная антибиотикотерапия. Ж. антибиотики и химиотерапия. 2018; 63(5-6): 68-75
8. Бережний В. В., Бондарець Ю. І. Нарушение микробиома толстого кишечника и его коррекция у больных ювенильным ревматоидным артритом //Современная педиатрия. – 2019. – №. 2. – С. 76-84.
9. Белов Б.С., Кузьмина Н.Н., Медынцева Л.Г. и др. К проблеме диагностики острой ревматической лихорадки на современном этапе. Научно-практическая ревматология, 2016, 3: 340-344.

ISSN 3030-3907

10. Белов Б.С., Кузьмина Н.Н., Медынцева Л.Г. Острая ревматическая лихорадка в XXI веке проблемы и поиск решений. Медицинский совет. №09, 2016
11. Белов Б.С., Бабаева А.Р. Новые критерии диагностики острой ревматической лихорадки (предложенные Американской ассоциации сердца по пересмотру критериев Джонса). Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2016;2(58).
12. Беловол А. Н., Князькова И. И. Ревматическая лихорадка: диагностика, лечение и профилактика. – 2018.
13. Белов Б. С. и др. Диагностика острой ревматической лихорадки //Научно-практическая ревматология. – 2016. – Т. 54. – №. 4. – С. 395-397.
14. Брико Н.И., Глушкова Е.В. Состояние и тенденции эпидемиологической ситуации по стрептококковой (группы А) инфекции в России в последние годы. Журнал микробиологии. 2018;(1):10–16.
15. Бушуева Э. В., Арлашкина О. М., Карягин В. А. Маски острой ревматической лихорадки у детей //Здравоохранение Чувашии. – 2021. – №. 3. – С. 20-27.
16. Бушуева Э. В. Острая ревматическая лихорадка: этиология, патоморфология //Здравоохранение Чувашии. – 2019. – №. 3. – С. 53-60.
17. Бушуева Э. В. Острая ревматическая лихорадка: классификация, диагностика на современном этапе //Здравоохранение Чувашии. – 2020. – №. 1. – С. 81-89.
18. Бугерук В.В Рациональная антибиотикотерапии БГСА-инфекции как фактор профилактики первичной и вторичной ОРЛ. Ж. Здоровье ребенка; 2014; 2(53):62-67
19. Болезни сердца по Браунвальду. Руководство по сердечно-сосудистой медицине. Пер. с англ. Том 4. М.: Логосфера, 2015:2365– 2374с.
20. Вёрткин А. и др. Лабораторная диагностика. Руководство для практических врачей. – Litres, 2023.

ISSN 3030-3907

KICHIK QO‘ZG‘ALISHLARNING TARQALISHINI IKKI QATLAMLI DISPERS MUHIT OQIMIDA TAHLIL QILISH

D.S. Yaxshibaev

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti t.f.f.d., prof.

E-mail: d.yaxshibayev@tuit.uz

Annotatsiya. Mazkur maqolada ikki qatlamli dispers muhit oqimida yuzaga keladigan kichik qo‘zg‘alishlarning tarqalishi tadqiq etilgan. Ikki qatlamli dispers oqimlar ko‘plab tabiiy va texnologik jarayonlarda, jumladan, neft-gaz quvurlari, kimyoviy reaktorlar hamda biologik muhitlarda keng uchraydi. Bunday tizimlarda kichik qo‘zg‘alishlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi oqim barqarorligiga jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqotda asosiy oqim holati atrofida kichik parametrlar usuli yordamida matematik model qurilgan va differensial tenglamalar chiziqlashtirilgan. Qatlamlar orasidagi zichlik, tezlik va dispers fazalar kontsentratsiyasi farqlari qo‘zg‘alishlarning tarqalish tezligi hamda barqarorligiga ta’siri nuqtai nazaridan tahlil qilingan. Dispersiya munosabatlari olingan va qo‘zg‘alishlarning vaqt hamda fazo bo‘yicha rivojlanish qonuniyatlari o‘rganilgan. Olingan natijalar ayrim parametr qiymatlarida qo‘zg‘alishlar so‘nishi, boshqa holatlarda esa ularning kuchayishi mumkinligini ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari ikki qatlamli dispers oqimlarni modellashtirish va ularning barqarorligini baholashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: gidrodinamika, bosim impulsi, dispers aralashma, Laplas tenglamasi, tezlik tenglamasi, tezlik potensiali.

Аннотация. В данной статье исследуется распространение малых возмущений, возникающих в потоке двухслойной дисперсной среды. Двухслойные дисперсные потоки распространены во многих природных и технологических процессах, включая нефте- и газопроводы, химические реакторы и биологические среды. Возникновение и развитие малых ударных волн в таких системах серьезно влияет на устойчивость потока. В исследовании была построена математическая модель основного состояния потока с использованием метода малых параметров, а дифференциальные уравнения были линеаризованы. Различия в плотности, скорости и концентрации дисперсных фаз между слоями были проанализированы с точки зрения их влияния на скорость распространения и устойчивость возбуждений. Были получены дисперсионные соотношения и изучены законы развития движений во времени и пространстве. Полученные результаты показывают, что возбуждения могут подавляться при некоторых значениях параметров, в то время как в других случаях они могут

ISSN 3030-3907

усиливаться. Результаты исследования имеют практическое значение при моделировании двухслойных дисперсных потоков и оценке их устойчивости.

Ключевые слова: гидродинамика, импульс давления, дисперсная смесь, уравнение Лапласа, уравнение скорости, потенциал скорости.

Abstract. In this article, the propagation of small perturbations occurring in the flow of a two-layer dispersed medium is studied. Two-layer dispersed flows are common in many natural and technological processes, including oil and gas pipelines, chemical reactors, and biological environments. The appearance and development of small shocks in such systems seriously affects the stability of the flow. In the study, a mathematical model was built around the main flow state using the small parameters method and the differential equations were linearized. Differences in density, velocity, and concentration of dispersed phases between the layers were analyzed in terms of their influence on the propagation speed and stability of the excitations. Dispersion relations were obtained and laws of development of movements in time and space were studied. The obtained results show that excitations may be suppressed in some parameter values, while in other cases they may increase. The results of the research are of practical importance in modeling two-layer dispersed flows and evaluating their stability.

Keywords: hydrodynamics, pressure pulse, dispersed mixture, Laplace's equation, velocity equation, velocity potential.

KIRISH

Ikki qatlamli dispers muhit oqimlarining barqarorligi va unda yuzaga keladigan kichik qo‘zg‘alishlar – zamonaviy gidrodinamika va ko‘p fazali oqimlar tadqiqotining muhim yo‘nalishlaridan biridir. Ikki fazali oqimlar neft-gaz quvurlaridagi fazalarning o‘zaro ta’siri, reaktorlardagi suv-quyuqlik oqimlari va mikro suyuqlikli qurilmalar kabi ko‘p sonli ilmiy va muhandislik jarayonlarida uchraydi, bu esa ularning barqarorlik xususiyatlarini o‘rganishni talab qiladi. Masalan, ikki fazali oqimlardagi barqarorlikni tahlil qilishda o‘zgaruvchan zichlik va tezlikning interfeysdagi ta’siri muhim omil sanaladi, bu qo‘zg‘alishlarning tarqalish mexanizmini belgilaydi [1].

Ma’lumki, qatlamlar orasida yuzaga keladigan kichik buzilishlar oqim tuzilishidagi interfeysning barqarorligini o‘zgartirishi mumkin. Bu jarayonlar bosim, tezlik va termik shartlar ta’sirida turli xil beqarorliklarni keltirib chiqaradi, jumladan tekshirilgan statik termik beqarorliklar ham mavjud [2]. Shu bilan birga, laminar va turbulent oqimlar orasidagi interfeysdagi barqarorlikni tahlil qilishda ham kichik qo‘zg‘alishlar katta ahamiyatga ega, chunki ular intensivlik o‘zgarishi va fazalar ortasidagi almashuv jarayonlariga olib keladi.

ISSN 3030-3907

So‘nggi tadqiqotlarda ikki fazali oqimlardagi beqarorlikni tahlil qilish uchun yangi sonli usullar va modellar taklif etilmoqda, jumladan parallel kanallardagi ikki fazali oqimlarning barqarorligini o‘rganish bo‘yicha nazariy va sanoat parametrlar ta’sirlari tahlili [3], hamda turbulent ko‘p fazali oqimlarda kichik buzilishlarni modellashtirish uchun takomillashtirilgan chekli element usuli ishlab chiqilgan [4]. Bu tadqiqotlar ikki qatlamli dispers oqimlarda interfeysdagi qo‘zg‘alishlarning tarqalishini va ularning barqarorlik shartlarini tadqiq etishda muhim nazariy va amaliy asos yaratadi.

ASOSIY QISM

Gidrodinamikaning ko‘pgina masalalari bir va ko‘p fazali suyuqliklarning to‘lqinsimon harakatlarini o‘rganishga va bu harakatlarning gidrotexnikada uchraydigan holatlarga qo‘llanishiga bag‘ishlangan.

Ma’lumki, qisqa t vaqtda $(t \ll 1)$ tarqaluvchi to‘lqin zarba katta bosim hosil qiladi va bu bosimning impulsi qo‘zg‘alishlari vaqti qisqa ($0 < t \le \tau$) bo‘ladi. Lekin bu bosimning τ vaqt ichida hosil qilgan qiymati bosim impulsi chekli qiymatga ega bo‘ladi, hosil bo‘lgan zarrachalar harakat tezligi ham juda katta bo‘lmay, chekli miqdorni tashkil etadi. Aralashma tezlik potensiali bosim impulsini $P_{см} = \rho_{см}\ \varphi_{см}$ tenglik yordamida aniqlash mumkin va uning fazalarga mos tashkil etuvchilari quyidagi ifoda tarzida yoziladi:

$$p_{см}^{(m)} = \left(f_{1см}^{(m)}\ \rho_{1i} + f_{2см}^{(m)} \rho_{2i} \right) \varphi_{см}^{(m)},$$

bu yerda m – qatlam tartib raqami $(m=1,2)$; $\rho_n{}^{(m)} = \rho_{ni}{}^{(m)} f_n{}^{(m)}$ – m-qatlam n-fazasining zichligi; $\rho_{ni}{}^{(m)}$, $f_{ni}{}^{(m)}$ – m-qatlamdagi n- fazaning haqiqiy zichligi va hajmiy konsentratsiyasi.

Suv havzasi har ikkala qatlamlaridagi $(m=1,2)$ har ikki faza uchun tezliklar vektorini $\vec{V}_n{}^{(m)}(x,y,z,t)$ deb belgilab olamiz. Ularning potensiali $\varphi_n{}^{(m)}(x,y,z,t)$ mavjud deb qaraymiz. Unda tezlik vektorlari tezlik potensiali orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{V}_n{}^{(m)}(x,y,z,t) = grad\,\varphi_n{}^{(m)}(x,y,z,t)\ .$$

Aralashma tezlik potensiali uchun olingan formula yordamida har bir faza uchun tezlik potensiali, ular yordamida tezlik vektorlari $\vec{V}_n{}^{(m)}(x,y,z,t)$ aniqlanadi. Shuningdek, bosim impulsi $P_{см}$ ta’siri ostida yer qobig‘i sirtidagi namlangan tuproq zarrachalarining harakat qonuniyatlari $V_n(x,y,z,t)$ larni aniqlash imkoniyati mavjud va aralashma tarkibidagi har bir zarrachaning nuqtadagi holatini aniqlash mumkin. Bu ma’lumotlar esa yer qobig‘i har bir qatlamining deformasion holati

ISSN 3030-3907

uchun kerakli natijalarni beradi. Bu usul yer seysmik silkinishlarini o‘rganish uchun gidrodinamik usul bo‘lib, yer qimirlashi markazining koordinatalarini va boshqa kerakli ma’lumotlarni topish jarayonida qo‘llanilishi mumkin [5]. Ma’lumki, yer qobig‘idagi tezliklarning taqsimoti hajm bo‘ylab tarqalgan bo‘lib, vaqt bo‘yicha o‘zgarish qonuniyatiga ega. Bu qonuniyatlar L.I. Sedovning formulasi [6] asosida aniqlangan tezliklar taqsimotidan yer qobig‘idagi silkinishlarning tashqi impulsini aniqlash imkonini beradi. Shuning uchun ham quyida keltirilgan gidrodinamik usul tabiiy geofizik maydonlarni aniqlash imkoniyatiga ega.

Yer qobig‘i nuqtalaridagi kuchlanganlik holati p_{ij}, τ_{ij} kuchlanganlik tenzorlari bilan ifodalanadi va ular o‘z navbatida tezlik vektorlari orqali aniqlanishi mumkin. Ular yordamida deformasion xarakteristikalarni aniqlash, yer qimirlashi natijasida ro‘y beradigan yer qobig‘idagi ko‘p jarayonlarni tadqiq etish imkoniyati yaratiladi.

Ayniqsa ko‘p fazali aralashmalarning qatlamsimon oqimi va oqimdagi fazalararo ta’sir va kirishuvchanlik natijasida qatlamlar orasida sodir bo‘layotgan jarayonlarni kuzatish muhim ahamiyatga ega. Dispers aralashma oqimining o‘zan tubidagi harakatini kuzatamiz. Faraz qilaylik, dispers aralashmaning har bir n-fazasi m-qatlamdagi ideal suyukliklardan yoki gazlardan iborat bo‘lsin. Aralashma oqimi potensial, oqimda ishtirok etayotgan har bir fazaning konsentratsiyasi esa o‘zgarmas deb faraz qilamiz.

Bir fazali siqilmaydigan suyuqliklarning tashqi muhit bosimi impulsi ta’siri ostidagi harakati potensial harakat bo‘lishi haqida teorema isbotlangan [7]. Ammo tabiatda ideal suyuqliklar emas, asosan dispers aralashmali suyuqliklar uchraydiki, ularning potensial tezliklari dinamikasi interpretatsiyasi ikki fazali suyuqliklarning potensial tezliklari interpretatsiyasiga o‘xshash deb faraz qilinadi. Buning uchun ma’lum hajmdagi siqilmaydigan suyuqlikka kichik $0 < t \ (<<\infty)$ vaqt oralig‘ida katta bosim p^* ta’sir qilsin. U quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$p_\tau = \lim_{\tau \to 0} \left(\int_0^\tau p^* dt \right) < \infty \ . \qquad (1)$$

U holda n - fazali dispers aralashma oqimida sodir bo‘layotgan fazalararo o‘zaro ta’sirni va kirishuvchanligini hisobga olgan holda, aralashma n – fazasi harakatini ifodalovchi tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d\vec{V}_n}{dt} = \vec{F}_n - \frac{1}{\rho_{ni}} grad P + K(\vec{V}_p - \vec{V}_n)_{(p \neq n)} \ . \qquad (2)$$

ISSN 3030-3907

Bu harakat tenglamasini qisqa vaqt oralig‘i dt ga ko‘paytirib, chekli $(0,\tau)$ oraliqda integrallasak, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\int_0^\tau \frac{d\vec{V}_n}{dt}dt = \int_0^\tau d\vec{V}_n = \int_0^\tau \vec{F}_n dt - \int_0^\tau \frac{1}{\rho_{ni}} gradP d\tau + \int_0^\tau K(\vec{V}_p - \vec{V}_n)dt . \qquad (3)$$

O‘zaro kirishuvchan va ta’sirlashuvchan aralashma fazalarining o‘zgarish qonuniyatini topish uchun (3) tenglamada $\tau \to 0$ limitga o‘tamiz [8]. Massa kuchlarining va fazalar o‘zaro ta’sir kuchlarining chekliligi hamda, qo‘shiluvchilarining limiti nolga tengligini hisobga olsak (3) tenglamadan quyidagi limitni hosil qilamiz:

$$\vec{V}_n' - \vec{V}_n(0) = -\lim_{\tau\to 0}\int_0^\tau \frac{1}{\rho_{ni}} gradP dt . \qquad (4)$$

Agar qaralayotgan dispers aralashma siqiluvchan $\rho(p) = \rho_n \neq const$, jarayon esa barotropik $p = p(\rho)$ deb qaralsa, (4) tenglik quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\vec{V}_n(\tau) - \vec{V}_n(0) = -\lim_{\tau\to 0}\int_0^\tau gradP_n dt . \qquad (5)$$

Bu yerda P_n – bosimining funksiyasi bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$dP_n = \frac{dp}{\rho_{mi}} .$$

Bu yerda $\vec{V}_n(0)$, $\vec{V}_n(\tau)$ lar n - faza zarralarining tezliklari bo‘lib, mos ravishda bosim impulsi ta’siridan dastlabki va oxirgi tezliklarni bildiradi.

(5) tenglikdan limitga o‘tib, qisqa vaqtda bosim impulsining ta’siri faza zarrachalari koordinatasini o‘zgartira olmasligini topamiz:

$$\vec{V}_n(\tau) - \vec{V}_n(0) = gradP_n = grad\varphi_n .$$

Bu xulosadan foydalanib, bir ondagi bosim impulsining ta’siri aralashma keltirilgan zichligining *n*–faza tezlik potensialiga ko‘paytmasiga teng bo‘lib, oqimga qarshi yo‘nalganligini ko‘ramiz:

$$P_n = -\rho_n\varphi_n \quad \text{ёки} \quad \vec{V}_n = grad\varphi_n . \qquad (6)$$

Aralashmadagi har bir fazaning hajmiy konsentratsiyasi o‘zgarmas ekanligini inobatga olib, uzluksizlik tenglamasidan va fazalardagi oqimning potensial oqim ekanligini bildiruvchi (6) tenglikdan foydalanib, izlanayotgan tezlik potensiali φ_n bosim impulsi orqali ifodalanishi mumkinligini asoslaylik [9].

ISSN 3030-3907

Demak, bosimning zarbasi tufayli dispers aralashmada potensial oqim vujudga keladi va zarbaning oniy ta'siri natijasida aralashma fazalari tezliklarining tarqalishi (6) tenglik orqali yoziladi.

Ikki qatlamli oqimga bosim impulsining bir ondagi ta'siri potensial bo'ladi. Bu qonuniyat orqali [10-12] ishlarda aralashma erkin sirtidagi va qatlamli bir jinsli bo'lmagan sirtidagi turg'un to'lqinlarning xarakteri o'rganiladi. Bu yerda yuqori G_1 qatlam $\rho_{nc}^{(I)}$, $f_n^{(I)}$, $\vec{V}_n^{(I)}$ parametrlarga ega deb olinadi. Tebranishning juda kichik ekanligini hisobga olib, qatlamlar chegarasi erkin sirtlardan iborat deb, har ikkala qatlamdagi tezlik potensiallarini esa $\varphi_n^{(m)}(x,y,t)$ ko'rinishda yozamiz.

Keltirilgan fikrlardan foydalanib, (3) uzluksizlik tenglamasi orqali kiritilgan (6) tezlik potensiallarining Laplas tenglamasini qanoatlantirishini ko'ramiz:

$$\nabla^2\varphi_n^{(m)} = 0. \qquad (7)$$

Bu Laplas tenglamasining yechimi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\varphi_n^m(x,y,t) = \left[A_n^m e^{ky} + B_n^m e^{-ky}\right]\cos kx\cos\delta t. \qquad (8)$$

Bu yerda $A_n^{(m)}$, $B_n^{(m)}$ koeffisiyentlar qatlamlarning chegaraviy shartlaridan aniqlanadi [13] va Lagranj-Koshi integrali orqali yoziladi.

Yuqoridagi koeffisiyentlarni topish uchun [14] ishda keltirilgan chiziqli bir jinsli algebraik tenglamalardan foydalaniladi. Bu tenglamalarning yechimi to'lqin soni k va turuvchi to'lqinlarning chastotasi δ orasidagi bog'lanishni beradi. Bu bog'lanish orqali to'lqin uzunligini topish mumkin:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}, \quad \tau = \frac{2\pi}{\delta}.$$

Bu yerda τ - turuvchi to'lqinning davri. To'lqin uzunligining ortishi bilan to'lqinlarning tik turish davri ham uzayadi. Bundan tashqari vektor tezlik kiritilib, aralashma fazalari zarrachalari tezliklari, keltirilgan va haqiqiy [15] zichliklarining vektor tezlikka bog'lanish qonuniyati quyidagicha beriladi:

$$\vec{V}_{c.m}^{m} = \frac{\rho_1^{(m)}\vec{V}_1^{(m)}}{\rho^{(m)}} + \frac{\rho_2^{(m)}\vec{V}_2^{(m)}}{\rho^{(m)}}. \qquad (9)$$

Bu yerda $\rho^{(m)} = \rho_1^{(m)} + \rho_2^{(m)}$, $\rho_n^{(m)} = \rho_{ni}^{(m)} f_n^{(m)}$, $f_1^{(m)} + f_2^{(m)} = 1.$

Agar dispers aralashma oqimining quyi qatlami cheksiz chuqur, ya'ni $H \to \infty$ bo'lsa, to'lqin soni k va to'lqin chastotasi δ uchun yuqorida keltirilgan tenglamaning yechimi quyidagicha bo'ladi:

ISSN 3030-3907

$$\delta_1^2 = gk, \quad \delta_2^2 = gk\frac{th\,kH}{\hat{\rho} + th\,kH}.$$

Har bir qatlamning mos koeffisiyentlari va ikkinchi qatlam koeffisiyentining birinchi qatlam koeffisiyent orqali yozilgan ifodasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi [16]:

$$A^{II} = \left[1 + \frac{\delta^2 - gk}{\delta^2 + gk} e^{2kH}\right] \frac{A^I}{1 - e^{-2kH}},$$

$$B^{II} = \left[1 + \frac{\delta^2 - gk}{\delta^2 + gk} e^{2kH}\right] \frac{A^I - e^{-2kH}}{1 - e^{-2kH}}, \qquad (10)$$

$$B^I = \frac{\delta^2 - gk}{\delta^2 + gk} e^{2kH} A^I.$$

$H \to \infty$ holida qatlamlarni ajratuvchi sirtlarni va shu sirtlarning vertikaldan og‘ishi funksiyalari $\eta_1(x,t)$ va $\eta_2(x,t)$ larni aniqlaylik.

Aralashma quyi qatlami cheksiz $H \to \infty$ bo‘lgan hol uchun to‘lqin parametrlari va tebranishi chastotasi uchun quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\hat{\rho}(\delta^4 - g^2k^2) + (\delta^2 gk)^2(1 + thkH)\hat{\rho} -$$
$$-(\delta^4 - g^2k^2)thkH = 0.$$

Bu tenglamani ikki tenglamaga ajratib, tebranish chastotasini (6) ko‘rinishda topamiz. Birinchi holda tebranish chastotasini (8) tenglik ko‘rinishidan va (10) dan foydalanib, $A_n^{(m)}$, $B_n^{(m)}$ koeffisiyentlarni aniqlaymiz:

$$A^{II} = A^I, \quad B^I = 0, \quad B^{II} = 0.$$

Bu holda tezlik potensiallari quyidagi tenglamalar orqali topiladi:

$$\varphi^{\mathrm{I}} = A^{\mathrm{I}} e^{ky} \cos kx \cos \delta t,$$
$$\varphi^{\mathrm{II}} = A^{\mathrm{I}} e^{k y} \cos kx \cos \delta t. \qquad (11)$$

Ikkinchi holda tebranishlar amplitudasi bir-biriga teng bo‘lib, aralashma sirti va aralashma qatlamlarini ajratuvchi chegaralarning tebranish amplitudalari esa bir-biridan e^{kH} marta farq qiladi. Har ikki qatlamdagi to‘lqinlar tezliklarining tarqalishi bir xil bo‘lib, quyidagi funksiya orqali ifodalanadi:

$$V_{см}^I = V_{см}^{II} = kA^I e^{ky} \cos\delta t.$$

Tebranishgacha bo‘lgan har ikki faza erkin sirtlarining sathi va ularni ajratuvchi chegara, ulardagi bosim impulsi ta’sirida yuza kelgan chegara va erkin sirti quyidagi tengliklar orqali aniqlanadi:

ISSN 3030-3907

$$\eta_1 = \frac{1}{g}\frac{\partial \varphi^I}{\partial t}\bigg|_{y=H} = 0,$$
$$\eta_2 = \frac{\delta}{g} A^I \cos kx \sin \delta t. \qquad (12)$$

Tebranish ta’siri natijasida yuzaga kelgan qo‘zg‘alishli qatlamlarning erkin sirtlari esa quyidagi formulalar orqali topiladi:

$$y = \eta_1(x, y, t),$$
$$y = H - \frac{\delta}{g} A^I \cos kx \sin \delta t. \qquad (13)$$

Endi ikki qatlamni ajratuvchi chegaraviy chiziqning bosim impulsi ta’siri ostida siljishini topaylik [17]. Har ikki qatlamni chegaralovchi chiziqning tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$y(x,t) = -\frac{A_1^I \delta}{g} e^{kH} \cos kx \sin \delta t. \qquad (14)$$

Yuqoridagi (10) va (12) tengliklardan yuqori qatlamning qalinligi ortishi bilan erkin sirtdagi va ikki qatlamni ajratuvchi chegaraviy chiziqdagi tebranish amplitudasi ortib borishi ko‘rinadi. (12) va (14) tenglamalarni solishtirish natijasida ma’lum bo‘ladiki, pastki qatlam tebranish amplitudasi yuqori qatlam tebranish amplitudasidan e^{kH} marta ortiq bo‘ladi.

Qolgan ikkinchi bog‘lanishni, ya’ni to‘lqin tebranishi chastotasining to‘lqin uzunligi va to‘lqinning yuqori qatlamdagi tezliklarining tarqalishiga bog‘liqligini qaraylik. Buning uchun to‘lqin tarqalishi tezlik potensiali va uning koordinata o‘qlaridagi tashkil etuvchilarining ifodalarini yozamiz:

$$\varphi^I(x,y,t) = A^I(e^{ky} + \Lambda_0 e^{2kh} e^{-ky}) \cos \delta t \cos kx, \qquad (15)$$
$$U^I(x,y,t) = \frac{\partial \varphi^I}{\partial x} = \left[A^I e^{ky} + \Lambda_0 e^{2kH} e^{-ky} \right](-k) \sin kx \cos \delta t,$$
$$V^I(x,y,t) = \frac{\partial \varphi^I}{\partial y} = kA^I \left[e^{ky} - \Lambda_0 e^{2kh} e^{-ky} \right](-k) \cos kx \cos \delta t$$

va qatlamlarni ajratuvchi sirtlardagi nuqtalarning vertikal og‘ishi funksiyasini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\eta_1 = -\frac{\delta A^I}{g} = (1 + \Lambda_0 e^{kH}) \sin \delta t \cos kx. \qquad (16)$$

Bu tenglikdan esa har ikki qatlam to‘lqinlarining tarqalishda umumiy sirtni quyidagi tenglik orqali yozamiz:

ISSN 3030-3907

$$y = H - \frac{\delta A^I}{g} = (1 + \Lambda_0 e^{kH}) \sin \delta t \cos kx. \qquad (17)$$

Oqimlarni ajratuvchi chegaraning tinch holatdagi, tebranishlardan oldingi holatidan farqining chegarasini topamiz:

$$\eta_2 = \frac{1}{g(\hat{\rho} - 1)} \left(\hat{\rho} \frac{\partial \varphi^{II}}{\partial t} - \frac{\partial \varphi^I}{\partial t} \right)_{y=0}.$$

yoki

$$\eta_2 = -\frac{\delta A^I}{g(\hat{\rho} - 1)} \left[(1 - \Lambda_0 e^{kH}) \hat{\rho} - (1 + \Lambda_0 e^{-2kH}) \right] \cos kx \sin \delta t. \qquad (18)$$

Bu yerdan esa har ikki qatlamlar orasidagi chegaraning tenglamasini quyidagi ko‘rinishda yozish imkoniga ega bo‘lamiz:

$$y = \frac{\delta A^I}{g(\hat{\rho} - 1)} \left[1 + \Lambda_0 e^{-2kH} - \hat{\rho}(1 - \Lambda_0 e^{-2kH}) \right]. \qquad (19)$$

Pastki katlamdagi tezliklarning tarqalishi quyidagi tengliklar orqali topiladi:

$$\left.\begin{aligned} U^{II} &= -kA^I (1 - \Lambda_0 e^{-2kH}) e^{ky} \cos k\delta \cos kx, \\ V^{II} &= kA^I (1 - \Lambda_0 e^{-2kH}) e^{ky} \cos k\delta \cos kx. \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

(6), (10) va (16) tengliklar orqali yuqori qatlam erkin sirtining tinch holatdagi erkin sirtdan siljishi darajasini aniqladik.

Shunday qilib, tik to‘lqinlar uchun to‘lqin harakatining barcha parametrlari topildi. Bir fazali suyuqliklardan farqli o‘laroq, ikki fazali suyuqliklarda tebranish natijasida hosil bo‘lgan siljishda fazalarning o‘zaro ta’siri va kirishuvchanligi ham ta’sir ko‘rsatadiki, bu ta’sir harakat tenglamasidagi $K(\vec{V}_p - \vec{V}_n)$ had orqali beriladi [18].

Birinchi qatlamning ikkinchi qatlam ko‘chishi ta’siridagi kuchlanganligi quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\begin{aligned} \tau_{xy} &= \left(\mu_2^{(m)} f_2^{(m)} + \mu_1^{(m)} f_1^m \right) - \\ &- k^2 \left[\left(A_1^{(m)} + A_2^{(m)} \right) e^{ky} - \left(B_1^{(m)} - B_2^{(m)} \right) e^{-ky} \right] \sin kx \cos \delta t. \end{aligned} \qquad (21)$$

Bu ifoda o‘zgarmas (birinchi qator) va to‘lqin soni k dan bog‘liq o‘zgaruvchan qismlardan iborat.

XULOSA

Ushbu maqolada ikki qatlamli dispers muhitdagi kichik qozg‘alishlarning tarqalishi tahlil qilindi. Matematik modellar va gidrodinamik tenglamalar yordamida tahlil qilingan holda, kichik qo‘zg‘alishlarning tarqalish radiusi va

ISSN 3030-3907

impuls oqimi qisqa vaqt oralig‘ida sezilarli o‘zgarishlar ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari shundan dalolat beradiki, ikki fazali muhitdagi tarqalish jarayonida fazalar o‘zaro ta’sirining ahamiyati katta bo‘lib, tarqalish samaradorligi va impuls o‘tkazuvchanligi turli parametrlarga, xususan, qatlam quvvati, qovushqoqlik va granulometriyaga bog‘liq. Shu bilan birga, modellashtirish va hisoblash natijalari amaliyotda yuqoridagi omillarni optimallashtirish orqali tarqalish jarayonini nazorat qilish imkoniyatini berishi mumkin.

Xulosa qilib aytganda, ikki qatlamli dispers muhitdagi kichik qo‘zg‘alishlar tarqalishi fazalar o‘zaro ta’siri, turbulentlik va qovushqoqlik kabi ko‘p faktorli jarayon ekanligi isbotlandi va bu sohadagi zamonaviy gidrodinamik modellar ularning tarkibiy mexanizmlarini yanada aniq o‘rganish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Liapidevskii V.Yu. Two-Layer Equilibrium Model of Miscible Inhomogeneous Fluid Flow // Fluid Dinamics, Vol. 59, 2024. – P. 709-722.
2. Wanstall C.T., Ferraiuolo G., Abdeel R. On The Analysis of Static Thermal Instabilities Occurring In Two-Phase Flow Systems // International Journal of Multiphase Flow, Vol. 180, 2024. – P. 1-9.
3. Yadav S., Chattopadhyay G. Electrohydrodynamic Stability of a Two-Layer Plane Poiseuille Flow In The Presence of Interfacial Surfactant: Energy Budget Analysis // Physics of Fluids, Vol. 36, Issue 10, 2024. – P. 102-116.
4. Mahamud R., Waters J., Bujack R. A Finite Element Method for Compressible and Turbulent Multiphase Flow Instabilities with Heat Transfer // Fluids, № 10 (302), 2025. – P. 1-24.
5. Caijun X., Kefeng H. Advancements in Earthquake Cycle Deformation Research Based on Geodetic Observations // Geomatics and Information Science of Wuhan University, Vol. 48(11), 2023. – P. 1736-1755.
6. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 2. – М: Наука, 1976. – 576 с.
7. Glass O., Kolumban J.J., Sueur F. External boundary control of the motion of a rigid body immersed in a perfect two-dimensional fluid // Analysis & PDE, Vol. 13, No. 3, 2020. – P. 651-684.
8. Хамидов А.А. Джумабаев Д., Исанов Ш.Р. Осаждение и распространение примесей в атмосфере // Bulletin of “Tinbo”, №1, Ташкент, 2006. – С. 49-52.
9. Хамидов А.А., Юлдошев А.А., Исанов Р.Ш. Автомодельная задача о движении дисперсной смеси в цилиндрической трубе // Ташкент, Узбекский журнал: Проблемы энергетики и информатики. 2008, №4. – С. 86-92.
10. Махмудова Д.Э., Хамидов А.А., Яхшибоев Д.С. Распространение малых возмущений в двухслойном потоке дисперсной смеси // Сб. науч. тр.:

ISSN 3030-3907

Вопросы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, ИМиИТ АН РУз, 2008. Вып.121. – С. 144-150.
11. Махмудова Д.Э., Хамидов А.А., Яхшибаев Д.С. Задача о волнах на поверхности многослойного потока дисперсной смеси жидкости // Сб. науч. тр.: Вопросы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, ИМиИТ АН РУз, 2008. Вып. 119. – С. 98-105.
12. Хамидов И.А. Уравнение Бернулли для неустановившегося движении смеси вязких жидкостей // ДАН РУз. – Ташкент, 2007. Т.№3. – С. 24–26.
13. Нахангов М.Х., Хамидов А.А. Автомодельное решение задачи о переносе активных примесей в турбулентной атмосфере // «Техника юлдузлари», 2003, №3. – С. 12-14.
14. Файзуллаев Д.Ф. Пульсирующее движение двухфазных сред в кольцевой трубе при наличии пристенных слоев // Сб. научн. трудов: Гидрогазодинамика, Ташкент: Фан, 1986. – С. 35-47.
15. Kolev N.I. Multiphase Flow Dynamics 1, Fundamentals // Springer Cham, 2015. – 840 p.
16. Xamidov A.A., Isanov Sh.R. Tutash muhit tatbiqiy masalalari. – Toshkent, Universitet, 2000.
17. Хамидов А.А., Махмудова Д.Э., Яхшибоев Д.С. Задача о волнах на поверхности многослойного потока дисперсной смеси жидкости // Сб. научн. трудов: Вопросы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, ИИ АН РУз, 2008, Вып.119. – С. 98-104.
18. Vicente S.F.M. Transient Flows // Mathematical Models, Laboratory Tests, Protection Elements and Systems, 2025. – 158 p.

ISSN 3030-3907

МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ СОПОЛИМЕРОВ

Шамуратова Махинабану
Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан
E-mail: shamuratovamr@mail.ru
Абдикамалова Азиза
Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан
Эшметов Иззат
Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан

Аннотация. В работе представлен комплексный анализ молекулярно-массовых характеристик и структурных особенностей гидролизованных сополимеров акриламида и малеиновой кислоты, синтезированных методом радикальной сополимеризации при варьировании мольного соотношения мономеров (1:1–10:1), температуры (40–60°C) и продолжительности реакции (1–6 ч). Установлено, что при оптимальных условиях акриламида (АА) к малеиновой кислоте (МК) (АА:МК = 5:1, 50–55°C, 4 ч) достигается высокая среднемассовая молекулярная масса (Mw ≈ 2 800–3 000 кДа) при индексе полидисперсности PDI≈1,5–1,7. Таким образом, комплексное исследование позволило выявить взаимосвязь условий синтеза, молекулярно-массовых характеристик и химической структуры сополимеров. Полученные результаты создают научную основу для целенаправленного подбора параметров синтеза и разработки водорастворимых анионных сополимеров с заданными функциональными свойствами, перспективных для применения в коллоидной химии, реологии и технологиях структурообразования дисперсных систем.

Ключевые слова: синтез, сополимер, молекулярно-массовое распределение, вискозиметрия, зарядность, дисперсная система.

Annotatsiya. Maqolada monomerlarning molyar nisbati (1:1–10:1), harorat (40–60°C) va reaksiya vaqti (1–6 soat) o‘zgarib turadigan radikal kopolimerizatsiya orqali sintezlangan akrilamid va malein kislotasining gidrolizlangan kopolimerlarining molekulyar og‘irlik xususiyatlari va strukturaviy xususiyatlarining keng qamrovli tahlili keltirilgan. Akrilamid (AA) ning malein kislotasiga (MA) optimal sharoitlarda (AA:MA = 5:1, 50–55°C, 4 soat), polidisperslik indeksi PDI≈1.5–1.7 bilan yuqori o‘rtacha molekulyar og‘irlikka (Mw ≈ 2800–3000 kDa) erishishi aniqlandi. Shunday qilib, keng qamrovli tadqiqot

ISSN 3030-3907

sintez sharoitlari, molekulyar og‘irlik xususiyatlari va kopolimerlarning kimyoviy tuzilishi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash imkonini berdi. Olingan natijalar sintez parametrlarini maqsadli tanlash va kolloid kimyo, reologiya va dispers tizimlarning strukturasini shakllantirish texnologiyalarida foydalanish uchun istiqbolli bo‘lgan belgilangan funktsional xususiyatlarga ega suvda eruvchan anion kopolimerlarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: sintez, sopolimer, molekulyar og‘irlik taqsimoti, viskozimetriya, zaryad, dispers tizim.

Abstract. The article presents a comprehensive analysis of the molecular-mass characteristics and structural features of hydrolyzed copolymers of acrylamides and maleic acid, synthesized by the method of radical copolymerization with variation of the mole ratio of monomers (1:1-10:1), temperature (40-60°C) and reaction duration (1-6 h). The polydispersity index PDI 1.5-1.7 has been found to result in a high average molecular mass (Mw 2 800-3,000 kDa) under optimal conditions with acrylamides (AA) and maleic acid (MK). Thus, a comprehensive study revealed the relationship between synthesis conditions, molecular-mass characteristics and chemical structure of copolymers. Water-soluble anionic copolymers with specific functional properties, which are promising for application in colloid chemistry, rheology, and structuration technologies of dispersed systems, are based on the scientific basis provided by the results.

Keywords: synthesis, copolymer, molecular mass distribution, viscosimetry, charge, dispersion system.

ВВЕДЕНИЕ.

На сегодняшний день во всем мире активно проводятся исследования по созданию технологии производства и применения перспективных структурообразующих сополимеров акриламида и малеиновой кислоты для повышения водопрочных агрегатов почв. В связи с этим особое внимание уделяется обоснованию научных решений, в том числе разработке методов синтеза с управляемой молекулярной массой и степенью диссоциации макромолекул, установлению зависимости вязкостных характеристик растворов от соотношения мономеров, температуры и времени полимеризации, анализу молекулярно-массового распределения и конфигурации цепей.

В исследованиях [1-4] изложены, что сополимеры акриламида с малеиновой кислотой содержат в основной цепи повторяющиеся звенья двух типов: –CH_2–CH($CONH_2$)– от акриламида и –CH–CH(COOH–COOH)– от малеиновой кислоты. Распределение звеньев вдоль цепи, как правило, статистическое, но с элементами чередования: последовательности вида ...

ISSN 3030-3907

(акриламид – малеиновая кислота) n.. преобладают над случайным размещением, особенно при близкой стехиометрии и в протонированной форме. Тем не менее, длинные подряд идущие блоки акриламидных звеньев тоже могут присутствовать, особенно если акриламида в питательной смеси намного больше, чем в малеиновой кислоте. В связи с этим свойства сополимера могут варьировать по длине цепи (например, части макромолекулы, синтезированные в начале и в конце реакции, могут иметь разное соотношение звеньев, если реакция проводилась до глубокого превращения). В исследовании для изучения однородности состава применяли фракционирование и полярографический анализ: было подтверждено, что при неблагоприятных условиях сополимеры акриламид-малеиновая кислота могут быть композиционно неоднородными. Поэтому для критических применений (например, в аналитической химии или для исследовательских целей) сополимеры синтезируют при низкой степени превращения (<=10%) и, при необходимости, фракционируют (осаждением фракций или хроматографически), чтобы получить образцы с равномерным содержанием звеньев.

Средняя молекулярная масса и особенно вид ММР, в свою очередь, во многом определяют механические свойства полимеров. Значение молекулярной массы и вид ММР зависят от способа [5] и условий получения полимера [6]. Современные прикладные задачи в экологии, сельском хозяйстве, водоподготовке и геотехнике требуют разработки материалов с управляемыми коллоидно-химическими и реологическими свойствами. Водорастворимые сополимеры акриламида с кислородсодержащими мономерами, в частности с малеиновой кислотой, сочетают высокую молекулярную массу макромолекул с наличием карбоксильных функциональных групп, что делает их эффективными флокулянтами, структурантами почв, ингибиторами накипи и загустителями технологических сред. Практическая ценность таких материалов определяется не только средней молекулярной массой (Mw), но и формой молекулярно-массового распределения (полидисперсностью, PDI), а также распределением функциональных групп вдоль цепей, а изменения в этих параметрах напрямую влияют на вязкость, ассоциацию цепей, адсорбцию на минералах и, как следствие, на рабочие характеристики сополимеров в полевых и технологических условиях [7].

Актуальность разработки методологии синтеза и аналитического исследования сополимеров акриламида и малеиновой кислоты обусловлена востребованностью полимеров с точно заданным функциональным составом

ISSN 3030-3907

и молекулярно-массовыми характеристиками для решения прикладных задач от эффективной флокуляции и водоочистки до стабилизации грунтов и управления реологией технологических суспензий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В качестве объектов исследования выбраны акриламид (Sigma-Aldrich, CAS № 79-06-1) с чистотой не ниже 99 %, плотностью 1,30 г/см^3, температурой плавления 84,6 °C, температурой кипения 160 °C и малеиновая кислота (Sigma-Aldrich, CAS № 108-31-6) с чистотой ≥99 %, плотностью 1,48 г/см^3, температурой плавления 52,8 °C и температурой кипения 202 °C – мономеры, сополимеры которых находят широкое применение в коллоидно-химических процессах. Их сополимеризация проведены в водном растворе при продолжительности времени от 1-6 часов и температуре от 45-60 °C, для инициирования использованы свободнорадикальные инициаторы: типичные персульфаты (например, $K_2S_2O_8$) при повышенной температуре 50–70 °C, либо персульфаты в сочетании с восстановителем (Na_2SO_3) или катализатором-амином (N,N,N′,N′-тетраметилэтилендиамин, ТМЭД) для запуска реакции при более низкой температуре в течение 2-3часов. Вискозиметрия (метод Марка–Куна–Хаувинка) остаётся доступным и чувствительным методом для получения условных оценок молекулярной массы на основе характерической вязкости [η]. Этот метод хорошо показывает тренды при сериях синтеза и удобен для лабораторной оптимизации реакционных условий. Наиболее широкое применение для определения молекулярной массы нашла формула МаркаХувинка, выражающая зависимость характеристической вязкости от молекулярной массы [8-10]. Калибровочный график строили на серии водорастворимых полиакриламидов с известными значениями средневзвешенной молекулярной массы (Mw от 50 до 2000 кДа), что обеспечивало линейную зависимость логарифма Mw от объёма удерживания. Хроматограммы обрабатывали в программном пакете Agilent GPC/SEC Toolkit, по которым рассчитывали числовую (Mn) и средневзвешенную (Mw) молекулярные массы, а показатель полидисперсности определяли как отношение Mw/Mn.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ. Сополимеризацию акриламида (АА) с малеиновой кислотой (МК) выполняли в боросиликатном реакторе GRL с механическим перемешиванием, оборудованном обратным холодильником, термометром, системой термостатирования и возможностью продувки аргоном или азотом. В реакционный сосуд последовательно загружали рассчитанное количество мономеров (суммарная масса 10 г) и 100 мл дистиллированной воды; мольное соотношение АА:МК варьировали

ISSN 3030-3907

от 1:1 до 10:1. После добавления воды смесь дегазировали инертным газом для удаления растворённого кислорода, затем нагревали до 40°C и вводили инициатор радикальной полимеризации персульфат калия (0,1 мас.% от суммарной массы мономеров). Систему повторно дегазировали, герметизировали и продолжали полимеризацию при заданной температуре (40–60°C) в течение заранее определённого времени.

По окончании реакции реакционную среду охлаждали до комнатной температуры и вносили эквимольное количество NaOH относительно общей массы мономеров. Щелочной гидролиз проводили при 50°C в течение 2 ч с целью частичного превращения амидных групп в карбоксилаты. Для выделения сополимера смесь осаждали ацетоном, промывали тем же растворителем до удаления непрореагировавших мономеров и примесей, а затем сушили полученный осадок до постоянной массы при температуре не выше 60°C.

Анализ молекулярной массы и молекулярно-массового распределения сополимеров акриламида и малеиновой кислоты является одной из важных характеристик, поскольку от длины полимерных цепей и однородности макромолекул напрямую зависят реологические свойства, эффективность флокуляции и способность к формированию устойчивых коллоидных систем. Определение молекулярной массы и выхода синтеза сополимеров акриламида и малеиновой кислоты имеет ключевое значение для прогнозирования их реологических и структурообразующих свойств. Измерение вязкости разбавленных растворов проводили при 25 °C на вискозиметре типа Уббелоде. В дистиллированной воде готовили серию полимерных растворов концентрацией 0,1–1,0 г/дл и фиксировали время их истечения и время истечения чистого растворителя (дистиллированной воды). В таблице 1 показаны значения K и a при разных соотношениях мономеров AA и МК.

Таблица 1

Значения K и α при разных соотношениях мономеров AA и МК

Константы	10/1	7/1	5/1	3/1	1/1
K	0,058	0,057	0,055	0,050	0,038
α	0,791	0,788	0,783	0,775	0,750

Как можно увидеть из данных табл.1 с увеличением содержания акриламида в сополимере константа K возрастает (с 0,038 при 1:1 до 0,058

ISSN 3030-3907

при 10:1), что отражает уменьшение вклада карбоксильных групп в расширение цепей и усиление влияния молекулярной массы на вязкость. Одновременно показатель α увеличивается от 0,75 до 0,79, указывая на более выраженное гидродинамическое «раскручивание» длинных макромолекул при высоком содержании неионогенных акриламидных звеньев. Таким образом, с ростом доли АА структуре сополимера свойственно усиление зависимости вязкости от молекулярной массы и снижение влияния ионного расширения, обеспечиваемого малеиновой кислотой.

Далее для определения молекулярной массы и молекулярно-массового распределения сополимеров акриламида и малеиновой кислоты была применена гель-проникающая хроматография в водной фазе на УФ-высокопроизводительной системе Agilent 1260 Infinity II, оснащённой детектором дифференциального рефракционного индекса. Сухие образцы сополимера предварительно растворяли в деионизированной воде при концентрации 2–3 мг/мл и выдерживали в течение 12 ч при комнатной температуре с мягким перемешиванием для полного раскрытия макромолекул. Перед измерением растворы фильтровали через полипропиленовый мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм для удаления нерастворимых фракций и предотвращения засорения колонок. В качестве стационарной фазы последовательно соединили две колонки PL Aquagel-OH Mixed-M (300×7,5 мм, 8 мкм), термостатированные при 30 °C. Элюентом служил буферный раствор фосфата натрия концентрацией 0,1 моль/л (pH 7,0) с добавлением 0,02 % NaN_3, прокачиваемый со скоростью 0,8 мл/мин. Калибровочный график строили на серии водорастворимых полиакриламидов с известными значениями средневзвешенной молекулярной массы (Mw от 50 до 2000 кДа), что обеспечивало линейную зависимость логарифма Mw от объёма удерживания. Хроматограммы обрабатывали в программном пакете Agilent GPC/SEC Toolkit, по которым рассчитывали числовую (Mn) и средневзвешенную (Mw) молекулярные массы, а показатель полидисперсности определяли как отношение Mw/Mn.

Определение молекулярной массы и выхода синтеза сополимеров акриламида и малеиновой кислоты имеет ключевое значение для прогнозирования их реологических и структурообразующих свойств. Средняя молекулярная масса оказывает прямое влияние на вязкость, прочность и стабильность коллоидных систем, а выход реакции отражает эффективность выбранных условий полимеризации и экономическую целесообразность процесса (табл.2).

ISSN 3030-3907

Таблица 2

Выход сополимеризации при разных температурах и продолжительности (4 и 6 ч) реакции, %

Соотношение АА/МК	Температура, °C					
	50		55		60	
	4 ч	6 ч	4 ч	6 ч	4 ч	6 ч
1 : 1	84	82	83	86	83	81
3 : 1	82	88	90	92	94	95
5 : 1	92	94	96	96	98	98
7 : 1	95	96	98	98	99	99
10 : 1	94	95	97	97	99	99

Как показывают табличные данные 2 при соотношении АА/МК = 1:1 выход сополимеризации остаётся сравнительно невысоким и лишь едва колеблется в диапазоне 81–86 %, поскольку эквимолярное содержание малеиновой кислоты создаёт кислую среду, затормаживающую шаг роста радикала и приводящую к значительному числу преждевременных обрывов цепей. Повышение температуры с 50 до 60 °C и увеличение времени с 4 до 6 ч лишь незначительно изменяют конверсию, так как реакция акриламида и малеиновой кислоты в равных долях требует дополнительной нейтрализации для оптимального протекания; без этого процесса дальнейшее повышение T и продолжительности несущественно увеличивает молекулярную массу и выход.

При АА/МК = 3:1 увеличение температуры с 50 до 60 °C даёт заметный прирост выхода от 82 % до 94–95 %, а продление реакции до 6 ч усиливает эффект на 2–4 %. Это связано с тем, что при умеренном избытке акриламида в первой фазе роста формируются сравнительно короткие цепи, и повышение T ускоряет распад инициатора, увеличивая концентрацию радикалов и тем самым подавляя долю преждевременной терминации. Дополнительное время даёт этим радикалам шанс присоединить больше мономера, что приводит к повышению степени превращения. Для составов 5:1–10:1 уже при 50 °C и 4 ч достигается высокая конверсия (92–94 %), поскольку акриламид радикально полимеризуется гораздо быстрее малеиновой кислоты, и реакция

ISSN 3030-3907

преимущественно идет по росту длинных цепей. Повышение температуры до 55 °C поднимает выход до 96–97 %, поскольку ускоренный распад персульфата калия способствует дополнительному вовлечению неиспользованного мономера без заметного увеличения терминации. Дальнейшее повышение до 60 °C и продление до 6 ч лишь слегка увеличивают выход до 98–99 %, что говорит о близости к максимальной степени превращения: практически весь мономер уже вступил в реакцию, и дополнительное время или энергия лишь завершает незначительные остаточные процессы.

Таким образом, в более акриламидных системах эффективность полимеризации определяется главным образом быстротой роста цепей, а не кислотностью среды. Минимальный прирост выхода при ужесточении условий указывает, что при составах ≥ 5:1 реакция уже близка к полному превращению в течение 4 ч при 50 °C, а повышение температуры и времени используется главным образом для доведения остаточного мономера до полимера, но не для значительно более высокого выхода. В то же время при низких долях акриламида (1:1 и 3:1) более жесткие условия необходимы, чтобы компенсировать затормаживающее действие малеиновой кислоты и повысить степень превращения.

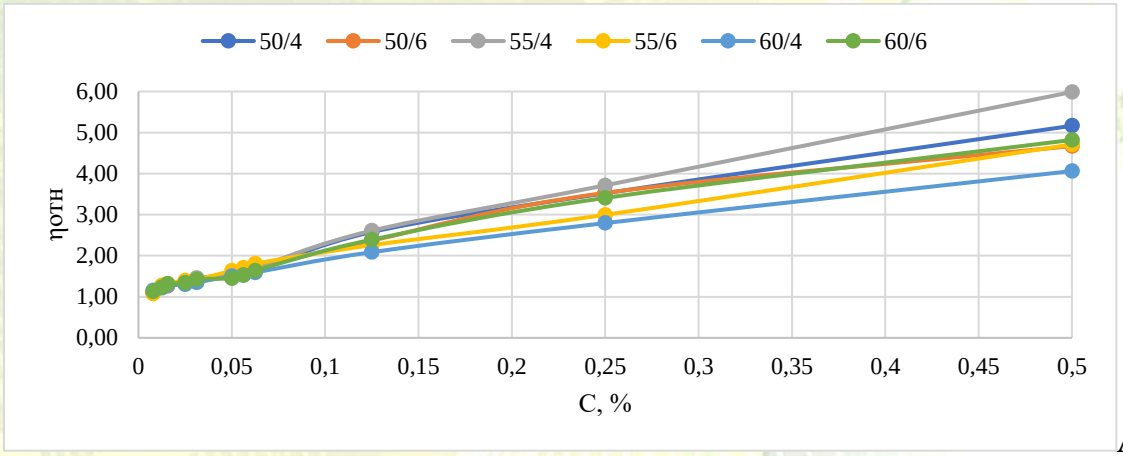
На рисунке 1 иллюстрированы влияния изменения соотношения мономеров и температуры синтеза на вязкостные характеристики растворов сополимеров акриламида и малеиновой кислоты при разных мольных соотношениях мономеров для выявления оптимальных сроков полимеризации с получением полимеров с заданными структурообразующими характеристиками.

Изменение молярного соотношения акриламида и малеиновой кислоты оказывает прямое влияние на величину и характер вязкостного поведения водных растворов сополимеров, поскольку доля карбоксильных звеньев определяет степень гидратации и межмолекулярных взаимодействий. Понимание этой зависимости необходимо для целенаправленного синтеза полимеров с предсказуемыми реологическими свойствами и максимальной эффективностью в процессах флокуляции, стабилизации суспензий и регулирования текучести технологических жидкостей.

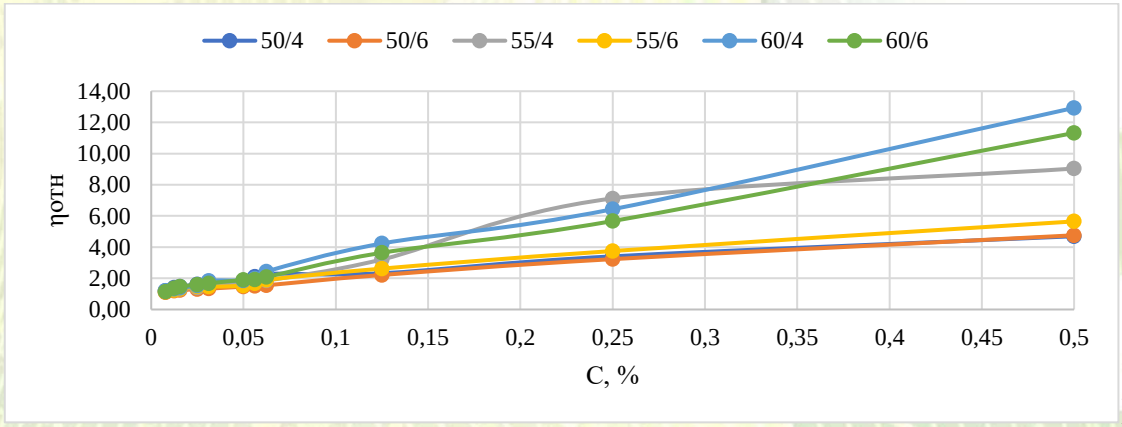
Мольное соотношение акриламида (АА) к малеиновой кислоте (МК) существенно влияет на молекулярную структуру получаемого сополимера и, как следствие, на вязкость его водных растворов. Проведенные исследования показывают результаты, что максимальные вязкостные характеристики достигаются при преобладании акриламида – около 7:1 (АА:МК). В

ISSN 3030-3907

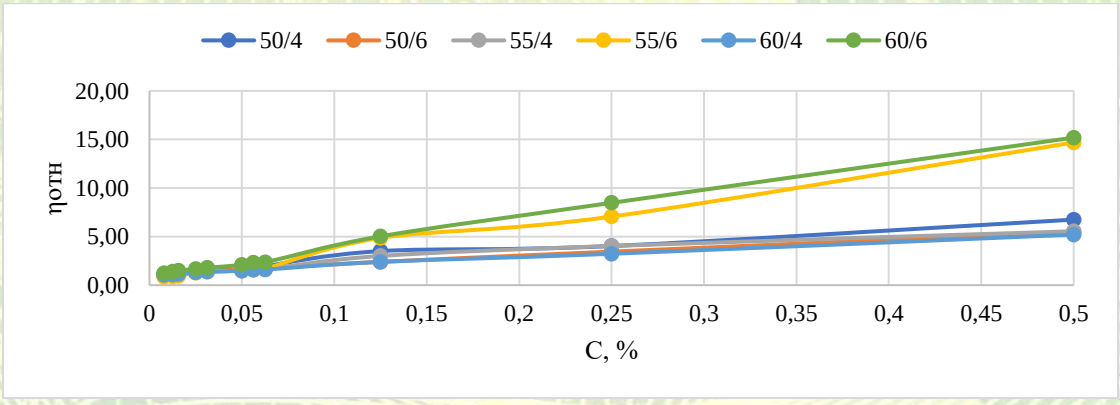
частности, при соотношении ~7:1 образуются сополимеры с наибольшей средней молекулярной массой (порядка 2,5–2,8 млн Да), как и [16] и высокой концентрацией зарядных групп, что обеспечивает высокую вязкость раствора. Так, образец с АА/МК = 7:1, синтезированный при оптимальных условиях (например, ~60 °С, >4 ч), демонстрирует наиболее высокую относительную вязкость – при концентрации полимера 0,5% она достигает ~15 (в относительных единицах) против ~5–6 для образцов с более высоким содержанием кислоты.



А.



Б.



В.

Рис. 1. Зависимость относительной вязкости от концентрации сополимера при различной температуре 50; 55 и 60°С и продолжительности процесса сополимеризации 4 и 6 часов: а) АК/МК=3/1; б) АК/МК=5/1; в) АК/МК=7/1

ISSN 3030-3907

При более высоком содержании МК (меньшее соотношение АА/МК, например 1:1) наблюдается заметное снижение вязкости растворов. В образцах с АА/МК = 3:1 максимальная относительная вязкость (при 0,5% растворе) составила ~5–6, что значительно ниже, чем у полимеров с преобладанием акриламида. Это связано с тем, что избыток малеиновой кислоты в исходной смеси приводит к образованию обособленных фрагментов полимера, состоящих из последовательностей МК–МК (олигомеров).

Таким образом, оптимум состава находится в промежуточной области: достаточно высокая доля акриламида, чтобы получить длинные цепи, но при этом присутствие ~12–20% звеньев кислоты, чтобы обеспечить полимеру необходимую анионность. Экспериментально было показано, что при мольном соотношении МК:АА = 1:7–1:8 (т.е. АА:МК ≈ 7:1–8:1) сополимеры имеют наивысшую вязкость раствора. В этих условиях выход полимера также максимален (≈98 %) по сравнению с более кислым составом 1:5 (≈93 %) или более щелочным 1:10 (≈96 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В результате проведённых исследований установлены, что ключевые закономерности влияния параметров радикальной сополимеризации акриламида с малеиновой кислотой на вязкостные, молекулярно-массовые и структурные характеристики получаемых сополимеров.

В ходе экспериментов выявлены, что варьирование мольного соотношения мономеров с изменением температуры полимеризации выявило, что оптимальным с точки зрения сочетания высокой молекулярной массы и достаточной функционализации оказалось соотношение примерно 5:1-7:1 (АА:МК) при умеренных температурах (50–55 °С), когда обеспечивалась активная радикальная цепная полимеризация с минимизацией чрезмерного прекращения роста и в то же время вводилось значимое содержание карбоксилатов. Избыток акриламида (7:1 и 10:1) способствовал формированию более длинных цепей, но снижал относительное содержание функциональных групп малеиновой кислоты, тогда как повышенная доля малеиновой кислоты (3:1 и ниже) приводила к уменьшению молекулярной массы из-за роста вероятности завершения цепей и повышенной чувствительности к диспропорционированию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Aidarova S., Sharipova A., Krägel J., Miller R. Polyelectrolyte/surfactant mixtures in the bulk and at water/oil interfaces. Adv. Colloid Interface Sci. 2014. Vol. 205. PP. 87-93.

ISSN 3030-3907

2. Aidarova S.B. et al. Effect of electrolyte on adsorption of polyallyl amine hydrochloride/sodium dodecyl sulphate at water/tetradecane interface. Colloids Surf. A. 2014. Vol. 460. PP. 11-17.
3. Philip, J.; Gnana Prakash, G.; Jaykumar, T.; Kalyanasundaran, P.; Mondian-Monvial O., Raj, B. Interaction between Emulsion Droplets in the Presence of Polymer−Surfactant Complexes. Langmuir. 2002, 18, 4625-4631.
4. Philip, J.; Gnana Prakash, G.; Jaykumar, T.; Kalyanasundaran, P.; Mondian-Monvial O., Raj, B. Three Distinct Scenarios under Polymer, Surfactant, and Colloidal Interaction. Macromolecules. 2003, 36, 9230-9236.
5. Энциклопедия полимеров/ Под ред. В.А. Кабанова. М.: Советская энциклопедия. 1972. Т. 1. 576 с.
6. Kuldasheva Sh.A., Abdikamalova A.B., Eshmetov I.D., Adizova N. Dauletbayeva R.K. Karimova G.M. Suvda eruvchan polielektrolit – tuproqlar strukturantini olish usuli. Foydali Model Patenti. № Fap 2766. O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi.
7. Даулетбаева Р.К. Коллоидно-химические характеристики гидролизованных сополимеров акриламида с акриловой кислотой и их влияние на реологические и структурные свойства водных дисперсий. Дисс. докт. философии PhD по хим.наук. 2025.
8. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. Учебное пособие для университетов, изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Химия. 1971. 520 с.
9. Торопцева А.М. и др. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений / Под ред. проф. А.Ф. Николаева. Л.: Химия. 1972. 416 с.
10. Лычкин И.П., Филимонова О.Н. // Межвузовский сборник научных трудов «Экология и безопасность жизнедеятельности». Воронеж: ВГТА. 1996. Вып. 1. С. 12-15.

ISSN 3030-3907

AMMIAK MOLEKULASINI DIATSETATSELLYULOZA-KREMNEZEM GIBRID BIONANOKOMPOZITSIYASIGA ADSORBSIYALANISH XOSSALARI

Yarkulov Axror Yuldashevich
O‘zMU fizikaviy kimyo kafedrasi dotsenti, k.f.d.
E-mail: a.yarkulov80@gmail.com

Annotatsiya. Diatsetatsellyuloza(DAS)-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga 303 K da ammiak molekulasini adsorbsiyalanish izotermasi boshlang‘ich qismdan to to‘yinishgacha MHTNni uch hadli tenglamasi bilan tavsiflandi. Adsorbsiya termokinetikasi va differensial issiqligida esa dastlabki ammiak molekulalarining adsorbsiyalanishini muvozanat qaror topish vaqti 6,5 soatni hamda differensial issiqligi 38,7 kJ/mol ga teng bo‘ldi. Differensial molyar entropiya egrisi ammiakni miqdori 1 mmol/g gacha bo‘lganda adsorbent sirt yuzasidagi harakatchanligi yuqori, 1 mmol/g dan so‘ng ammiak molekulalarining adsorbentga mustahkam ravishda joylashgani kuzatildi.

Kalit so‘zlar: bionanokompozitsiya, adsorbsiya, izoterma, diatsetatsellyuloza, kremnezem, ammiak, differensial issiqlik va entropiya.

Аннотация. Изотерма адсорбции молекул аммиака на гибридном бионанокомпозите диацетатцеллюлоза (ДАЦ)–кремнезем при 303 К была описана трёхчленным уравнением ТОЗМ в диапазоне от начального участка до насыщения. По данным термокинетики адсорбции и дифференциальной теплоты установлено, что время установления равновесия при адсорбции первых молекул аммиака составляет 6,5 часа, а дифференциальная теплота адсорбции равна 38,7 кДж/моль. Кривая дифференциальной молярной энтропии показывает, что при количестве аммиака до 1 ммоль/г его подвижность на поверхности адсорбента высокая, тогда как при превышении 1 ммоль/г наблюдается прочная фиксация молекул аммиака на адсорбенте.

Ключевые слова: бионанокомпозит, адсорбция, изотерма, диацетатцеллюлоза, кремнезем, аммиак, дифференциальная теплота и энтропия.

Abstract. The adsorption isotherm of ammonia molecules on a diacetate cellulose (DAC)–silica hybrid bionanocomposite at 303 K was described by a three-term TVFM equation over the range from the initial region to saturation. Based on adsorption thermokinetic data and differential heat analysis, it was established that the equilibrium establishment time for the adsorption of the first ammonia molecules is 6.5 hours, and the differential heat of adsorption is 38.7 kJ/mol. The differential molar entropy curve indicates that at ammonia loadings up to 1 mmol/g,

ISSN 3030-3907

the mobility of ammonia molecules on the adsorbent surface is high, whereas above 1 mmol/g, strong fixation of ammonia molecules on the adsorbent is observed.

Keywords: bionanocomposite, adsorption, isotherm, diacetate cellulose, silica, ammonia, differential heat and entropy.

KIRISH

Tadqiqot dolzarbligi. Atmosfera havosining zararli gazlar bilan ifloslanishi zamonaviy ekologik muammolardan biri bo‘lib, ularning orasida ammiak (NH_3) sanoat va qishloq xo‘jaligi manbalaridan keng miqyosda ajralib chiqishi bilan alohida ahamiyatga ega. Ammiakning past konsentratsiyalarda ham inson salomatligi va atrof-muhitga salbiy ta’siri uni samarali adsorbsiyalash uchun yangi materiallar yaratishni talab etadi. So‘nggi yillarda ekologik toza va yuqori samarali adsorbentlar sifatida organik–noorganik gibrid bionanokompozitsiyalarga qiziqish ortib bormoqda[1-3]. Ushbu jihatdan, biologik parchalanadigan va funksional guruhlarga boy diatsetatsellyuloza hamda yuqori sirt maydoni va barqarorligi bilan ajralib turuvchi kremnezem kombinatsiyasi istiqbolli hisoblanadi. Zol-gel usuli esa past haroratlarda g‘ovak tuzilishga ega, bir jinsli DAS-kremnezem gibrid materiallarini sintez qilish imkonini beradi[4,5]. DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasining ammiak molekulalarini adsorbsiyalash xossalarini o‘rganish gaz tozalash va sensor tizimlari uchun yangi funksional materiallar yaratish nuqtai nazaridan ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi[6,7].

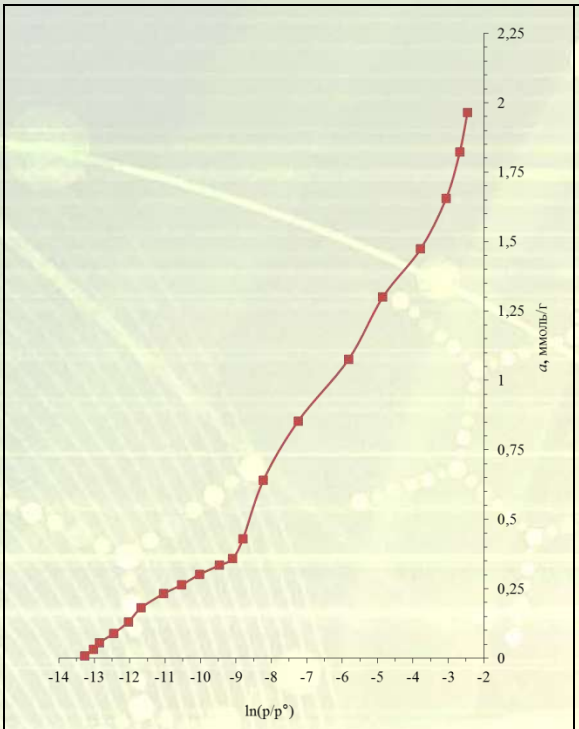
Tadqiqotning maqsadi DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak molekulasini 303 K da adsorbsiyalanish izotermasi, termokinetikasi, differensial issiqligi va entropiyasini tahlil qilishdan iboratdir.

Tadqiqot metodologiyasi: Zol-gel usulida olingan DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasini ammiak molekulasi bilan adsorbsiyalanish izotermalarini o‘lchash uchun universal yuqori vakuumli pretsizion adsorbsion-kalorimetrik uskuna va unga ulangan Tian-Kalve DAK-1-1A turidagi differensial mikrokalorimetrli sistemadan foydalanildi.

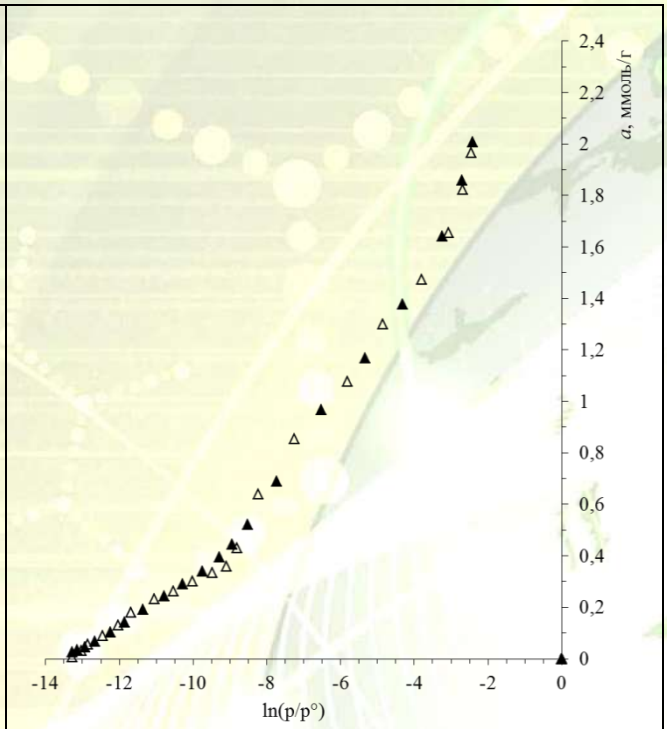
OLINGAN NATIJALAR VA ULARNING XULOSASI

DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak gazi past nisbiy bosimda $\ln(p/p_o)=-9,0$ adsorbsiyalanish miqdori 0,36 mmol/g gacha izoterma chiziqli ravishda ko‘tarilib, undan so‘ng bosim ortib borishi bilan egri chiziq monoton ravishda 2,0 mmol/g gacha ortib borib to‘yindi(1-rasmda). Izotermaning keskin ko‘tarilishi bionanokompozitda faol markazlar mavjudligini, unda tezda adsorbsiya sodir bo‘lishini, shuningdek mikrog‘ovaklarning bir xilligi va yuqori sorbsion qobiliyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. 303 K da DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak molekulasini adsorbsiyalanish izotermasi



2-rasm. 303 K da DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak molekulasini adsorbsiyalanishini MHTN tenglamasi bilan hisoblab topilgan qiymatlarini izotermasi

2-rasmda gibrid DAS–kremnezem gibrid bionanokompozitsion materialiga ammiak gazining adsorbsiyalanish izotermasi mikro-g‘ovaklarning hajmiy to‘yinish nazariyasi (MHTN) tenglamasi bilan tahlil qilindi[8-11]. 2-rasmdan ko‘rinib turibdiki, MHTN bo‘yicha hisob-kitob qilib olingan ma’lumotlar eksperimental ma’lumotlarga mos keladi.

Bunda DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak gazini adsorbsiya izotermasi MHTN ning uch a’zoli tenglamasi bilan yaxshi ifodalandi:

$$a= 0{,}358 \exp [-(A/30{,}10)]^9 + 0{,}953 \exp [-(A/19{,}35)]^5 + 5{,}014 \exp [-(A/1{,}43)]^3$$

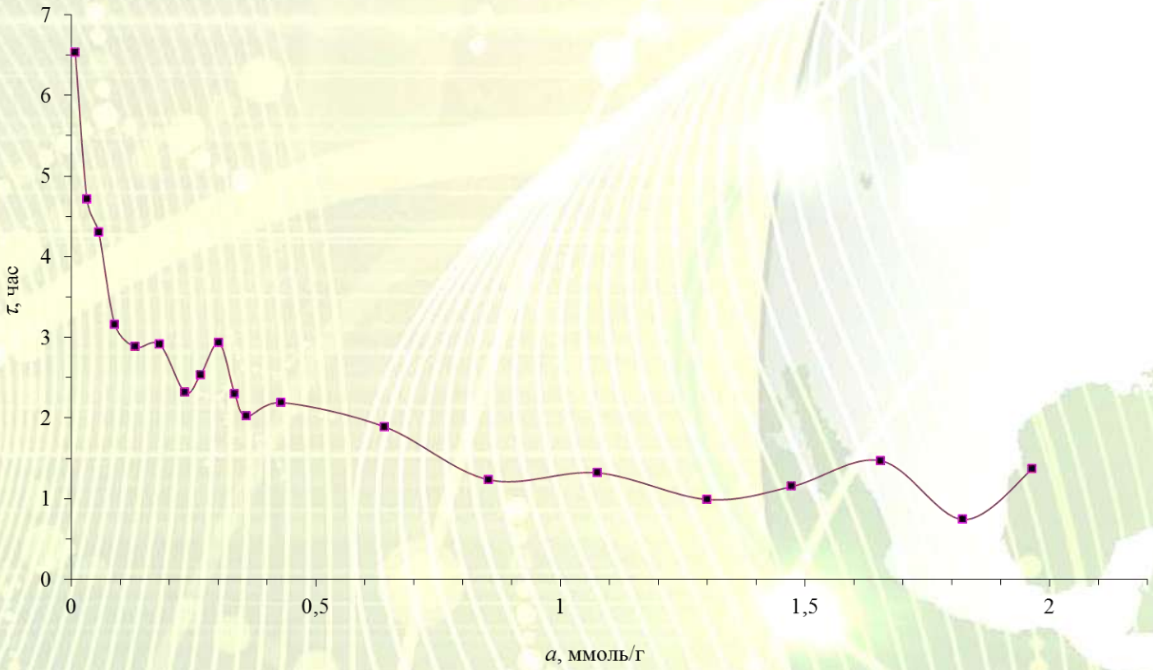
Tenglama parametrlari: birinchi qism ulushi a_{01}=0,358 mmol/g, ulushi E_{01}=30,10 kJ/mol, ulushi n_1=9; ikkinchi qism uchun ulushi a_{02}=0,953 mmol/g, E_{02}=19,35 kJ/mol, n_2=5; uchinchi qism uchun a_{03}=5,014 mmol/g, E_{03}=1,43 kJ/mol, n_3=3.

MHTN DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitini ammiak gazi bilan adsorbsiyalanishini asosan uch tipdagi adsorbsion fazalarda kechishni ko‘rsatdi. Bunda ammiak gazi bilan adsorbsiyalanishi birinchi adsorbsion fazada 5,7 % ga yaqini, ikkinchi adsorbsion fazada 15 % , uchinchi fazada esa deyarli 80 % yaqini bo‘lish bilan sodir bo‘lar ekan.

ISSN 3030-3907

Adsorbsion markazlarning soni, kuchi va lokalizatsiyasi, nanokompozitsion materialning tuzilishi, qutbli molekulalarning adsorbsiyasi mexanizmi, molekulalararo ta’sirlashuv tabiati, konformatsiyasi va adsorbsion klasterlarning holatini aniqlash uchun molekulyar tuzilish va termodinamik tavsiflar o‘rtasida korrelyatsiya o‘tkazildi hamda adsorbsiya termokinetikasi o‘rganildi[12].

3-rasmda adsorbsion muvozanat o‘rnatilish vaqti (τ) ning DAS–kremnezem gibrid bionanokompozitida ammiak molekulasi bilan adsorbsiyalanish miqdoriga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Dastlabki ammiak molekulalarining adsorbsiyasi sekinlashgan bo‘lib, muvozanat qaror topish vaqti 6,5 soatni tashkil etdi, adsorbat miqdori deyarli 0,131 mmol/g ga teng bo‘lganda esa bu vaqtning 2,88 soatgacha kamayishi kuzatildi.



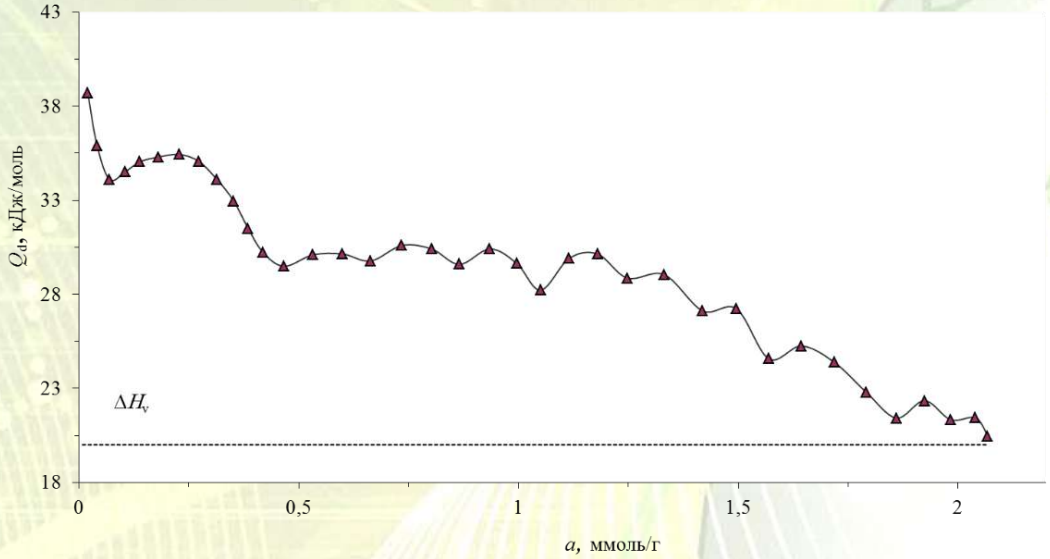
3-rasm. DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak molekulasini adsorbsiyalanish qiymatiga bog‘liq holda adsorbsion muvozanat qaror topish vaqti

So‘ngra DAS–kremnezem gibrid bionanokompozitining ammiak molekulasi bilan adsorbsiyalanishining termokinetikasida muvozanat vaqti dastlab pog‘onasimon, keyinchalik esa chiziqli ravishda o‘zgarib, adsorbsiyaning yakuniy muvozanat qaror topish vaqti taxminan ≈1,5 soatga teng bo‘ldi.

Adsorbsiya termodinamikasini o‘rganish borasida qator ilmiy izlanishlar olib borilgan va ijobiy natijalarga erishilgan. Adsorbent g‘ovaklarida turli tuzilishga ega bo‘lgan adsorbat molekulalari yutilishida adsorbat-adsorbent va adsorbat-adsorbat ta’sirlanishlarni o‘rganish uchun adsorbsiya issiqligi va entropiyasini o‘rganish muhim hisoblanadi. Peltye effekti yordamida issiqlik

ISSN 3030-3907

oqimlari kompensatsiyasi usulini qo‘llash adsorbsiya issiqligini yanada aniq o‘lchash imkonini berdi. Adsorbsion o‘lchashlar universal yuqori vakuumli qurilmada o‘tkazildi, bu o‘z navbatida adsorbsion o‘lchashlarni o‘tkazish va yuqori aniqlikda adsorbatni yuborish imkonini berdi[13,14]. Rasmda DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitida ammiak gazi bilan adsorbsiyasining differensial issiqligi keltirilgan.



4-rasm. 303 K da gibrid DAS-kremnezem bionanokompozitsiyasiga ammiak gazi bilan adsorbsiyalanishini differensial issiqligi. Shtrix chiziq 303 K da ammiakning kondensatsiyalanish issiqligi.

DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga dastlabki ammiak gazi adsorbsiyasining differensial issiqligi 38,7 kJ/mol ga teng bo‘ldi. So‘ngra esa, ammaik gazini adsorbsiyalanish issiqligi pog‘onasimon ravishda davom etdi, uni shartli ravishda ikkita katta gidrofil markazga ajratib oldik. Birinchi energetik gidrofil sohada ammiakning adsorbsiyasi 0,07-0,467 mmol/g ichida o‘zgaradi va adsorbsiya issiqligining 34,10 dan 29,50 kJ/mol gacha keskin pasaydi. Bunda birinchi soha adsorbent tarkibida mavjud funksional guruhlar, ikkinchi gidrofil soha esa adsorbentni g‘ovakli qatlamlari bilan ammiak molekulalarini ta’sirlashishi natijasida hosil bo‘lmoqda deyish mumkin. Bunda Q_d egri chizig‘ining zinalariga muvofiq, uni 9 qismga ajratish mumkin, adsorbsiya issiqligi 29,5 kJ/mol dan kondensatsiya issiqligigacha o‘zgaradi. Ikkinchi gidrofil markazlarda, Q_d egri chizig‘ining zinalariga muvofiq, uni 9 qismga ajratish mumkin, adsorbsiya issiqligi 29,5 kJ/mol dan kondensatsiya issiqligigacha o‘zgaradi. Izotermalarning murakkab tabiati va adsorbsiya differensial issiqliklarining qiymatlari adsorbat va adsorbent orasidagi hamda adsorbatlar orasidagi adsorbsion o‘zaro ta’sirning mayda qismlarigacha aks ettiradi. Ikkinchi nisbatan past energetik gidrofil sohada ammiak molekulasining adsorbsiyasi 0,467 mmol/g dan to‘liq to‘yingungacha o‘zgaradi va

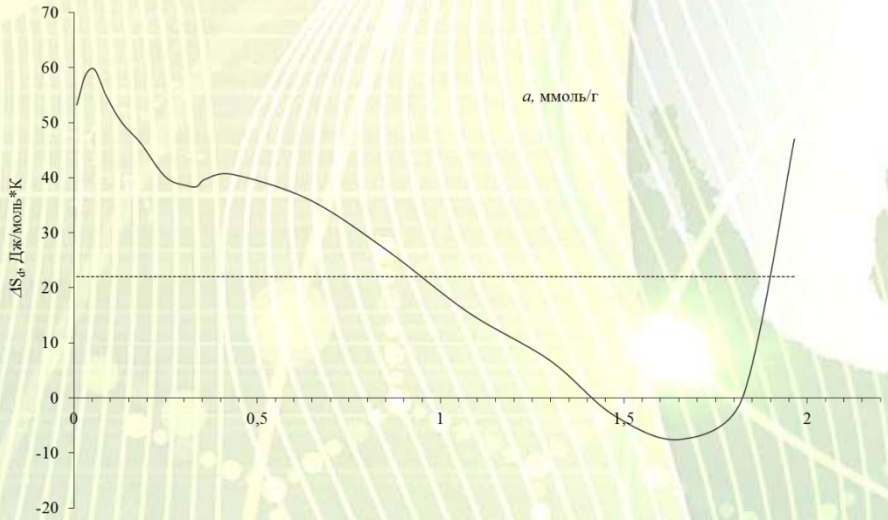
ISSN 3030-3907

9 qismning har biri uchun u 0,2 mmol/g ni tashkil qiladi va shu bilan birga adsorbsiya issiqligining kam pasayishi bilan tavsiflanadi 29,5 kJ/mol dan taxminan ammiakning kondensatsiyalanish issiqligi (20 kJ/mol)gacha.

Demak DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak gazining adsorbsiyalanishi ikkita gidrofil markaz bo‘yicha sodir bo‘lib, unda adsorbsiyalanishning sof issiqligi ≈10 kJ/mol ga teng. Adsorbsiyalanish issiqligi pog‘onasimon ko‘rinishda ekanligi hamda dastlab miqdori 0,4 mmol/g aktiv markaz hamda 0,2 mmol/g ga teng bo‘lgan ammiak gazi bo‘yicha gidrofil markazlarga teng bo‘lgan g‘ovakli qatlamlar borligi va adsorbat 38,7 kJ/mol ga teng bo‘lgan issiqlik bilan adsorbent-adsorbat ta’sirlashish sodir bo‘lib, polimolekulyar adsorbsiyalanish jarayoni ketishini ko‘rsatdi.

Adsorbentlarga turli xil molekulalarning adsorbsiyalanishida ularning adsorbent–adsorbat va adsorbat–adsorbat ta’sirlashishlarini o‘rganishda adsorbsiya issiqligidan tashqari uning entropiyasini ham tadqiq etish muhim hisoblanadi.

Ammiak gazining DAS–kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga adsorbsiya entropiyasi (ΔS_d) Gibbs–Gelmgolts tenglamasiga ko‘ra adsorbsiya izotermasi va differensial issiqligidan kelib chiqib hisoblandi [15].



5-rasm. 303 K da DAS-kremnezem gibrid bionanokompozitsiyasiga ammiak molekulasi bilan adsorbsiyalanishini differensial entropiyasi. Shtrix chiziq– o‘rtacha molyar integral entropiya; Suyuq ammiakning entropiyasi nolga teng deb qabul qilingan.

5-rasmda ammiak gazining DAS–kremnezem gibrid nanokompozitsiyasiga adsorbsiyalanishining differensial adsorbsiya entropiyasi o‘zgarishining uning adsorbsiyalanish miqdoriga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

DAS–kremnezem gibrid bionanokompozitiga adsorbsiyalangan ammiak gazining o‘rtacha mol integral entropiyasi 22,04 J/mol·K ga teng. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, adsorbat miqdori 1 mmol/g gacha bo‘lganda adsorbent sirt

ISSN 3030-3907

yuzasidagi ammiakning harakatchanligi yuqori bo‘lar ekan. 1 mmol/g dan so‘ng ammiak molekulalarining adsorbentga mustahkam ravishda joylashgani kuzatiladi. Adsorbentga adsorbsiyalangan ammiak gazining miqdori ortishi bilan 1,97 mmol/g dan so‘ng adsorbat molekulalarining harakatchanligi yana ortib borishi aniqlandi.

XULOSALAR

1. Pretsizion adsorbsion-kalorimetrik usul yordamida DAS–kremnezem gibrid bionanokompozitining ammiak molekulasi bilan adsorbsiyalanish izotermalari olindi;

2. Olingan izotermalar mikrog‘ovaklarning hajmiy to‘yinish nazariyasi tenglamalari asosida ishlab chiqildi. Ammiak molekulasining adsorbsiyalanish izotermasi gibrid bionanokompozitda mikrog‘ovaklarning hajmiy to‘yinish nazariyasining uch a’zoli tenglamasi bilan yaxshi ifodalandi;

3. DAS–kremnezem gibrid bionanokompozitida ammiak molekulasining adsorbsiyalanish termokinetikasi shuni ko‘rsatdiki, adsorbsion muvozanatni o‘rnatish vaqti sekinlashgan bo‘lib, u 6,5 soatni tashkil etdi;

4. Diatsetatsellyuloza-kremnezem gibrid bionanokompozisiyasiga ammiak molekulasi bilan adsorbsiyalanishini differentsial issiqligi pog‘onasimon o‘zgarishi hamda issiqlik qiymati 38,7 kJ/mol ekanligi aniqlandi;

5. Differensial molyar entropiya egrisi ammiakni miqdori 1 mmol/g gacha bo‘lganda adsorbent sirt yuzasidagi harakatchanligi yuqori, 1 mmol/g dan so‘ng ammiak molekulalarining adsorbentga mustahkam ravishda joylashgani kuzatildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Amanda M.B. Furtado,Yu Wang, M. Douglas LeVan. Carbon silica composites for sulfur dioxide and ammonia adsorption. J. Microporous and Mesoporous Materials. Volume 165, (1). 2013, P. 48-54.

2. Musawenkosi G. Shange et all. (2024) Factors Affecting Silica/Cellulose Nanocomposite Prepared via the Sol–Gel Technique: A Review. J. Materials 2024, 17(9), 1937. P.1-23.

3. Inês Portugal, Vânia M. Dias, Rui F. Duarte, Dmitry V. Evtuguin. Hydration of Cellulose-Silica Hybrids Assessed by Sorption Isotherms// J. Phys. Chem. B. -2010. -V.114(11). -R. 4047-4055.

4. Vitaly Kocherbitov, Stefan Ulvenlund, Maria Kober, Kjell Jarring, and Thomas Arnebrant. Hydration of Microcrystalline Cellulose and Milled Cellulose Studied by Sorption Calorimetry // The Journal of Physical Chemistry B, 2008, 112(12), P. 3728–3734.

5. Ahmed Salama. Polysaccharides-silica hybrid materials: New perspectives for sustainable raw materials // Journal of Carbohydrate Chemistry. 2016. V.35(3). -P. 131-149.

ISSN 3030-3907

6. Hua Zou, Shishan Wu, Jian Shen. Polymer/Silica Nanocomposites: Preparation, Characterization, Properties, and Applications // Chemical Reviews. -2008. -V.108(9). -R. 3893-957.
7. Sadanand Pandey, Shivani B. Mishra. Sol-gel derived organic-inorganic hybrid materials: Synthesis, characterizations and applications // Journal of Sol-Gel Science and Technology. -2011. -V.59(1). -P.73-94.
A.Yarkulov, B. Umarov, F. Rakhmatkarieva, N. Kattaev, Kh. Akbarov, E. Berdimurodov. Diacetate Cellulose-Silicon Bionanocomposite Adsorbent for recovery of Heavy Metal ions and Benzene Vapours: An Experimental and Theoretical Investigation// Biointerface Research in Applied Chemistry- Open-Access Journal (ISSN: 2069-5837). –2022, –V. 12(3), –P. 2862-2880
8. A.Yu. Yarkulov, B.U. Sagdullayev, B.S. Umarov, F.G. Rakhmatkariyeva, Kh.I. Akbarov. Precision Adsorption–Calorimetric Investigations Of Thermodynamic Properties Of Hybrid Nanocompositions Of Diacetate Cellulose–Silica. International Journal of Advanced Science and Technology 2020,V.29(12), P. 2936-2943
9. А.Ю. Яркулов. Термодинамические свойства гибридных диацетат целлюлозы кремнеземных нанокомпозиций. СамДУ илмий ахборотнома. Самарқанд 2020. 3-сон (121) – С. 50-54.
10. А.Ю. Яркулов. Gibrid diatsetatsellyuloza-kremnezem bionanokompozitsiyasiga n-geptan molekulasining adsorbsiyalanishini turli xil adsorbsion modellar bilan tahlili. Namangan Davlat Universiteti Ilmiy axborotnomasi. Namangan. 2025. 6-son. B.102-106.
11. А.Ю. Яркулов. Gibrid diatsetatsellyuloza-kremnezem bionanokompozitsiyasiga n-geptan molekulasining adsorbsiyalanishi. O`zMU xabalari. Toshkent. 2024 3/1 son. B. 475-479.
12. J.K. Mamatov, A.Yu. Yarkulov, F.G. Rakhmatkariyeva, N.I. Fayzullayev, Kh.I. Akbarov. Physical and Chemical Properties of Hybrid Polyacrylonitryl-Silica Nanocomposites // International Journal of Control and Automation –2020, –V. 13, №4, P.220 – 229
13. Akhror Yarkulov, Mirazim Sobitov, Bakhrom Umarov, Feruza Rakhmatkarieva, Bakhtiyor Sagdullaev, Khamdam Akbarov. Thermodimics of adsorbtion of heptane molecules by hybrid bionanocomposite diacetatecellulose-silica. Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them AIP Conf. Proc. 3045, 030062-1–030062-6.
14. Яркулов А.Ю., Сагдуллаев Б.У., Акбаров Х.И. Термодинамика адсорбции молекулы н-гептана гибридным бионанокомпозитом диацетатцеллюлоза-

ISSN 3030-3907

кремнезем // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. 2024. 1(115). URL: https://7universum. com/ru/nature/archive/item/16610. С. 46-50.

ISSN 3030-3907

UDK 675.043.84

SINTETIK POLIMERLAR ASOSIDA KIMYOVIY REAGENTLAR VA POLIFUNKSIONAL BIOMATERIALLAR

Qobilov N.S.
O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti, t.f.d., katta ilmiy xodim,
E-mail: nodirbekdoc2020@gmail.com
Yalg‘ashev E.Y.
Tayanch doktorant, O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti,
Tog‘ayev A. I.
Dotsent., Qarshi davlat texnika universiteti
E-mail: abrortogayev93@gmail.com
Olimov J. T.
Tayanch doktorant, O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti,
Qosimova Y.N
Tayanch doktorant, O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti,
ORCID AD: 0009-0002-6634-5821

Annotatsiya. Maqolada sintetik polimerlar poliakrilonitril (PAN) asosidagi yuqori mexanik mustahkamlik, kimyoviy barqarorlik va biotibbiy moslik xususiyatlari keltirilgan. Ushbu materiallar tibbiyot, neft va gaz va farmatsevtika sohalarida tobora keng qo‘llanilib bormoqda. PAN tolalari va nanostrukturalari steril filtrlar, gemodializ membranalari, dori tashuvchi nanokapsulalar hamda biomoslashuvchan implantatsion materiallar ishlab chiqarishda asosiy xomashyo sifatida xizmat qiladi. Ularning yuqori g‘ovakligi va nazorat qilinadigan yuzasi bioaktiv moddalarni samarali adsorbsiya qilish va chiqarish imkonini beradi. Shuningdek, PAN asosidagi kompozitlar antibakterial qoplamalar va regenerativ tibbiyotda qo‘llaniladigan scaffold (tayanch) materiallarini yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: polimer, kimyoviy reagent, struktura, PAN, neft va gaz, tibbiyot.

Abstract. The article presents the properties of high mechanical strength, chemical stability and biomedical compatibility of synthetic polymers based on polyacrylonitrile (PAN). These materials are increasingly used in the medical, oil and gas and pharmaceutical industries. PAN fibers and nanostructures serve as the main raw materials in the production of sterile filters, hemodialysis membranes, drug-carrying nanocapsules and biocompatible implant materials. Their high porosity and controlled surface allow for effective adsorption and release of

ISSN 3030-3907

bioactive substances. Also, PAN-based composites are of great importance in the creation of antibacterial coatings and scaffold materials used in regenerative medicine.

Keywords: polymer, chemical reagent, structure, PAN, oil and gas, medicine.

Аннотация. В статье представлены свойства высокой механической прочности, химической стабильности и биомедицинской совместимости синтетических полимеров на основе полиакрилонитрила (ПАН). Эти материалы все чаще используются в медицинской, нефтегазовой и фармацевтической промышленности. Волокна и наноструктуры ПАН служат основным сырьем при производстве стерильных фильтров, гемодиализных мембран, нанокапсул, содержащих лекарственные препараты, и биосовместимых имплантационных материалов. Их высокая пористость и контролируемая поверхность позволяют эффективно адсорбировать и высвобождать биоактивные вещества. Также композиты на основе ПАН имеют большое значение при создании антибактериальных покрытий и каркасных материалов, используемых в регенеративной медицине.

Ключевые слова: полимер, химический реагент, структура, ПАН, нефть и газ, медицина.

KIRISH.

Polimerlarning tibbiyot, neft va gaz, tp'qimachilik sohalarida qo'llanilishi juda xilma-xil bo'lib, ular yangi kimyoviy reagentlar, tibbiy vositalar, tibbiy asboblar yasashdan tortib, organizm to'qimalarini almashtirishgacha bo'lgan sohalarni qamrab oladi. Polimerlar o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgan yuqori molekulyar kimyoviy birikmalardir. Mustahkamligi, yengilligi, egiluvchanligi va kimyoviy inertligi ularni tibbiy va ko'p maqsadlarda foydalanish uchun ideal materialga aylantiradi.

Tabiiy va sintetik polimerlar to'qima muhandisligi va regeneratsiyasi sohasida ko'p yillar davomida o'rganib kelinmoqda. Tadqiqotchilar muvaffaqiyatli ilg'or polimer biomateriallarni loyihalash uchun ko'plab yangi strategiyalarni ishlab chiqdilar. Ushbu sharhda biz o'z-o'zini tiklash va shaklni eslab qolish xususiyatlariga ega aqlli polimer biomateriallarni tayyorlashdagi so'nggi sezilarli yutuqlarni umumlashtirdik. Shuningdek, biz plyonkalar, gidrogellar va 3D chop etiladigan biomateriallar kabi polimer biomateriallarning turli shakllarini ishlab chiqishda qo'llaniladigan yangi yondashuvlarni muhokama qilingan. Biomateriallarning yumshoq va qattiq to'qima muhandisligida qo'llanilishi, ularning in vitro va in vivo effektlariga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlar olin borilmoqda [1] .

ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

Polimerlarning xilma-xilligi, ularning ko‘p qirrali tuzilishi va xususiyatlari tufayli klinik tibbiyotda biomateriallar sifatida turli xil maqsadlarda qo‘llanilmoqda. Polimer biomateriallar tabiiy yoki sintetik polimerlardan olinishi mumkin va bioparchalanadigan yoki parchalanmaydigan bo‘lishi mumkin, bu ularning qo‘llanilishiga qarab, biotibbiy implantlar, ommaviy materiallar yoki implant qoplamalari sifatida, shuningdek, dori va genlarni yetkazib berish uchun nanotashuvchilarni o‘z ichiga olishi mumkin. Adabiyotlarda tibbiyotning muayyan sohalarida polimer biomateriallarining tarixi va rivojlanishi haqida umumiy ma'lumot berilgan. Polimerlar tibbiyotga yangi yondashuvlar bo‘yicha ba'zi zamonaviy tadqiqotlar ham o‘tkazilgan [2].

Polimer biomateriallar yuqori biologik mosligi (sitotoksik emasligi, bioparchalanuvchanligi va biomosligi), mexanik xususiyatlarining yaxshilanishi va yaxshi qayta ishlash qobiliyati tufayli tibbiyotda keng qo‘llanilishi mumkin. Ushbu xususiyatlardan tashqari, polimer biomateriallarni qayta ishlash jarayonida strukturaviy va morfologik parametrlarni tartibga solish orqali kimyoviy, elektr va fizik xususiyatlarni yaxshilash mumkin. Yuqori klinik talablar tufayli olimlar ilg‘or qayta ishlash texnologiyalarga e'tibor qaratmoqdalar. Bundan tashqari, polimer biomateriallarning o‘ta katta tadqiqot talab qiladigan sharoitlari tufayli, ko‘plab tadqiqotlar polimer biomateriallar klinik qo‘llanmalarda qo‘llanilishidan oldin qanchalik to‘g‘ri qayta ishlanganligini aniqlash uchun ko‘plab aniq tavsiflash usullari o‘rganiladi. Shuning uchun, ushbu tadqiqotlar klinik doirada polimer biomateriallarni ishlab chiqish bo‘yicha keng qamrovli umumiy ma'lumot va qo‘llanma berish uchun polimer biomateriallarni qayta ishlash usullari va tavsiflash texnikasini chuqurroq tqdqiq qilinishini talab qiladi. [3].

Polimerlardan tibbiyotda foydalanishning jadal kengayishi bilan bir qatorda, bu sohada hali ham bir qator hal qilinmagan dolzarb masalalar mavjud. Masalan, organizm a’zolari va to‘qimalarini almashtirish uchun polimer komponentlardan foydalanishda ushbu mahsulotlardan voz kechish holatlari uchraydi [4]. Bu polimerlarning organizm to‘qimalari bilan biologik nomuvofiqligi bilan bog‘liq, shuning uchun yaqin kelajakda ko‘plab olimlar va tadqiqotchilarning sa’y-harakatlari yuqori biologik muvofiqlik bilan tavsiflangan yangi polifunksional polimer markalarini ishlab chiqishga qaratilgan [5].

Xizmat funksiyalari boshqariladigan polifunksional biomateriallar - biologik faol polimerlarning boshqa guruhini ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqotlar qiziqarli va istiqbollidir. Bunday polimerlardan bo‘shliq operatsiyalari uchun innovatsion tikuv materiallari, ochiq yaralar uchun antiseptiklar yoki dori vositalarini butun tana bo‘ylab tashish uchun vositalar ishlab chiqarishda foydalanish mumkin.

ISSN 3030-3907

Organizmda bu materiallar asta-sekin parchalanishga uchraydi, shu bilan birga turli funksional guruhlar hisobiga o‘ziga xos funksiyalarni bajaradi [6].

Polimerlar va ular asosidagi kompozitlarga qo‘yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat: asosiy fizik-mexanik xossalarining barqarorligi; suyuq muhitlar va sterillovchi agentlar ta’sirida buyumlarning barqarorligini ta’minlaydigan kimyoviy turg‘unligi (inertligi); tarkibida quyi molekulyar aralashmalar, stabilizatorlar, katalizatorlar va boshqa texnologik qo‘shimchalarning minimal miqdori; hidning yo‘qligi; issiqlik (shu jumladan avtoklavlash) va radiatsiya sterilizatsiyasiga bardosh berish qobiliyati; polimer material bilan aloqada bo‘lgan suyuq tibbiy preparatlar tarkibining barqarorligi; zaharli va kanserogen moddalarning ajralib chiqmasligi; tirik to‘qimalarni jarohatlash xavfining yo‘qligi hamda qon ivishi va gemolizga ta’sir ko‘rsatmasligi; oqsillar, fermentlar denaturatsiyasini boshlash va metabolizm tizimida og‘ishlarni keltirib chiqarish qobiliyatining yo‘qligi; to‘qimalardagi elektr (elektrofizik) muvozanatni buzish qobiliyatining yo‘qligi; tirik organizm tarkibiga kiruvchi kimyoviy moddalar, dori-darmonlar, sterilizatsiya qiluvchi vositalar ta’sirida mexanik parchalanish xavfining yo‘qligi; mahsulot yuzasining barqaror tuzilishi. Poliakrilonitril va uning polifunksional modifikatsiyalari asosida ushbu talablarga javob beradigan biomateriallar olish imkoniyatlari ko‘rib chiqilmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Poliakrilonitril (PAN) tibbiyotda, asosan, o‘zining mustahkam va kimyoviy jihatdan chidamli tolalari tufayli tikuvchilik materiallarini ishlab chiqarishda (ayniqsa, yuqori mustahkamlik va biomoslashuvchanlik talab qilinadigan joylarda), shuningdek, tibbiy filtrlar, protezlar va implantlarni yaratishda (to‘qima muhandisligi uchun komponent yoki matritsa sifatida, masalan, suyak implantlarida) va ba’zi qutbli erituvchilarda erishi tufayli dori vositalarini yaratish uchun asos sifatida ishlatiladi.

PAN O‘zbekistonda ishlab chiqariladi, xususan, u "Navoiyazot" AJ tomonidan PAN STP Uz 6,1-46-95 markasi ostida, shuningdek, uning burg‘ilash eritmalari uchun ishlatiladigan gidrolizlangan PAN ("Gipan", K-4) kabi modifikatsiyalari ishlab chiqariladi.

Hozirgi vaqtda O‘zbekiston kimyo-farmatsevtika ilmiy-tadqiqot institutida mahalliy PAN modifikatsiyalari asosida tibbiyot va farmatsevtikada qo‘llaniladigan polifunksional biomateriallar olish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda.

Tadqiqotning maqsadi PAN modifikatsiyalari asosida to‘qima muhandisligida qo‘llaniladigan tibbiyot uchun biomoslashuvchan tolalar, gibrid materiallar, filtrlar va membranalar, qoplamalar uchun yaxshilangan xususiyatlarga ega tolali materiallar (antibakterial xususiyatlarga ega, yuqori

ISSN 3030-3907

biomoslashuvchan va to‘qimalar regeneratsiyasini yaxshilash kabi yangi funksiyalarga ega) yaratishdan iborat. Ushbu modifikatsiyalar implantlar, dori-darmonlarni yetkazib berish tizimlari, filtrlash va biosensorlar uchun yangi avlod materiallarini yaratish imkonini beradi [7].

Modifikatsiyalash uchun kimyoviy modifikatsiyalash usullaridan foydalanish ko‘zda tutiladi: gidroliz, aminlash, amidoksimlash, shuningdek, gidrolizlangan hosilalarni turli faol guruhlarni biriktirib qayta ishlash. PAN gidrolizi natijasida unga dastlabki gidrofillik xususiyati beriladi, bunda nitril guruhlari karboksil (-COOH) yoki amid ($-CONH_2$) guruhlariga aylanadi [8]. Gidroliz darajasini o‘zgartirish orqali olinadigan biomaterialning xususiyatlarini, uning biologik faolligini, kiritiladigan faol guruhlar miqdorini nazorat qilish mumkin.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Modifikatsiya darajasini spektroskopik usul bilan tekshirish mumkin, bunda 2240 sm-1 sohada (-CN) guruhining cho‘qqisi kamayadi va 1730 sm-1 sohada yangi guruhlar, masalan (-COOH) paydo bo‘ladi.

1-Jadval

Modifikatsiyalangan PAN eng yuqori texnologiyali sohalarda qo‘llaniladi:

Qo‘llanish sohasi	Modifikatsiya turi	Funksiya
Gemodializ	Yuzani gidrofillash	Tromb hosil bo‘lishini oldini oluvchi yuqori biomoslashuvchan membranalar yaratish.
To‘qima muhandisligi	Elektrospinning + biomolekulalar	Teri hujayralari, qon tomirlari va asab to‘qimalarining o‘sishi uchun matritsalar yaratish.
Dori vositalarini yetkazib berish tizimlari.	Sopolimerlar sintezi	Modifikatsiyalangan zanjirlarning rN sezgirligi hisobiga dori vositalarini manzilli yetkazib berish.
Toksinlar sorbsiyasi	Xelatlovchi guruhlarni kiritish	Biologik suyuqliklarni og‘ir metall ionlari va maxsus endotoksinlardan tozalash.

Polifunksional va "aqlli" materiallar olish istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Zamonaviy tadqiqotlar bir vaqtning o‘zida bir nechta funksiyalarga ega bo‘lgan materiallarni yaratishga qaratilgan. Masalan:

Antibakterial faollik + Regeneratsiya: Kumush nanozarrachalari va o‘sish omillari bilan modifikatsiyalangan PAN tolalari.

Stimul-javob: Yallig‘lanish o‘chog‘ida harorat yoki pH o‘zgarishiga javoban o‘z o‘tkazuvchanligi yoki shaklini o‘zgartiradigan polimerlarni yaratish.

ISSN 3030-3907

Amidoksimlash. Bu PANning gidroksilamin (NH2OH) bilan suv-spirtli muhitdagi o‘zaro ta’siridir.

Mexanizmi: nitril guruhi amidoksim guruhiga aylanadi -C (NH_2) =N-OH. Polimer oraliq metallar (Cu^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{3+}) ionlarini bog‘lash xususiyatiga ega bo‘ladi. Tibbiyotda u organizmdan ortiqcha temir yoki misni chiqarib yuboradigan gemosorbentlarni yaratish, shuningdek, materialga uzoq muddatli antibakterial ta’sir ko‘rsatish maqsadida kumush ionlarini (Ag^{+}) immobillash uchun ishlatiladi.

XULOSA. Bugungi kunda tibbiyotda polimerlarni qo‘llashning dolzarb yo‘nalishi PAN nanotolalarini elektr yigirish (electro-spinning) yo‘li bilan olish va unga faol guruh tutgan monomerlarni biriktirish, yakuniy bosqichda esa hosil bo‘lgan guruhlarga fermentlar yoki antibiotiklarni biriktirish orqali polifunksional biomateriallar olish hisoblanadi. Bulardan tashqari bu polimerlar asosidagi kimyoviy reagentlar yuqori stabillash xususiyatiga ham ega ekanligi tadqiqotlar bilan asoslandi. Bunday biomateriallar innovatsion intellektual bintlar ishlab chiqarishda, qon ivishining oldini oladigan va yangi endotelial hujayralarning o‘sishiga yordam beradigan sun’iy tomirlarni olishda qo‘llaniladi. Shu bilan birga, polimer materiallar va kompozitlarni tibbiy amaliyotga o‘z vaqtida joriy etish maqsadida tashkiliy-texnik tadbirlarni tizimlashtirish talab etiladi, bu esa davolash jarayonining umumiy sifati va samaradorligini oshirishga yordam beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Cheirmadurai Kalirajan, Amey Dukle, Arputharaj Joseph Nathanael, Tae-Hwan Oh, Geetha Manivasagam A Critical Review on Polymeric Biomaterials for Biomedical Applications. Polymers (Basel). 2021 Sep 6;13(17):3015.

2. Nauman Nazeer, Marya Ahmed. Polymers in medicine. 2020, Polymer Science and Nanotechnology.

3. Cagatay Elibol, ... Kadir Sagir Processing and characterization of polymeric biomaterials. 2023, Handbook of Polymers in Medicine

4. Кочеткова, Е.М. Полимеры в медицине. // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам CXCIV международной научно-практич. конф., Москва, 21 декабря 2020 года. Том 47 (194). – Москва: "Интернаука", 2020. – С. 213-215.

5. А.Н. Панченко. Применение полимерных материалов в медицинских целях. International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol. 6-2 (69), 2022. Ст.6-9.

6. Лось Д.М., Шаповалов В.М., Зотов С.В. Применение полимерных материалов для изделий медицинского назначения. Проблемы Здоровья и Экологии. 2020; 64(2): 5-13

ISSN 3030-3907

7. Васнецова ОА. Медицинское и фармацевтическое товароведение: 3-е изд., перераб. и доп. Москва, РФ: Авторская Академия; 2016. 424 с.
8. Каршиев М.Т., Нуркулов Ф.Н. Синтез и исследование модифицированного полиакрилонитрила // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2025. 2(128). Ст.56-59.
9. Рахматов, Х. Б., & Тогаев, А. И. У. (2023). Исследование кинетики реакции высокомолекулярных углеводородов с синтез-газом. Universum: технические науки, (12-6 (117)), 32-36.
10. Rahmatov, X. B., Tog‘ayev, A. I., & Kamolov, L. S. FISHER-TROPSH JARAYONI ASOSIDA BENZIN QATORI SUYUQ UGLEVODORODLAR SINTEZINING ILMIY ASOSLARINI ISHLAB CHIQISH. ҚарДУ ХАБ, 95.
11. Рахматов, Х. Б., Тогаев, А. И., & Камолов, Л. С. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА И КОНВЕРСИЯ МЕТАНА В НИЗШИЕ ОЛЕФИНЫ–ЭТИЛЕН, ПРОПИЛЕН И БУТИЛЕН. ҚарДУ ХАБ, 53.
12. Рахматов, Х. Б., Тагаев, А. И., & Камолов, Л. С. ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО БЕНЗИНА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА. ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ТАҲРИРИЯТ ҲАЙЪАТИ: Бош муҳаррир, 72.
13. DAVLAT, A. R. B. N. T., & UNIVERSITETI, T. Tahlilning fizikA-kimyoviy usullari.
14. Omanov, B., & Allanazarova, O. (2024). ETILENDAN VINILASETATNING KATALITIK SINTEZI VA TEXNOLOGIYASI. Инновационные исследования в современном мире: теория и практика, 3(15), 160-161.
15. Shaymardon o‘g‘li, T. J. SINTETIK NAFTA TARKIBIDAGI SUYUQ PARAFIN UGLEVODORODLARINING SELEKTIV KATALIZATOR TA’SIRIDA SIKLLANISHI. O ‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI, 43.
16. Yer osti gidravlika” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni hisob dasturi
17. Togayev, A. (2025). PRODUCTION OF HIGH-ACTIVITY CATALYSTS FOR OBTAINING LIQUID HYDROCARBONS FROM NATURAL GAS. Austrian Journal of Technical & Natural Sciences.
18. Qobilov, N. S., & Ergashev, S. J. (2026). MOYLOVCHI MATERIALLAR UCHUN SIRT FAOL MAODDALAR TARKIBI VA TEXNOLOGIYASI. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(1).
19. Qobilov, N. S., & Ergashev, S. J. (2026). YOG ‘-MOY SANOATI CHIQINDILARINING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ULAR

ISSN 3030-3907

ASOSIDA SIRT FAOL MODDALAR ISHLAB CHIQISH. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(1).

ISSN 3030-3907

УДК 532.5

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ВОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОНИЦАЕМОСТИ ДНА И БОКОВЫХ СТЕНОК КАНАЛОВ

Усмонов Алишер Хабибулло угли

Заведующий кафедрой «Инженерные и цифровые технологии» Университета «Сарбон».

E-mail: alishertuit@mail.ru

Аннотация. В данной статье проанализировано влияние изменения коэффициента проницаемости дна и боковых стенок каналов на величину потерь воды. Потери воды в оросительных каналах в основном связаны с процессами инфильтрации, которые напрямую зависят от конструкции канала и свойств грунта. В ходе исследования коэффициенты проницаемости дна и боковых стенок канала рассматривались при различных значениях, а изменение величины потерь воды оценивалось с использованием математических и графических методов. Полученные результаты имеют важное значение для рационального использования водных ресурсов, снижения потерь воды в оросительных системах, а также совершенствования процессов проектирования и эксплуатации каналов.

Ключевые слова: канал, потери воды, коэффициент проницаемости, инфильтрация, дно канала, боковые стенки, оросительная система, свойства грунта, гидравлические процессы.

Annotatsiya. Ushbu maqolada kanallar tubi va yon devorlarining o‘tkazuvchanlik koeffitsienti o‘zgarishining suv yo‘qotilishiga ta’siri tahlil qilinadi. Sug‘orish kanallarida suv yo‘qotilishi asosan infiltratsiya jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lib, bu jarayon kanal konstruksiyasi va grunt xususiyatlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot davomida kanal tubi va yon devorlarining o‘tkazuvchanlik koeffitsientlari turli qiymatlarda ko‘rib chiqilib, suv yo‘qotilish miqdorining o‘zgarishi matematik va grafik usullar orqali baholandi. Olingan natijalar suv resurslaridan samarali foydalanish, sug‘orish tizimlarida suv yo‘qotilishini kamaytirish hamda kanallarni loyihalash va ekspluatatsiya qilish jarayonlarini takomillashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: kanal, suv yo‘qotilishi, o‘tkazuvchanlik koeffitsienti, infiltratsiya, kanal tubi, yon devorlar, sug‘orish tizimi, grunt xossalari, gidravlik jarayonlar.

Abstract. This article analyzes the effect of changes in the permeability coefficient of canal beds and side walls on water losses. Water losses in irrigation canals are mainly associated with infiltration processes, which are directly influenced by canal design and soil properties. During the study, various values of permeability

ISSN 3030-3907

coefficients for the canal bed and side walls were considered, and changes in water loss were evaluated using mathematical and graphical methods. The obtained results are of great importance for efficient water resource management, reduction of water losses in irrigation systems, and improvement of canal design and operation processes.

Keywords: canal, water loss, permeability coefficient, infiltration, canal bed, side walls, irrigation system, soil properties, hydraulic processes.

ВВЕДЕНИЕ.

Рациональное использование водных ресурсов является одной из наиболее актуальных задач современного водного хозяйства, особенно в условиях развития орошаемого земледелия и дефицита пресной воды. Значительная часть потерь воды в оросительных системах связана с фильтрацией через дно и боковые стенки каналов, что существенно снижает эффективность водоподачи и приводит к перерасходу водных ресурсов.

Интенсивность фильтрационных потерь определяется физико-механическими свойствами грунта, конструктивными особенностями каналов, а также величиной коэффициента проницаемости дна и боковых стенок. Изменение коэффициента проницаемости может быть обусловлено неоднородностью грунтов, колебаниями уровня грунтовых вод, изменением концентрации солей, а также длительной эксплуатацией каналов. В этих условиях возникает необходимость всестороннего анализа влияния проницаемости элементов канала на величину потерь воды.

В настоящее время для исследования процессов фильтрации в оросительных каналах широко применяются методы математического моделирования и аналитические подходы, основанные на законе Дарси и теории потенциальных течений. Использование таких методов позволяет получить количественные зависимости между параметрами фильтрационного процесса и гидравлическими характеристиками канала, а также оценить влияние изменения коэффициента проницаемости на распределение скоростей, линию депрессии и величину водных потерь.

Постановка вопроса. Фильтрации воды из оросителя бороздового типа ирригационной системы. Почвы грунта являются многофазной и многокомпонентной средой, и состоит из почвенного скелета, которого берем за твердой фазой. Почвенный скелет имеет сложную геометрию и обладает большой удельной поверхностью. Который имеет своего рода большой проницаемостью, т.е. фильтрации жидкостей, поэтому коэффициент фильтрация имеет определённое значение в зависимости от концентрации жидкости.

ISSN 3030-3907

Рассмотрим задачу о фильтрации воды из оросителя бороздового типа ирригационной системы (рис.1.), при этом учитывается капиллярность грунта. Для применения к решению задачи струйного метода Жуковского, оросителя заменим источником жидкости. В дальнейших предположениях, принимая одну из линий равных напоров за поперечные сечения русла оросителя, распространим полученные результаты на случай оросителя, ближнего к трапеции поперечного сечения.

Рассматривается задача о фильтрационном течении воды из канала в плоской постановке ([7],[8]). Предположим, что поток воды течет равномерно по каналу трапецеидального поперечного сечения BCDC'B' со средней скоростью V_T - с расходом:

$$Q = V_1[bH + (B - b)H + \beta\pi]$$

H-глубина потока в канале определяемой равенств и свободной поверхности канала, *b, B*- ширина дна канала.

Где

$$H = \frac{B - b}{2} tg\beta\pi$$

По смещенному периметру *DCB,* происходит протекания жидкости (воды) в почву равномерно, а форма поперечного сечения призматического русла состоит из равнобедренной трапеции, с углом наклона-$\beta\pi$. боковых сторон к горизонтальной плоскости. Тогда вертикальная линия -*DE* будет симметричной линией фильтрационного потока и совпадает с координатной линией oy.Вследствие подвижности потока по (руслам) каналу, жидкость, проникает в грунт под углом $\alpha\pi$ (в область G_z).

Для водоема, где жидкость (вода) находится в колебании равновесия, угол проникание будет равен $\alpha\pi = \frac{\pi}{2}$ (вертикально к стенкам корпуса). Вдали от источника (стенки и дно канала) кривая депрессии становится горизонтальным и это создаёт условию применение рассматриваемой задачи струйную модель И.Е. Жуковского (рис.1). При предположение кривой подпора K_1K (рис1) непроницаемой и расположенной горизонтально.

Канал расположен на поверхности грунта, который имеет коэффициент проницаемости- k. Через смоченный периметр трапеции *BCDC'B'* происходит фильтрации воды, которая распространяется по грунту, а на глубине h_F имеется непроницаемый водоупор *EA*. Если коэффициент проницаемости-$k(x, y)$ симметричен относительно вертикальной оси *ED(Oy)*, то за областью течения G_z *(z=x+iy)* примем *AEDCBF* (где *x>0*), при этом образуется свободная поверхность *AFB*, где точка *F*-является точкой перегиба. При отсутствии точки перегиба точка *F* совпадает с точкой *B*.

ISSN 3030-3907

Вдоль границы *DE*, в основном, происходит вертикальное течение из-за симметрии области течения G_z. В качестве закона фильтрациии принят закон Дарси [1]:

$$\vec{V} = -kgradh \qquad (1)$$

Где $\vec{V}$ – фильтрационная скорость; h- напор.

Здесь:

$$h = \frac{p}{\rho g} + y,$$

Где h - пьезометрическая высота, p, ρ –давление и плотность частиц жидкости, y – ордината точки.

Предположим, что течение потенциальное, тогда можно ввести потенциал скорости $\phi(x, y)$ в виде

$$\vec{V} = u\vec{i} + v\vec{j} = grad\phi.$$

откуда

$$u = \frac{\partial\phi}{\partial x}, v = \frac{\partial\phi}{\partial y}. \qquad (2)$$

Отсюда получим равенство $grad\phi = -kgradh$

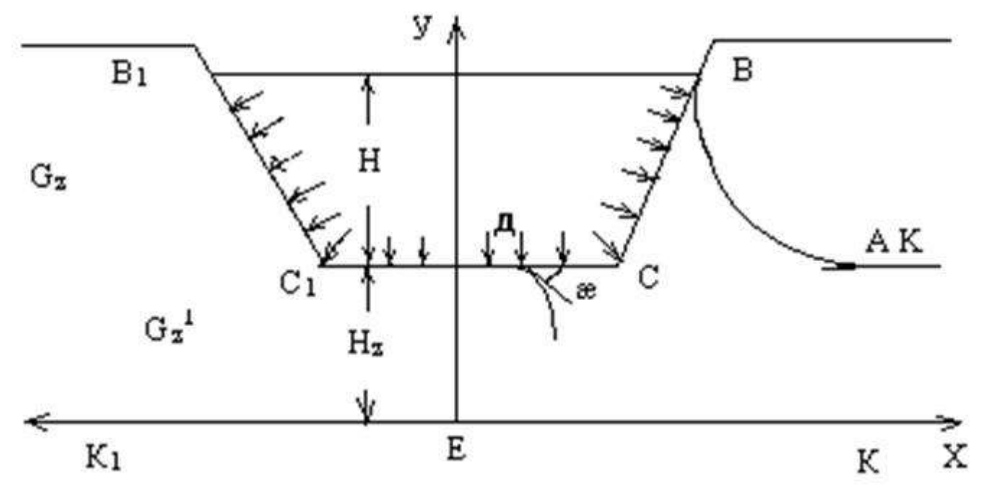


Рис. 1. Зависимость потерь воды от изменения коэффициента проницаемости дна и боковых стенок каналов

или

$$\frac{\partial\phi}{\partial x} = -k\frac{\partial h}{\partial x}, \frac{\partial\phi}{\partial y} = -\frac{\partial h}{\partial y}k.$$

При постоянстве коэффициента проницаемости k в области течения будем иметь следующую функцию скорости потенциала:

$$\phi = -kh + C \quad \text{или} \quad \phi + kh = C$$

Если жидкость несжимаема, то:

$$(\rho = const)$$

и поэтому уравнение неразрывности имеет следующий вид:

ISSN 3030-3907

$$div\vec{V} = 0$$

Введем функцию тока, $\psi(x,y)$ удовлетворяющую уравнению неразрывности:

$$u = \frac{\partial\psi}{\partial y}, v = -\frac{\partial\psi}{\partial x}.$$

$$u = \frac{\partial\phi}{\partial x} = \frac{\partial\psi}{\partial y} = -k\frac{\partial h}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial\phi}{\partial y} = -\frac{\partial\psi}{\partial x} = k\frac{\partial h}{\partial y}. \qquad (4)$$

Учитывая равенства (2) и (3), получаем следующую зависимость между введенными нами к рассмотрению функциями $\phi(\mathrm{x},\mathrm{y})$ и $\psi = (\mathrm{x},\mathrm{y})$:

$$\frac{\partial\psi}{\partial y} = -k\frac{\partial h}{\partial x}, \qquad \frac{\partial\psi}{\partial x} = k\frac{\partial h}{\partial y}. \qquad (5)$$

Если коэффициент проницаемости κ постоянен, то функция $\phi(\mathrm{x},\mathrm{y})$ $\psi = (\mathrm{x},\mathrm{y})$ и $h(x,y)$ будут гармоническими в области течения, а при переменном к(x,y) в силу равенства:

$$\vec{V}\psi = [gradk, gradh]$$

Получаем, что вдоль линии постоянного напора коэффициент проницаемости должен быть постоянным, т.е.

$$gradk = gradh,$$

отсюда получаем равенство $[gradk, gradh] = 0$.

Решение задачи строим известным методом Жуковского [2]. Для этого введем в рассмотрение каноническую область G_0, (верхнюю полуплоскость, где $\varsigma = \xi + i\eta$ и $\eta = 0$), действительная ось которой совпадает с границей области течения G_z, где *(z=x+iy)*, а также функцию Жуковского

$$\omega(\varsigma) = ln\frac{V_0}{V} = \tau + i\theta(\xi,\eta),$$

Где V_0 −скорость фильтрации в некоторой точке свободной поверхности BFA; $\vec{V} = u - iv$ −сопряженная комплексная скорость, $\tau = ln\frac{V_0}{|V|}, \theta(\xi,\eta)$ − угол наклона вектора скорости $\vec{V}$ к горизонту, т.е. к оси *Ox*.

Для введенной функции $\omega(\varsigma)$ будем иметь следующие граничные условия ([1],[2],[3]):

вдоль KA при $\eta = 0, \xi \in [-\infty, -a], lm\omega = 0,$

вдоль AFB при $\eta = 0, \xi \in [-a, 0], Re\,\omega = \tau_i(\xi),$

вдоль BC при $\eta = 0, \xi \in [0, c], lm\omega = \beta\pi - \alpha\pi,$

вдоль CD при $\eta = 0, \xi \in [c, 1], lm\omega = -\alpha\pi,$

вдоль DE при $\eta = 0, \xi \in [1, e], Im\,\omega = -\frac{\pi}{2},$

вдоль EK при $\eta = 0, \xi \in [e, \infty], lm\omega = 0.$

ISSN 3030-3907

Введя функцию $\omega_1(\varsigma) = \frac{\omega(\varsigma)}{\sqrt{\varsigma}\sqrt{\varsigma+a}}$ и пользуясь интегральной формулой Шварца (4),

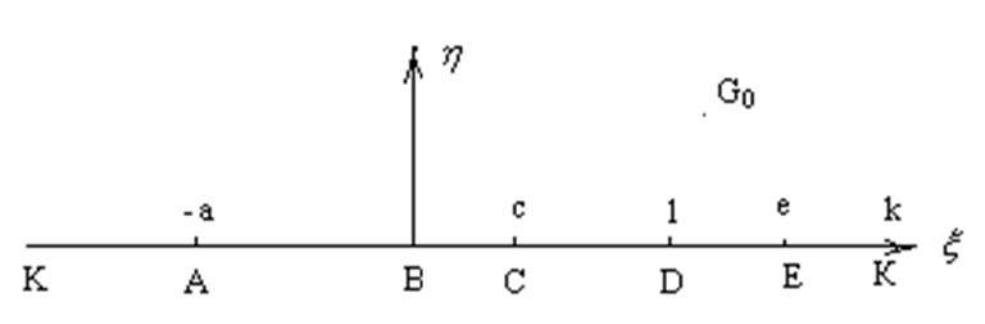


Рис. 2. Каноническая область фильтрационного течения

получим аналитическое вкражение для функции Жуковского [5,6]:

$$\omega(\varsigma) = \frac{\sqrt{\varsigma}\sqrt{\varsigma+a}}{\pi}\int_{-a}^{a}\frac{\tau_1(t)dt}{\sqrt{|t|}\sqrt{|t+a|}(t-\varsigma)} - (x-\alpha)I_2(\varsigma) - \alpha I_3(\varsigma) \qquad (6)$$

$$I_2(\varsigma) = \int_0^a \frac{dt}{\sqrt{t}\sqrt{a+t}(t-\varsigma)},\ I_3(\varsigma) = \int_c^1 \frac{dt}{\sqrt{t}\sqrt{a+t}(t-\varsigma)},$$

$$I_1(\varsigma) = \int_{-a}^{a}\frac{\tau_1(t)dt}{\sqrt{|t|}\sqrt{|t+a|}(t-\varsigma)}$$

Для определения неизвестной функции $\tau_1(t)$, используя условие постоянства давления вдоль свободной поверхности AFB, будем иметь равенство (при отсутствии инфильтрации и испарения) (1).

$$\tau_1 = ln\left[\frac{k}{V_0}sin\,\theta\,(\xi)\right] \qquad (7)$$

Учитывая равенство (6) и (7), а также теорему Сохоцкого-Племеля (5), получим следующее сингулярное уравнение вдоль свободной поверхности AFB:

$$\theta(\xi) = \frac{\sqrt{|\xi|}\sqrt{|\xi+a|}}{\pi}\int_{-a}^{a}\frac{ln\left[\frac{k}{V_0}sin\,\theta(t)\right]dt}{\sqrt{|t|}\sqrt{|t+a|}(t-\xi)} + \theta_0(\xi) \qquad (8)$$

Где

$$\theta_0(\xi) = lm[(\alpha-x)I_2(\varsigma) - \alpha I_3(\varsigma)]$$

Решение нелинейного сингулярного интегрального уравнения осуществляется методом последовательных приближений, где за нулевое приближение принимается случай отсутствия силы тяжести и сил поверхностного натяжения $\theta^{(0)} = \theta_0(\xi)$:

$$\theta^{(S)}(\xi) = \frac{\sqrt{|\xi|}\sqrt{|\xi+a|}}{\pi}\int_{-a}^{0}\frac{ln\left[\frac{k}{V_0}sin\,\theta^{(S-1)}(t)\right]dt}{\sqrt{|t|}\sqrt{|t+a|}(t-\xi)} + \theta_0(\xi) \qquad (9)$$

Приведем решение задачи в линейной постановке, где предполагается, что модуль скорости фильтрации на отрезке [a,0] при $\eta = 0$ линейно зависит от ξ:

ISSN 3030-3907

$$V = V_1(a+\xi) = V_0(1+\xi/a) \qquad (10)$$

Тогда $\tau_1(\xi) = ln(1+\frac{\xi}{a})$ и для функции Жуковского в области G_0 имеет вид

$$\omega(\varsigma) = ln[\phi(\varsigma)] \qquad (11)$$

Где

$$\phi(\varsigma) = [F(-a,\varsigma)]^{-2}[F(c,\varsigma)]^{-2\beta}[F(1,\varsigma!]^{2a-1}[F(e,\varsigma)]^{-1}, \qquad (12)$$

$$F(-a,\varsigma) = \frac{\sqrt{\varsigma+a}}{\sqrt{\varsigma}+\sqrt{\varsigma+a}}, \quad F(1,\varsigma) = \frac{\sqrt{a}\sqrt{\varsigma-1}}{\sqrt{\varsigma}\sqrt{a+1}+\sqrt{\varsigma+a}},$$

$$F(c,\varsigma) = \frac{\sqrt{a}\sqrt{\varsigma-c}}{\sqrt{\varsigma}\sqrt{a+c}+\sqrt{c}\sqrt{\varsigma+a}}, \quad F(e,\varsigma) = \frac{\sqrt{a}\sqrt{\varsigma-e}}{\sqrt{\varsigma}\sqrt{a+e}+\sqrt{e}\sqrt{\varsigma+a}},$$

Отсюда находим вкражение для сопряженной комплексной скорости в области G_0

$$\bar{V} = V_0[F(-a,\varsigma)]^{-2}[F(c,\varsigma)]^{-2\beta}[F(1,\varsigma)]^{1-2a}[F(e,\varsigma)]. \qquad (13)$$

Теперь приступим кпостроению функции комплексного потенциала $w = \phi + i\psi$ в области G_0.

Вдоль *BC, DC* при $\eta = 0, \xi \in [0,1], Im\frac{dw}{d\varsigma} = \psi_\xi;$

Вдоль *KA, AB, DE*, и *EK* при $\eta = 0, \xi \in [0,1], Im\frac{dw}{d\varsigma} = 0.$

Учитывая эти краевые условия и интегральную формулу Шварца, получим интегральную равенству:

$$\frac{dw(\varsigma)}{d\varsigma} = \frac{1}{\pi}\int_0^1 \frac{\psi_1 dt}{t-\varsigma} \qquad (14)$$

Отсюда при условии вдоль проницаемкх границ *BC* и *CD* ,$\eta = 0, \xi \in [0,1]$ получим равенство:

$$\phi(\xi,0) = \frac{1}{\pi}\int_0^1 \frac{\psi_1 dt}{t-\varsigma} \qquad (15)$$

Тогда для неизвестной функции ψ_ξ получим следующее сингулярное интегральное уравнение:

$$\psi_\xi = \frac{tg\alpha\pi}{\pi}\int_0^1 \frac{\psi_1 dt}{t-\varsigma} \qquad (16)$$

Решением уравнения (16) получим функцию

$$\psi_\xi = \frac{Q\sin\alpha\pi}{\pi\xi}\left(\frac{\xi}{1-\xi}\right)^a \qquad (17)$$

Далее из равенств (15) и (16) определяем функции $w(\xi)$ и ϕ_ξ:

$$\phi_\xi = \frac{Q\cos\beta\pi}{\pi\xi}\left(\frac{\xi}{1-\xi}\right)^a \qquad (18)$$

Функция комплексного потенциала определится интегрированием из формулы (15):

ISSN 3030-3907

$$w(\varsigma) = \frac{Q}{\pi}\left(\frac{t}{t-1}\right)^{a}\frac{dt}{t} \qquad (19)$$

Используя выражения для комплексной скорости (13) и комплексного потенциала, получим выражение для функции, отображающей область течения $G_{я}$ на область G_0:

$$z(\varsigma) = \frac{Q}{\pi V}\int_0^c \frac{1}{\varphi(t)}\left(\frac{t}{t-1}\right)^{a}\frac{dt}{t} + z_B \qquad (20)$$

Где

$$z_B = b + \frac{B-b}{2} + i\frac{B-b}{2}tg\beta\pi$$

Таким образом, решение задачи определяется выражениями (13), (20), полученными в параметрической форме:

$$\begin{cases}\bar{V} = u - iv = \phi(\varsigma)V_0 \\ z(\varsigma) = \frac{Q}{\pi V_0}\int_0^{\zeta}\frac{1}{\phi(t)}\left(\frac{t}{t-1}\right)^{\alpha}\frac{dt}{t} + z_H\end{cases} \qquad (21)$$

$\bar{V}$-скорость частиц жидкости, $z(\varsigma)$ - характерная функция движущейся жидкости.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В результате проведённого математического моделирования и численных расчётов установлено, что коэффициент проницаемости дна и боковых стенок каналов оказывает существенное влияние на величину потерь воды. Расчёты выполнены на основе закона Дарси при различных значениях коэффициента проницаемости в диапазоне

$$k = 10^{-6} \div 10^{-3}\ \text{м/с}$$

Полученные результаты показали, что с увеличением коэффициента проницаемости наблюдается монотонный рост фильтрационных потерь воды. При малых значениях коэффициента проницаемости ($k \le 10^{-5}$ м/с) потери воды незначительны и практически не влияют на общий расход воды в канале. Однако при увеличении коэффициента проницаемости свыше 10^{-4} м/с потери воды резко возрастают, что свидетельствует о высокой интенсивности фильтрационного процесса.

Установлено, что основная доля потерь воды приходится на фильтрацию через дно канала, что связано с большей площадью контакта воды с грунтом. В то же время вклад боковых стенок в общие потери возрастает при увеличении глубины потока и наклона стенок. В случае однородного коэффициента проницаемости дна и стенок канала зависимость потерь воды от коэффициента проницаемости носит близкий к линейному характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В результате проведённого исследования установлено, что коэффициент проницаемости дна и боковых стенок каналов

ISSN 3030-3907

является одним из определяющих факторов, влияющих на величину потерь воды в оросительных системах. Математическое моделирование фильтрационного процесса на основе закона Дарси позволило выявить закономерную зависимость между изменением коэффициента проницаемости и интенсивностью фильтрационных потерь.

Полученные результаты показали, что при низких значениях коэффициента проницаемости потери воды незначительны и практически не оказывают влияния на общий расход воды в канале. Однако с увеличением коэффициента проницаемости наблюдается резкий рост потерь воды, что особенно характерно для высокопроницаемых грунтов. При этом основная доля потерь приходится на фильтрацию через дно канала, тогда как вклад боковых стенок возрастает с увеличением глубины потока и площади увлажнённого периметра.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П.Я. Полубаринова - Кочина, Теория движения грунтовых вод, Москва, Наука, 1977, 664 с.
2. В. Ведерников, Теория фильтрации и ее применение в области ирригации и дренажа, Москва, 1939, 248 с.
3. А.Р.Цицкишвили. Изв СССР, Отд. техн. наук № 3, стр 125-133.
4. А.А.Хамидов, С.И.Худайкулов. Теория струй многофазной вязкой жидкости. Ташкент «Фан» 2005г.120 стр.
5. Woumeni R. S., Vauclin Michel. A field study of the coupled effects of aquifer stratification, fluid density, and groundwater fluctuations on dispersivity assessments // Advances in Water Resources, 2006, 29 (7). - P. 1037-1055.
6. Rehman Kh.Ur., Khan A.A., Malik M.Y., Usman Ali. Mutual effects of stratification and mixed convection on Williamson fluid flow under stagnation region towards an inclined cylindrical surface // MethodsX, 2017. Vol. 4. - P. 429–444.
7. Ravshanov N., Kurbonov N., Mukhamadiev A. An Approximate Analytical Solution of the Problem of Fluid Filtration in the Multilayer Porous Medium // International Journal of Computational Methods. - 2016. - Vol. 13, № 6. - 1650042 [10 pages] DOI: http://dx.doi.org/10.1142/S0219876216500420.
8. Khujaev I.Q., Mamadaliev X.A., Boltibaev Sh.K. Modelling the Propagation of mass consumption waves in the Pipeline with Damper of pressure Disturbances // Florence (Italy), International Journal of Sciences and Research. Vol. 74 | No. 8/1 | Aug 2018. DOI: 10/21506/j.ponte 2018.8.12. – PP. 163-170.
9. Malikov, Z., Mirzoev, A., Madaliev, M., Yakhshibayev, D., Usmonov A. Numerical simulation of flow through an axisymmetric two-dimensional plane

ISSN 3030-3907

diffuser based on a new two-fluid turbulence model // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). 03-05 November 2021, INSPEC Accession Number: 21532587, DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670145, Scopus Author ID: 57221789793

ISSN 3030-3907

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА.

Талибжан Умаров
Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан.
E-mail: umarovtalibjan@gmail.com
Мухаммади Туронов
Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан.
E-mail: turonovmuhammadi3@gmail.com
Дадаев Мирзахмад
Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан.
E-mail: mirzahmad1997@gmail.com

Аннотация. Практика эксплуатации сверл показывает, что применение в технологиях определенного типа сверл зависит не только от технологических требований (производительность, марка обрабатываемого материала, точность отверстий и т.д.), но и от соотношения затрат на приобретение инструмента, основных и вспомогательных приспособлений и их эксплуатацию. Надежность любого технического объекта (в данном случае технологической операции обработки отверстия) определяется количеством и видом отказов, возникающих в технологической системе (в данном случае - реальным количеством отказов по всей технологической цепочке при обработке данного отверстия. Поэтому в данной статье выделено основное внимание «Безотказности» технологической системы.

Ключевые слова: Показатель, инструмент, надежность, поломка сверла, комплексный технико-экономический показатель, качественный инструмент.

Annotatsiya. Parmalash amaliyoti shuni ko‘rsatadiki, ma’lum bir jarayonda ma’lum bir parmalsh turidan foydalanish nafaqat jarayon talablariga (mahsuldorlik, ish qismining navi, teshik aniqligi va boshqalar), balki asboblarni sotib olish, asosiy va ikkilamchi uskunalarning xarajatlar nisbati va ularning ishlashiga ham bog‘liq. Har qanday texnik obyektning ishonchliligi (bu holda, teshikni qayta ishlash jarayoni) jarayon tizimida sodir bo‘ladigan nosozliklar soni va turi bilan belgilanadi (bu holda, ma’lum bir teshikni qayta ishlash paytida butun jarayon zanjiri bo‘ylab haqiqiy nosozliklar soni). Shuning uchun, ushbu maqola asosan jarayon tizimining "Nosozliksiz ishlashi"ga qaratilgan.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: Ko‘rsatkich, asbob, ishonchlilik, burg‘ulashning sinishi, keng qamrovli texnik va iqtisodiy ko‘rsatkich, sifat asbobi.

Abstract. The practice of using drills shows that the use of a certain type of drills in technologies depends not only on the technological requirements (productivity, grade of the material being processed, accuracy of the holes, etc.), but also on the ratio of the costs of purchasing the tool, main and auxiliary devices and their operation. The reliability of any technical object (in this case, the technological operation of processing a hole) is determined by the number and type of failures that occur in the technological system (in this case, the actual number of failures along the entire technological chain when processing a given hole. Therefore, this article focuses on the “Failure-free operation” of the technological system.

Keywords: Indicator, tool, reliability, drill breakage, complex technical and economic indicator, quality tool.

ВВЕДЕНИЕ

Износ и долговечность инструмента тесно связаны с его надежностью. Для каждого инструмента и каждого сочетания параметров режима резания существует своя величина износа, определяющая предел экономической долговечности. При этом уровень надежности инструмента тем выше, чем стабильнее процесс резания на данной операции.

Повышение уровня автоматизации в современных технологических процессах механической обработки, а также ужесточение требований к качеству выпускаемой продукции вызвали необходимость формирования выходных технологических параметров с точки зрения надежности. При этом большая доля всех отказов на операциях механической обработки материалов, особенно труднообрабатываемых, приходится на инструмент. Прежде всего это отказы, связанные с размерным износом инструмента.

На рис.1 приведена схема классификации показателей качества инструментов, предложенная С.Б. Футоряном и В.В. Скибиным. Из схемы видно, что качество инструмента зависит от большого числа факторов, определяющими из которых являются: качество конструкции инструмента, качество исходных материалов и качество изготовления инструмента (степень соответствия параметров изготовленного инструмента техническим требованиям на его изготовление, предусмотренная соответствующими стандартами и обеспечиваемая заводом – изготовителем).

Показатели качества режущего инструмента объединяются в три группы: показатели качества обработки деталей, производительность обработки деталей и показатели надежности инструмента. Эти группы показателей взаимосвязаны. Например, с увеличением производительности

ISSN 3030-3907

(режимов резания) обычно снижаются показатели надежности инструмента и часто – качество изготавливаемых деталей.

- качество изготавливаемых деталей.

МЕТОДЫ

Взаимосвязь параметров качества инструмента (при условии заданного качества обработки детали) наиболее полно выражается с помощью обобщенного комплексного технико-экономического показателя, выражаемого через производительность инструмента с учетом его надежности и затрат на производство (или приобретение) инструмента:

$$A = \frac{V_m}{C + (P_1 + P_2) \cdot K}, \; V_m = t \cdot s \cdot V \cdot \Sigma T, \qquad (1)$$

где:

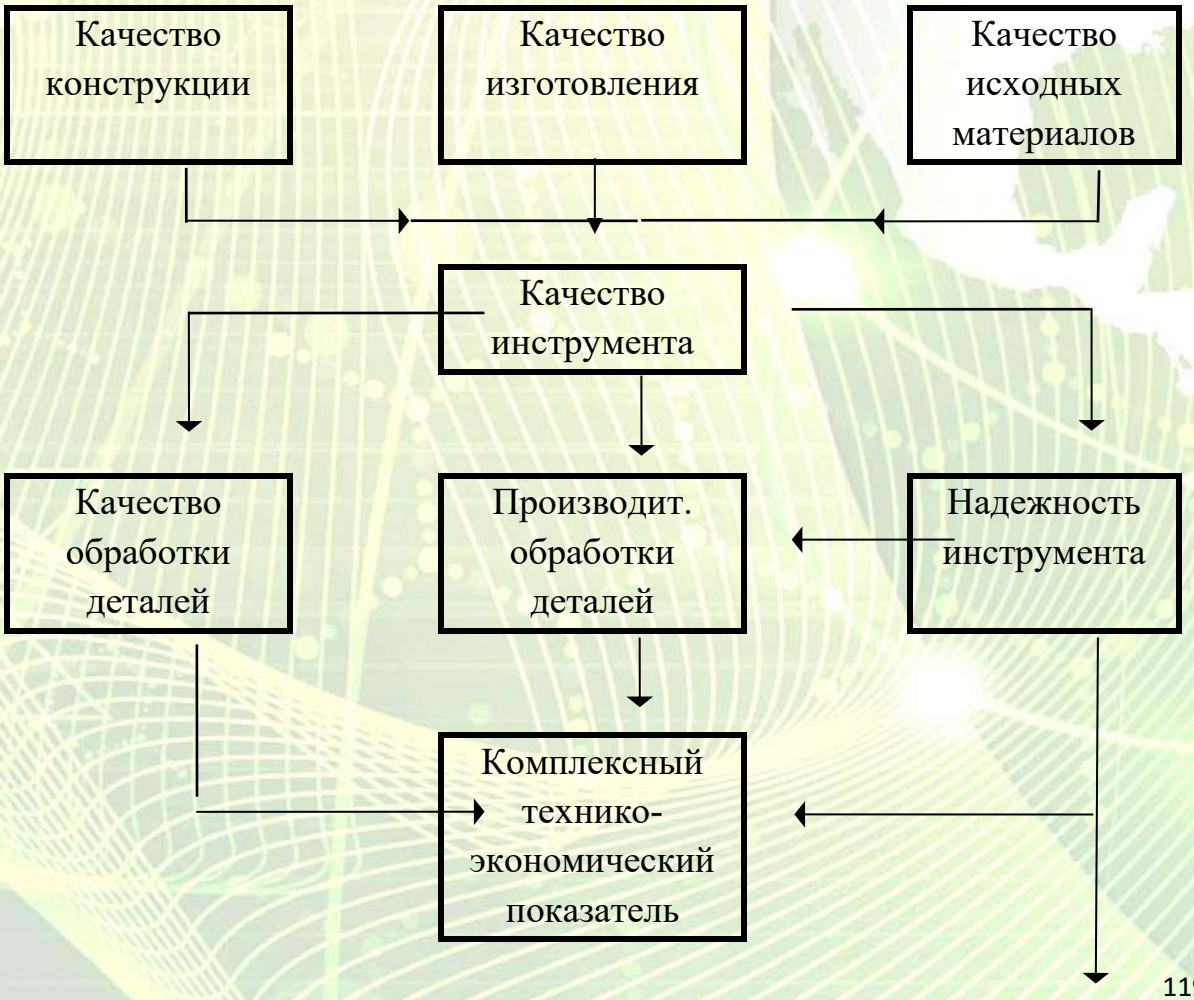
V_M - объем материала, срезаемый инструментом за определенный период времени, мм^3;

t, s, V - глубина резания, мм; подача, мм/об; скорость резания, м/мин;

C - стоимость изготовления или приобретения инструмента, у.е.;

P_1 - стоимость переточки (переналадки) инструмента, у.е.;

P_2 - стоимость простоя станка, связанная со сменой переналадкой инструмента), у.е.;



ISSN 3030-3907



Рис. 1. Классификация показателей качества инструментов [1]

***K* - число периодов стойкости инструмента до полного отказа;**

***ΣT* - средняя суммарная стойкость или долговечность инструмента.**

Надежность инструмента - это свойство выполнять обработку резанием, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных на операцию требованиях в течении определенного времени при соблюдении требуемого качества обработки. Согласно общепринятой в настоящее время терминологией определяется безотказностью, ремонтопригодностью, долговечностью и сохраняемостью [ГОСТ 13377-67

БЕЗОТКАЗНОСТЬ. Свойство инструмента сохранять работоспособность в течении заданного времени без вынужденных перерывов. Следует отличать понятия отказ инструмента и неисправность инструмента. Отказ - это состояние инструмента, заключающееся в нарушении его работоспособности в процессе резания, а неисправность - состояние инструмента, когда он не соответствует хотя бы одному из требований технической документации.

Отказы инструмента разделяются на конструкционные, обусловленные погрешностями его проектирования, и технологические, обусловленные его неправильным изготовлением и эксплуатацией. Выход инструмента из рабочего состояния определяется частичной или полной потерей его работоспособности. Поэтому отказы бывают устранимые, если работоспособность инструмента можно восстановить переточкой рабочих поверхностей, ремонтом корпуса или других его деталей, и неустранимые. В последнем случае инструмент списывают.

Устранимыми отказами могут быть износ, истирание или микро выкраивание, образование в процессе обработки качества детали ниже допустимого по точности, шероховатости поверхности или физико-механическим свойствам поверхности слоя; возникновение в процессе обработки повышенных сил резания, недопустимых для станка, приспособления или заготовки; образование стружки, опасной для рабочего; возникновение вибраций недопустимой интенсивности.

ISSN 3030-3907

Неустранимыми отказами являются: выкраивание одной из режущих кромок; поломка режущей пластины или ее отделение от корпуса инструмента вследствие разрушения припоя или механического крепления; разрушение корпуса инструмента или его опорной части под пластину. Каждый вид инструмента имеет свое относительное количественное соотношение различных видов отказов, которое зависит также от условий обработки. В таблице.1 приведены виды износа и отказов инструмента, характерные для сверл [2].

Продолжительность безотказной работы инструмента выражается временем работы τ_i до любого полного отказа, суммарным временем работы $\Sigma\tau_i$ до полного неустранимого отказа или числом переточек k_i до наступления полного неустранимого отказа. В массовом производстве более удобно определять эти характеристики числом деталей, обработанных данным инструментом (при сверлении - числом просверленных отверстий), до любого отказа $z_д$ и $\Sigma z_д$ до неустранимого отказа.

Таблица-1

Характер отказа	Возможные причины	Способы предупреждения и устранения
1	2	3
1. Выкрашивание режущих лезвий	1. Высокая скорость резания 2. Неправильный режим охлаждения (кол. и состав СОЖ 3. Наличие твердых включений	1. Уменьшить скорость резания 2. Увеличить количество СОЖ; изменить ее состав 3. Срубить твердые включения или заменить заготовку
2. Затупление режущих лезвий	1. Продолжительная работа сверлом с изношенной перемычкой 2. Завышенная подача 3. Неправильная заточка 4. Провертывание сверла в патроне 5. Плохая пригонка конусных поверхностей	1. Заточить сверло 2. Уменьшить подачу 3. Правильно заточить сверло 4. Тщательно закрепить сверло 5. Заменить конусную

ISSN 3030-3907

	хвостовика сверла и переходной втулки	втулку
3. Быстрый износ режущих лезвий	1. Высокая скорость резания	1. Уменьшить скорость резания
4. Повреждение кромок Ленточек	1. Кондукторная втулка большего размера, чем сверло	1. Заменить втулку
5. Поломка сверла	1. Сильное затупление сверла 2. Большой люфт шпинделя 3. Перегрузка сверла 4. Спиральная канавка забита стружкой 5. Малая скорость при большой подаче 6. Недостаточная величина заднего угла сверла 7. Пустоты, раковины и неоднородность обрабатываемого материала	1.Не доводить сверло до сильного затупления. 2. Отрегулировать шпиндель 3. Установить правильный режим работы 4. Чаще выводить сверло из отверстий, очищать его от стружки 5. Увеличить скорость или уменьшить подачу 6. Заправить сверло, увеличить задний угол 7. Заменить заготовку
6. Поломка лапки хвостовика	1. Наличие в переходной втулке грязи и заусенцев	1. Очистить и насухо

ISSN 3030-3907

	2. Плохая пригонка хвостовика в конусной переходной втулке	протереть переходную втулку и хвостовик сверла 2. Исправить переходную втулку или заменить ее новой

Безотказность инструмента определяется вероятностью его безотказной работы P(τ), средней стойкостью или средним временем безотказной работы T, временем работы с вероятностью p или гарантийной стойкостью Tp и косвенными вероятностными характеристиками - плотностью распределения стойкости (плотностью вероятности отказов) f(τ) и интенсивностью отказов.[3]

Вероятность безотказной работы P(τ) характеризует вероятность того, что в заданном интервале времени τ не возникнет отказ инструмента. Интенсивность отказов λ(τ) определяется вероятностью отказа в единицу времени после данного момента обработки при условии, что отказ до этого момента не возник.

Дополнительными показателями безотказности инструмента является средняя частота отказов a(τ), определяющая среднее число отказов инструмента в единицу времени, взятой для рассматриваемого момента времени и среднее время безотказной работы τ_0. Для статистической оценки этих характеристик проводятся испытания или наблюдения за эксплуатацией выборки n инструментов в заданных условиях. При этом определяется стойкость каждого из них: $\tau_1, \tau_2, \tau_3,..., \tau_n$. Оценку стойкости можно выполнить по следующим формулам [5]:

$$T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{N_0}\tau_i \ , \quad P_{(\tau)} = \frac{N_0 - m(\tau)}{N_0} \ , \quad \lambda_{(\tau)} = \frac{2\Delta m(\tau)}{(N_i - N_{i+1})\Delta\tau} \ ,$$

$$f(\tau) = a(\tau) = \frac{\Delta m(\tau)}{N_0 \Delta\tau} \ , \qquad \tau_0 = \sum_{i=1}^{N_0}\frac{\tau_i}{N_0} \ , \qquad (2)$$

где:

N_o - число инструментов в начале испытаний;

Ni, N_{i+1} - число работоспособных инструментов соответственно в начале и конце интервала Δτ;

$m(\tau)$ - число отказов за время τ;

$\Delta m(\tau)$ - число отказов в интервале времени от (τ - Δτ/2) до (τ + Δτ/2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ISSN 3030-3907

Зависимость P(τ) называют кривой надежности или кривой убыли; по ней можно найти T(p) - время безотказной работы инструмента с вероятностью p, т.е. время, за которое откажет в среднем (1-p)*100% инструментов. Для оценки надежности вновь поступившей партии инструмента целесообразно проводить испытания или наблюдения за эксплуатацией инструмента этой партии для получения распределения времени до отказов всех интересующих видов (например до износа $\tau_{иi}$ и до разрушения τ_{pi} инструмента). Тогда можно порознь оценить износостойкость и прочность инструмента. Значения T, P(τ), f(τ), λ(τ) и τ_0 могут быть различными для нового инструмента, после первой переточки, после второй переточки и т.д. При этом при достаточно большом числе данных эти зависимости целесообразно строить отдельно для каждого периода работы - до первого отказа, от первого до второго, от второго до третьего и т.д.

В связи с ростом требований к стабильности работы режущего инструмента важное значение имеют показатели рассеивания стойкости инструмента. Рассеивание стойкости инструмента можно оценить ее средним квадратическим отклонением или относительным показателем рассеивания – коэффициентом вариации стойкости. Косвенным показателем стабильности режущих свойств инструмента может служить также величина его гарантийной стойкости Tp.

Для анализа качества инструмента и причин отказов представляет интерес так же функция, описывающая вероятность отказа за очень короткий промежуток времени при условии, что до этого момента отказов не было [1]. Эта функция называется интенсивностью отказов и имеет вид:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}, \qquad (3)$$

где:

ŕ(t) – плотность распределения;

F(t) – функция распределения длительной безотказной работы.

Статистически интенсивность отказов определяется как отношение числа Δm отказавших в единицу времени инструментов к числу $m_и(t)$ инструментов, исправных в момент времени t:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{\Delta m / N\Delta t}{[N - m(t)]/N} = \frac{\Delta m}{m_u(t)\Delta t}, \qquad (4)$$

где:

$m_u(t) = N - m(t)$, *N* - общее число инструментов в выборке.

Функция интенсивности отказов может быть использована в случаях когда для стойкости инструмента имеет большое значение период

ISSN 3030-3907

приработки, а также период ускоренного износа в конце времени работы. Тогда интенсивность отказов будет большой в начале работы и в конце ее, и относительно малой на среднем участке устойчивой работы. В этом случае можно оптимизировать надежность на период эксплуатации путем начальной приработки для исключения ранних отказов и замены инструмента в момент наступления периода ускоренного износа.

Для достоверной статистической оценки интенсивности отказов необходимо располагать большой группой испытаний либо наблюдений, т.к. $\lambda(t)\Delta t$ есть фактически частность и подвержена большим случайным вариациям, особенно к концу испытаний.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ. Свойство инструмента сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Долговечность D инструмента количественно выражается теми же характеристиками, что и безотказность, если рассматривать только неустранимые отказы, т.е. если все характеристики принять в функции суммарного времени работы $\Sigma\tau$. Таким образом, основной характеристикой является средняя долговечность инструмента, определяемая как среднее суммарное время безотказной работы $\Sigma\tau_o$, т.е. определяется суммарным временем его работы, исключая время перерывов в работе, связанных с установкой на обработку новой детали и очередной переточкой инструмента. В практике долговечность принято оценивать по формуле:

$$D = T \cdot (K_П + 1) \cdot \eta_p \ , \qquad (5)$$

где:

η_p - коэффициент, учитывающий сокращение времени работы инструмента, обусловленное непредвиденными при опреде-лении стойкости видами разрушения;

T - период стойкости инструмента, мин;

K_n - число переточек, допускаемое инструментом.

Инструменты, оснащенные хрупкими инструментальными материалами (твердый сплав, минерал керамика), часто выходят из строя не достигнув нормативной величины износа, а также в результате переточек.

Следовательно, число периодов стойкости $K_п$ (количество переточек), допускаемых инструментом, определяется прочностью его режущей части. Поэтому прочность такого инструмента оценивается характеристиками надежности, полученными в функции $K_п$**.** В связи с тем, что $K_п$ является дискретной величиной применение ее к анализу законов распределения для

ISSN 3030-3907

непрерывных величин возможно только при испытаниях больших выборок (n>100).

В этом случае число переточек инструмента может оцениваться характеристиками надежности, полученными в зависимости от числа переточек. К ним относятся среднее число переточек k_o, а также косвенная характеристика - интенсивность отказов $\lambda(k)$. Если $\lambda(\tau_p)$ позволяет оценить изменение прочности режущей части под влиянием факторов, действующих в течении периода стойкости, например, качества заточки, то $\lambda(k)$ - под влиянием факторов, оказывающих влияние на прочность инструмента на протяжении всей его работы до окончания эксплуатации, например, уменьшение пластинки твердого сплава по мере затачивания сверла.

По сравнению с параметрами τ_p и $\lambda(\tau_p)$ характеристики k_o и $\lambda(k)$ являются обобщающими, которые позволяют наиболее полно оценить прочность инструмента. Поэтому оценка прочности может быть достигнута как при использовании $\lambda(\tau_p)$, τ_{po}, так и $\lambda(k)$ и k_o [59].

При оценке надежности инструмента целесообразно находить распределение времени как суммарно для всех возможных отказов, так и раздельно - по отказам каждого вида.

Поэтому понятие стойкости, определяемое временем работы инструмента до наступления принятого критерия износа, относится к определению $\tau_и$, а не к τ, так как большое число отказов не связано с износом. К ним прежде всего относится разрушение.

В общем случае зависимости τ отличаются от стойкостных зависимостей. Например, потерю работоспособности твердосплавного инструмента следует производить путем оценки одновременно по двум параметрам - износостойкости и прочности; при этом количественными показателями каждого параметра должны быть средние значения характеристики рассеивания этих показателей и изменения их во времени [60].

Существующие нормативы режимов резания, разработанные на основании эмпирических зависимостей стойкости инструмента, не содержат рекомендаций по выбору условий обработки с учетом их влияния на интенсивность отказов вследствие разрушения инструмента, а также не учитывают всегда существующий значительный разброс значений стойкостей. Поэтому принятые по существующим нормативам режимы обработки необходимо корректировать на основании эксплуатационных испытаний на надежность.

ISSN 3030-3907

РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ. Свойство инструмента, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправности путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Время $\tau_{вi}$ на восстановление инструмента складывается из времени на его заточку, замену, регулировку сборного инструмента, смену и наладку. Ремонтопригодность оценивается средним временем восстановления $\tau_{в.о}$ или средним суммарным временем восстановления $\Sigma\tau_{в.о.}$

Таким образом инструмент с неперетачиваемыми пластинками обладает более высокой ремонтопригодностью в связи с уменьшением времени на восстановление его работоспособности. В тех случаях, когда сравнивается эффективность использования инструмента с существенно различным временем на его замену, наладку и заточку (например сверла с напайными твердосплавными пластинами и сверла с МНП), необходима оценка ремонтопригодности инструмента.

В большинстве случаев достаточно пользоваться средним временем восстановления работоспособности $\tau_{в.о}$ или средним суммарным временем восстановления $\Sigma\tau_{в.о}$, которое складывается из времени на смену и наладку инструмента, на заточку напайного или замену элементов сборного инструмента, а также в некоторых случаях на вырубку частиц твердого сплава, внедрившихся в заготовку.

Ремонтопригодность инструмента учитывается также при определении $К_{ТИ}$ - коэффициента технического использования инструмента:

$$K_{T.И} = \frac{\sum T}{\sum T + \sum T_B}, \qquad (6)$$

где:

ΣТ - средняя суммарная стойкость инструмента;

ΣТв - среднее суммарное время восстановления работоспособности инструмента.

Таким образом, надежность сверл, характеризуется тремя группами показателей: безотказности, ремонтопригодности и долговечности. В таблице 2 приведены основные показатели надежности инструментов.

Таблица-2

Показатели	Характеристика показателя	Примечания
1	2	3

ISSN 3030-3907

Безотказность	Свойство сохранять работоспособность в течении заданного времени без вынужденных перерывов	
τ_i	Время работы до любого полного отказа	
$\Sigma\tau_i$	Суммарное время работы до полного неустранимого отказа	
k_i	Число переточек до наступления полного неустранимого отказа	
$z_д$	Число просверленных отв. до любого отказа	
$\Sigma z_д$	Число просверленных отв. до неустранимого отказа	
$P(\tau)$	Вероятность безотказной работы	
$\lambda(\tau)$	Интенсивность отказов	
$a(\tau)$	Средняя частота отказов	Среднее число отказов в един. времени, для рассматриаемого момента времени
τ_0	Среднее время безотказной работы	
Тр	Время безотказной работы с вероятностью р (гарантийная стойкость)	Время, за которое откажет в среднем (1-р)*100% инструментов
Ремонтопригодность	Приспособленность к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения	

ISSN 3030-3907

	технического обслуживания и ремонтов	
$\tau_{вi}$	Время на восстановление инструмента складывается из времени на его заточку, замену, регулировку сборного инструмента, смену и наладку	
$\tau_{в.о}$	Среднее время восстановления инструмента.	
$\Sigma\tau_{в.о}$	Среднее суммарное время восстановления инструмента	
Долговечность D	Свойство сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов	Количественно выражается теми же характеристиками, что и без отказность, если рассм только неустраним. отказы, т.е. все характеристики принять в функции сумм. времени работы $\Sigma\tau$
$\Sigma\tau_{о}$	Среднее суммарное время безотказной работы	Суммарное время ра-боты, исключая время перерывов в работе, связанное с установкой на обработку новой детали и очередной переточкой инструмента
$D = T(K_{п} + 1)\eta_{р}$	$\eta_{р}$ - коэффициент, учитывающий сок- ращение времени работы инструмента, обусловленное	

ISSN 3030-3907

	непредвиденными при определении стойкости видами разрушения, Т - период стойкости инструм., мин $K_п$ - число допускаемых переточек	
k_o	Среднее число переточек	

ВЫВОДЫ

Задача определения значения экономической долговечности $T_Э$ осложняется тем, что существующие стандарты не учитывают неизбежный разброс эксплуатационных характеристик инструмента (его фактической долговечности). Это приводит к необходимости корректировки расчетных режимов резания на основе эксплуатационных испытаний на надежность.

Таким образом, определение режимов резания традиционным методом осуществляется в следующей последовательности: сначала устанавливается глубина резания (для сверления в твердом материале $t=D_{otv}/2$), затем подача и, наконец, скорость резания. Подача устанавливается на максимально допустимом уровне с учетом ограничений, обусловленных условиями: прочность сверла - $s_1 = C_3 \cdot D^x$, максимально допустимая сила, обеспечиваемая механизмом подачи станка - ($s_2=(P_{Одоп} / C_2 \cdot D_{X2})^{1/y2}$), максимально допустимая подача, обеспечиваемая прочностью основного механизма перемещения станка - $s_3=(M_{KPmax} / C_1 \cdot d^{x1})^{1/y1}$, где параметры Ci, Xi, Yi определяются в соответствии со стандартами режимов резания, а $P_{Одоп\ и}$ M_{KPmax} - из паспорта используемого станка. В случае повышенных требований к шероховатости поверхности отверстия или сниженной жесткости заготовки, подача также определяется исходя из условий ограничений шероховатости поверхности (s_4) и (s_5) в соответствии с рекомендациями стандартов режимов резания и справочной литературы. Максимально допустимая подача определяется как: $s= min\{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5\}$. Для определения скорости резания задается значение периода экономической стабильности $T_Э$ (на основе предыдущего опыта, справочной литературы или, как указано выше, по экономическим расчетам), затем определяется значение скорости резания $V_Э$, соответствующее заданным значениям s и $T_Э$. Полученные значения s, $V_Э$ проверяются на допустимую мощность резания по данным паспорта станка, скорректированным с данными паспорта станка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Умаров Т. Повышение эффективности обработки отверстий свёрлами с механическим креплением твёрдосплавных пластин: Ав- тореф. Дис. на соиск. Учёной степени канд. техн.наук.-Киев, 1990.

ISSN 3030-3907

2. Каталог инструмента для сверления и фрезерования. ОАО «Кировградский завод твёрдых сплавов». 2014.
3. T. Umarov, M.Z. Turonov, S.B. Normatov. Mashina detallariga ishlov berishda qattiq qotishmali parmalardan foydalanishdagi ishlash samaradorligini ta`minlash [Ensuring efficiency in the use of carbide drills in machining machine parts]. Kompozitsionnie materiali №2, 2023. www.gupft.uz.
4. Tolibjon Umarov, Mukhammadi Turonov, Yahyojon Meliboyev, Influence of Design and Cutting Conditions On the Accuracy of the Hole Obtained by Drills with Multifaceted Non-Regrind-Able Inserts (MNP). The International Journal of Integrated Engineering (IJIE) scopus. NTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED ENGINEERING VOL.15NO.7(2023)157-165 https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/13112.
5. Muhammadi Turonov, Tolibjon Umarov, Sultonmurod Normatov, Davron Bekturov. Wear resistance analysis of HSS drill bits P6M5 and special round carbide drill bits VK8 for drilling alloyed steels and alloys. E3S Web of Conferences 461, 01096 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346101096.
6. Умаров Т.У., Туронов М.З., Жураев А.Х. Влияние свойства обрабатываемого материала процесса резания, влияющих на надежность осевого инструмента. Mashinasozlikda fan, ta’lim va ishlab chiqarishning integratsiyasi: tendensiyalar, muammolar va yechimlar. // Xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya materiallari to‘plami. -Toshkent. TDTU, 2023. -206 b.
7. Умаров Т.У., Туронов М.З. Технологические возможности повышения надежности перовых твердосплавных сверл. Mashinasozlikda fan, ta’lim va ishlab chiqarishning integratsiyasi: tendensiyalar, muammolar va yechimlar. // Xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya materiallari to‘plami. -Toshkent. TDTU, 2023. -204 b.
8. Умаров Т.У., Туронов М.З. Технологические возможности повышения надежности сверл с механическим креплением твердосплавных пластин. Mashinasozlikda fan, ta’lim va ishlab chiqarishning integratsiyasi: tendensiyalar, muammolar va yechimlar. // Xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya materiallari to‘plami. -Toshkent. TDTU, 2023. -202 b.
9. Turonov M.Z., Umarov T.U. Qattiq qotishmali ko‘p qirrali charxlanmaydigan plastinali (kqchp) parmalarda teshik teshish samaradorliligini oshirish. “Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар” мавзусидаги халқаро миқиёсдаги илмий ва илмий-техник анжуман. 18-19 май, 2023, Тошкент. 278 b.

ISSN 3030-3907

10. Умаров Т., Туронов М.З., Мухиддинов З.Н., Технологические возможности повышения надежности сверл с механическим креплением твердосплавных пластин. «ЗА ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ НАУКИ»: СОДРУЖЕСТВО НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ АСТАНА, КАЗАХСТАН. (www.bobek-kz.com). https://t.me/bobek_science.
11. T. Umarov, M.Z. Turonov, S.B. Normatov. Mashina detallariga ishlov berishda qattiq qotishmali parmalardan foydalanishdagi ishlash samaradorligini ta`minlash. Композиционные материалы №2, 2023. Веб-сайт: www/gupft.uz. ISSN 2091-5527.
12. Umarov T., Turonov M., Bekturov D., Jiraev A. Methodological basis for choosing rational modes cutting from the conditions of a given level of operational axial tool reliability. “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” mavzusidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi xalqaro ilmiy – texnika anjumani ilmiy ishlanmalari (2023 yil 20-21 dekabr). Mualliflar jamoasi: t.f.d., professor S.S.Shaumarov tahriri ostida. – Toshkent: “TDTU”, 2023 –619 b.
13. Туронов М.З., Жўраева Н.А., Муродов С.З. Обработка групп отверстий в корпусных деталях. Машинасозликда фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг интеграцияси: тенденциялар, муаммолар ва ечимлар.// Республика миқёсдаги илмий ва илмий-техник конференция материаллари тўплами.-Тошкент. ТДТУ, 2022.-247 б.

ISSN 3030-3907

UDK: 677.026: 677.31

MAHALLIY JUN TOLASIDAN TAYYORLANGAN NOTO‘QIMA MATONING ISHQALANISHGA CHIDAMLILIGINI ANIQLASH TAHLILI

Omonturdiyev Ortiq Eshboyevich
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti mustaqil izlanuvchisi
Jurayev Davron Amir o‘g‘li
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti dotsenti

Annoatsiya. Bu maqola noto‘qima matolar ishlab chiqarishning nazariy va amaliy jihatlarini ko‘rib chiqadi. Unda noto‘qima matolar tushunchasi, tasnifi va texnologik xususiyatlari, ishlab chiqarish usullarining tarixiy rivojlanishi va zamonaviy sanoatdagi o‘rni tahlil qilinadi. Maqolada noto‘qima matolar sanoatining iqtisodiy ahamiyati, global bozor ko‘rsatkichlari, iste’mol tendensiyalari va ishlab chiqarishdagi ixtisoslashuv muammolari ham yoritilgan. Tadqiqot natijalari noto‘qima matolar sanoatining istiqbolli yo‘nalishlarini belgilashda nazariy va amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: noto‘qima matolar, ishlab chiqarish texnologiyasi, to‘qimachilik sanoati, bozor tendensiyalari, sanoat rivoji.

Abstract. This article examines the theoretical and practical aspects of nonwoven fabric production. It analyzes the concept of nonwoven fabrics, their classification and technological features, as well as the historical development of production methods and their role in modern industry. The article highlights the economic significance of the nonwoven fabric industry, global market indicators, consumption trends, and production specialization issues. The results of this study provide a theoretical and practical basis for identifying promising directions in the development of the nonwoven fabric industry.

Keywords: nonwoven fabrics, production technology, textile industry, market trends, industry development.

Аннотация. В данной статье рассматриваются теоретические и практические аспекты производства нетканых материалов. В статье анализируются понятие нетканых материалов, их классификация и технологические особенности, а также историческое развитие методов производства и их роль в современной промышленности. Отражена экономическая значимость отрасли нетканых материалов, показатели мирового рынка, тенденции потребления и проблемы специализации производства. Результаты исследования служат теоретической и практической основой для

ISSN 3030-3907

определения перспективных направлений развития отрасли нетканых материалов.

Ключевые слова: нетканые материалы, технологии производства, текстильная промышленность, тенденции рынка, развитие отрасли.

KIRISH.

To‘qimachilik tolalariga ishlov berishda eng murakkab jarayon tozalash hisoblanadi. Tozalash jarayoni yaxshi tashkillashtirilmas ekan u xomashyodan sifatli mahsulot olish imkoni bo‘lmaydi. Sababi yeng qimmatbaho tayyor mahsulotni ham bitta chiqindi bo‘lakchasi yaroqsiz holatga olib kelishi mumkin. Jun tolasi boshqa to‘qimachilik tolalariga nisbatan ifloslanish darajasi yuqori bo‘ladi. Jun tarkibida ikki xil ifloslik bo‘ladi: hayvonning o‘zidan ajralib chiqqan ifloslik va hayvonga bog‘liq bo‘lmagan iflosliklar. Hayvonga bog‘liq bo‘lmagan ifloslikka - ma’danlar, o‘simliklar, ozuqalar, tuproq kabilarning bo‘laklari kiradi. Hayvonning o‘zidan ajralib chiqqan iflosliklarga-yog‘, ter, qazg‘oq, go‘ng va hakazolar. Bu ikki xil ifloslik jun tolasiga mahkam yopishib, uzunligi 8 sm gacha bo‘lgan tutamlarni hosil qiladi. Bu jun tutamlarini titib yumshatmasdan tarkibidagi iflosliklarni ajratishni imkoni mavjud emas.

TADQIQOT METODOLOGIYASI: Ma’lumki jun tolalarining yuza qavati tangachasimon bo‘lib ishqalanish natijasida tolalar bir-biri bilan bog‘lanishiga yordam beradi. Igna qadash jarayoni ikki bosqichli bo‘lib, birinchi bosqichda tolalar qisman birikishi kuzatiladi, birinchi bosqichdan o‘tgan qatlamli tolalar siquvchi vallar 60 % gacha presslanadi. Presslagan tolalar ikkinchi bosqichli igna qadash uskunasiga o‘zatiladi. Bu yerda ham qarama qarshi joylashgan ignalar yordamida tolalar biriktiriladi hamda presslash jarayoniga o‘tkaziladi. Bunda tolalar 90 % gacha presslanib, lentalar yordamida o‘rtacha 300 °S haroratga ega bo‘lgan siquvchi vallar orasida o‘tkaziladi.

Tolalarni zichlashtirish usulini tanlashda funksional xususiyatlar hamda qo‘llanilayotgan tolalarning turlariga bog‘liq bo‘ladi. Bu usulda nazorat ostida qizdirish orqali birikmalarni hosil qilish uchun ayrim sintetik tolalarning o‘z termoplastik xususiyatlaridan foydalaniladi. Ayrim hollarda tolasini o‘zini ishlatish mumkin, ammo ko‘pincha noto‘qimani shakllantirish bosqichida tez eriydigan tola yoki birlashtirish funksiyasini bajaruvchi biokomponentli tola kiritiladi.

Qizib turgan vallar tolalar tarkibidagi yelimlar yoki sintetik termoplastik tolalarning o‘zi eritib bog‘ hosil qilishiga olib keladi. Yelimlarning fizik-kimyoviy xossalari o‘rganilganda 250-300 °S oralig‘ida erishi ko‘zatildi. Ishlab chiqarilayotgan noto‘qimaning qalinligiga qarab harorat tanlanadi. Harorat ortishi tabiiy jun tolasi va yelimning distruksiyaga uchrashi olib keladi. Shuning uchun belgilangan o‘rtacha harorat 300 °S dan oshmasligi lozim.

ISSN 3030-3907

Hozirgi kunda issiqlik bilan yelimlashning bir qancha tizimlari qo‘llaniladi, roliklar orqali uzatiladigan noto‘qima mato yuqori tezlikda pishirish uchun issiqlik va yuqori bosimdan foydalaniladi. Baraban tizimlari o‘rta massaga ega bo‘lgan mahsulotlarni olish uchun bosim va issiqlik zarur.

Bundan tashqari vallar orasidagi o‘zatish tezligi ham 1 minutda 3 m^2 ni tashkil qilinishi aniqlandi. Vallar orasidagi harakatning ortishi tolalarning yelim bilan o‘zaro birikishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Aksincha tezlikning kamayishi ham tola sifatiga yomon ta’sir etishi kuzatildi. Yuqori harortada presslangan tolalar keyingi bosqichda uch kamerali sovutish tizimiga yuboriladi. Sovutish kamerasida ham harorat turlicha bo‘lib birinchi kameradagi o‘rtacha harorat 90 °S bo‘lib, keyingi sovutish kameralarida harorat 60 °S dan 30 °S gacha kamaytirilib boriladi. Bunga sabab noto‘qima matoning elastikligi va qayishqoqligini saqlab qolishdan iboratdir. Sovutish kamerasidan o‘tkazilgan noto‘qima matoning o‘rtacha 180 sm dan 210 sm.gacha enlikda tayyorlanib yakuniy o‘rash g‘altagiga o‘raladi.

Sinov natijalariga ko‘ra “M 235/3” Martindale Abrasion Tester yordamida noto‘qima matolarining ishqalanishga chidamliligini aniqlashni o‘z ichiga oladi. Ushbu usul yordamida har qanday mato sinovdan o‘tkazilishi mumkin, ammo qoziq chuqurligi 0,08 dyumdan (2 mm) ortiq bo‘lgan matolarni sinab ko‘rish qiyin bo‘lishi mumkin.

Ishqalanishga oid olib borilgan sinov natijasida to‘qimachilik mahsulotlarini GOST 30200-94 standartiga muvofiq ekanligi aniqlandi va sinov natijalari orqali matoning ishqalanishga qarshiligini tekshiradi. Olingan namunadagi matolarni boshqa matolar bilan solishtirib ishqalanish jarayonida chidamliligini aniqlaydi. Namuna doimiy o‘zgaruvchan yo‘nalishda ma’lum bosim ostida (odatda mato) ishqalanadi. Ishqalanish oldindan belgilangan miqdordagi sikllar uchun davom ettiriladi, undan keyin vazn yo‘qotish va tashqi ko‘rinishning o‘zgarishi bilan aniqlanadi. Bundan tashqari, u oldindan belgilangan yakuniy nuqtaga yetguncha davom ettirilishi mumkin.

TAHLIL VA NATIJALAR: Ushbu sinov natijasi Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti qoshidagi “SETEXUZ” laboratoriyasida GOST 30200-94 standartiga muvofiq noto‘qima matolarning ishqalanishga chidamliligini “M 235/3” Martindale asbobida sinov natijalari aniqlandi.

Olingan noto‘qima matolar uch xil namunasi 2,3-3,3-3,7 mm qalinlikdagi to‘qimalar olinib ishqalanishga chidamliligi 7-8 kun davomida martindale asbobida sinov natijalari olib borildi. Sinov natijasiga ko‘ra 100 % jun tolalari asosida noto‘qima matolar va namuna mato brezent to‘qimasi bilan teskari ishqalanish olib boriladi. Namuna doimiy o‘zgaruvchan yo‘nalishda 16 kPa bosim ostida namuna mato bilan ishqalanadi.

ISSN 3030-3907

“M 235/3” Martindale asbobida jun tolasidan noto‘qima matolarninig pillinglanishga chidamliligini aniqlashning kunlar kesimida sinov natijalarini aniqlanishi keltirilgan.

Quyida siz bergan yangi ma’lumotlar (Martindale sinovi, 16 kPa bosim, 100% jun tolasi) asosidagi tahlil va yangilangan chizmalar:

Ishqalanishga chidamlilik sinovi tahlili (Martindale usuli)

Siz bergan natijalarga ko‘ra, mato qalinligi ortishi bilan uning chidamliligi ham o‘zgarib boradi. Buni zamonaviy grafik ko‘rinishida ifodaladim:

Texnik ko‘rsatkichlar:

- Namunalar: 2,3 mm; 3,3 mm va 3,7 mm qalinlikdagi 100% junli noto‘qima matolar.
- Sharoit: 16 kPa doimiy bosim ostida, brezent matosi bilan teskari ishqalanish.
- Davomiylik: 7-8 kunlik intensiv sinov sikli.

2. Matoning texnologik shakllanish tizimi (Yangi ko‘rinishda)

Avvalgi blok-sxemani xatolarsiz, lotin alifbosida va tushunarli ierarxiyada qayta chizdim:

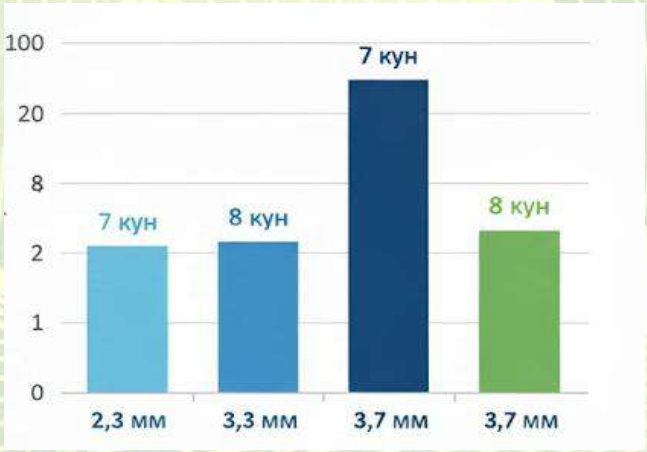
Ilmiy xulosa va qo‘shimcha (Zamonaviy yondashuv)

Martindale asbobida o‘tkazilgan sinovlar shuni ko‘rsatadiki:

Qalinlik va chidamlilik mutanosibligi: 3,7 mm qalinlikdagi namuna 16 kPa bosim ostida eng yuqori energiya yutish qobiliyatiga ega, bu esa tolalarning "sidirilib" ketishini kamaytiradi.

Jun tolasining xususiyati: 100% jun tolalari tabiiy elastiklikka ega bo‘lgani uchun, brezent kabi qo‘pol mato bilan ishqalanganda ham "tiklanish" xususiyatini namoyish etadi.

Ishqalanishga chidamlilikni yanada oshirish uchun mato yuzasiga antipilling ishlov berish yoki lateks miqdorini bosim yuqori bo‘lgan nuqtalarda lokal ravishda oshirish maqsadga muvofiq.



1-rasm. Noto‘qima matolarninig pillinglanishga chidamliligini aniqlashning kunlar kesimida sinov natijalari keltirilgan.

ISSN 3030-3907

1. Namunalar tavsifi va Grammaj (Yuza zichligi) tahlili

Tajribada uch xil og‘irlikdagi matolar qo‘llanilgan: H-1 1300 gr/m^2 (Eng yengil namuna) H-2: 1600 gr/m^2 H-3: gr/m^2 (Eng zich va og‘ir namuna)

Tahlil qilinayotgan H-1 namunasi igna qadash, yelimlash va presslash kabi uchta kombinatsiyalashgan usul bilan tayyorlangan. Bunday kompleks texnologik ishlov matoga yuqori kogezion mustahkamlik (tolalarning ichki bog‘lanishi) beradi. Martendeyl sinovi va mexanik chidamlilik ko‘rsatkichlari gr/m2 bosim ostida o‘tkazilgan sinov natijalari quyidagi bosqichlarni namoyish etadi.

Pillinglanish (35 200 sikl): Bu bosqichda mato yuzasidagi erkin jun tolalari ishqalanish ta’sirida yumaloqlanib, “Tugunchalar” hosil qila boshlagan. 35 200 sikl — bu noto‘qima mato uchun juda yuqori ko‘rsatkich bo‘lib, presslash va yelimlash jarayoni tolalarni mahkam ushlab turganidan dalolat beradi.

Teshilish (38 500 sikl): Matoning butunlay yeyilib, teshik hosil bo‘lishi. Pillinglanish va teshilish orasidagi farq atigi 3 300 siklni tashkil etadi. Bu shuni anglatadiki, mato strukturaviy yaxlitligini yo‘qotgach, destruksiya jarayoni tezlashadi.

Ilmiy xulosalar va Innovatsion tahlil

Yuza zichligining roli: 1300 gr/m^2 og‘irlikdagi matoning 38 500 siklga chidashi uning yuqori sifatli ekanini ko‘rsatadi. Agar H-3 (2200 gr/m^2) namunasi sinalsa, unda sikllar soni proporsional ravishda ortishi va ehtimol 50 000 - 60 000 siklgacha yetishi mumkin.

Jun tolasining xususiyati: 100% jun tolasi tabiiy elastiklikka ega. Ishqalanish paytida u energiyani yutadi (amortizatsiya qiladi), bu esa presslangan strukturaning uzoq vaqt davomida parchalanmasligini ta’minlaydi.

Texnologik samaradorlik: Igna qadash va yelimlashning birgalikda qo‘llanilishi matoning nafaqat yuzasini, balki ichki qatlamlarini ham mustahkamlagan. Bu esa 8 kunlik uzluksiz sinovga bardosh berish imkonini bergan.

H-2 va H-3 namunalari uchun ham xuddi shunday sinovlarni o‘tkazib, og‘irlik va yeyilish sikli o‘rtasidagi korrelyatsiya grafigini chizish lozim.

Matoning ekspluatatsiya muddatini yanada oshirish uchun jun tolalarini kimyoviy modifikatsiya qilish orqali ularning ishqalanish koeffitsientini pasaytirish mumkin.

Bu namunada yuza zichligining ortishi matoning ichki strukturasi va yeyilish mexanizmiga qanday ta’sir qilganini quyidagi nuqtalarda ko‘rish mumkin:

Solishtirma tahlil: N-1 va N-2 namunalari

Yuza zichligi ortgani sinov ko‘rsatkichlariga quyidagicha ta’sir qilgan:

ISSN 3030-3907

1-jadval

Ko‘rsatkich	N-1 (1300 g/m2)	N-2 (1600 g/m2)	Farq
Pillinglanish (sikl)	35 200	33 000	-2 200 (pasaygan)
Teshilish (sikl)	38 500	35 100	-3 400 (pasaygan)
Bosim va vaqt	16 kPa, 8 kun	16 Pa, 7 kun	1 kun tezroq

Odatda zichlik ortishi mustahkamlikni oshirishi kerak, lekin sizning natijalaringizda N-2 namunasi N-1 ga nisbatan tezroq pillinglangan va teshilgan. Buning bir nechta ilmiy sabablari bo‘lishi mumkin.

Qattiqlik va elastiklik muvozanati: Mato zichligi ortishi (1600 gr/m^2) va presslash kuchi ta’sirida mato haddan tashqari “Qattiq” bo‘lib qolgan bo‘lishi mumkin. Qattiq struktura ishqalanish paytida energiyani yutish o‘rniga, tolalarning yuzadan tezroq uzilishiga sabab bo‘ladi.

Zich matoda ishqalanish natijasida hosil bo‘ladigan issiqlik ichkariga qiyin tarqaladi. Jun tolasi esa termoplastik xususiyatga ega bo‘lgani uchun, mahalliy issiqlik ortishi yelimning yumshashiga va tolalarning tezroq pilling bo‘lishiga olib kelgan bo‘lishi mumkin.

Agar igna qadash darajasi og‘irlikka mutanosib ravishda oshirilmagan bo‘lsa, qalinroq qatlam ichidagi tolalar yetarlicha "ilgaklanmagan" bo‘ladi.

Pillinglanish va teshilish oralig‘i (Destruksiya fazasi)

N-2 namunada Pilling (33 000) va teshilish (35 100) orasidagi farq 2 100 sikl. N-1 namunada Bu farq 3 300 sikl edi.

N-2 namunasida destruksiya (parchalanish) jarayoni tezroq kechmoqda. Bu shuni anglatadiki, mato yuzasi shikastlangandan so‘ng, uning ichki qatlamlari ishqalanishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyatini tez yo‘qotadi. Bu holat yelimning mato qalinligi bo‘ylab notekis taqsimlangani (shimdirish jarayonidagi nuqson) bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Ishlab chiqarish uchun xulosalar

Ushbu natijalarga tayanib, ishlab chiqarish texnologiyasini quyidagicha optimallashtirish mumkin. Press bosimini nazorat qilish: N-2 namunasi uchun presslash kuchini biroz kamaytirib, matoga ko‘proq elastiklik berish kerak.

Zichligi yuqori matolarda yelimning markaziy qatlamlargacha yetib borishini ta’minlash uchun ultratovush yoki vakuumli shimdirish usullarini qo‘llash tavsiya etiladi. Presslashdan keyingi termik fiksatsiya vaqtini oshirish orqali yelimli bog‘larni yanada barqaror qilish mumkin.

N-1 (1300 gr/m^2**)** va N-2 (1600 gr/m^2) namunalarining sinov natijalari asosida tayyorlangan ilmiy qiyosiy tahlil va xulosalar.

ISSN 3030-3907

1. Sinov natijalarining qiyosiy jadvali

Ikkala namuna ham 100% jun tolasidan, igna qadash, yelimlash va presslash usulida olingan. Sinovlar 16 kPa bosim ostida o‘tkazilgan.

2-jadval

Ko‘rsatkichlar	N-1 Namuna (1300 g/m^2)	N-2 Namuna (1600 g/m^2)
Sinov davomiyligi	8 kun	7 kun
Pillinglanish sikli	35 200 ming	33 000 ming
Teshilish sikli	38 500 ming	35 100 ming
Destruksiya oralig‘i*	3 300 sikl	2 100 sikl

**Destruksiya oralig‘i — pillinglanish boshlangandan to mato teshilguncha bo‘lgan vaqt.*

ILMIY TAHLIL VA BOG‘LIQLIKLAR

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, mato og‘irligining ortishi (1300 gr/m^2 dan 1600 gr/m^2) uning ishqalanishga chidamliligini proporsional ravishda oshirmagan, aksincha, ko‘rsatkichlar pasaygan. Bu quyidagi omillar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

N-2 namunasi og‘irroq va zichroq bo‘lgani uchun presslash jarayonida elastikligini yo‘qotgan bo‘lishi mumkin. Qattiq struktura ishqalanish kuchini yutish o‘rniga, yuza qatlamining tezroq yemirilishiga olib keladi.

Pillinglanish dinamikasi- N-2 namunasida pillinglanish 2 200 sikl ertaroq boshlangan. Bu zich mato yuzasidagi tolalarning ko‘proq mexanik zarba olishi va tezroq tuguncha hosil qilishini anglatadi.

Yemirilish tezligi-Teshilish ko‘rsatkichi N-2 namunasida 3 400 siklga kamroq. Destruksiya oralig‘ining qisqarishi (3 300 dan 2 100 gacha) matoning ichki qatlamlaridagi bog‘lanishlar kuchsizligini ko‘rsatadi.

100% jun tolali noto‘qima matolarning Martindeyl usulida o‘tkazilgan sinovlari shuni ko‘rsatdiki, matoning yuza zichligini oshirish doim ham mustahkamlikni ta’minlamaydi. 1300 gr/m^2 og‘irlikdagi namuna (N-1 16 kPa bosim ostida eng yuqori chidamlilikni (38 500 sikl) namoyish etdi. 1600 gr/m^2 og‘irlikdagi namunada (N-2) esa chidamlilik 8.8% ga pasaygan.

Yuqori og‘irlikdagi (1600 gr/m^2 va undan yuqori) matolarni ishlab chiqarishda presslash va yelimlash rejimlarini qayta ko‘rib chiqish, matoning elastiklik xossalarini saqlab qolish uchun bosimni optimallashtirish zarur.

3-jadval

Namuna kodi	Yuza zichligi (g/m^2)	Pillinglanish (sikl)	Teshilish (sikl)	Chidamlilik koeffitsienti

ISSN 3030-3907

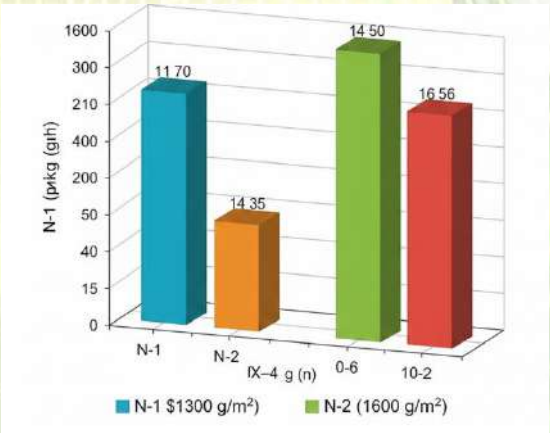
N-1	1300	35 200	38 500	1.00 (Etalon)
N-2	1600	33 000	35 100	0.91 (Pasayish)
N-3	2200	29 500 – 31 000*	32 000 – 33 500*	0.84 Prognoz)

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, 1300 gr/m^2 (N-1) ushbu texnologiya uchun optimal nuqta hisoblanadi. Zichlikning 1600 gr/m^2 gacha ortishi mato strukturasini haddan tashqari zichlashtirib yuborgan. Buning natijasida: Tolalarning erkin harakatlanish darajasi cheklangan. Ishqalanish paytida yuza qatlamidagi jun tolalari deformatsiyani ichki qatlamlarga uzata olmaydi va tez sinadi.

Destruksiya bosqichlarining qisqarishi:

N-1 namunasida pilling va teshilish orasidagi farq 3300 sikl bo‘lsa, N-2 da bu 2100 siklga tushgan. Bu "zanjirli reaksiya" effektini anglatadi: mato yuzasi shikastlanishi bilan uning ichki bog‘lamlari juda tez parchalanib ketadi.

100% jun tolali noto‘qima matolarning ekspluatatsion xossalarini o‘rganish natijasida yuza zichligi va ishqalanishga chidamlilik o‘rtasida teskari bog‘liqlik aniqlandi. 1300 gr/m^2 og‘irlikdagi namuna (H-1) 16 gr/m^2 16 kPA bosim ostida 38 500 sikl davomida eng yuqori chidamlilikni ko‘rsatdi. Zichlikning 1600 gr/m^2 (H-2) gacha ortishi chidamlilikning 8.8% ga pasayishiga olib keldi. Bu holat mato strukturasining haddan tashqari qattiqlashishi va elastiklik xususiyatlarining yo‘qolishi bilan izohlanadi.



2-rasm. Noto‘qima matolar ishqalanish ko‘rsatkichi

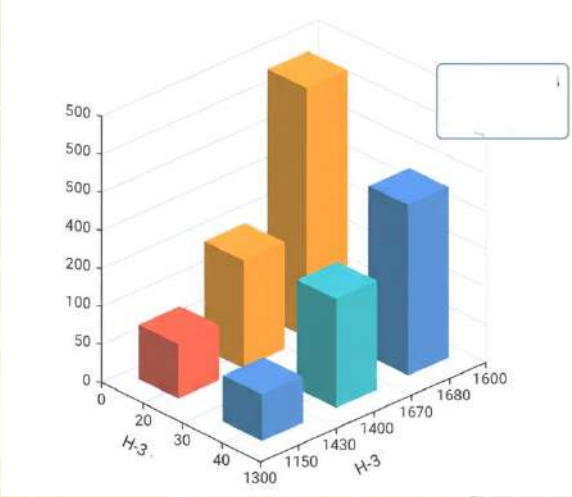
N-1 2200 gr/m^2, og‘irligida ishlab chiqarilgan igna qadash, yelim va presslash orqali olingan noto‘qima matolarning 8 kun davomida 16 kPa yuk bilan ishqalanish davom etdi. Ishqalanish davomida 38600 ming sikl aylanish davomida pillinglanish sodir bo‘ldi. 40000 ming sikl aylanish davomida teshilish ko‘rsatkichlarini namoyish etdi. 3.9-rasmda “M 235/3” Martindale asbobida jun tolasidan noto‘qima matolarninig ishqalanishga chidamliligini keltirilgan.

Sinov natijasida namuna sifatida olingan polipropilen toladan 2200 gr/m^2, og‘irligida ishlab chiqarilgan igna qadash, yelim va presslash orqali olingan

ISSN 3030-3907

noto‘qima matolarning 8 kun davomida 16 kPa yuk bilan ishqalanish davom etdi. Ishqalanish davomida 38700 ming sikl aylanish davomida pillinglanish sodir bo‘ldi 40000 ming sikl aylanish davomida teshilish ko‘rsatkichlarini namoyish etdi.

Ko‘rinib turibdiki, N-2 1600 g/m^2 og‘irlikdagi motoga nisbatan N-1 1300 g/m^2 og‘irlikdagi noto‘qima mato pillinglanish va ishqalanish koeffitsienti yuqoriligi bilan izohlash mumkin.



3-rasm. Noto‘qoma matolarining ishqalanishdagi sinov ko‘rsatkichi

XULOSA: Sinov natijasida namuna sifatida olingan polipropilen toladan 2200 gr/m^2, og‘irligida ishlab chiqarilgan igna qadash, yelim va presslash orqali olingan noto‘qima matolarning 8 kun davomida 16 kPa yuk bilan ishqalanish davom etdi. Ishqalanish davomida 38700 ming sikl aylanish davomida pillinglanish sodir bo‘ldi 40000 ming sikl aylanish davomida teshilish ko‘rsatkichlarini namoyish etdi.

Ko‘rinib turibdiki, N-2 1600 g/m^2 og‘irlikdagi motoga nisbatan N-1 1300 g/m^2 og‘irlikdagi noto‘qima mato pillinglanish va ishqalanish koeffitsienti yuqoriligi bilan izohlash mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Urozov M.K., Toshbekov O.A., Raximova K., Bobomurodov E. Jun tolasi diametri va notekisligi aniqlash. Yeurasian Journal Of Academic Research. 2022. Vol 2, № 13. R. 789–791.

2. O.A.Toshbekov. Mahalliy dag‘al jun tolasi asosida noto‘qima matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish. Dis….t.f.f.d.-Toshkent, Paxtasanoat ilmiy markazi, 2023. 22-47 b.

3. Lipenkov Ya.Ya. Obщaya texnologiya shersti. Moskva.: Legprombытizdat, 1986. – 305 b.

4. Juraev D.A., Urozov M.K., Yangiboev R.M. SOVERShENSTVOVANIE PRYaDILNO-OChISTITELNOGO UZLA ShERSTYaNOGO VOLOKNA //

ISSN 3030-3907

Universum: texnicheskie nauki : elektron. nauchn. jurn. 2023. 7(112). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15725 (data obraщeniya: 14.07.2023)

5. A.Pirmatov. “Yigirish texnologiyasi”. Darslik – Toshkent.: Adabiyot uchqunlari 2021 y. 36-59 bet.

6. Toshbekov O.A., Ermatov Sh.Q. Dag‘al jun tolasi asosida noto‘qima matolarning ishlab chiqarish texnologiyasini tadqiqi // Farg‘ona politexnika instituti. Ilmiy-texnika jurnali. 2023, T-27, № 3, 95–99 b.

7. El-Sayed H. The current status and future insight into the production of machine-washable wool // Journal of Natural Fibers. 2022, T 9, № 15, C. 10293–10305.

8. Toshbekov O.A., Urozov M.K. Issledovaniye parametrov stroyeniya jakkardovykh tkaney // Ilmiy va innovatsiya faoliyatini rivojlantirish bo‘yicha davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish davr talabi. IV-Xalqaro konferensiya, 18-dekabr 2020, 114–119 b.

9. Toshbekov O.A., Urozov M.K., Boltayeva I.B., Hamrayeva M.F. Use of wool fabrics, classification and coding of wool fabrics // World Bulletin of Public Health. 2022, T 11, C. 68–71.

ISSN 3030-3907

BO‘LAJAK PEDAGOGLARNING BOSHQARUV KOMPETENTLIGINI RIVOJLANTIRISHDA ZAMONAVIY BOSHQARUV YONDASHUVLARI (MAKTABGACHA TA’LIM MUASSASALARI MISOLIDA)

Tuyg‘unova Barno Nuriddin qizi
Oriental universiteti mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya. Mazkur maqolada maktabgacha ta’lim muassasalari misolida bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotda zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining pedagoglarning kasbiy tayyorgarligiga ta’siri, boshqaruv kompetentligining mazmuni va tarkibiy komponentlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Shuningdek, boshqaruv kompetentligini shakllantirishda kompetensiyaviy, shaxsga yo‘naltirilgan va tizimli yondashuvlarning ahamiyati asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: boshqaruv kompetentligi, bo‘lajak pedagog, maktabgacha ta’lim, zamonaviy boshqaruv, pedagogik boshqaruv, ta’lim menejmenti.

Abstract. This article examines the issues of developing management competence of future teachers using the example of preschool educational institutions. The study scientifically analyzes the impact of modern management approaches on the professional training of teachers, the content and structural components of management competence. The importance of competency-based, person-oriented and systematic approaches in the formation of management competence is also substantiated.

Keywords: management competence, future teacher, preschool education, modern management, pedagogical management, educational management.

Аннотация. В данной статье на примере дошкольных образовательных учреждений рассматриваются вопросы развития управленческой компетентности будущих учителей. В исследовании научно анализируется влияние современных подходов к управлению на профессиональную подготовку учителей, содержание и структурные компоненты управленческой компетентности. Также обосновывается важность компетентностного, личностно-ориентированного и системного подходов в формировании управленческой компетентности.

Ключевые слова: управленческая компетентность, будущий учитель, дошкольное образование, современное управление, педагогическое управление, управление образованием.

KIRISH.

Maktabgacha ta’lim tizimida amalga oshirilayotgan tub islohotlar, ushbu sohada kadrlar tayyorlash sifati va ularning kasbiy tayyorgarligiga bo‘lgan

ISSN 3030-3907

talablarni keskin oshirdi. Ayniqsa, bo‘lajak pedagoglarning nafaqat metodik va didaktik bilimlarga, balki boshqaruv kompetentligiga ega bo‘lishi zamonaviy ta’lim muassasasining samarali faoliyat yuritishida muhim omil sifatida namoyon bo‘lmoqda. Boshqaruv kompetentligi pedagog shaxsining kasbiy yetukligini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri bo‘lib, u rahbarlik faoliyatini amalga oshirish, pedagogik jarayonni tashkil etish, jamoa bilan ishlash, qarorlar qabul qilish va innovatsion yondashuvlarni tatbiq etish qobiliyatlarini o‘z ichiga oladi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlari tushunchasi boshqaruv faoliyatini an’anaviy buyruqbozlik va ma’muriy uslublardan farqli ravishda insonparvarlik, hamkorlik, tizimlilik va moslashuvchanlik tamoyillariga asoslangan holda tashkil etishni anglatadi. Maktabgacha ta’lim muassasalarida bu yondashuvlar pedagogik jarayonning barcha ishtirokchilari - rahbar, pedagog, tarbiyachi, ota-ona va bola o‘rtasidagi o‘zaro munosabatlarni yangi sifat bosqichiga olib chiqishga xizmat qiladi. Bo‘lajak pedagoglar uchun esa zamonaviy boshqaruv yondashuvlarini egallash kelajakdagi kasbiy faoliyatda muassasa ichki muhitini sog‘lomlashtirish, pedagogik jamoani samarali boshqarish va ta’lim-tarbiya sifatini oshirish imkonini beradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirish masalasi pedagogika, ta’lim menejmenti va kasbiy ta’lim nazariyasiga oid ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan. Mazkur muammoning nazariy asoslari, avvalo, kompetensiyaviy yondashuv va pedagog shaxsining kasbiy rivojlanishiga oid tadqiqotlarda o‘z ifodasini topgan.

O‘zbekistonlik olim N.A.Muslimov pedagog kadrlarning kasbiy kompetentligini shakllantirish masalasini chuqur tahlil qilgan holda, kompetentlikni pedagogning bilim, ko‘nikma va malakalarni amaliy faoliyatda samarali qo‘llay olish qobiliyati sifatida talqin etadi [1]. Olimning ta’kidlashicha, zamonaviy ta’lim muassasalarida pedagog faqat ijrochi emas, balki boshqaruv jarayonining faol subyekti bo‘lishi lozim. Uning tadqiqotlarida pedagoglarda boshqaruv kompetentligini rivojlantirish ta’lim sifati va muassasa faoliyatining samaradorligini oshiruvchi omil sifatida baholanadi.

B.X.Xodjayevning ilmiy ishlarida pedagog shaxsining kasbiy tayyorgarligi masalasi keng yoritilib, unda boshqaruv kompetensiyalari pedagogik kompetensiyaning muhim tarkibiy qismi sifatida qaraladi [2]. Olimning fikricha, pedagogik faoliyat samaradorligi ko‘p jihatdan pedagogning muloqot madaniyati, jamoani boshqarish va qarorlar qabul qilish qobiliyatiga bog‘liqdir. Ushbu qarashlar bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirish zaruratini ilmiy jihatdan asoslaydi.

ISSN 3030-3907

Pedagogik boshqaruv masalalari rus olimi V.A.Slastyonin tadqiqotlarida tizimli yondashuv asosida yoritilgan. U pedagogik boshqaruvni ta’lim jarayonining barcha tarkibiy qismlarini muvofiqlashtiruvchi murakkab tizim sifatida talqin qiladi. Olimning fikricha, pedagogning boshqaruv faoliyati uning kasbiy mahoratining ajralmas qismi bo‘lib, bu faoliyat pedagogik jarayonni rejalashtirish, tashkil etish va nazorat qilishni o‘z ichiga oladi [3]. Ushbu yondashuv maktabgacha ta’lim muassasalarida bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirishda metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

I.F.Isaev va A.S.Belkinlarning ilmiy qarashlarida pedagog shaxsining refleksiv faoliyati va o‘z-o‘zini boshqarish masalalariga alohida e’tibor qaratilgan [4,5]. Ularning tadqiqotlarida boshqaruv kompetentligini rivojlantirish pedagogning o‘z faoliyatini tahlil qilishi va kasbiy o‘sishga intilishi bilan uzviy bog‘liqligi asoslab beriladi. Bu holat bo‘lajak pedagoglarni refleksiv yondashuv asosida boshqaruv faoliyatiga tayyorlash zarurligini ko‘rsatadi.

Maktabgacha ta’lim tizimiga oid tadqiqotlarda L.M.Klarina va N.E.Veraksa maktabgacha ta’lim muassasalarini boshqarishning o‘ziga xos jihatlarini ochib bergan [6,7]. Ularning fikricha, maktabgacha ta’lim muassasasida pedagogning boshqaruv faoliyati tarbiyaviy muhitni tashkil etish, bolalarning yosh va individual xususiyatlarini hisobga olish hamda ota-onalar bilan samarali hamkorlikni yo‘lga qo‘yishga qaratilgan bo‘lishi lozim. Ushbu qarashlar bo‘lajak pedagoglarni aynan maktabgacha ta’lim sharoitiga mos boshqaruv kompetensiyalari bilan tayyorlash zarurligini ko‘rsatadi.

Zamonaviy boshqaruv va liderlik masalalari xorijiy olimlar tomonidan ham keng tadqiq etilgan. P. Drucker boshqaruvni natijaga yo‘naltirilgan faoliyat sifatida baholab, tashkilot muvaffaqiyati inson resurslarini samarali boshqarish bilan bevosita bog‘liq ekanligini ta’kidlaydi [8]. Uning qarashlari ta’lim muassasalarida strategik va innovatsion boshqaruv yondashuvlarini joriy etish uchun muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

J.Kotterning o‘zgarishlarni boshqarish konsepsiyasi ta’lim tizimida innovatsion jarayonlarni samarali tashkil etish masalalarini yoritadi. Olim ta’lim muassasalarida liderlikka asoslangan boshqaruv yondashuvi pedagoglarning tashabbuskorligi va mas’uliyatini oshirishga xizmat qilishini asoslab beradi [9]. Bu qarashlar bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv va liderlik kompetentligini rivojlantirish uchun nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur maqolaning metodologik asosi zamonaviy pedagogika, ta’lim menejmenti va kompetensiyaviy yondashuv nazariyalariga tayanadi. Tadqiqot jarayonida bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirish muammosi maktabgacha ta’lim muassasalari

ISSN 3030-3907

faoliyati misolida tizimli va kompleks yondashuv asosida o‘rganildi. Metodologiya pedagogik jarayonni yaxlit tizim sifatida tahlil qilish, boshqaruv faoliyatining mazmuni va mexanizmlarini aniqlash hamda zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining pedagog shaxsiga ta’sirini baholashga yo‘naltirildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirish jarayoni uzluksiz va tizimli xarakterga ega bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalarida tashkil etiladigan o‘quv jarayonining mazmuni, shakl va metodlari bilan chambarchas bog‘liqdir. Bu jarayonda zamonaviy boshqaruv nazariyalari, menejment va liderlik konsepsiyalari, ta’lim muassasalarini boshqarishning innovatsion modellari muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. Ayniqsa, maktabgacha ta’lim muassasalari faoliyatining o‘ziga xos jihatlari - bolalar bilan ishlash, tarbiyaviy muhitni yaratish, ota-onalar bilan hamkorlikni yo‘lga qo‘yish kabi omillar bo‘lajak pedagoglardan alohida boshqaruv yondashuvlarini talab etadi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining nazariy asoslari tizimli yondashuv, kompetensiyaviy yondashuv, shaxsga yo‘naltirilgan yondashuv, jarayonli va natijaga yo‘naltirilgan boshqaruv konsepsiyalarida o‘z ifodasini topadi. Tizimli yondashuvga ko‘ra, maktabgacha ta’lim muassasasi murakkab ijtimoiy-pedagogik tizim sifatida qaraladi va uning barcha tarkibiy qismlari o‘zaro uzviy bog‘liq holda faoliyat yuritadi. Bo‘lajak pedagoglarda ushbu yondashuv asosida boshqaruv kompetentligini shakllantirish ularga pedagogik jarayonni yaxlit holda ko‘ra olish, muammolarni kompleks tahlil qilish va optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish ko‘nikmalarini rivojlantiradi.

Kompetensiyaviy yondashuv zamonaviy ta’lim tizimining ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, bo‘lajak pedagoglarning nazariy bilimlarini amaliy faoliyatda qo‘llay olish qobiliyatini rivojlantirishga qaratilgan. Ushbu yondashuv asosida boshqaruv kompetentligini rivojlantirish jarayonida bo‘lajak pedagoglar real pedagogik vaziyatlarni modellashtirish, muammoli holatlarni hal etish, jamoa bilan ishlash va yetakchilik qilish tajribasini egallaydi. Natijada, ular kelajakda maktabgacha ta’lim muassasasida boshqaruv funksiyalarini samarali amalga oshirishga tayyor bo‘ladi.

Shaxsga yo‘naltirilgan boshqaruv yondashuvi pedagog shaxsining individual xususiyatlari, qiziqishlari, ehtiyojlari va imkoniyatlarini inobatga olgan holda boshqaruv faoliyatini tashkil etishni nazarda tutadi. Maktabgacha ta’lim muassasalarida bu yondashuv tarbiyachilar va boshqa xodimlarning kasbiy rivojlanishini qo‘llab-quvvatlash, ularning tashabbuslarini rag‘batlantirish va ijodiy salohiyatini ro‘yobga chiqarishga xizmat qiladi. Bo‘lajak pedagoglarda mazkur yondashuv asosida boshqaruv kompetentligini rivojlantirish ularning

ISSN 3030-3907

empatiya, muloqot madaniyati va refleksiv tafakkurini shakllantirishga yordam beradi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlari orasida liderlikka asoslangan boshqaruv alohida ahamiyatga ega. Liderlik pedagogning shaxsiy namunalari, kasbiy bilim va ko‘nikmalari, jamoani ortidan ergashtira olish qobiliyati bilan bog‘liq bo‘lib, maktabgacha ta’lim muassasalarida sog‘lom psixologik muhitni yaratishda muhim rol o‘ynaydi [3]. Bo‘lajak pedagoglarda liderlik kompetensiyalarini rivojlantirish ularning tashabbuskorligi, mas’uliyatni o‘z zimmasiga olish va strategik fikrlash qobiliyatlarini mustahkamlaydi.

Maktabgacha ta’lim muassasalarida zamonaviy boshqaruv yondashuvlarini joriy etish jarayonida innovatsion menejment usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Innovatsion boshqaruv pedagogik jarayonga yangi g‘oya va texnologiyalarni tatbiq etish, ta’lim sifatini oshirish va muassasa faoliyatining samaradorligini ta’minlashga qaratilgan. Bo‘lajak pedagoglar uchun innovatsion boshqaruv yondashuvlarini o‘rganish kelajakdagi kasbiy faoliyatda o‘zgaruvchan sharoitlarga tez moslashish va yangiliklarni samarali joriy etish imkonini beradi.

Shuningdek, maktabgacha ta’lim muassasalarida boshqaruv faoliyatini amalga oshirishda kommunikativ boshqaruv yondashuvi muhim o‘rin tutadi. Ushbu yondashuv pedagogik jamoa, ota-onalar va boshqa manfaatdor tomonlar o‘rtasida samarali muloqotni yo‘lga qo‘yishni nazarda tutadi. Bo‘lajak pedagoglarda kommunikativ kompetensiyalarni rivojlantirish ularning boshqaruv faoliyatida yuzaga keladigan nizolarni oldini olish, hamkorlikni mustahkamlash va umumiy maqsadlarga erishishni ta’minlaydi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining maktabgacha ta’lim muassasalarida qo‘llanilishi pedagogik jarayonning sifat jihatidan yangi bosqichga ko‘tarilishiga xizmat qiladi. Bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirishda ushbu yondashuvlarni o‘quv jarayoniga integratsiya qilish, nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan uyg‘unlashtirish va pedagogik amaliyot davomida mustahkamlash muhim ahamiyatga ega. Bu esa kelajakda maktabgacha ta’lim muassasalarida samarali boshqaruvni ta’minlay oladigan, raqobatbardosh va malakali pedagog kadrlarni tayyorlashga zamin yaratadi.

Maktabgacha ta’lim muassasalarida zamonaviy boshqaruv yondashuvlarini amaliyotga tatbiq etish jarayonida pedagogning boshqaruv kompetentligini shakllantirish masalasi alohida dolzarblik kasb etadi. Chunki ushbu ta’lim bosqichida pedagog nafaqat ta’lim-tarbiya jarayonining bevosita ijrochisi, balki kichik ijtimoiy guruhni boshqaruvchi, bolalar rivojlanishi uchun qulay muhit yaratuvchi va ota-onalar bilan hamkorlikni yo‘lga qo‘yuvchi subyekt sifatida namoyon bo‘ladi. Shu sababli bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv faoliyatiga

ISSN 3030-3907

tayyorligini zamonaviy yondashuvlar asosida rivojlantirish pedagogik ta’lim tizimining ustuvor vazifalaridan biri hisoblanadi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining maktabgacha ta’lim muassasalari faoliyatida qo‘llanilishi, avvalo, boshqaruv jarayonining mazmunan boyishiga olib keladi [4]. An’anaviy boshqaruvda pedagog ko‘proq ijrochi sifatida qaralgan bo‘lsa, zamonaviy yondashuvlar sharoitida u faol ishtirokchi, tashabbuskor va qarorlar qabul qilish jarayoniga jalb etilgan subyektga aylanadi. Masalan, maktabgacha ta’lim muassasasida ta’lim-tarbiya jarayonini rejalashtirishda pedagoglarning fikr va takliflarini inobatga olish, ularning boshqaruv kompetentligini amaliy faoliyat jarayonida rivojlantirishga xizmat qiladi. Bunday holatda bo‘lajak pedagoglar jamoaviy rejalashtirish, mas’uliyatni bo‘lishish va natijaga yo‘naltirilgan faoliyat yuritish ko‘nikmalarini egallaydi.

Maktabgacha ta’lim muassasalarida zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining muhim jihatlaridan biri – refleksiv boshqaruvni joriy etishdir. Refleksiv boshqaruv pedagogning o‘z faoliyatini tahlil qilishi, yo‘l qo‘yilgan xatolarni aniqlashi va ularni bartaraf etish yo‘llarini izlashga asoslanadi. Bo‘lajak pedagoglarda refleksiv kompetensiyani shakllantirish ularning boshqaruv faoliyatida ongli va mas’uliyatli yondashuvni ta’minlaydi. Masalan, tarbiyachi mashg‘ulot jarayonida bolalarning faolligi pasayganini kuzatib, o‘z faoliyatini tahlil qilishi va keyingi mashg‘ulotlarda metodlarni o‘zgartirish orqali jarayonni takomillashtirishi refleksiv boshqaruvga misol bo‘la oladi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlarida muammoli vaziyatlarni hal etish texnologiyalaridan foydalanish ham alohida ahamiyatga ega. Maktabgacha ta’lim muassasalarida pedagogik jamoa ichida yoki ota-onalar bilan munosabatlarda turli nizoli vaziyatlar yuzaga kelishi mumkin. Bo‘lajak pedagoglarni bunday vaziyatlarni konstruktiv tarzda hal etishga o‘rgatish ularning boshqaruv kompetentligini rivojlantirishda muhim omil hisoblanadi. Masalan, ota-onalarning ta’lim-tarbiya jarayoniga nisbatan turli talab va qarashlari pedagogdan muloqot madaniyati, murosaga kelish va asosli qaror qabul qilish ko‘nikmalarini talab etadi. Zamonaviy boshqaruv yondashuvlari ana shunday vaziyatlarda pedagogning professional pozitsiyasini mustahkamlashga yordam beradi.

Shuningdek, maktabgacha ta’lim muassasalarida strategik boshqaruv elementlarini joriy etish bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Strategik boshqaruv muassasaning uzoq muddatli rivojlanish maqsadlarini belgilash, mavjud resurslardan samarali foydalanish va kutilayotgan natijalarga erishishni ko‘zda tutadi. Bo‘lajak pedagoglar strategik fikrlash ko‘nikmalarini egallash orqali ta’lim-tarbiya

ISSN 3030-3907

jarayonini istiqbolli rejalashtirish, innovatsion g‘oyalarni ilgari surish va ularni amalga oshirishda faol ishtirok etish imkoniyatiga ega bo‘ladi [8].

Maktabgacha ta’lim muassasalarida zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining samaradorligi ko‘p jihatdan pedagoglarning axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish darajasiga ham bog‘liqdir. Raqamli boshqaruv elementlarini qo‘llash, hujjatlarni elektron shaklda yuritish, ota-onalar bilan onlayn muloqot platformalaridan foydalanish pedagogning boshqaruv faoliyatini yengillashtiradi va uning samaradorligini oshiradi. Bo‘lajak pedagoglarda raqamli kompetensiyalarni shakllantirish ularning zamonaviy boshqaruv muhitiga moslashuvchanligini ta’minlaydi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlari maktabgacha ta’lim muassasalarida ta’lim sifatini oshirishga qaratilgan baholash tizimlarini takomillashtirishni ham nazarda tutadi. Bunda pedagog faoliyatini baholash faqat nazorat funksiyasini emas, balki rivojlantiruvchi xarakterga ega bo‘lishi lozim. Bo‘lajak pedagoglarni o‘z faoliyatini baholash mezonlarini anglashga, o‘z-o‘zini baholash va o‘z ustida ishlashga yo‘naltirish boshqaruv kompetentligining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Masalan, pedagogik faoliyat natijalarini tahlil qilish orqali kuchli va zaif tomonlarni aniqlash, keyingi faoliyat uchun rivojlanish yo‘nalishlarini belgilash zamonaviy boshqaruv yondashuvlarining amaliy ifodasidir.

XULOSA. Zamonaviy ta’lim tizimi, xususan, maktabgacha ta’lim muassasalari faoliyatini samarali tashkil etish bo‘lajak pedagoglardan nafaqat kasbiy-pedagogik bilim va ko‘nikmalarni, balki rivojlangan boshqaruv kompetentligini ham talab etadi. Tadqiqot jarayonida aniqlanishicha, bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirish zamonaviy boshqaruv yondashuvlari bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, bu yondashuvlar ta’lim muassasasini boshqarishda insonparvarlik, hamkorlik, innovatsionlik va tizimlilik tamoyillariga asoslanadi.

Zamonaviy boshqaruv yondashuvlari bo‘lajak pedagoglarning pedagogik jarayonni rejalashtirish, tashkil etish, muvofiqlashtirish va nazorat qilishga doir malakalarini shakllantirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, kompetensiyaviy, shaxsga yo‘naltirilgan, refleksiv, kommunikativ hamda strategik boshqaruv yondashuvlarining qo‘llanilishi pedagoglarning kasbiy mustaqilligi, tashabbuskorligi va mas’uliyatini oshirishga imkon yaratadi. Bu esa maktabgacha ta’lim muassasalarida ta’lim-tarbiya jarayonining sifat jihatidan takomillashuviga olib keladi.

Shuningdek, bo‘lajak pedagoglarning boshqaruv kompetentligini rivojlantirish jarayonida zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish, innovatsion boshqaruv usullarini joriy etish va jamoaviy faoliyatni

ISSN 3030-3907

samarali tashkil etish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yondashuvlar pedagoglarning kelajakdagi kasbiy faoliyatida boshqaruv vazifalarini ongli, tizimli va samarali amalga oshirishga tayyorligini ta’minlaydi hamda maktabgacha ta’lim muassasalarining barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Muslimov N.A. Kasbiy ta’lim metodologiyasi. – Toshkent: Fan, 2015.
2. Xodjayev B.X. Pedagogik kompetensiya va uning rivojlanish mexanizmlari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018.
3. Slastyonin V.A. Pedagogika. – Moskva: Akademiya, 2002.
4. Isaev I.F. Pedagogik madaniyat asoslari. – Moskva: Akademiya, 2004.
6. Belkin A.S. Pedagogik refleksiya. – Yekaterinburg: Ural universiteti, 2001.
7. Veraksa N.E. Maktabgacha ta’lim pedagogikasi. – Moskva: Mozaika-Sintez, 2010.
8. Klarina L.M. Maktabgacha ta’lim muassasalarida pedagogik jarayon. – Moskva: Vlados, 2008.
9. Drucker P. Management: Tasks, Responsibilities, Practices. – New York: HarperCollins, 2007.
10. Kotter J. Leading Change. – Boston: Harvard Business School Press, 2012.

ISSN 3030-3907

GIRDOBLI TEZKOR OQIMDA HARAKATLANAYOTGAN KO‘PKOMPONENTLI GAZLARNI MAVJUD HOLATI VA QO‘SHIMCHA MARKAZIY OKISLITEL BERILGANDAN KIYINGI ISSIQLIK HAMDA MASSALARINI O‘ZARO ALMASHINISHI JARAYONI

Qobilov Avaz Sultonovich

Uchish apparatlari va aviatsiya dvigatellari tuzulishi va ekspluatatiyasi kafedrasi boshlig‘i, dotsent podpolkovnik.

Annotatsiya. Ushbu maqolada hozirgi kunda aviatsiya sohasida dolzarb bo‘lib kelyotgan va o‘z yetimini kutayotgan masalalardan biri xisoblangan girdobli tezkor oqimda harakatlanayotgan ko‘pkomponentli gazlarni mavjud holati va qo‘shimcha markaziy okislitel berilgandan kiyingi issiqlik hamda massalarini o‘zaro almashinishi jarayoni natijasi to‘g‘risida.

Kalit so‘zlar: Gaz, okislitel, girdob, osesimmetrik, moddalar, issiqlik, olov, massa, qisqa muddatli, front, chegara, koordinata, differensial, eksenli, konjugatsiya.

Аннотация. В данной статье речь пойдет о существующем состоянии многокомпонентных газов, движущихся в вихревом быстром потоке, который в настоящее время является одним из актуальных в авиационной отрасли и ждет своего сироты, и о результате процесса теплообмена и взаимного обмена их массами после подачи дополнительного центрального оля.

Ключевые слова: газ, окислитель, вихрь, осесимметричный, материя, тепло, огонь, масса, кратковременный, фронт, граница, координата, дифференциал, ось, сопряжение

Annotation. In this article, one of the issues that are currently relevant in the field of aviation and is waiting for its orphan is about the current state of multicomponent gases moving in a fast current with a marked vortex and the result of the process of exchanging heat and masses of the wearer from the provision of additional centrall.

Keywords: gas, okislitel, vortex, ossesymmetric, substances, heat, fire, mass, short-lived, front, boundary, coordinate, differential, axial, conjugation

KIRISH

Yassi yonma-yon joylashgan osesimmetrik oquvchi gazlarni oqimi yo‘nalishida diffuzion oksidlanib yonishi.

Amaliy qo‘llanmalarda yoqilg‘i odatda oksidlovchining birgalikdagi oqimida ta'minlanadi, shuning uchun issiqlik va massa uzatish jarayonini matematik modellashtirishda yonilg‘i soplosi kirish qismining eksenel qismini egallaydi. Mumkin bo‘lgan variantlardan biri, muammoning tekislik va eksensimetrik formulasida, yonish kamerasiga havoni periferik va markaziy

ISSN 3030-3907

nozullar orqali ular orasidagi yoqilg‘i bilan ta'minlash (1.1-rasm). Ushbu vazifaning maqsadi yonilg‘i va oksidlovchi nozullarning o‘lchamlari, shuningdek, etkazib beriladigan gazlar va havoning dastlabki tarkibining aralashtirish va yonish jarayonlariga ta'sirini o‘rganishdir.

O‘rtacha $(M \prec\prec 1)$ tezlikda issiqlik va massa almashish jarayoni ko‘p komponentli gazning turbulent chegara qatlami nazariyasi tenglamalari bilan tavsiflanadi (11).

Hisob-kitoblarda oqimning o‘qi (eksenli tekisligi) bo‘yicha, moddalar oqimi uchun emas, balki chegara qatlamining chegarasida, silliq konjugatsiya uchun shartlar olingan.

Shunday qilib, chegara shartlari shunday ko‘rinadi

$$: \quad , \ \bar{x} = O: \begin{cases} \bar{u} = \bar{u}_1, \ \overline{\overline{H}} = (\overline{H}_1 - 1)/(\overline{H}_2 - 1), \tilde{\tilde{C}} = 0 \\ \bar{u} = 1, \overline{\overline{H}} = 1, \tilde{\tilde{C}} = 1 \\ \bar{u} = \bar{u}_3, \ \overline{\overline{H}} = (\overline{H}_3 - 1)/(\overline{H}_2 - 1), \tilde{\tilde{C}} = 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} 0 \le \bar{r} \le \bar{r}_1 \\ \text{pri } \bar{r}_1 \le \bar{r} \le \bar{r}_2 \\ \bar{r} \le \bar{r}_3 \end{matrix}, \ (1.1): \text{ da}$$

$$\bar{x} = O: \begin{cases} \dfrac{\partial \bar{u}}{\partial \bar{r}} = \bar{\vartheta} = \dfrac{\partial \overline{\overline{H}}}{\partial \bar{r}} = \dfrac{\partial \tilde{\tilde{C}}}{\partial \bar{r}} = 0 \\ \bar{u} \to \bar{u}_3, \overline{\overline{H}} \to (\overline{H}_3 - 1)/(\overline{H}_2 - 1), \tilde{\tilde{C}} \to 0 \end{cases} \quad \text{pri } \begin{matrix} \bar{r} = 0, \\ \bar{r} \to \bar{r}_{cp} \end{matrix}$$

Bu erda shkala tezligi va entalpiyalar yonilg‘i ko‘krak chiqishida mos keladigan parametrlarning qiymatlari sifatida qabul qilingan.

Bosim qiymati doimiy va butun oqim hududida $P_{amм}$ teng deb hisoblanadi.

Muammo umumlashtirilgan Mises-Prandtl $\bar{\xi}$, $\bar{\phi}$ koordinatalarida (11) (20) ilovasi bilan hal qilindi, buning uchun chegara shartlari (1.1) quyidagi shaklni oladi:

$$\bar{\xi} = O: \begin{cases} \bar{u} = \bar{u}_1, \ \overline{\overline{H}} = (\overline{H}_1 - 1)/(\overline{H}_2 - 1), \tilde{\tilde{C}} = 0 \\ \bar{u} = 1, \overline{\overline{H}} = 1, \tilde{\tilde{C}} = 1 \\ \bar{u} = \bar{u}_3, \ \overline{\overline{H}} = (\overline{H}_3 - 1)/(\overline{H}_2 - 1), \tilde{\tilde{C}} = 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} 0 \le \bar{\phi} \le \bar{\phi}_1 \\ \text{pri } \bar{\phi}_1 \le \bar{\phi} \le \bar{\phi}_2, \\ \bar{\phi} \le \bar{\phi}_2 \end{matrix} \qquad (1.2)$$

Qiymatlar $\bar{\phi}_i = \bar{\phi}(\bar{r}_i)$ formulalar yordamida hisoblanadi:

Tekis-parallel oqim uchun (n=0)

$$\bar{\phi}_i = \int_O^{\bar{r}} \overline{\rho}\, \bar{u}\, d\bar{r} \quad (1.3)$$

Va aksimetrik formula bilan (n = 1)

$$\bar{\phi}_i = \sqrt{2 \int_O^{\bar{r}_i} \overline{\rho}\, \bar{u}\, d\bar{r}} \qquad (1.4)$$

ISSN 3030-3907

Munosabatlarning birinchi tengligidan kelib chiqqan holda (9).

Tizimni yopish uchun (11) turbulent almashinuv koeffitsienti tanlanadi, Prandtl gipotezasining yangi modifikatsiyalari bo‘yicha qabul qilinadi /51/:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}(\bar{x}) = ae\bar{b}(\bar{x})\left|\bar{u}_{\max} - \bar{u}_{\min}\right|_x \qquad (1.5)$$

Aralashish zonasining yarmi kengligi $\bar{b}(\bar{x})$ qayerda.

Chegaraviy shartli (1.2) differensial tenglamalar tizimi (11), (20) sonli yechiladi. Dastlabki tenglamalar va ularning chegaraviy shartlari to‘rt nuqtali yashirin sxemada /41,75/yozilgan chekli farqli analoglar yordamida yaqinlashdi. Hosil bo‘lgan chiziqli bo‘lmagan tenglamalar tizimi iterativ jarayon yordamida supurish usuli bilan echildi.

Aralashmaning harorati va $\bar{u}, \overline{\overline{H}}, \tilde{\bar{C}}, C_1, C_2, C_3, C_4$ zichligining ma'lum qiymatlarida ular mos ravishda umumiy entalpiya (10) va gaz aralashmasi holati tenglamasi (9) ifodasidan aniqlandi.

Taklif etilgan usulga ko‘ra, kislorod bilan suyultirilgan havoda vodorodning yonishi turli xil dastlabki sharoitlar uchun hisoblab chiqilgan.

Hisob-kitoblarda tezlik, harorat va kontsentratsiyaning dastlabki qiymatlari jadvalga muvofiq olinadi. 1.

1-jadval

Markaziy qo‘shimcha havo bilan ta'minlangan kompozit jetlarni hisoblashda ishlatiladigan yoqilg‘i va havo oqimlarining dastlabki parametrlarining qiymatlari

	Yassi (n=0)	**cho‘kishi**
u_1	5 m/s	25 m/s
u_2	50 m/s	50 m/s
u_3	25 m/s	25 m/s
T_1	300 K	300 K
T_2	500 K	500 K
T_3	700 K	300 K
$(C_1)_1$	0.5	0.5
$(C_2)_1$	0	0
$(C_3)_1$	0	0
$(C_4)_1$	0.5	0.5
$(C_1)_2$	0	0
$(C_2)_2$	0.1	0.1
$(C_3)_2$	0	0
$(C_3)_2$	0.9	0.9

ISSN 3030-3907

Hisob-kitoblar bo‘yicha $a/b = 0;\ 0.1; 0.2;\ 0.3;\ \ldots 0.9;$ amalga oshirildi

Bu erda va mos ravishda oqimning o‘qidan (eksenli tekislik) markaziy havo va yoqilg‘i va yonilg‘i va periferik havo o‘rtasidagi cheksiz nozik sirtgacha bo‘lgan masofalar. Birinchi holat, ya'ni. $a/в = 0$, bir vaqtning o‘zida havo oqimida markaziy yonilg‘i ta'minoti holatiga mos keladi. Bunday holda, ham tekislik, ham aksimetrik sozlamalarda eng uzun olov jabhalari olingan. Kichik, lekin nolga teng $a/в$ bo‘lmagan qiymatlarda ichki va tashqi olov jabhalari kuzatiladi. Jismoniy nuqtai nazardan, ichki old tomoni yonilg‘i isitgichining nol qismini o‘ynaydi. O‘lchovsiz parametr $a/в$ qiymatining oshishi bilan ichki olov old qismi ortadi, tashqi tomoni esa qisqaradi, bu ichki qismda reaksiyaga kirishadigan massaning ko‘payishi va tashqi olovda isitiladigan yonuvchi gaz miqdorining kamayishi bilan izohlanadi. jabhalar.

Parametrning kritik qiymatida mash'alalar shaklidagi sifat o‘zgarishiga erishiladi $a/в$. $a/в_{\text{kr}}$ dan o‘tayotganda ichki va tashqi olovning uchlari bir-biri bilan yopiladi va oqimning o‘qidan (o‘q tekisligidan) uziladi va shuning uchun olov jabhalarining uzunligi intensiv ravishda qisqaradi (1.2. 1.3-rasm).

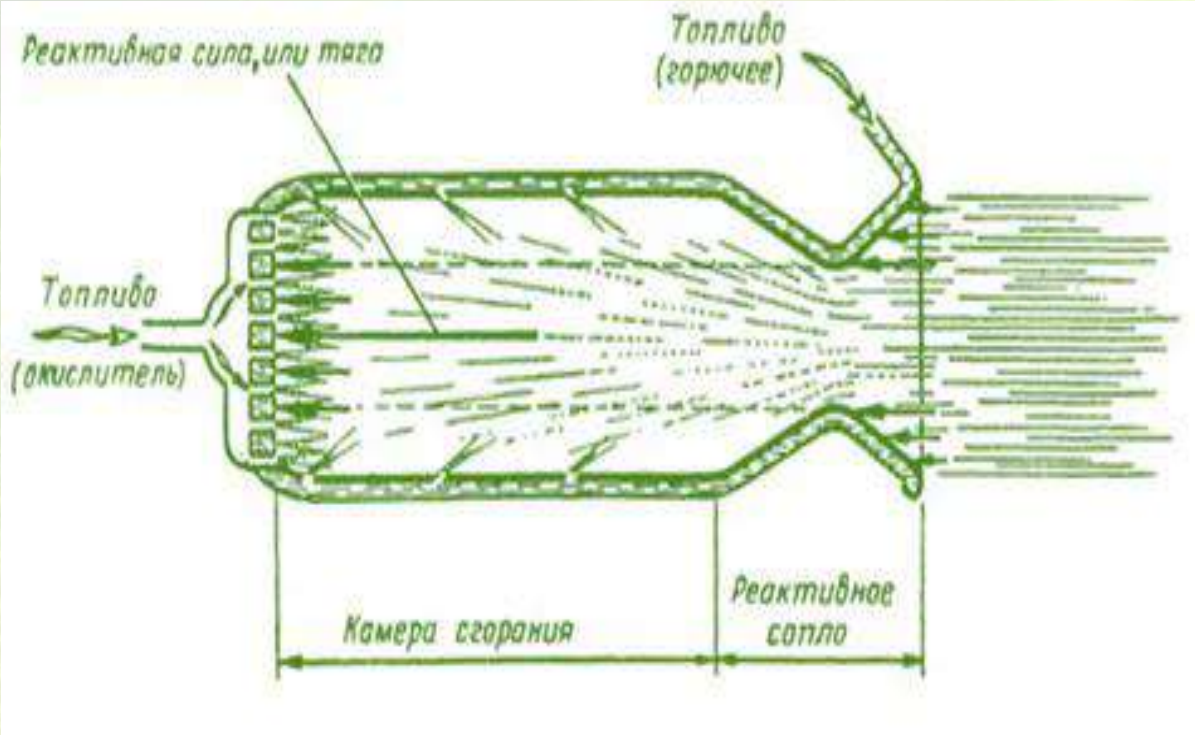
Ikkita mash'al shakliga ega bo‘lgan jetlar orasidagi sezilarli farq oqimning o‘qi (eksenel tekisligi) bo‘yicha harorat o‘zgarishini tahlil qilishda namoyon bo‘ladi. Olovli jabhalar oqim o‘qi bo‘ylab yopilganda, OX o‘qi bo‘ylab eksenel haroratning hosilasi ikki marta uzilishga uchraydi, bu diffuziya yonish modelining tabiati bilan izohlanadi (esda tutingki, eksenel havo ta'minoti yo‘q bo‘lganda, bunday uzilish yagona edi). Eksenel $a/в \succ (a/в)_{кр}$ qiymat o‘zgarganda, bitta maksimal mavjud (1.4-rasm. 1.5).

Qo‘shimcha markaziy havo ta'minoti mavjud bo‘lganda konsentratsiya profillari qanday sifat o‘zgarishiga uchraydi? Olov jabhasida bir vaqtning o‘zida yoki havo bilan to‘ldirilgan bo‘shliqda bitta yonilg‘i oqimi mavjud bo‘lganda, yonish mahsulotlari va inert gazning kontsentratsiyasi olov old qismining uzunligi bo‘ylab doimiy bo‘lib qoldi. Old tomondan tashqi va ichki tomondan yonilg‘i tarkibidagi inert gaz aralashmasi turli tezliklarda davom etadi va shu bilan bog‘liq holda, olov old qismidagi yonish mahsulotlarining kontsentratsiyasi quyi oqimda o‘zgaradi (1.6-rasm).

E'tibor bering, tashqi jabhaning maksimal ko‘ndalang o‘lchami sezilarli o‘zgarishlarga duch kelmaydi.

Jadvalning parametrlaridan birini o‘zgartirish kritik qiymatning chapga va o‘ngga siljishiga olib keladi. Xususan, yoqilg‘i kontsentratsiyasining ortishi qiymatini oshiradi.

ISSN 3030-3907



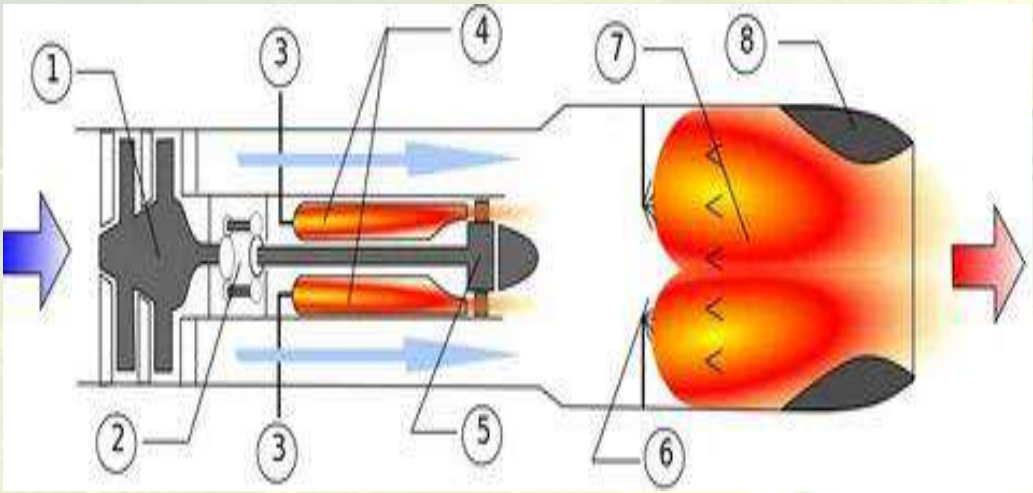
1.1-rasm. Qo‘shimcha markazdan okislitel berilgan vaqtda saplodan yoqilg‘i va okislitelarni oqimi harakati

(⟶) oksidlovchining qo‘shimcha markaziy ta'minoti bilan.



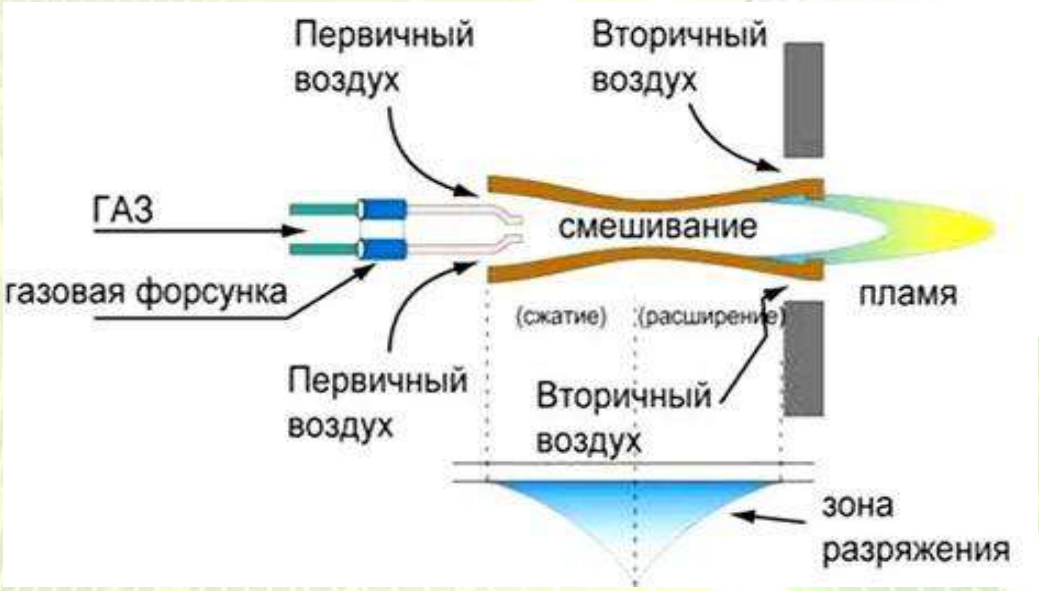
1.2-rasm. Ichki (1) va tashqi(2) olov frontini uzunligi saploni diametriga nisbatiga qarab o‘zgartiring. *a / b.* Dastlabki parametrlar uchun 1-jadvalga qarang n=1.

ISSN 3030-3907



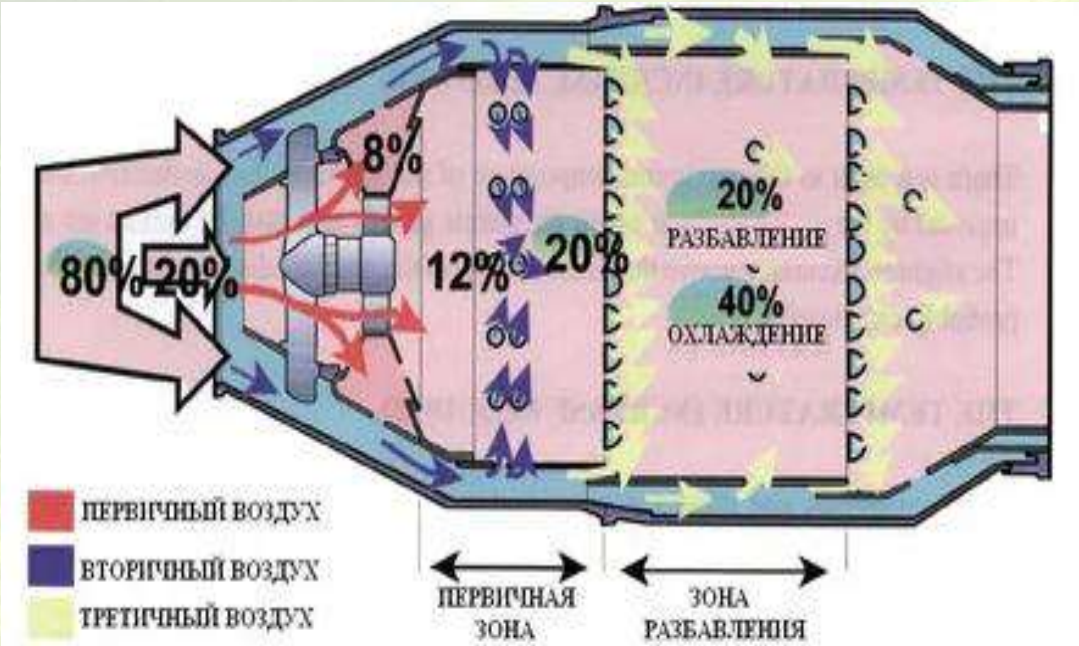
1.3-rasm. "1" *a / b*=0,5, “2”- a/b=0,4 Qo‘shimcha markazdan okislitel berilgan vaqtda olov frontini formasi birinchi holatga to‘g‘ri kelishi.

Dastlabki ma'lumotlar - 1-jadvaldan



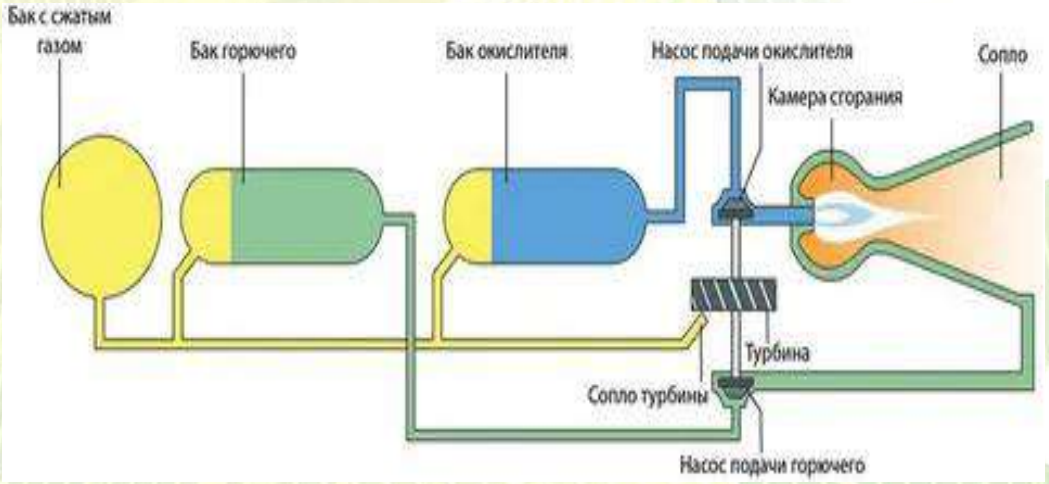
1.4-rasm. a/b=0,4 < (a/b) qo‘shimcha markazdan berilgan havodan so‘ng oqimning issiqlik darajasi va tezligining miqdorini o‘q bo‘ylama o‘zgarishi

ISSN 3030-3907



1.5-rasm. a/b=0,4 < (a/b)kr qo‘shimcha markazdan berilgan havodan so‘ng oqimning issiqlik darajasi va tezligining miqdorini o‘q bo‘ylama o‘zgarishi

1-jadvaldagi ma'lumotlar.



1.6-rasm. Oksidlovchi moddaning kontsentratsiyasini taqsimlash, yonuvchan qaysi va yonish mahsuloti kesmalarda va da 1-jadvaldagi dastlabki ma'lumotlar

XULOSA

Xulosa sifatida shuni aytish mumkinki samolyotda ham, aksimetrik holatlarda ham olingan ma'lumotlar yonuvchan gazni aralash oqimlarda yoqishni tashkil qilishda olov geometriyasida o‘zgarishlarning juda katta tanlovi mavjud degan xulosaga kelishimizga imkon beradi va hozirgi kunda ekologiyani juda yomon xolatga kelib qolganligi va uni qo‘shimcha gazlar bilan ifloslantirmaslik va samolyotlarda turboriaaktiv dvigatellarida ishlatilayotgan yoqilg‘ilardan yanada unimli natija olish xisoblanadi.

ISSN 3030-3907

FAYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976. 888 с.
2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. М.: Наука, 1984. 715 с.
3. Абрамович Г.Н. Турбулентные течения при воздействии объемных сил и не авто модулности. М.: Машиностроение, 1975, 95 с.
4. Абрамович Г.Н. др. Турбулентное смешение газовых струй. М.: Наука, 1974, с. 272.
5. Авдеев Е.В., Алиев Ф., Лапин Ю.В. Турбулентное перемешивание двух полу бесконечных потоков реагирующих газов. Труды ЛПИ им. М.И.Калинина, № 265, Л., 1966.
6. Авдуевский В.С., Пирумов У.Г. и др. // Охрана окружающей среды от выбросов энергетических установок., Снижение выбросов окислов азота от энергетических факела. В кн.: Межведомств. Тематический сб. № 50. – М.: Моск. Энерг. ин-т, 1984.
7. Алиев Ф. Тепло-и массообмен в системе плоских турбулентных струй при наличии диффузионного горения. Изв. АН СССР, МЖГ, № 2, 1968, с.56 – 63.
8. Алиев Ф. Турбулентное перемешивание двух полу бесконечных потоков газов при наличии диффузионного фронта пламени. В сб. “Аэродинамика смесей и тепломассообмена”, Ташкент: Фан, 1969, с.17 – 39.
9. Алиев Ф. Распределение концентраций компонент и температуры газовой смеси в плоскопараллелном свободном пограничном слое при химическом равновесии. “Вопросы механики”, вып. 11, Ташкент: Фан, 1972, с. 87 – 90.

ISSN 3030-3907

SCIENTIFIC AND PRACTICAL FOUNDATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING A DEFOLIANT BASED ON MAGNESIUM SULFATE AND ITS APPLICATION IN AGRICULTURE

Mamaraimov Ashuroxun Abdumutalib o‘g‘li
Assistant Lecturer, Department Medicinal and biological chemistry, Fergana Medical Institute of Public Health
Yuldashev Bakhrom Ergashovich
Associate Professor, Tashkent State Medical University

Abstract. This scientific article comprehensively examines the issues of improving the technology for producing a defoliant based on magnesium sulfate and introducing it into agricultural practice. The study provides an in-depth analysis of the physiological and biochemical mechanisms of the defoliation process, the effects of magnesium sulfate on the plant organism, the stages of defoliant production technology, as well as environmental and medical-hygienic safety aspects. The obtained results indicate that magnesium sulfate–based defoliants are highly effective, low in toxicity, and suitable for sustainable agricultural systems.

Keywords: defoliant, magnesium sulfate, defoliation, plant physiology, agrochemistry, environmental safety.

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada magniy sulfat asosidagi defoliant ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish va qishloq xo‘jaligi amaliyotiga joriy etish masalalari har tomonlama ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda defoliatsiya jarayonining fiziologik va biokimyoviy mexanizmlari, magniy sulfatining o‘simlik organizmiga ta’siri, defoliant ishlab chiqarish texnologiyasi bosqichlari, shuningdek, ekologik va tibbiy-gigiyenik xavfsizlik masalalari chuqur tahlil qilingan. Olingan natijalar magniy sulfat asosidagi defoliantlar yuqori samarali, toksikligi past va barqaror qishloq xo‘jaligi tizimlari uchun mos ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: defoliant, magniy sulfat, defoliatsiya, o‘simliklar fiziologiyasi, agrokimyo, ekologik xavfsizlik.

Аннотация. В данной научной статье всесторонне рассматриваются вопросы совершенствования технологии производства дефолианта на основе сульфата магния и его внедрения в сельскохозяйственную практику. Исследование содержит углубленный анализ физиологических и биохимических механизмов процесса дефолиации, воздействия сульфата магния на растительный организм, этапов технологии производства дефолианта, а также аспектов экологической и медико-гигиенической безопасности. Полученные результаты показывают, что дефолианты на

ISSN 3030-3907

основе сульфата магния обладают высокой эффективностью, низкой токсичностью и пригодны для устойчивых систем земледелия.

Ключевые слова: дефолиант, сульфат магния, дефолиация, физиология растений, агрохимия, экологическая безопасность.

INTRODUCTION.

In modern agricultural production, achieving high yields, improving product quality, and mechanizing production processes are considered among the most important strategic objectives. In particular, in cotton farming, harvesting the crop within a short period and with minimal losses is one of the key factors determining production efficiency.

During mechanized cotton harvesting, the presence of leaves interferes with the operation of machinery, causes foreign impurities to adhere to the fiber, and reduces product quality. Therefore, the defoliation process is widely applied in cotton cultivation as an important agrotechnical practice.

However, some chemical agents used in defoliation are characterized by high toxicity, long-term persistence in soil and water environments, and adverse effects on human health, which creates serious challenges. From this perspective, the development of environmentally safe, economically efficient, and biologically adaptable defoliants is of great relevance. Defoliants based on magnesium sulfate are regarded as promising agents that meet these requirements.

MAIN PART

1. Theoretical, Physiological, and Agrotechnical Foundations of the Defoliation Process

Defoliation is a process that ensures the shedding of plant leaves by artificially limiting or completely suppressing their physiological activity. During this process, photosynthetic activity in the leaves sharply decreases, transpiration is disrupted, and water and metabolite exchange within plant cells is impaired.

In the plant organism, vegetative and generative developmental processes normally exist in a state of balance. As a result of defoliation, the activity of vegetative organs declines, and energy as well as nutrients within the plant are redirected toward generative organs, namely fruits and fiber. This, in turn, leads to accelerated crop maturation and more uniform boll opening.

From an agrotechnical perspective, the effectiveness of defoliation depends on several factors, including the type of defoliant, its concentration, the timing of application, weather conditions, and the developmental stage of the plant. Scientifically grounded selection and optimization of these factors ensure high efficiency and favorable outcomes of the defoliation process.

2. Chemical, Biological, and Physiological Properties of Magnesium Sulfate

ISSN 3030-3907

Magnesium sulfate is an inorganic salt that is highly soluble in water and consists of magnesium and sulfate ions. Magnesium is an essential macronutrient in plant life processes. It serves as the central element of the chlorophyll molecule and ensures the normal progression of the photosynthesis process.

When magnesium sulfate is used as a defoliant, its effect is expressed in a concentration-dependent manner. At high concentrations, osmotic pressure in leaf cells increases sharply, water is withdrawn from the cells, and cellular metabolism is disrupted. As a result, leaves rapidly turn yellow, dry out, and abscise.

An important feature of magnesium sulfate is that it exerts a strong effect on leaves while having a relatively mild impact on stems and generative organs. This characteristic makes it possible to preserve crop quality indicators. From a biological perspective, magnesium sulfate decomposes rapidly in the soil and does not exert long-term adverse effects on the environment.

3. Scientific Analysis of the Technology for Producing a Magnesium Sulfate–Based Defoliant

The technology for producing a defoliant based on magnesium sulfate consists of simple and efficient processes. Initially, technically pure magnesium sulfate raw material is selected and subjected to quality control based on its physicochemical parameters. In the next stage, it is dissolved in water at a predetermined concentration.

To ensure the homogeneity of the solution, mixing and homogenization processes are carried out. The addition of surfactants enhances uniform adhesion of the defoliant solution to the leaf surface and increases its effectiveness. During the technological process, parameters such as pH, temperature, and density are continuously monitored.

Below is a generalized scientific and technological characterization of magnesium sulfate–based defoliants.

ISSN 3030-3907

Table 1.

Scientific and Technological Characteristics of Magnesium Sulfate–Based Defoliants

Parameters
Description
Chemical formula
$MgSO_4 \cdot nH_2O$
Physical state
White crystalline substance
Solubility in water
Very high
Defoliation mechanism
Increases osmotic pressure
Leaf abscission period
5–10 days
Effect on photosynthesis
Strongly suppresses
Effect on the plant
Strong effect on leaves, mild effect on fruits
Persistence in soil
Does not persist for a long time
Environmental safety
High
Toxicity level
Low
Sanitary-hygienic assessment
Moderately safe
Practical application
Cotton cultivation

4. Environmental, Sanitary-Hygienic, and Medical Assessment of Defoliants

Defoliants based on magnesium sulfate are considered relatively environmentally safe. They decompose rapidly in soil and aquatic environments, do not form harmful residual substances, and do not disrupt the stability of agroecosystems.

ISSN 3030-3907

From a sanitary-hygienic perspective, magnesium sulfate is a low-toxicity substance and does not pose a serious risk to human health when applied at recommended rates. The widespread use of magnesium sulfate in medical practice confirms its biological compatibility and safety.

CONCLUSION. The conducted scientific analyses demonstrate that the technology for producing defoliants based on magnesium sulfate is characterized by high efficiency, environmental sustainability, and sanitary-hygienic safety. The use of these defoliants in cotton cultivation contributes to improving crop quality, ensuring efficient mechanized harvesting, and protecting the environment.

REFERENCES

1. Mehran, L., Amouzegar, A., Abdi, H., Delbari, N., Madreseh, E., Tohidi, M., Mansournia, M. A., & Azizi, F. (2021). Incidence of Thyroid Dysfunction Facing Metabolic Syndrome: A Prospective Comparative Study with 9 Years of Follow-Up. European thyroid journal, 10(5), 390–398. https://doi.org/10.1159/000512665
2. Zádori, J., Vágvölgyi, A., & Wellinger, K. (2025).Thyroid-Stimulating Hormone Levels and Assisted Reproduction Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis.Journal of Clinical Medicine, 14(14), 4992.DOI: 10.3390/jcm14144992
3. Li, Y., & Li, X. (2024).Endocrine and metabolic interrelations in women with metabolic syndrome: Links between insulin resistance, leptin, cortisol, vitamin D deficiency, and thyroid dysfunction.Frontiers in Endocrinology, 15, 1421932. DOI: 10.3389/fendo.2024.1421932
4. Butler, M. J., Chen, Y., & Alvarez, D. (2025).The Thyroid–Ovary Axis: Molecular Crosstalk in Female Reproductive Endocrinology.Reproductive Biology and Endocrinology, 23(4), 215–234. DOI: 10.1186/s12958-025-01215-9
5. Ferdous, R., & Rahman, H. (2025).Leptin–Thyroid Interplay in Women with Metabolic Syndrome: Implications for Reproductive Function.Endocrine Connections, 14(2), 125–139. DOI: 10.1530/EC-25-0023
6. Юлдашев, Б. Э. (2025). Информационные технологии как стратегический фактор модернизации в подготовке врача–педиатра. Вестник Ассоциации Пульмонологов Центральной Азии, 8(3), 285-291.
7. Юлдашев, Б. Э., & Юлдашева, Н. Т. (2025). Компьютерная поддержка для выявления среди новорожденных группы риска внутриутробного инфицирования и лечебная тактика для новорожденных различной степени перинатального риска. Журнал гуманитарных и естественных наук, (19 [2]), 195-200.
8. Anvarovich, A. S. (2025). HOMILADORLIKDA IRSIY VA IRSIY BO ‘LMAGAN KASALLIKLARNI ANIQLASHDA ZAMONAVIY

ISSN 3030-3907

DIAGNOSTIKA APPARATLARI VA SUN'IY INTELLEKTNING O 'RNI. Научный Фокус, 3(29), 129-133.

9. Anvarovich, A. S. (2025). GINIKOLOGIYADA AXBOROT TEXNALOGIYALARI VA SUN'IY INTELEKTDAN FOYDALANISH: AYOLLAR REPRODUKTIV SALOMATLIGINI DIAGNOSTIKA VA DAVOLASHDA RAQAMLI INOVATSIYALAR. Научный Импульс, 4(39), 142-146.

ISSN 3030-3907

MARKAZLASHGAN FEDERATIV O‘QITISH USULLARI, ARXITEKTURALARI

Quzibayev Xudayshukur Shavkat o‘g‘li
Texnika fanlari falsafa doktori, Urganch RANCH texnologiyalar universiteti
Email: khudayshukur.kuzibaev@ranch.university
O‘razmatov Tohir Quranboyevich
Texnika fanlari falsafa doktori (PhD) Urganch RANCH texnologiyalar universiteti
Email: tokhir.urazmatov@ranch.university
Beymamatov Xudoybergan Ollobergan o‘g‘li
Urganch RANCH texnologiyalar universiteti o‘qituvchi-stajyori
Email: khudaybergan.beymamatov@ranch.university
Quljanova Shukurjon Zaribovna
Urganch RANCH texnologiyalar universiteti o‘qituvchi-stajyori
Email:quljanova83@gmail.com

Annotatsiya. Federativ o‘rganish (Federated Learning, FL) foydalanuvchi ma’lumotlarini saqlagan holda bilim almashish imkoniyati, maxfiylikni himoyalash, o‘rganish samaradorligini oshirish hamda aloqa (kommunikatsiya) yuklamasini kamaytirish xususiyatlari tufayli tobora ko‘proq e’tiborni tortmoqda. Markazlashtirilmagan federativ o‘rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) markaziy federativ o‘rganishdan (Centralized Federated Learning, CFL) farqli ravishda, markaziy serverga bo‘lgan ehtiyojni bartaraf etuvchi markazlashtirilmagan tarmoq arxitekturasiga asoslanadi. DFL mijozlar (klientlar) o‘rtasida bevosita aloqa o‘rnatishni ta’minlab, kommunikatsiya resurslarini sezilarli darajada tejash imkonini beradi.

Kalit sozlar: Federativ o‘qitish, markazlashtirilmagan o‘rganish, tarmoq, maxfiylikni saqlash, buyumlar interneti (Internet of Things, IoT).

Аннотация. Федеративное обучение (Federated Learning, FL) в последние годы привлекает всё большее внимание благодаря своей способности обеспечивать обмен знаниями при сохранении пользовательских данных, защите конфиденциальности, повышении эффективности обучения и снижении коммуникационной нагрузки. В отличие от централизованного федеративного обучения (Centralized Federated Learning, CFL), децентрализованное федеративное обучение (Decentralized Federated Learning, DFL) основано на децентрализованной сетевой архитектуре, исключающей необходимость использования центрального сервера. DFL обеспечивает прямое взаимодействие между клиентами, что позволяет существенно сократить потребление коммуникационных ресурсов.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: федеративное обучение, децентрализованное обучение, сеть, сохранение конфиденциальности, Интернет вещей (Internet of Things, IoT).

Abstract. Federated Learning (FL) has attracted increasing attention due to its ability to enable knowledge sharing while preserving user data, protecting privacy, improving learning efficiency, and reducing communication overhead. Unlike Centralized Federated Learning (CFL), Decentralized Federated Learning (DFL) is based on a decentralized network architecture that eliminates the need for a central server. DFL enables direct communication among clients, thereby significantly reducing communication resource consumption.

Keywords: federated learning, decentralized learning, network, privacy preservation, Internet of Things (IoT).

KIRISH

2020-yilda Google tadqiqotchilari federativ o‘rganish konsepsiyasini federativ tahlil (federated analytics) yo‘nalishigacha kengaytirdilar [4]. Ushbu kengayish natijasida FL faqat o‘rganish vazifalari bilan cheklanmay, balki hamkorlikda hisoblash, ma’lumotlarni tahlil qilish va xulosalar chiqarish (inferensiya) jarayonlarini ham qamrab oldi hamda Google Keyboard tizimida yanada keng miqyosda joriy etildi.

Federativ o‘rganish aqlli transport tizimlari, buyumlar interneti (Internet of Things, IoT), sog‘liqni saqlash, sanoat ishlab chiqarishi, qishloq xo‘jaligi, energetika, masofadan zondlash va boshqa ko‘plab sohalarda o‘zining yuqori samaradorligini namoyon etgan [1]. Shuningdek, FL geografik cheklovlarni bartaraf etib, butun dunyo bo‘ylab samarali hamkorlikni ta’minlaydi. Masalan, tadqiqotchilar federativ o‘rganishdan foydalanib, dunyo bo‘ylab 20 ta institutdan olingan ma’lumotlarni birlashtirgan holda COVID-19 bilan kasallangan bemorlarning klinik natijalarini bashorat qilish uchun universal modelni tayyorlaganlar [8]. Ushbu yondashuv modelning umumlashtirish (generalizatsiya) qobiliyatini oshirib, turli xil ma’lumot manbalaridan olingan bilimlarni qamrab olish imkonini beradi.

B. Markazlashtirilgan Federativ o‘rganishning variantlari

CFLning tarmoq variantlari va kengaytmalari yuqorida bayon etilgan muammolarni bartaraf etish hamda turli real dunyo qo‘llash ssenariylariga moslashish maqsadida ishlab chiqilgan.

1) Ierarxik federativ o‘rganish (Hierarchical FL).

Ierarxik FL klassik va keng qo‘llaniladigan mijoz–edge–bulut (client–edge–cloud) arxitekturasiga asoslanadi. Ushbu tuzilma doirasida model parametrlarining edge va bulut (cloud) o‘rtasida nisbatan kam chastotada uzatilishi kommunikatsiya yuklamasini sezilarli darajada kamaytiradi. Odatda, qo‘shimcha agregatsiya

ISSN 3030-3907

qatlamlarini joriy etish orqali bir nechta edge-serverlar tashkil etiladi, bu esa kommunikatsiya va hisoblash bosimini taqsimlash hamda yagona nosozlik nuqtasi (SPoF) ta’sirini kamaytirishga xizmat qiladi. Ushbu edge-serverlar mijozlarga geografik jihatdan yaqin joylashgan bo‘lib, natijada aloqa resurslari sarfi kamayadi va kechikishlar (latency) qisqaradi Bir yoki bir nechta edge-server darajasidagi agregatsiyadan so‘ng, edge-serverlar hosil bo‘lgan edge global modelni bulutga uzatadi va u yerda yakuniy global model shakllantiriladi.

Kommunikatsiyani optimallashtirishdan tashqari, edge-serverlarning mijozlarga geografik yaqinligi ularning ulangan mijozlarga yaxshiroq moslashuvini ham ta’minlashi mumkin. Edge-serverlar va ularga ulangan mijozlar geografik jihatdan shaxsiylashtirilgan klasterlar sifatida qaralishi mumkin. Masalan, AQShdagi shtatlar bo‘yicha edge-serverlar ajratilgan taqdirda, har bir shtat edge-serveri ob-havo sharoitlari, foydalanuvchilar soni, vaqt mintaqasi, etnik tarkib, yosh taqsimoti kabi omillarni inobatga olgan holda tegishli foydalanuvchi ssenariylariga yaxshiroq moslashishi mumkin.

2) Shaxsiylashtirilgan federativ o‘rganish (Personalized FL).

Shaxsiylashtirilgan FL ikki asosiy toifaga ajratiladi: global modelni shaxsiylashtirish va shaxsiylashtirilgan model arxitekturasi. Global modelni shaxsiylashtirish odatda umumiy global modeldan boshlanib, keyinchalik mijoz tomonidan ushbu modelni lokal foydalanuvchiga moslashtirishni nazarda tutadi. Bunday shaxsiylashtirish serverdan mustaqil ravishda mijoz tomonidan amalga oshiriladi; bunga global model bilimlarini lokal muhitga ko‘chirishga asoslangan federativ transfer o‘rganish misol bo‘la oladi.

Shaxsiylashtirilgan model arxitekturasi esa an’anaviy FL arxitekturasini o‘zgartirish orqali foydalanuvchiga xos bilimlarni o‘z ichiga olgan shaxsiy modelni ishlab chiqishga qaratilgan bo‘lib, bu jarayon asosan server tomonidan boshqariladi. Ushbu yo‘nalishdagi mashhur arxitekturalardan biri klasterlangan federativ o‘rganish (clustered FL) bo‘lib, u tadqiqotchilar e’tiborini keng miqyosda tortgan. Shaxsiylashtirilgan FL doirasida mijoz modeli foydalanuvchiga yaqinroq bo‘lganligi sababli, u yuqori aniqlik va ishonchlilik bilan ajralib turadi. Ayniqsa, mustaqil va bir xil taqsimlanmagan (non-IID) ma’lumotlar sharoitida shaxsiylashtirilgan FL juda samarali yechim hisoblanadi. Agregatsiyalangan global model foydalanuvchi xususiyatlaridan sezilarli darajada chetga chiqqan hollarda, shaxsiylashtirish mexanizmlari modelni moslashtirish va turli geterogenliklarni qoplash imkonini beradi.

3) Split federativ o‘rganish (Split FL).

Split FL o‘rganish jarayonida modelni bo‘lib o‘qitishga asoslanadi, bunda model qatlamlarining bir qismi server zimmasiga yuklatiladi. Mijoz tomonidan

ISSN 3030-3907

serverga uzatiladigan yagona axborot modelning kesish qatlamidagi yashirin tasvirlar (hidden representations) yoki gradientlardan iborat bo‘ladi. Ushbu yondashuvda mijoz o‘rganish vazifasining bir qismini serverga ko‘chiradi, biroq foydalanuvchi ma’lumotlarini bevosita ulashmaydi. An’anaviy FL bilan solishtirganda, Split FL o‘xshash aniqlik va kommunikatsiya samaradorligini ta’minlagan holda, mijoz tomonidagi o‘rganish yuklamasini kamaytiradi va maxfiylikni yanada kuchliroq himoya qiladi. Biroq Split FL hozircha rivojlanishning dastlabki bosqichida bo‘lib, bir qator jiddiy cheklovlarga ega, xususan, yuqori aloqa resurslari sarfini talab etadi. Ayniqsa, serverda yagona nosozlik nuqtasi (Single Point of Failure, SPoF) mavjudligi yanada og‘ir oqibatlarga olib kelishi mumkin.

4) Grafik federativ o‘rganish (Graph FL).

Graph FL grafik tuzilishga ega ma’lumotlar bilan bog‘liq ilovalar, masalan, ijtimoiy tarmoqlar, transport tarmoqlari, molekulyar tuzilmalar va shunga o‘xshash sohalar uchun ayniqsa samarali hisoblanadi. Ushbu samaradorlik mijozlarning tugunlar va qirralar o‘rtasidagi boy munosabatlarni aks ettiruvchi lokal yoki mustaqil grafik ma’lumotlarga egaligi bilan izohlanadi. Aniqroq qilib aytganda, Graph FL mijozlar grafik ma’lumotlar haqida ega bo‘lgan tafsilotlar darajasiga qarab uch bosqichni o‘z ichiga oladi: bir nechta mustaqil grafiklar, bir nechta grafiklarning ayrim qismlari hamda bitta grafikning ayrim qismlari. Grafik ma’lumotlar bilan ishlashda graf neyron tarmoqlaridan foydalanishdan tashqari, ayrim tadqiqotchilar mijozlar o‘rtasidagi topologik grafiklarni ham inobatga olganlar. Bunday topologik grafiklar mijozlar va server o‘rtasidagi tarmoq ulanish sharoitlari, mijozlarning ma’lumot va model resurslari mavjudligi, shuningdek, mijozlar o‘rtasidagi o‘xshashlik va ma’lumotlarning umumiyligi kabi omillar asosida shakllantirilishi mumkin.

5) Asinxron federativ o‘rganish (Asynchronous FL).

Asinxron FL modellarning yangilanishini sinxronlashtirishni talab qiladigan an’anaviy FL tizimlarining cheklovlarini bartaraf etish maqsadida ishlab chiqilgan. Ushbu yondashuv real dunyo ssenariylariga juda mos bo‘lib, bunda mijozlarning ma’lumotlari yangilanishi va model o‘qitish jarayonlari sezilarli darajada farqlanadi. Bunday tizimlarda geterogen mijozlar turli hajmdagi ma’lumotlar va hisoblash resurslariga ega bo‘lib, server barcha mijozlarning sinxronlashishini kutmasdan, istalgan vaqtda lokal modellarning o‘qitilishi va yangilanishiga imkon beradi. Asinxron FL ayniqsa dinamik o‘zgaruvchan, mijozlar soni juda katta va geografik jihatdan keng tarqalgan muhitlar uchun mos keladi. Masalan, mobil qurilmalar ko‘pincha foydalanuvchi bilan faol o‘zaro ta’sir vaqtida emas, balki bo‘sh vaqtlarda model o‘qitishni amalga oshirishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Hozirgi vaqtda CFLning turli xil noodatiy arxitekturalarga ega variantlari mavjud bo‘lib, ular muayyan muammolarni optimallashtirish va nishonga olish maqsadida yagona server, bir nechta server, quyi serverlar yoki bosh serverlarni o‘z ichiga olishi mumkin. Masalan, Zhang va hammualliflar (Com)²Net nomli keng ko‘lamli taqsimlangan hisoblash platformasini taklif etgan bo‘lib, u fazo–havo–yer (space–air–ground), end–edge–cloud va ko‘p ma’lumotlar markazi muhitlarini qamrab olib, FLda uzluksiz ulanish va hamkorlikda hisoblash imkonini beradi. Turli variantlardan tashqari, FL tizimlarida bir vaqtning o‘zida bir nechta muammolarni hal etish maqsadida turli variantlarni birlashtirish yondashuvi ham keng tarqalgan.

C. Mijoz va Server Ta’rifi

Ushbu maqolada federativ o‘rganishda (Federated Learning, FL) aloqa nuqtalari tomonidan bajariladigan rollarga e’tibor qaratadigan yangi tasnif (taxonomy) taklif etiladi. Biz edge qurilmalar, hisoblash klasterlari, muassasalar va tashkilotlarning rollari mutlaq emas, balki nisbiy ekanligini ta’kidlaymiz. Masalan, universitet o‘z kampusi doirasidagi edge qurilmalarni boshqarishda markaziy server rolini bajarishi mumkin, biroq boshqa universitetlar bilan aloqa qilganda u mijoz sifatida qaralishi lozim.

Subyektning mijoz sifatida tasniflanishi xom (raw) ma’lumotlarni yaratishi va ushbu ma’lumotlarni lokal darajada saqlashi mezoniga asoslanadi. Masalan, sog‘liqni saqlash muassasasi bemorlarga oid klinik ma’lumotlarni hosil qiladi va ularni boshqa muassasalar bilan ulashmasdan o‘zining ichki ma’lumotlar bazasida saqlaydi.

Shuningdek, mijoz va server rollari o‘zaro mutlaq (mutually exclusive) emas. Masalan, sog‘liqni saqlash muassasasi bir vaqtning o‘zida ham mijoz, ham server vazifasini bajarishi mumkin [5]. Bunday muassasa bemorlar haqidagi xom ma’lumotlarni yaratadi va lokal o‘qitishni amalga oshiradi, shu bilan birga boshqa sog‘liqni saqlash muassasalaridan model parametrlarini qabul qilib, ularni agregatsiya qiladi va yangilangan modelni qayta ulash orqali server rolini ham bajaradi. Amaliy nuqtayi nazardan, bunday tizim DFL doirasida yulduzsimon (star) topologiyaga ega tarmoq sifatida qaralishi mumkin.

CFL o‘rniga yulduzsimon (star) topologiyali tarmoqka e’tibor qaratilishining asosiy sababi federativ o‘rganish (FL) tizimlarida adolatlilik va ishonchlilik bilan bog‘liq muammolarning yanada dolzarb bo‘lishidir, ayniqsa muassasa bir vaqtning o‘zida lokal o‘qitish uchun xom ma’lumotlarga ega bo‘lib, agregatsiya jarayonida server rolini ham bajargan hollarda. Bunday vaziyatda mazkur muassasaning agregatsiya jarayonida o‘zining lokal ma’lumotlariga ustunlik bermasligini ta’minlash ochiq ilmiy muammo bo‘lib qolmoqda. Mashhur

ISSN 3030-3907

ibora bilan aytganda, *“bir shaxs bir vaqtning o‘zida hakam, hay’at va ijrochi bo‘la olmaydi”*. Xuddi shuningdek, bir muassasa ham bir vaqtning o‘zida ham mijoz, ham server rolini bajarishi maqsadga muvofiq emas.

1-jadval

Markazlashtirilmagan Federativ O‘rganish (DFL) tasniflarining ta’riflari va tavsiflari

Tasnif (Taxonomy)	Kategoriya	Tavsif (Description)
Iteratsiya tartibi	Ketma-ket (Sequential)	Mijozlar ma’lum bir tartib asosida birma-bir sinxron tarzda aloqa qiladi.
	Tasodifiy (Random)	Mijozlar tasodifiy tartibda birma-bir sinxron aloqa qiladi.
	Tsiklik (Cycle)	Mijozlar aylana (tsikl) bo‘yicha ketma-ket aloqa qiladi.
	Parallel	Barcha mijozlar asinxron tarzda bir vaqtning o‘zida aloqa qiladi.
Aloqa protokoli	Yo‘naltirilgan (Pointing)	Mijozlar aniq belgilangan bir-mijozdan-bir-mijozga (one-peer-to-one-peer) shaklda aloqa qiladi.
	Gossip	Mijozlar tasodifiy tanlangan qo‘shnilar bilan aloqa qiladi; bu tanlov qo‘shnichilik qoidalari, mijoz modelining versiyasi yoki to‘liq tasodifiylik asosida amalga oshirilishi mumkin.
	Broadcast	Mijozlar bir-mijozdan-barcha-mijozlarga (one-peer-to-all-peers) shaklida aloqa qiladi.
	Broadcast–Gossip	Mijozlar bir-mijozdan-bir-nechta-mijozlarga (one-peer-to-multiple-peers) shaklida aloqa qiladi; bu Gossip va Broadcast yondashuvlarining kombinatsiyasi hisoblanadi.
Tarmoq topologiyasi	Chiziqli (Line)	Mijozlar ketma-ket yo‘naltirilgan aloqa orqali bog‘lanadi.

ISSN 3030-3907

	Shina (Bus)	Mijozlar modelni o‘zidan keyingi barcha mijozlarga ketma-ket uzatadi.
	Halqa (Ring)	Mijozlar aylana shaklida yo‘naltirilgan aloqa qiladi.
	Mesh	Mijozlar barcha boshqa mijozlar bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa qiladi.
	Yulduzsimon (Star)	Mijozlar faqat markaziy mijoz bilan aloqa qiladi.
	Daraxtsimon (Tree)	Mijozlar o‘zlariga biriktirilgan markaziy tugunlar bilan aloqa qiladi.
	Gibrid	Bir nechta aloqa topologiyalarining kombinatsiyasi.
Paradigma taklifi	Uzluksiz (Continual)	Mijoz oldingi mijozning modelidan bevosita o‘rganishni davom ettiradi.
	Agregatsiyalangan (Aggregate)	Mijoz avvalgi mijozlar modellari agregatsiyasini bajaradi va so‘ng agregatsiyalangan model asosida o‘rganadi.
Vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanlik	Statik	Aloqa arxitekturasi vaqt davomida o‘zgarmaydi.
	Dinamik	Aloqa arxitekturasi tashqi omillar, resurslarni tejash, adolatlilik talablari, konseptual siljish (concept drift) va boshqa omillar ta’sirida o‘zgarishi mumkin.

Shunga qaramay, bunday holat real dunyo sharoitida juda keng tarqalgan. Bir tomondan, ko‘proq xom ma’lumotlarga ega bo‘lgan muassasalar o‘rganish jarayonida kattaroq ta’sir kuchiga ega bo‘lib, ko‘pincha vazifalarni tashabbuskor sifatida boshlaydi. Ikkinchi tomondan esa, katta hajmdagi ma’lumotlarga ega muassasalar odatda yanada boy hisoblash resurslariga ham ega bo‘lib, bu ularni server rolini bajarishga yanada mos qiladi. Bugungi kunda yirik muassasalar ko‘proq resurslarga egaligi va katta ta’sir kuchiga ega ekanligini inobatga olgan holda, kam vakillangan (non-representative) mijozlarning manfaatlari, maxfiyligi va adolatliligini ta’minlash federativ o‘rganish tizimlari uchun muhim va murakkab muammo bo‘lib qolmoqda.

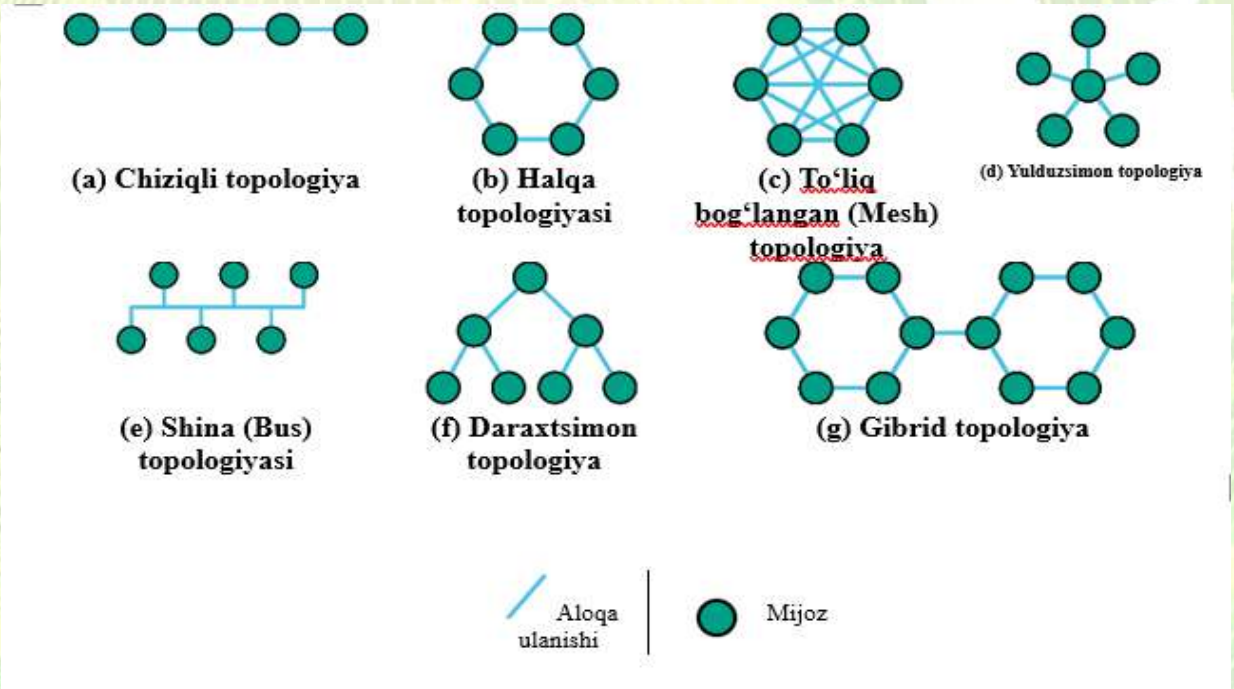
B. Aloqa protokollari

ISSN 3030-3907

Markazlashtirilmagan federativ o‘rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) — bu barcha mijozlar bo‘yicha optimal modellarni hosil qilish maqsadida yo‘naltirilgan (pointing), gossip yoki broadcast protokollari asosida model og‘irliklarini almashishga mo‘ljallangan tarmoq arxitekturasidir. Yo‘naltirilgan (pointing) protokol ikki teng huquqli tugun (peer) o‘rtasida bir yo‘nalishli, bir-biriga, va aniq belgilangan aloqa munosabatini o‘rnatishning eng sodda va bevosita shakllaridan biridir.

Gossip va broadcast algoritmlari tarmoqlarda qo‘llash uchun allaqachon yaxshi shakllangan va keng o‘rganilgan. Gossip protokoli mohiyatan mijozlar o‘rtasida tasodifiy bir-mijozdan-bir-mijozga aloqa orqali bilimlarni almashish, tarqatish va o‘rganishni ta’minlaydigan stoxastik kommunikatsiya usulidir [6]. U DFL doirasida standart aloqa protokoli sifatida qaraladi va hozirda faol rivojlanish bosqichida. Broadcast protokoli esa bir-mijozdan-barcha-mijozlarga (one-peer-to-all-peers) aloqa qilishni nazarda tutib, mijozga o‘z modelini barcha boshqa mijozlarga bir vaqtning o‘zida uzatish imkonini beradi.

Hozirgi vaqtda gibrid protokollar kengroq qo‘llanilmoqda. Turli ssenariylar va cheklovlarni hisobga olgan holda, gossip, broadcast hamda ularning kombinatsiyalariga asoslangan aloqa tuzilmalari ishlab chiqilmoqda. Aysal va hammualliflar [3] gossip va broadcast protokollarini birlashtirgan yondashuvni taklif etgan bo‘lib, u bir-mijozdan-qo‘shni-mijozlarga (one-peer-to-neighbor-peers) aloqa qilish shakli sifatida qaraladi; bunda mijoz avval qo‘shnilariga broadcast amalga oshiradi, so‘ngra gossip mexanizmi orqali almashuvni davom ettiradi.



1-rasm.Kommunikatsiya tarmog‘i topologiyalarining sxematik tasviri.

ISSN 3030-3907

Bellet va hammualliflar [2] esa agentlarni asinxron rejimda ishlatadigan hamda o‘xshash mijozlar o‘rtasida broadcast asosidagi aloqa mexanizmini qo‘llaydigan algoritmni taqdim etganlar. Ushbu yondashuvning asosiy maqsadi shaxsiylashtirilgan lokal modellarni samarali tarzda hosil qilishdan iborat.

C. Tarmoq topologiyasi

Markazlashtirilmagan federativ o‘rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) tarmoqlari turli xil tarmoq topologiyalaridan ilhomlangan bo‘lib, bu borada manbalarda batafsil ma’lumotlar keltirilgan. Nedić va hammualliflar panjara (grid), yulduzsimon (star) va to‘liq bog‘langan (fully connected) topologiyalarni o‘z ichiga olgan bir qator tarmoq tuzilmalari uchun konvergensiya isbotlarini taqdim etganlar. Serverga asoslangan moslashuv, boshqaruv va tarqatish cheklovlarining mavjud emasligi sababli, DFL tarmoqlari 1-rasmda ko‘rsatilganidek, turli xil va moslashuvchan konfiguratsiyalarni namoyon etadi.

Graph FL kontsepsiyalaridan kelib chiqqan holda, DFL tarmoqlari graf shaklida ifodalanishi mumkin, bunda mijozlar tugunlar (nodes), ularning o‘zaro aloqalari esa qirralar (edges) sifatida qaraladi. DFLda grafga asoslangan ushbu yondashuv mijozlar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni, masalan, geterogenlik darajasi va kommunikatsiya xususiyatlariga asoslanib miqdoriy baholash imkonini beradi; bu esa o‘rganish samaradorligini oshirish va modelning barqarorligini kuchaytirishga xizmat qiladi. Shuni ta’kidlash lozimki, rasmda tasvirlangan chiziqli bog‘lanishlar mijozlar o‘rtasidagi ulanishni ifodalaydi va ular bir yo‘nalishli yoki ikki yo‘nalishli bo‘lishi mumkin. Mijozlar o‘rtasida uzatiladigan ma’lumotlar faqat ularning joriy modellaridan iborat bo‘lmay, balki avvalgi o‘zaro ta’sirlardan olingan modellarni ham o‘z ichiga olishi mumkin. Bundan tashqari, har bir mijozning hisoblash doirasi lokal o‘rganish bilan bir qatorda agregatsiya jarayonlarini ham qamrab olishi mumkin.

Markazlashtirilgan federativ o‘rganishda (CFL) barcha mijoz modellarining markaziy serverda jamlanishi sababli, agregatsiya (ya’ni, barcha model parametrlarini o‘rtachalash) bilimlarni integratsiyalashning asosiy va eng ommabop usuli hisoblanadi. Biroq DFL sharoitida vaziyat ancha murakkabdir. Birinchidan, tarmoq topologiyalari xilma-xildir: har bir aloqa raundida mijozlar bir yoki bir nechta boshqa mijozlarga modellarni uzatishda turli protokollarga amal qilishi mumkin. Ikkinchidan, modelning turli versiyalari mavjud bo‘ladi. Sinxron DFLdan tashqari, boshqa DFL yondashuvlarida modelning bir nechta versiyalari muqarrar bo‘lib, o‘rganish jarayonida keyingi mijozlar avvalgi mijozlarga nisbatan ko‘proq bilimni o‘zida mujassam etgan modellarga ega bo‘ladi. Uchinchi jihat — barcha mijozlar bilimlarini to‘liq qo‘lga kiritishning murakkabligi. Hamkorlikda boshqaruvchi markaziy server mavjud bo‘lmagani sababli, keyingi mijozlar odatda

ISSN 3030-3907

faqat bevosita oldingi mijozlarning bilimlariga kira oladi (masalan, 1-rasm (a) dagi holat), barcha avvalgi mijozlarning bilimlarini to‘liq olish esa qiyinlashadi. Shu sababli, agregatsiyaga to‘liq mos kelmaydigan mavjud FL paradigmasini to‘ldiruvchi va kengaytiruvchi muqobil paradigmaga bo‘lgan ehtiyoj dolzarb hisoblanadi.

D. Paradigma takliflari

Ushbu bo‘limda markazlashtirilmagan federativ o‘rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) uchun ikki asosiy paradigmadan iborat innovatsion tasnif taklif etiladi: Uzluksiz (Continual) va Agregatsiyalangan (Aggregate). Ushbu ikki paradigma o‘rtasidagi asosiy farqlar mijozlar o‘rtasida almashiniladigan model yangilanishlari soni hamda agregatsiya jarayonining mavjud yoki mavjud emasligi bilan belgilanadi. Paradigmalar o‘rtasidagi tafovutlar o‘rganish tezligi (learning rate) kabi boshqa sozlamalarda ham farqlarni keltirib chiqaradi.

Agregatsiyalangan paradigma an’anaviy federativ o‘rganish algoritmining tipik shaklini ifodalaydi. Bu yondashuvda har bir mijoz boshqa mijozlardan modellarni qabul qiladi, ularni agregatsiya qiladi va so‘ngra agregatsiyalangan model asosida lokal o‘rganishni amalga oshiradi. Aksincha, Uzluksiz paradigma doirasida har bir mijoz faqat bitta teng huquqli mijozdan (peer) modelni qabul qiladi va bevosita ushbu model asosida o‘rganishni davom ettiradi.

Uzluksiz o‘rganish (continual learning), ba’zan inkremental o‘rganish deb ham ataladi, mazkur uzluksiz paradigma uchun mustahkam va nazariy asoslangan poydevor taqdim etadi. So‘nggi adabiyotlarda federativ uzluksiz o‘rganish bo‘yicha bir qator tushunchalar va algoritmlar taklif etilgan bo‘lib, ular real dunyoda ma’lumotlarning dinamik ravishda yig‘ilishini hisobga olgan holda non-IID ma’lumotlar, kontseptual siljish (concept drift) va katastrofik unutish (catastrophic forgetting) kabi muammolarni hal etishga qaratilgan.

DFL sharoitida uzluksiz o‘rganishning roli yanada kengroq bo‘lib, u quyidagi afzalliklarni ta’minlaydi:

- Keyingi mijoz bevosita avvalgi mijozning modeli asosida o‘rganadi. Lokal o‘rganish va agregatsiyalangan paradigma bilan solishtirganda, bu yondashuv yanada shaxsiylashtirilgan modelni hosil qilish imkonini beradi hamda aloqa, hisoblash va saqlash resurslarini tejaydi.
- Saqlash resurslari cheklangan tizimlarda mijozlar qo‘shimcha model parametrlarini saqlashga majbur bo‘lmaydi.
- Hisoblash resurslari cheklangan sharoitlarda mijozlar agregatsiya hisob-kitoblari uchun qo‘shimcha hisoblash quvvatini sarflamaydi.

ISSN 3030-3907

• Mijozlar tomonidan yangi ma’lumotlarning uzluksiz hosil bo‘lishi tabiiy tarzda qo‘llab-quvvatlanadi va ular barcha ma’lumotlar yig‘ilishini kutmasdan lokal o‘rganishni boshlashi mumkin.

•Kontseptual siljish ehtimoli mavjud bo‘lgan vazifalarda mijozlar doimo modelning eng so‘nggi versiyasi bilan ta’minlanadi.

III-jadval ushbu ikki paradigmaning ichki xususiyatlari, algoritmik tuzilishi, afzalliklari, muammolari hamda tarmoq topologiyasini tahlil qiladi va umumlashtiradi. Ushbu ikki paradigma o‘rtasidagi farq ketma-ket yo‘naltirilgan chiziqli (sequential pointing line) DFL misolida yaqqol namoyon etiladi.

Uzluksiz (Continual) paradigmada keyingi mijozga uzatiladigan yagona axborot — bu o‘qitilgan modeldir. Keyingi mijoz mazkur model asosida o‘rganishni bevosita davom ettiradi; bu jarayon 2-jadval (a) da tasvirlangan.

Agregatsiyalangan (Aggregate) paradigmada esa oldingi mijoz nafaqat o‘qitilgan lokal modelni, balki barcha avvalgi modellarni ham keyingi mijozga uzatadi. Natijada, keyingi mijoz tomonidan bajariladigan o‘rganish jarayoni ikki bosqichga ajratiladi: avvalo agregatsiya, so‘ngra o‘rganish amalga oshiriladi. Ushbu jarayon 2-jadval (b) da ko‘rsatilgan.

Uzluksiz (Continual) va Agregatsiyalangan (Aggregate) paradigmalar o‘rtasidagi farqlarni, shuningdek yo‘naltirilgan (pointing), gossip va broadcast protokollari hamda turli tarmoq topologiyalarini qiyosiy tahlil qilish va yaqqol tasvirlash maqsadida 1-algoritm va 2-algoritm keltirilgan. 1-algoritm ketma-ket yo‘naltirilgan chiziqli (sequential pointing line) DFL topologiyasida ikki paradigmani namoyish etsa, 2-algoritm yo‘naltirilgan halqa (pointing ring) Uzluksiz paradigmasi hamda broadcast mesh Agregatsiyalangan DFLni ko‘rsatadi.

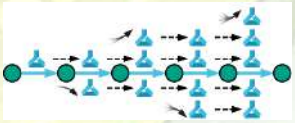
2-jadval

Paradigma	**Uzluksiz (Continual)**	**Agregatsiyalangan (Aggregate)**
Ichki xususiyatlar (Intrinsic)	Mijoz har bir iteratsiyada bitta modelni qabul qiladi. O‘rganish agregatsiyasiz, bevosita qabul qilingan model asosida amalga oshiriladi.	Mijoz har bir iteratsiyada bir nechta modelni qabul qiladi. O‘rganish avval agregatsiya, so‘ng lokal o‘rganish orqali bajariladi.
Algoritm	Har bir mijoz konvergensiyaga erishguncha: 1) Oldingi mijozdan modelni qabul qiladi. 2) Model asosida	Har bir mijoz konvergensiyaga erishguncha: 1) Oldingi mijozdan (pointing, gossip) yoki boshqa mijozlardan (broadcast,

ISSN 3030-3907

	lokal o‘rganishni bajaradi. 3) O‘qitilgan modelni keyingi mijozga uzatadi.	broadcast–gossip) modellarni qabul qiladi. 2) Qabul qilingan modellarni agregatsiya qilib, agregatsiyalangan model asosida lokal o‘rganishni bajaradi. 3) O‘qitilgan modelni (va boshqa modellarni) keyingi mijozga uzatadi (pointing, gossip) yoki barcha mijozlarga tarqatadi (broadcast, broadcast–gossip).
Afzalliklar (Advantage)	Har bir mijoz uchun yuqori aniqlikdagi, shaxsiylashtirilgan va ishonchli lokal model hosil bo‘ladi. • CFL bilan solishtirganda, serverga xos muammolar (masalan, agregatsiya adolatliligi) mavjud emas. Aloqa, hisoblash va saqlash resurslariga bo‘lgan talab kam. • Tuzilishi sodda va deyarli barcha ssenariylar uchun mos.	• Olingan modelning umumlashtirish (generalization) qobiliyati kuchliroq. • Mijozlar tomonidan hosil qilinayotgan yangi bilimlarni tez va samarali integratsiya qilish imkoniyati yuqori.
Muammolar (Challenge)	• Model samaradorligi mijozlar iteratsiya tartibiga kuchli bog‘liq. • Joriy mijoz bilimlarini o‘rganish bilan birga, oldingi bilimlarni unutmaslikni ta’minlaydigan mos yo‘qotish funksiyasi, o‘rganish tezligi va epoch tanlash talab etiladi.	• Oldingi mijozlardan o‘rganishga ortiqcha takrorlanish va haddan tashqari urg‘u berilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

	• Katastrofik unutish xavfi mavjud.	
Tarmoq topologiyasi *(ketma-ket yo‘naltirilgan chiziqli DFL misolida)*	 (a) Uzluksiz paradigma	 (b) Agregatsiyalangan paradigma

Uzluksiz va Agregatsiyalangan paradigmalar o‘rtasidagi farq mijoz tomonidan o‘rganishdan oldingi tayyorgarlik (pre-processing) bosqichida hamda o‘rganishdan keyin modelni ulashish jarayonida aniq ko‘zga tashlanadi. Agregatsiyalangan paradigma uchun aloqa, hisoblash va saqlash resurslariga qo‘shimcha talablar mavjudligi alohida ta’kidlangan. Ushbu paradigma sharoitida yo‘naltirilgan va gossip protokollari mijozdan bir vaqtning o‘zida ko‘proq model ma’lumotlarini uzatishni talab qilsa, broadcast va broadcast–gossip protokollari mijozdan modelni yuqori chastotada uzatishni talab etadi.

Halqa (ring) topologiyasi chiziqli (line) topologiyaning tsiklik varianti sifatida qaralishi mumkin bo‘lib, ushbu ikki topologiya ham sodda va tushunarli tuzilishga ega ekanligi sababli tadqiqotchilar tomonidan keng qo‘llaniladi. Chiziqli topologiya yangi bilimlar hosil qilinmaydigan tizimlar uchun yetarli bilim o‘rganish mexanizmini ta’minlaydi. Biroq doimiy ravishda yangi bilimlar yaratiladigan tizimlarda halqa topologiyasi yanada maqbul yechim hisoblanadi. U nafaqat tizimdagi bilimlarni qayta yangilash imkonini beradi, balki katastrofik unutish muammosini bartaraf etish uchun ham samarali va amaliy yechim sifatida xizmat qiladi.

Ushbu ikki paradigma doirasida mijozlar o‘rtasidagi o‘rganish va kommunikatsiya jarayonlarini yanada yaqqolroq ko‘rsatish maqsadida, 1-rasm parametrlar fazosida birinchi mijozdan boshlab yakuniy mijozgacha bo‘lgan o‘rganish jarayonini tasvirlaydi[10]. Shuni alohida ta’kidlash lozimki, bu yerda bir nechta muhim farazlar (assumptions) qabul qilingan. Birinchidan, barcha mijozlarning lokal modellari uchun optimal yechimlar parametrlar fazosida ko‘p o‘lchovli normal taqsimot (multivariate normal distribution)ga bo‘ysunadi, deb hisoblanadi. Ikkinchidan, tizimli va statistik geterogenlikni inobatga olgan holda, ayrim mijozlar sezilarli darajada og‘ishlar (bias) namoyon etishi mumkin. Uchinchidan, mos yo‘qotish funksiyalari va o‘rganish tezliklari tanlangan bo‘lsa-da, modellar har doim ham optimal yechimlarga to‘liq konvergensiya qilmaydi. Shu asosda, Uzluksiz (Continual) va Agregatsiyalangan (Aggregate) paradigmalar doirasidagi kommunikatsiya va o‘rganish jarayonlari quyidagicha tavsiflanadi. 1-

ISSN 3030-3907

bosqich) Har ikkala paradigma o‘rganishni bir xil boshlang‘ich model parametrlari bilan boshlaydi va 1-mijozda bir xil 1-model hosil qiladi. 2-bosqich) Har ikkala paradigma 1-model asosida o‘rganishni davom ettirib, 2-mijozda bir xil 2-modelga erishadi. Shuni ta’kidlash joizki, Agregatsiyalangan (Aggregate) paradigma kamida ikki yoki undan ortiq agregatsiya qilinadigan model mavjud bo‘lgandagina mazmunli hisoblanadi. 3-bosqich Uzluksiz (Continual) paradigmada 3-mijoz bevosita 2-modeldan o‘rganib, 3-modelni hosil qiladi. Agregatsiyalangan paradigmada esa avval 1-model va 2-model agregatsiya qilinadi, so‘ngra 3-mijoz agregatsiyalangan model asosida o‘rganib, 3-modelni oladi. Shuni qayd etish kerakki, Uzluksiz paradigma Agregatsiyalangan paradigmaga nisbatan kamroq murakkab bo‘lib, bu holat rasmda qora strelkaning uzunligi bilan ifodalangan.

Algoritm 1:

Ketma-ket *pointing line Continual* va *pointing line Aggregate* markazlashmagan federativ o‘rganish.

Kirish: Mijozlar to‘plami (C), o‘qitish davri (E), boshlang‘ich model (ω0), yo‘qotish funksiyasi (L), o‘rganish tezligi (η)

Chiqish: Lokal modellar {ωc | c ∈ C}

for c ∈ C in sequence do

Avvalgi mijozdan model nusxalanadi

ωc ← ωc−1

Qabul qilingan modellar agregatsiya qilinadi

ωc ← Aggregation{ω1, ω2, …, ωc−1}

for e = 1 to E−1 do

Lokal model orqaga tarqatish orqali yangilanadi

ωc^{e+1} ← ωc^{e} − η ∇L

end for

Lokal model yakuniy holatga o‘tkaziladi

ωc ← ωc^{E}

Mijoz c modellarni keyingi mijozga yuboradi

end for

(4-bosqich) Agregatsiyalangan paradigmada 4-mijoz tomonidan hosil qilingan agregatsiyalangan model 3-mijoz modeliga nisbatan normal taqsimot markaziga yanada yaqin joylashadi. Shu sababli, keyingi mijozlar uchun o‘rganish jarayoni nisbatan osonroq bo‘lishi kutiladi.

(n-bosqich) Mijoz navbatning oxiriga yaqinlashgan sari, Uzluksiz paradigmada o‘rganish murakkabligi tasodifiy xususiyat kasb etadi va bu

ISSN 3030-3907

murakkablik oldingi mijoz bilan joriy mijoz o‘rtasidagi og‘ish (deviation) darajasiga bog‘liq bo‘ladi.

Biroq Agregatsiyalangan paradigmada o‘rganish murakkabligi asosan faqat joriy mijozning xususiyatlari bilan belgilanadi, chunki agregatsiyalangan model normal taqsimot markaziga juda yaqin bo‘lishi kutiladi. Yuqorida bayon etilgan farazlar va iterativ jarayonga asoslanib, o‘qitish davomida har ikkala paradigma doirasida mijozlarning aniqligi, yo‘qotish funksiyasi qiymati, konvergensiya xatti-harakati hamda kommunikatsiya murakkabligi bo‘yicha muayyan kutilmalarni shakllantirish mumkin. Shu asosda quyidagi taxminlar ilgari suriladi:

1) Har ikkala paradigmada ham o‘rganish jarayonida yo‘qotish funksiyasi qiymati mijozlar iteratsiyalari bo‘ylab davriy tebranishlarni namoyon etadi va oxir-oqibat konvergensiyaga erishadi.

2) Agregatsiyalangan (Aggregate) paradigmada yo‘qotish funksiyasining konvergensiyasi yanada barqaror bo‘lishi kutiladi. Uzluksiz (Continual) paradigmada esa o‘rganish murakkabligi oldingi mijoz va joriy mijozning lokal ma’lumotlari o‘rtasidagi farq (discrepancy)ga, ya’ni mijozlarning iteratsiya tartibiga bog‘liq bo‘ladi. Normal taqsimot farazi ostida, Agregatsiyalangan paradigmada o‘rganish murakkabligi asosan joriy mijoz ma’lumotlarining geterogenligi bilan belgilanadi; bunda aksariyat mijozlar o‘xshash ma’lumotlar taqsimotiga ega bo‘lishi mumkin.

3) Mijozlar iteratsiyalari davom etgan sari o‘rganish murakkabligining kamayib borishi sababli, Agregatsiyalangan paradigmada yo‘qotish funksiyasining tezroq konvergensiyaga erishishi ham kutiladi. Biroq, ushbu konvergensiya tezlashuvi kommunikatsiya yuklamasining ortishi bilan birga kechadi.

Algoritm 2:

Cycle *pointing ring Continual* va broadcast mesh *Aggregate* markazlashmagan federativ o‘rganish.

Kirish: Mijozlar to‘plami (C), o‘qitish davri (E), boshlang‘ich model (ω0), yo‘qotish funksiyasi (L), o‘rganish tezligi (η)

Chiqish: Lokal modellar {ωc | c ∈ C}

while c ∈ C in cyclic do

Avvalgi mijozdan modelni nusxalash: ωc ← ωc−1

Qabul qilingan modellarni agregatsiya qilish: ωc ← Aggregation{ω1, ω2, …, ωc−1}

for e = 1 to E−1 do

Orqaga tarqatish orqali lokal modelni yangilash: ωc^{e+1} ← ωc^{e} − η ∇L

end for

ISSN 3030-3907

Lokal modelni yakuniy holatda yangilash: ωc ← ωc^{E}

Mijoz c ωc ni keyingi mijozga va barcha boshqa mijozlarga yuboradi.

end while

E. Vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanlik (Temporal Variability)

So‘nggi yillarda markazlashtirilmagan federativ o‘rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) tarmoqlarining topologiyasi statik holatdan dinamik holatga o‘tish tendensiyasini namoyon etmoqda, bu esa vaqt bo‘yicha o‘zgarib turuvchi tashqi muhitga moslashishni ta’minlaydi [9]. Tarmoq topologiyalarini ajratish va klasterlash g‘oyasi tabiatda kuzatiladigan guruh xatti-harakatlaridan, masalan, baliqlar to‘dasi va asalari uyurmalari kabi hodisalardan ilhomlangan [7].

Masalan, baliqlar to‘dasi yirtqichga duch kelganda, butun to‘da xavfdan qochish uchun vaqtincha ajraladi. Xuddi shuningdek, asalarilar uyurmasida kam sonli razvedkachi asalarilar butun uyurmani boshqarishi mumkin, bu esa to‘da effekti (herd effect)ni namoyon etadi. Qiziqarli jihati shundaki, ko‘chib yuruvchi qushlar uzoq masofalarga parvoz qilganda energiyani tejash maqsadida V-shaklli saf hosil qiladi va oldingi qatordagi qushlar vaqt o‘tishi bilan almashib turadi, bu esa parvoz charchog‘ini teng taqsimlashga xizmat qiladi.

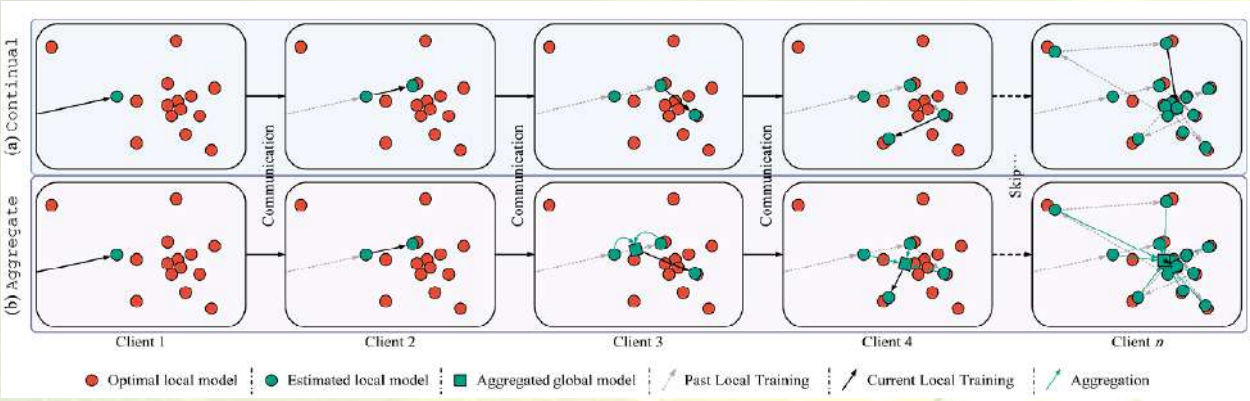
DFL tarmoqlari kontekstida dinamik topologiyalar statik topologiyalarga nisbatan yanada barqaror, adolatlilikni ta’minlovchi va samaraliroq ishlash xususiyatlariga ega bo‘lishi mumkin. DFL tarmoqlarida dinamik topologiyalarni aniqlash va shakllantirishga bir qator omillar ta’sir ko‘rsatadi, jumladan:

Tashqi aralashuvlar. Kuchli va yengib bo‘lmaydigan kommunikatsiya to‘siqlari, yagona nosozlik nuqtasi (SPoF), zararli hujumlar va boshqa tashqi omillar tarmoq topologiyasining o‘zgarishiga olib kelishi mumkin. Butun tarmoqning ishdan chiqishining oldini olish maqsadida topologiyani moslashtirish yoki ayrim ulanishlarni bekor qilish amalga oshiriladi.

Aloqa resurslarini tejash. Mijozlar har bir aloqa raundida o‘zlariga mos qo‘shni mijozlarni dinamik tarzda tanlash imkoniyatiga ega. Geografik yoki tarmoq jihatidan yaqin bo‘lgan mijozlarni tanlash orqali aloqa resurslaridan yanada samarali foydalanish va ularni tejash mumkin. Bundan tashqari, mijozlar har bir aloqa jarayonida eng markaziy tugunni yetakchi (leader) sifatida dinamik ravishda saylashi mumkin, bu esa tarmoq ichidagi kommunikatsiyaning samaradorligi va natijadorligini oshiradi.

Adolatlilik (Fairness).Mijozlar o‘rtasida adolatlilikni ta’minlash maqsadida, aloqa qilinadigan nishon mijozni aniqlashda tasodifiy tanlash mexanizmi qo‘llaniladi. Ushbu yondashuv muayyan mijozlarga nisbatan har qanday og‘ish yoki ustunlik berilishining oldini oladi hamda barcha ishtirokchilar uchun teng imkoniyatlarni kafolatlaydi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. DFLda uzluksiz va agregatsiyalangan paradigmalar

Mazkur omillar asosida shakllantiriladigan dinamik topologik tuzilmalar DFL tarmoqlarini mijozlar o‘rtasida barqaror, samarali va adolatlilikka asoslangan kommunikatsiyani ta’minlashga yo‘naltiradi.

XULOSA

Ushbu maqolada markazlashtirilmagan federativ o‘rganish (Decentralized Federated Learning, DFL) freymvorki keng qamrovli tarzda tahlil qilindi. Xususan, kommunikatsiya protokollari, tarmoq topologiyalari, paradigma takliflari, kengaytirilgan variantlar, asosiy muammolar hamda ehtimoliy yechimlar batafsil muhokama etildi. Mazkur ishning asosiy maqsadi — mavjud adabiyotlar va ta’riflarni tizimlashtirgan holda, aniq belgilangan, izchil va kompleks ilmiy nuqtayi nazarni taqdim etish hamda DFL bilan endigina shug‘ullana boshlagan tadqiqotchilar uchun puxta kirish manbai yaratishdan iborat. DFL jadal rivojlanayotgan tadqiqot sohasi ekanligini inobatga olib, ushbu maqolada besh xil variantni aniqlash va muhokama qilish orqali mustahkam nazariy asos shakllantirildi. Bu nafaqat tadqiqotchilarga ushbu sohani chuqurroq tushunishga yordam beradi, balki yangi g‘oyalar va ilmiy hamkorliklarning yuzaga kelishini ham rag‘batlantiradi. Shuni ta’kidlash joizki, ushbu ish an’anaviy so‘rov (survey) maqolalardan farq qiladi, chunki unda DFL bo‘yicha mualliflarning shaxsiy qarashlari, tahlillari va innovatsion fikrlari ilgari surilgan. Bundan tashqari, maqolada DFL freymvorki doirasida ilgari deyarli o‘rganilmagan bir qator yangi turlar aniqlangan. Masalan, hozirgi kunga qadar mavjud tadqiqotlarda Uzluksiz (Continual) paradigma bilan to‘r (mesh) tarmoq topologiyasini birlashtirgan yondashuv namoyish etilmagan. Kelgusida tadqiqotchilar asinxron DFL yondashuvlarini ko‘rib chiqishi mumkin, bunda mijozlar ma’lumotlarni turli vaqtlarda yig‘ib, o‘rganishni ham turli vaqtlarda amalga oshiradi. Bu esa Uzluksiz paradigmaning va mesh topologiyaning ikki tomonlama afzalliklaridan, jumladan aloqa yuklamasining kamayishi, shaxsiylashtirish va boshqa imkoniyatlardan samarali foydalanish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

Turli foydalanish ssenariylarini hisobga olgan holda, ushbu ish boshqa DFL tadqiqotchilarining ilmiy qiziqishini rag‘batlantirish va kengaytirishni, shuningdek, freymvorkni o‘ziga xos ehtiyojlar va amaliy sharoitlarga moslashtirishga undashni maqsad qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Y. Li, J. Luo, Y. Zhang, Y. Tan, J.-G. Yu, and S. Bai, “Learning to holistically detect bridges from large-size vhr remote sensing imagery,”IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2024.
2. G. A. Kaissis, M. R. Makowski, D. R¨uckert, and R. F. Braren, “Secure, privacy-preserving and federated machine learning in medical imaging,” Nat. Mach. Intell., vol. 2, no. 6, pp. 305–311, Jun. 2020.
3. A. Durrant, M. Markovic, D. Matthews, D. May, J. Enright, and G. Leontidis, “The role of cross-silo federated learning in facilitating data sharing in the agri-food sector,” Comput. Electron. Agric., vol.193, p. 106648, Feb. 2022.
4. Y. M. Saputra, D. T. Hoang, D. N. Nguyen, E. Dutkiewicz, M. D.Mueck, and S. Srikanteswara, “Energy demand prediction with federated learning for electric vehicle networks,” in 2019 IEEE GlobalCommunications Conference (GLOBECOM). IEEE, 2019, pp. 1–6.
5. L. Yuan, D.-J. Han, V. P. Chellapandi, S. H. ˙ Zak, and C. G. Brinton, “FedMFS: Federated multimodal fusion learning with selective modality communication,” arXiv preprint arXiv:2310.07048, 2023.
6. D. Shi, L. Li, R. Chen, P. Prakash, M. Pan, and Y. Fang, “Towardenergy-efficient federated learning over 5g+ mobile devices,” IEEE Wireless Communications, vol. 29, no. 5, pp. 44–51, 2022.
7. B. Pfitzner, N. Steckhan, and B. Arnrich, “Federated learning in a medical context: a systematic literature review,” ACM Transactions on Internet Technology (TOIT), vol. 21, no. 2, pp. 1–31, 2021.
8. D. C. Nguyen, Q.-V. Pham, P. N. Pathirana, M. Ding, A. Seneviratne, Z. Lin, O. Dobre, and W.-J. Hwang, “Federated learning for smarthealthcare: A survey,” ACM Comput. Surv. (CSUR), vol. 55, no. 3, pp.1–37, 2022.
9. J. Li, Y. Meng, L. Ma, S. Du, H. Zhu, Q. Pei, and X. Shen, “A federated learning based privacy-preserving smart healthcare system,” IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 18, no. 3, 2021.
10. J. C. Jiang, B. Kantarci, S. Oktug, and T. Soyata, “Federated learning in smart city sensing: Challenges and opportunities,” Sensors, vol. 20, no. 21, p. 6230, 2020.

ISSN 3030-3907

UDK: 678.746:631.417

PAN TOLALARI CHIQINDILARINI FIZIK-IONIK TARMOQLASH ORQALI QISHLOQ XO‘JALIGI UCHUN SUVNI USHLAB QOLUVCHI GIDROGELGA AYLANTIRISH

Eshbo‘riyev Tursunali Nasrullayevich
Toshkent kimyo texnologiya instituti Kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi
E-mail:tursunalihim@gmail.com .
Shirinov Shavkat Davlatovich
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti katta ilmiy xodimi, PhD
E-mail:shirinov.shavkat1984@gmail.com
Mamajanov Maxamadadil Mamajanovich
Toshkent kimyo texnologiya instituti Kimyo kafedrasi dotsenti
E-mail: m.mamajonov@tkti.uz

Annotatsiya. Mazkur ishda sanoat chiqindisi bo‘lgan polyakrilonitril (PAN) tolalarini fizik-ionik tarmoqlash usuli orqali qishloq xo‘jaligi uchun suvni ushlab qoluvchi gidrogel materiallarga aylantirish imkoniyati o‘rganildi. PAN tolalari ishqoriy muhitda gidroliz qilinib, gidrofil funksional guruhlar hosil qilindi va keyinchalik natriy karboksimetilsellyuloza (Na-CMC) bilan birlashtirildi. Kimyoviy monomerlar va toksik ko‘ndalang bog‘lovchilarsiz ekologik xavfsiz gidrogel tizimlari olindi. Olingan gidrogellarning tuzilishi FTIR usuli yordamida tahlil qilindi. Suv yutish qobiliyati gravimetrik usulda, biologik parchalanish xossalari esa tuproq sharoitida baholandi. Tadqiqot natijalari gidrogellarning yuqori suv yutish qobiliyatiga (310 g/g gacha) va sezilarli biologik parchalanishga (60 kun davomida 78 % gacha massa yo‘qotilishi) ega ekanligini ko‘rsatdi. Olingan PAN–Na-CMC gidrogellari qishloq xo‘jaligida tuproq namligini boshqarish uchun istiqbolli va barqaror materiallar sifatida tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: polyakrilonitril tolalari chiqindilari, fizik-ionik tarmoqlash, gidrogel, suvni ushlab qolish, qishloq xo‘jaligi, biodegradatsiya.

Аннотация. В данной работе исследована возможность переработки отходов полиакрилонитрильных (ПАН) волокон в водоудерживающие гидрогелевые материалы для сельскохозяйственного применения с использованием физико-ионного механизма сшивки. ПАН-волокна подвергались щелочному гидролизу с целью образования гидрофильных функциональных групп, после чего их комбинировали с натрий-карбоксиметилцеллюлозой (Na-CMC). Были получены экологически безопасные гидрогелевые системы без применения химических мономеров и токсичных сшивающих агентов. Структура синтезированных гидрогелей исследовалась методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR).

ISSN 3030-3907

Водоудерживающая способность определялась гравиметрическим методом, а биодеградационные свойства оценивались в почвенных условиях. Результаты показали высокую степень водопоглощения (до 310 г/г) и значительную биодеградацию (до 78 % потери массы за 60 суток), что подтверждает перспективность ПАН–Na-CMC гидрогелей для регулирования влажности почвы в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: отходы полиакрилонитрильных волокон, физико-ионная сшивка, гидрогель, водоудержание, сельское хозяйство, биодеградация.

Abstract. This study investigates the conversion of polyacrylonitrile (PAN) fiber waste into water-retaining hydrogel materials for agricultural applications using a physical–ionic crosslinking approach. PAN fibers were hydrolyzed under alkaline conditions to introduce hydrophilic functional groups and subsequently combined with sodium carboxymethyl cellulose (Na-CMC). Environmentally friendly hydrogel systems were obtained without the use of chemical monomers or toxic crosslinking agents. The structure of the synthesized hydrogels was characterized by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. Water absorption capacity was evaluated gravimetrically, while biodegradation behavior was assessed under soil conditions. The results demonstrated high water absorption (up to 310 g/g) and significant biodegradability (up to 78% mass loss after 60 days), indicating that PAN–Na-CMC hydrogels are promising sustainable materials for soil moisture management in agriculture.

Keywords: polyacrylonitrile fiber waste, physical–ionic crosslinking, hydrogel, water retention, agriculture, biodegradation.

KIRISH

Qishloq xo‘jaligida suv resurslarining cheklanganligi va iqlim o‘zgarishi sharoitida tuproq namligini saqlab qolish bugungi kunda eng dolzarb global muammolardan biri hisoblanadi. Jahon miqyosida foydalanilayotgan chuchuk suv resurslarining 70 % dan ortig‘i qishloq xo‘jaligi ehtiyojlariga to‘g‘ri keladi, bu esa suv tanqisligi kuchayib borayotgan hududlarda barqaror dehqonchilikni ta’minlashni murakkablashtirmoqda [1]. Iqlim o‘zgarishi natijasida qurg‘oqchilik davrlarining uzayishi, yog‘ingarchilik rejimining beqarorlashuvi va haroratning oshishi tuproqdagi namlikni uzoq muddat saqlab qolish muammosini yanada keskinlashtirmoqda [2].

Mazkur sharoitda suvni samarali boshqarish va sug‘orish suvini tejashga qaratilgan innovatsion materiallar va texnologiyalarga bo‘lgan ehtiyoj ortib bormoqda. Shu nuqtai nazardan, suvni ushlab qoluvchi gidrogellar qishloq xo‘jaligi uchun istiqbolli funksional materiallar sifatida e’tirof etilmoqda. Gidrogellar uch o‘lchamli tarmoqlangan polimer tuzilishga ega bo‘lib, o‘z massasidan yuzlab

ISSN 3030-3907

barobar ko‘p suvni yutish va uni tuproq muhitida asta-sekin o‘simlik ildizlariga qaytarish qobiliyatiga ega [3]. Ushbu xususiyat gidrogellarning tuproq namligini barqarorlashtirish, sug‘orish oralig‘ini uzaytirish va o‘simliklarning suv stressiga chidamliligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etishini ta’minlaydi.

Biroq amaliyotda keng qo‘llanilayotgan an’anaviy superabsorbent polimerlar, asosan, akril kislotasi va uning hosilalari asosida sintez qilinadi. Ushbu materiallar yuqori suv yutish qobiliyatiga ega bo‘lishiga qaramay, ularning yuqori tannarxi, cheklangan biologik parchalanishi hamda tuproqda uzoq muddat saqlanib qolishi ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan jiddiy kamchiliklar hisoblanadi [4]. Kimyoviy monomerlar va ko‘ndalang bog‘lovchilar ishtirokida olingan gidrogellar tuproq ekotizimiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi va ikkilamchi ifloslanish manbaiga aylanishi mumkin.

Shu sababli, so‘nggi yillarda gidrogellarni sanoat chiqindilari va tabiiy polimerlar asosida, kimyoviy monomerlar ishtirokisiz yoki ularning minimal miqdorida olishga qaratilgan tadqiqotlarga katta e’tibor qaratilmoqda. Polyakrilonitril (PAN) tolalari sanoatning turli sohalarida keng qo‘llanilishi sababli katta hajmda chiqindi hosil qiladi va ularni utilizatsiya qilish ekologik muammolardan biri hisoblanadi. PAN chiqindilarini qayta ishlash va ularni suvni ushlab qoluvchi materiallarga aylantirish aylanma iqtisodiyot tamoyillariga mos keladigan samarali yechimdir.

PAN tolalarini ishqoriy muhitda gidroliz qilish natijasida polimer zanjirida gidrofil funksional guruhlar hosil bo‘lib, bu ularni gidrogel tizimlari uchun mos xom ashyo sifatida qo‘llash imkonini beradi. Ayniqsa, PAN ni natriy karboksimetilsellyuloza (Na-CMC) kabi biologik parchalanadigan polimerlar bilan birlashtirib**,** fizik-ionik tarmoqlash asosida gidrogel hosil qilish ekologik va iqtisodiy jihatdan istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi [5]. Bunday yondashuv kimyoviy ko‘ndalang bog‘lovchilarsiz gidrogel sintez qilish imkonini berib, qishloq xo‘jaligi uchun xavfsiz, arzon va samarali suvni boshqaruvchi materiallar yaratishga xizmat qiladi.

Yuqorida keltirilgan muammolar va ularni hal etish yo‘llari suvni ushlab qoluvchi gidrogel materiallarini ishlab chiqish bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlarni chuqur tahlil qilish zaruratini yuzaga keltiradi. Ayniqsa, PAN asosidagi gidrogellar, ularning modifikatsiyasi hamda tabiiy polimerlar bilan kombinatsiyalangan tizimlarning suv yutish va ekologik xossalarini baholash muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli, mazkur bo‘limda gidrolizlangan PAN asosidagi gidrogellar, Na-CMC ishtirokidagi kompozit tizimlar hamda fizik-ionik tarmoqlashga asoslangan yondashuvlar bo‘yicha mavjud ilmiy adabiyotlar tahlil qilinadi.

ISSN 3030-3907

2. ADABIYOTLAR TAHLILI

So‘nggi yillarda qishloq xo‘jaligida suvni tejash va tuproq namligini barqaror saqlash maqsadida suvni ushlab qoluvchi gidrogellarni qo‘llash bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilmoqda. Ayniqsa, gidrolizlangan polyakrilonitril (PAN) asosidagi gidrogellar yuqori suv yutish qobiliyatiga ega ekanligi bir qator ilmiy ishlarda ko‘rsatib berilgan [1]–[3]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, PAN ning ishqoriy gidrolizi natijasida nitril (–C≡N) guruhlarining qisman amid va karboksilat ($–COO^-$) guruhlariga aylanishi sodir bo‘ladi, bu esa polimer zanjirining gidrofilikligini sezilarli darajada oshiradi [4], [5].

PAN gidrolizi natijasida hosil bo‘lgan karboksilat guruhlari suv molekulalari bilan vodorod bog‘lari va ion-dipol o‘zaro ta’sirlar hosil qilib, gidrogellarning yuqori shishish darajasini ta’minlaydi [6]. Shu asosda bir qator tadqiqotchilar PAN asosidagi superabsorbent gidrogellarni olish uchun akril kislota va uning tuzlari bilan kopolimerlash usullarini taklif etganlar [7], [8]. Biroq bunday yondashuvlar kimyoviy monomerlar, radikal initsiatorlar va toksik ko‘ndalang bog‘lovchilar qo‘llanilishini talab qilgani sababli, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik nuqtai nazaridan cheklovlarga ega [9], [10].

So‘nggi davr tadqiqotlarida ekologik xavfsiz va biologik parchalanadigan materiallarga bo‘lgan talab ortib borayotgani munosabati bilan tabiiy polimerlar asosidagi gidrogellarga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, natriy karboksimetilsellyuloza (Na-CMC) qayta tiklanuvchi xom ashyo asosida olinadigan, biologik parchalanadigan va yuqori gidrofilik xossalarga ega polimer sifatida keng o‘rganilgan [11], [12]. Na-CMC ning ionik funksional guruhlari gidrogel tizimlarida suvni ushlab qolish bilan birga, materiallarning ekologik xossalarini sezilarli darajada yaxshilaydi.

PAN va Na-CMC asosidagi kompozit gidrogellar bo‘yicha olib borilgan ayrim tadqiqotlarda suv yutish va mexanik xossalarning yaxshilanishi qayd etilgan [13]. Biroq mazkur ishlarda ko‘pincha kimyoviy ko‘ndalang bog‘lovchilar **yoki** akril monomerlar ishtirokida tarmoqlangan tizimlar qo‘llanilgan bo‘lib, bu gidrogellarning biologik parchalanish qobiliyatini cheklaydi va tuproq muhitiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin [14].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, faqat fizik-ionik tarmoqlashga asoslangan**,** ya’ni kimyoviy ko‘ndalang bog‘lovchilar va monomersiz PAN–Na-CMC gidrogel tizimlari yetarli darajada o‘rganilmagan [15]. Ayniqsa, sanoat PAN tolalari chiqindilaridan foydalanib, suvni ushlab qoluvchi va biologik parchalanadigan gidrogellar olish bo‘yicha tizimli tadqiqotlar cheklangan.

Shu nuqtai nazardan, PAN tolalari chiqindilarini ishqoriy gidroliz qilish va ularni Na-CMC bilan fizik-ionik tarmoqlash orqali gidrogelga aylantirish masalasi

ISSN 3030-3907

ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb bo‘lib, qishloq xo‘jaligida suv resurslarini samarali boshqarish uchun yangi imkoniyatlar yaratadi.

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

3.1. PAN tolalarining ishqoriy gidrolizi

Tadqiqotda xom ashyo sifatida sanoat chiqindisi bo‘lgan polyakrilonitril (PAN) tolalari qo‘llanildi. PAN tolalari dastlab mexanik aralashmalardan tozalandi va keyingi bosqichda ishqoriy gidroliz jarayoniga tortildi. Gidroliz 1–2 M konsentratsiyadagi natriy gidroksid (NaOH) eritmasida 80–90 °C haroratda olib borildi. Ushbu sharoit PAN zanjiridagi nitril (–C≡N) guruhlarining qisman gidrolizlanishini ta’minlab, ularning amid ($–CONH_2$) va karboksilat ($–COO^-$) guruhlariga aylanishiga imkon berdi.

Ishqoriy gidroliz jarayoni PAN ning kimyoviy tuzilmasini modifikatsiyalab, polimer zanjirining gidrofilikligini sezilarli darajada oshirdi. Natijada PAN gidrogel tizimlari uchun zarur bo‘lgan ionik faol markazlar hosil bo‘ldi, bu esa keyingi bosqichlarda fizik-ionik tarmoqlanish jarayonini samarali amalga oshirishga zamin yaratdi.

Gidroliz yakunlangach, hosil bo‘lgan gidrolizlangan PAN namunalar tarkibida qolgan ishqor qoldiqlarini to‘liq olib tashlash maqsadida distillangan suv bilan bir necha marotaba yuvildi. Yuvish jarayoni eritmaning pH qiymati neytral ($pH \approx 7$) holatga yetguncha davom ettirildi. Tayyorlangan gidrolizlangan PAN namunalar keyingi bosqichlarda gidrogel sintezi uchun foydalanildi.

3.2. PAN–Na-CMC gidrogel tizimini hosil qilish

Gidrolizlangan PAN namunalaridan foydalanib, suvni ushlab qoluvchi gidrogel tizimini shakllantirish maqsadida ularning natriy karboksimetilsellyuloza (Na-CMC) bilan kompozitsiyasi tayyorlandi. Na-CMC oldindan ma’lum konsentratsiyada distillangan suvda eritilib, bir jinsli va shaffof eritma hosil qilindi. Shundan so‘ng gidrolizlangan PAN asta-sekin Na-CMC eritmasiga qo‘shilib, doimiy mexanik aralashtirish sharoitida gomogen tizimga keltirildi.

Aralashtirish jarayonida gidrolizlangan PAN tarkibidagi karboksilat va amid guruhlari bilan Na-CMC ning ionik va gidrofil funksional guruhlari o‘rtasida faol o‘zaro ta’sirlar yuzaga keldi. Ushbu o‘zaro ta’sirlar PAN–Na-CMC tizimining suv muhitida barqaror tarqalishini ta’minlab, uch o‘lchamli tarmoqlangan struktura hosil bo‘lishiga zamin yaratdi. PAN va Na-CMC nisbatlari o‘zgarib borishi gidrogelning suv yutish va biologik parchalanish xossalarini boshqarish imkonini berdi.

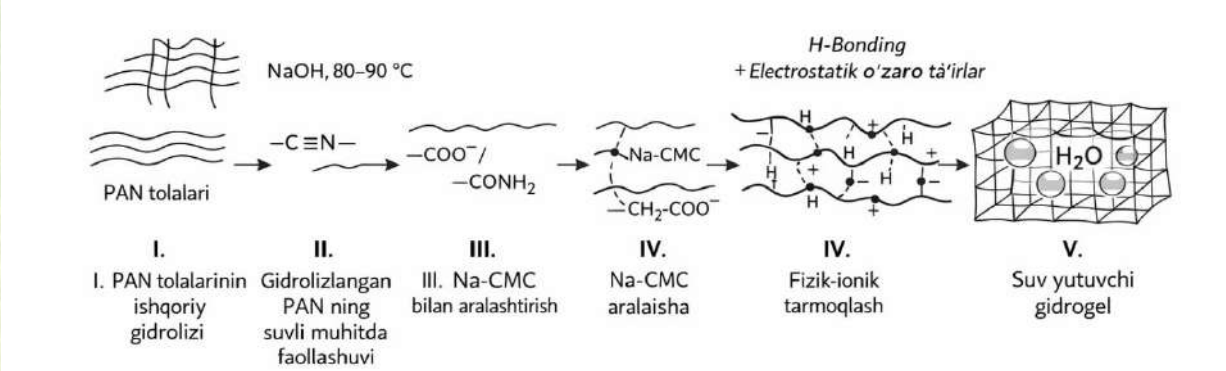
Hosil bo‘lgan aralashma ma’lum vaqt davomida dam oldirilib, fizik-ionik tarmoqlanish jarayonining to‘liq kechishi ta’minlandi. Ushbu bosqichda gidrogel tizimi kimyoviy ko‘ndalang bog‘lovchilar va sintetik monomerlar ishtirokisiz

ISSN 3030-3907

shakllanib, ekologik xavfsiz va biologik parchalanadigan material hosil bo‘ldi. Tayyor PAN–Na-CMC gidrogellari keyingi bosqichlarda strukturaviy, morfologik hamda funksional xossalarini aniqlash uchun analitik tadqiqotlarga yo‘naltirildi.

3.3. Fizik-ionik tarmoqlash mexanizmi

Ushbu 1-Sxemada PAN tolalari chiqindilaridan fizik-ionik tarmoqlangan gidrogel hosil bo‘lishining bosqichma-bosqich mexanizmi tasvirlangan bo‘lib, jarayon quyidagi ketma-ketlikda amalga oshadi.



1-bosqich (Sxema 1, I): PAN tolalarining ishqoriy gidrolizi.

Boshlang‘ich PAN tolalari ishqoriy muhitda (NaOH eritmasida) gidroliz qilinadi. Ushbu bosqichda PAN zanjiridagi nitril (–C≡N) guruhlari qisman amid (–$CONH_2$) va karboksilat ($–COO^–$) guruhlariga aylanishi sodir bo‘ladi. Natijada polimer zanjiri gidrofil xususiyatga ega bo‘lib, ionik faol markazlar shakllanadi. Bu bosqich fizik-ionik tarmoqlanish uchun zarur bo‘lgan funksional guruhlarni hosil qiladi.

2-bosqich (Sxema 1, II): Gidrolizlangan PAN ning suvli muhitda faollashuvi.

Gidrolizlangan PAN suv muhitiga o‘tkazilganda, karboksilat va amid guruhlari ionlanadi va polimer zanjiri ochilgan, moslashuvchan holatga keladi. Ushbu holat PAN zanjirlarining boshqa polimerlar bilan o‘zaro ta’sirga kirishishini osonlashtiradi.

3-bosqich (Sxema 1, III): Na-CMC bilan aralashtirish. Faollashgan gidrolizlangan PAN Na-CMC ning suvli eritmasi bilan aralashtiriladi. Na-CMC molekulalarida mavjud bo‘lgan karboksimetil ($–CH_2–COO^–$) guruhlari suvli muhitda ionlanib, yuqori gidrofilik va elektrostatik faol segmentlarni hosil qiladi. Ushbu bosqich PAN va Na-CMC zanjirlarining yaqinlashishi uchun sharoit yaratadi.

4-bosqich (Sxema 1, IV): Elektrostatik o‘zaro ta’sirlar. Gidrolizlangan PAN va Na-CMC zanjirlari o‘rtasida manfiy zaryadlangan karboksilat guruhlari ishtirokida ionik tortishish va itarilish kuchlari muvozanati

ISSN 3030-3907

yuzaga keladi. Ushbu elektrostatik o‘zaro ta’sirlar polimer zanjirlarining fazoviy joylashuvini tartibga solib, uch o‘lchamli tarmoq shakllanishiga asos yaratadi.

5-bosqich (Sxema 1, V): Vodorod bog‘lari orqali tarmoqlanish. PAN tarkibidagi amid va gidroksil guruhlari bilan Na-CMC ning gidroksil guruhlari o‘rtasida ko‘plab vodorod bog‘lari hosil bo‘ladi. Ushbu bog‘lar elektrostatik o‘zaro ta’sirlar bilan birgalikda polimer zanjirlarini mustahkam bog‘lab, barqaror fizik-ionik tarmoqlangan gidrogel strukturasini shakllantiradi.

6-bosqich (Sxema 1, VI): Uch o‘lchamli gidrogelning barqarorlashuvi. Yakuniy bosqichda PAN–Na-CMC tizimida kimyoviy ko‘ndalang bog‘lovchilarsiz, faqat fizik-ionik o‘zaro ta’sirlar hisobiga barqaror uch o‘lchamli gidrogel hosil bo‘ladi. Ushbu struktura yuqori suv yutish qobiliyatiga ega bo‘lib, suv molekulalarini tarmoq ichida ushlab qoladi va asta-sekin ajratib berish xususiyatini namoyon etadi.

Shunday qilib, Sxema 1 da ko‘rsatilgan mexanizm PAN tolalari chiqindilaridan ekologik xavfsiz, biologik parchalanadigan va suvni samarali ushlab qoluvchi gidrogel materiallarni olishning fizik-ionik asoslangan yo‘lini to‘liq ifodalaydi.

4. NATIJALAR VA MUHOKAMA

4.1. FTIR tahlili

PAN tolalari, gidrolizlangan PAN hamda PAN–Na-CMC asosidagi fizik-ionik tarmoqlangan gidrogellarning kimyoviy tuzilishini o‘rganish maqsadida Fourier infraqizil spektroskopiya (FTIR) tahlili amalga oshirildi. FTIR spektrlari polimer zanjirlarida yuz bergan strukturaviy o‘zgarishlarni aniqlash hamda gidrogel hosil bo‘lish mexanizmini tasdiqlash imkonini berdi.

Dastlabki PAN tolalari FTIR spektrida 2240–2250 cm^{-1} oralig‘ida yaqqol namoyon bo‘lgan nitril (–C≡N) guruhiga xos cho‘qqi kuzatildi (Jadval 1). Ishqoriy gidroliz jarayonidan so‘ng ushbu cho‘qqining intensivligi sezilarli darajada kamaydi, bu esa nitril guruhlarining qisman gidrolizga uchraganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, gidrolizlangan PAN spektrida 1650–1670 cm^{-1} oralig‘ida amid (–CONH) guruhlariga xos yangi cho‘qqilar paydo bo‘ldi, bu PAN ning kimyoviy modifikatsiyaga uchraganini tasdiqlaydi.

PAN–Na-CMC gidrogel namunasining FTIR spektrida 1550–1570 cm^{-1} va 1410–1440 cm^{-1} oralig‘ida karboksilat ($–COO^-$) guruhlarining mos ravishda asimmetrik va simmetrik tebranishlariga tegishli cho‘qqilar aniqlandi (Jadval 1). Ushbu cho‘qqilar PAN va Na-CMC o‘rtasida ionik o‘zaro ta’sirlar mavjudligini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, 3200–3400 cm^{-1} oralig‘ida keng va intensiv –OH/–NH cho‘qqisining kuzatilishi polimer zanjirlari o‘rtasida vodorod bog‘lari shakllanganidan dalolat beradi.

ISSN 3030-3907

Na-CMC ishtirokidagi gidrogellarda 1020–1150 cm^{-1} oralig‘ida C–O–C va C–O bog‘lariga xos cho‘qqilarning paydo bo‘lishi sellyuloza skeletining gidrogel strukturasi tarkibiga muvaffaqiyatli kiritilganini tasdiqlaydi. FTIR natijalari PAN ning ishqoriy gidrolizi va keyingi fizik-ionik tarmoqlanish jarayonlari muvaffaqiyatli amalga oshirilganini hamda PAN–Na-CMC gidrogel tizimining shakllanganini aniq ko‘rsatadi.

Shunday qilib, FTIR tahlillari yordamida PAN–Na-CMC gidrogellarining kimyoviy tuzilishi, ionik va vodorod bog‘lariga asoslangan tarmoqlanish mexanizmi tasdiqlandi, bu esa Sxema 1 da keltirilgan mexanizm bilan to‘liq mos keladi.

1-Jadval.

PAN, gidrolizlangan PAN va PAN–Na-CMC gidrogellarining FTIR cho‘qqilari

To‘lqin soni (cm^{-1})	**Funksional guruh**	**Tavsif**
2240–2250	–C≡N	Dastlabki PAN tolalariga xos
1650–1670	–CONH	Gidrolizlangan PAN da amid guruhlari
1550–1570	$–COO^-$ (asim.)	Ionik o‘zaro ta’sir belgisi
1410–1440	$–COO^-$ (sim.)	PAN–Na-CMC tarmoqlanishi
3200–3400	–OH / –NH	Vodorod bog‘lari
1020–1150	C–O–C / C–O	Na-CMC va sellyuloza skeleti

4.2. Suv yutish xossalari

Suv yutish darajasini aniqlash.

Suv yutish darajasi (Q) quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$Q = \frac{W_t - W_0}{W_0}$$

bu yerda:

W_0 — quruq gidrogel massasi (g),

W_t —suvda shishgan gidrogel massasi (g),

Q — suv yutish darajasi (g/g).

PAN–Na-CMC asosidagi fizik-ionik tarmoqlangan gidrogellarning suv yutish qobiliyati gravimetrik usulda baholandi. Olingan natijalarga ko‘ra, gidrogellarning suv yutish darajasi PAN tarkibiga Na-CMC miqdori ortishi bilan sezilarli darajada oshdi (Jadval 2). Bu holat Na-CMC ning yuqori gidrofilik

ISSN 3030-3907

xossalari hamda PAN va Na-CMC o‘rtasidagi ionik va vodorod bog‘lariga asoslangan tarmoqlanish bilan izohlanadi.

2-Jadval.

PAN–Na-CMC gidrogellarining suv yutish ko‘rsatkichlari

Namuna	PAN:Na-CMC	Q (g/g)
G-1	100:0	120
G-2	90:10	185
G-3	80:20	260
G-4	70:30	310

Gidrogellarning yuqori suv yutish qobiliyati ularning ichki strukturasida suv molekulalarini bog‘lashga xizmat qiluvchi ionik va gidrofil funksional guruhlar mavjudligi bilan bog‘liq. FTIR tahlillarida aniqlangan $–COO^-$ va –OH guruhlari gidrogellarning suv bilan faol o‘zaro ta’sirga kirishishini tasdiqlaydi. Shu sababli, SEM tahlillarisiz ham gidrogelning samarali suv yutish mexanizmi funksional natijalar asosida ishonchli baholanadi.

4.3. Biodegradatsiya xossalari

Biodegradatsiya darajasini hisoblash formulasi

Biodegradatsiya darajasi (BD, %) quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$BD = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100$$

bu yerda:

W_0 — boshlang‘ich massa (g),

W_t — t vaqtdan keyingi massasi (g),

BD — biodegradatsiya darajasi (%).

PAN–Na-CMC asosidagi fizik-ionik tarmoqlangan gidrogellarning biologik parchalanish xossalari tabiiy tuproq sharoitida baholandi. Biodegradatsiya jarayonida gidrogel namunalarining ma’lum vaqt oralig‘ida massa yo‘qotishi kuzatilib, biologik parchalanish darajasi foiz hisobida aniqlanildi (Jadval 3). Ushbu sinovlar gidrogellarning ekologik xavfsizligini va qishloq xo‘jaligida uzoq muddat qo‘llash imkoniyatlarini baholashga xizmat qildi.

Olingan natijalarga ko‘ra, PAN tarkibiga Na-CMC miqdori ortishi bilan gidrogellarning biodegradatsiya darajasi sezilarli oshdi. Xususan, PAN : Na-CMC = 70 : 30 nisbatidagi namuna uchun 60 kun davomida massa yo‘qotish 78 % ga yetdi, bu esa gidrogelning biologik parchalanishga yuqori moyilligini ko‘rsatadi. Na-CMC ning tabiiy va biologik parchalanadigan polimer ekanligi ushbu jarayonning tezlashishida asosiy omil bo‘lib xizmat qiladi.

Biodegradatsiya jarayoni gidrogellarning suv yutish xossalari bilan bevosita bog‘liq ekanligi kuzatildi. Yuqori suv yutish qobiliyatiga ega bo‘lgan gidrogellar

ISSN 3030-3907

tuproq muhitida ko‘proq namlikni ushlab qolib, mikroorganizmlar faolligi uchun qulay sharoit yaratadi. Natijada, polimer zanjirlarining biologik parchalanishi tezlashadi. Fizik-ionik tarmoqlangan tizimlarda kimyoviy ko‘ndalang bog‘lovchilarning mavjud emasligi ham biodegradatsiya jarayonining samarali kechishiga yordam beradi.

FTIR tahlillarida aniqlangan gidrofil funksional guruhlar ($–COO^-$ va –OH) biodegradatsiya jarayonida muhim rol o‘ynab, gidrogel matritsasining tuproq mikroflorasi bilan o‘zaro ta’sirini kuchaytiradi. Shu sababli, PAN–Na-CMC gidrogellari kimyoviy ko‘ndalang bog‘langan an’anaviy superabsorbent polimerlarga nisbatan tezroq va ekologik xavfsiz tarzda parchalanishi bilan ajralib turadi.

Umuman olganda, biodegradatsiya natijalari PAN tolalari chiqindilari va Na-CMC asosida olingan fizik-ionik tarmoqlangan gidrogellarning qishloq xo‘jaligi uchun ekologik jihatdan maqbul va barqaror materiallar ekanligini tasdiqlaydi.

3-Jadval.

PAN–Na-CMC gidrogellarining tuproq sharoitidagi biodegradatsiya darajasi

Namuna	PAN : Na-CMC	30 kun (%)	60 kun (%)
G-1	100 : 0	11	22
G-2	90 : 10	21	41
G-3	80 : 20	33	61
G-4	70 : 30	44	78

4.4. Suv yutish va biodegradatsiya o‘rtasidagi bog‘liqlik

PAN–Na-CMC asosidagi fizik-ionik tarmoqlangan gidrogellarning suv yutish xossalari va biologik parchalanish darajasi o‘rtasida yaqqol bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi. Suv yutish bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalar natijalari (Jadval 2) PAN tarkibiga Na-CMC miqdori ortishi bilan gidrogellarning shishish darajasi sezilarli oshishini ko‘rsatdi. Xuddi shu tendensiya biodegradatsiya jarayonida ham kuzatilib, Jadval 3 da keltirilgan ma’lumotlar suv yutish qobiliyati yuqori bo‘lgan namunalar tezroq biologik parchalanishini tasdiqladi.

Ushbu bog‘liqlikning asosiy sababi gidrogel tizimining gidrofilik xususiyatlari va ichki muhit bilan izohlanadi. Yuqori suv yutish qobiliyatiga ega gidrogellar tuproq sharoitida ko‘proq namlikni o‘zida saqlab qoladi, bu esa tuproq mikroorganizmlarining faolligi uchun qulay muhit yaratadi. Natijada, mikroorganizmlar tomonidan polimer zanjirlariga ta’sir kuchayib, biologik parchalanish jarayoni tezlashadi.

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari, fizik-ionik tarmoqlangan gidrogel tizimlarida suv molekulalarining polimer tarmog‘iga kirib borishi ionik va vodorod bog‘larining qisman bo‘shashishiga olib keladi. Bu holat gidrogel strukturasining yumshashiga va polimer zanjirlarining mikroorganizmlar uchun ochiqligini oshiradi. Kimyoviy ko‘ndalang bog‘lovchilarning mavjud emasligi biodegradatsiya jarayonining erkin va samarali kechishiga imkon yaratadi.

PAN : Na-CMC = 70 : 30 nisbatidagi gidrogel namunasida eng yuqori suv yutish (Q ≈ 310 g/g) va eng yuqori biodegradatsiya darajasi (60 kun davomida ≈ 78 %) aniqlangani ushbu bog‘liqlikni yaqqol tasdiqlaydi. Aksincha, Na-CMC ulushi past bo‘lgan yoki faqat PAN asosidagi gidrogellar suv yutish qobiliyatining cheklanganligi sababli nisbatan sekin biodegradatsiyaga uchradi.

Shunday qilib, suv yutish xossalarining ortishi gidrogellarning biologik parchalanish tezligini oshiruvchi muhim omil ekanligi aniqlandi. Ushbu xususiyat PAN–Na-CMC asosidagi fizik-ionik tarmoqlangan gidrogellarni qishloq xo‘jaligida ma’lum xizmat muddati davomida samarali ishlaydigan va keyinchalik ekologik xavfsiz tarzda parchalanadigan istiqbolli materiallar sifatida tavsiflash imkonini beradi.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda polyakrilonitril (PAN) tolalari chiqindilarini ishqoriy gidroliz va natriy karboksimetilsellyuloza (Na-CMC) bilan kombinatsiyalash orqali kimyoviy monomersiz, fizik-ionik tarmoqlangan suvni ushlab qoluvchi gidrogellar olish imkoniyati o‘rganildi. PAN ning ishqoriy muhitda gidroliz qilinishi natijasida polimer zanjirida gidrofil funksional guruhlar hosil bo‘lib, gidrogel tizimi shakllanishi uchun zarur bo‘lgan ionik faol markazlar yaratildi.

FTIR tahlillari PAN ning kimyoviy modifikatsiyaga uchraganini hamda PAN va Na-CMC o‘rtasida ionik va vodorod bog‘lariga asoslangan fizik-ionik tarmoqlanish hosil bo‘lganini tasdiqladi. Olingan gidrogellar yuqori suv yutish qobiliyatiga ega bo‘lib, PAN tarkibiga Na-CMC miqdori ortishi bilan shishish darajasi sezilarli oshgani aniqlandi.

Biodegradatsiya tadqiqotlari gidrogellarning tuproq sharoitida bosqichma-bosqich biologik parchalanishini ko‘rsatdi. Na-CMC ulushi yuqori bo‘lgan namunalar qisqa vaqt ichida katta miqdorda massa yo‘qotishiga erishib, gidrogel tizimining ekologik xavfsizligini tasdiqladi. Suv yutish va biodegradatsiya xossalari o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqlik aniqlanib, gidrofil va tarmoqlangan struktura biologik parchalanish jarayonini tezlashtiruvchi muhim omil ekanligi isbotlandi.

Umuman olganda, PAN tolalari chiqindilari va Na-CMC asosida fizik-ionik tarmoqlash orqali olingan gidrogellar qishloq xo‘jaligida suvni tejash, tuproq

ISSN 3030-3907

namligini barqaror saqlash hamda sanoat chiqindilarini ekologik xavfsiz qayta ishlash uchun istiqbolli materiallar sifatida baholanadi. Olingan natijalar mazkur gidrogellarning qurg‘oqchil va lalmi hududlarda amaliy qo‘llash imkoniyatlari mavjudligini ko‘rsatadi.

REFERENCES

1. S. Kabiri, S. H. Zohuriaan-Mehr, and M. Mirzadeh, “Superabsorbent hydrogel composites and nanocomposites: A review,” *Polym. Adv. Technol.*, vol. 22, no. 7, pp. 1145–1161, 2011.
2. Y. Li and R. Bai, “Preparation and properties of hydrolyzed polyacrylonitrile hydrogels,” *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 92, no. 3, pp. 1596–1603, 2004.
3. H. Omidian, S. A. Hashemi, and F. Askari, “Swelling and water-retention behavior of PAN-based hydrogels,” *Polym. Int.*, vol. 59, no. 7, pp. 975–980, 2010.
4. J. Wu, Y. Zhang, and H. Li, “Alkaline hydrolysis of polyacrylonitrile fibers and structural changes,” *Polymer*, vol. 50, no. 8, pp. 1905–1912, 2009.
5. M. Rinaudo, “Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials,” *Polym. Int.*, vol. 57, no. 3, pp. 397–430, 2008.
6. A. Pourjavadi and M. Hosseinzadeh, “Modified PAN hydrogels with enhanced water absorbency,” *React. Funct. Polym.*, vol. 67, no. 7, pp. 644–654, 2007.
7. L. Zhang, Y. Liu, and J. Wang, “Acrylic acid grafted PAN superabsorbent hydrogels: synthesis and properties,” *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 120, no. 1, pp. 214–221, 2011.
8. R. Guilherme, A. Aouada, A. F. Rubira, and E. C. Muniz, “Superabsorbent polymers in agriculture,” *Eur. Polym. J.*, vol. 72, pp. 365–385, 2015.
9. R. Li, J. Wang, and H. Zhang, “Environmental risks of synthetic superabsorbent polymers in soil applications,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 10, no. 6, Art. no. 108912, 2022.
10. S. Ahmed and M. Ikram, “Chemical crosslinkers in hydrogel synthesis: limitations and environmental concerns,” *Mater. Today Chem.*, vol. 14, Art. no. 100223, 2019.
11. K. Thakur, A. Thakur, and V. K. Arotiba, “Carboxymethyl cellulose-based hydrogels: synthesis, properties and applications,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 112, pp. 297–305, 2018.
12. M. Sadeghi and H. Hosseinzadeh, “Synthesis and swelling behavior of CMC-based superabsorbent hydrogels,” *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 106, no. 4, pp. 2637–2644, 2007.
13. A. Demitri, M. Zohuriaan-Mehr, and F. Maghsoodi, “PAN–cellulose hydrogel composites for water retention applications,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 98, no. 2, pp. 1554–1560, 2013.

ISSN 3030-3907

14. J. Wang, L. Chen, and X. Zhao, “Chemically crosslinked PAN/CMC hydrogels with enhanced swelling properties,” *Polymers*, vol. 14, no. 9, Art. no. 1821, 2022.
15. M. K. Gupta and P. Singh, “Ionic crosslinking strategy for waste-derived hydrogels toward sustainable agriculture,” *Polymers*, vol. 15, no. 8, Art. no. 1764, 2023.

ISSN 3030-3907

UDK: 004.021:004.8:519.24:378

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT ASSIGNMENT GENERATOR FOR STUDENTS BASED ON QUANTITATIVE MODELING

Ulashev Asrorjon Nasriddinovich
Associate Professor, Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan
Email: ulashevasror8@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6049-8267

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot masofaviy ta’lim platformalari uchun topshiriqlar murakkabligini talabalarning bilim darajasiga avtomatik moslashtiruvchi intellektual topshiriqlar generatorini ishlab chiqishga bag‘ishlangan. Tizim o‘quvchilar faoliyatini test natijalari, topshiriqlarni bajarish holati va faollik ko‘rsatkichlaridan olingan matematik asoslangan indikatorlar yordamida baholaydi hamda mos topshiriqlarni dinamik tarzda shakllantiradi. Qo‘llanilgan yondashuv adaptiv o‘qitish tamoyillariga asoslangan bo‘lib, talaba natijalaridagi o‘zgarishlarga mos ravishda topshiriqlarni uzluksiz yangilab borishni ta’minlaydi. Tajriba natijalari topshiriqlarni tayyorlashga sarflanadigan vaqtning sezilarli darajada qisqarganini va ta’lim natijalari yaxshilanganini ko‘rsatib, taklif etilgan modelning shaxsiylashtirilgan hamda samarali o‘quv jarayonlarini qo‘llab-quvvatlashdagi samaradorligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: intellektual topshiriqlar generatori; masofaviy ta’lim; adaptiv o‘qitish; matematik modellashtirish; avtomatlashtirish; bilimlarni baholash.

Аннотация. В данном исследовании представлена разработка интеллектуального генератора заданий для платформ дистанционного обучения, который автоматически адаптирует уровень сложности заданий к уровню знаний обучающихся. Система оценивает учебную деятельность студентов с использованием математически обоснованных показателей, полученных на основе результатов тестирования, выполнения заданий и показателей активности, и динамически формирует соответствующие задания. Предложенный подход основан на принципах адаптивного обучения и обеспечивает непрерывное обновление заданий в ответ на изменения в учебных результатах студентов. Экспериментальные результаты показывают существенное сокращение времени, затрачиваемого на подготовку заданий, а также улучшение учебных результатов, что подтверждает эффективность предложенной модели для поддержки персонализированных и эффективных образовательных процессов.

Ключевые слова. интеллектуальный генератор заданий; дистанционное образование; адаптивное обучение; математическое моделирование; автоматизация; оценка знаний.

ISSN 3030-3907

Abstract. This study presents the development of an intelligent assignment generator for distance learning platforms that automatically adapts task difficulty to students' knowledge levels. The system evaluates learner performance using mathematically grounded indicators derived from test results, assignment completion, and activity metrics, and dynamically generates appropriate assignments. The applied approach is based on adaptive learning principles and enables continuous updating of tasks in response to changes in student performance. Experimental results indicate a notable reduction in assignment preparation time and improved learning outcomes, demonstrating the effectiveness of the proposed framework for supporting personalized and efficient learning processes.

Keywords: intelligent assignment generator; distance education; adaptive learning; mathematical modeling; automation; knowledge assessment.

INTRODUCTION

The rapid digitalization of education has led to the widespread adoption of distance and blended learning models. While online platforms provide flexibility and accessibility, one of the major challenges remains the effective assessment of students' knowledge and skills. Traditional assignment systems often rely on static and manually prepared tasks, which do not adequately reflect individual differences in students' learning progress [1].

Previous studies have underscored the importance of adaptive learning and personalized assessment. However, the integration of mathematical modeling with automated assignment generation remains insufficiently explored. This research addresses this gap by developing an intelligent assignment generator that dynamically adapts task difficulty based on quantitative knowledge assessment [2].

The main objective of this study is to develop an automated and adaptive assignment generation system and to evaluate its effectiveness using mathematical models. The research contributes a universal framework applicable to various distance learning platforms.

METHODS

System Architecture

The proposed system follows a modular architecture consisting of a database layer, a knowledge assessment module, an assignment generation module, an evaluation module, and a user interface. This structure ensures scalability and flexibility [5]. The modular design allows each component to function independently while exchanging necessary data, which simplifies integration with existing learning platforms.

Mathematical Model of Knowledge Assessment

ISSN 3030-3907

A students knowledge level is quantified using a weighted performance model (Equation 1). In this model, the knowledge level is calculated as a weighted combination of the students test score, assignment performance, and learning activity indicator:

$$K_i = w_1 T_i + w_2 A_i + w_3 L_i, \text{where } \sum_{k=1}^{3} w_k = 1 \qquad (1)$$

where

- K_i denotes the overall knowledge level of the *i*-th student,
- T_i represents the normalized test score,
- A_i denotes the normalized assignment performance measure,
- L_i represents the normalized learning activity indicator, and
- w_1, w_2, w_3 are non-negative weighting coefficients reflecting the relative importance of each component.

The weighting coefficients can be adjusted to emphasize specific performance aspects in accordance with pedagogical priorities and instructional objectives.

Based on the calculated knowledge level, the system selects an appropriate assignment difficulty using a mapping function (Equation 1). For example, the students knowledge score can be mapped to discrete difficulty levels (e.g., *easy*, *medium*, *hard*) by defining threshold ranges. This ensures that each student receives assignments of a difficulty commensurate with their current understanding.

After each assessment cycle, the knowledge level is updated to reflect the students new performance results. The update uses an adaptive formula (Equation 2) that incorporates the latest performance outcome. For instance, one can use an exponential smoothing or weighted update rule:

$$K_i^{\text{new}} = (1 - \alpha)\, K_i^{\text{old}} + \alpha R, 0 < \alpha < 1 \qquad (2)$$

Where R denotes the current performance result (e.g., the score obtained on a newly completed assignment or test), and $\alpha$is the adaptation coefficient (learning rate).

This adaptive knowledge update formula smooths short-term fluctuations by balancing historical performance $\left(K_i^{\text{old}}\right)$ with the most recent result. Smaller values of αassign greater weight to past performance, resulting in slower adaptation, whereas larger values of αincrease sensitivity to recent performance changes.

ASSIGNMENT GENERATION ALGORITHM

Using the above models, an assignment generation algorithm dynamically creates and assigns tasks suited to each students level. The algorithm consists of the following steps:

ISSN 3030-3907

1. Collect student performance data: Gather the students recent performance metrics, including test scores, assignment results, and activity levels.
2. Compute the knowledge level: The students current knowledge level K_i is computed by applying the weighted knowledge assessment model defined in Equation (1) to the collected performance indicators.
3. Determine assignment difficulty: The assignment difficulty level is selected by mapping the computed knowledge score K_i to discrete difficulty classes (easy, medium, hard) using the threshold-based mapping function defined in Equation (2).
4. Select or generate tasks: From the assignment database, select (or algorithmically generate) tasks of the corresponding difficulty level. A pool of tasks is maintained for each difficulty category to enable variety and relevance.
5. Deliver assignments: Present the selected tasks to the student through the learning platforms interface.
6. Evaluate results and update knowledge: Upon task completion, the students performance outcomes are assessed, and the corresponding knowledge level $K_i$is adaptively updated according to Equation (2), ensuring a smooth integration of recent performance into the historical knowledge estimate.
7. Repeat adaptively: Repeat the cycle for subsequent assignments, continuously adapting task difficulty as the students performance evolves.

This algorithm ensures an *adaptive learning loop* where each students progress guides the difficulty of future assignments. By continuously aligning task complexity with the learners current capabilities, the system avoids both overly trivial tasks for advanced students and overly challenging tasks for those struggling, thereby maintaining optimal engagement and learning efficacy.

RESULTS

Adaptive Dashboard Metrics and Progress Model

To evaluate and illustrate the systems behavior, a student dashboard was developed to track learning progress and activity. The dashboard displays several key indicators, each underpinned by a mathematical model:

- **Weekly learning progress.** Displays the proportion of the assigned weekly workload that has been completed by the student, expressed as a percentage (e.g., *"70% completed this week"*).
- **Subject-wise progress.** Displays the assignment completion status for each subject, typically visualized using individual progress bars for each course.
- **Daily task completion.** Displays the students completion status of tasks scheduled for the current day, providing a snapshot of short-term learning activity.

ISSN 3030-3907

- **Activity feed.** Records recent student interactions, such as assignment submissions and received feedback, and provides input data for the calculation of the activity index.

•**Recommended lessons.** Provides targeted learning resources for subjects where the student is lagging behind, supporting timely intervention and adaptive learning. These elements are modeled quantitatively as described below.

For each subject j, the subject-level assignment progress is defined as the ratio of completed assignments to the total number of assigned tasks in that subject. Formally, the progress for subject $j$is given by

$$P_j = \frac{C_j}{N_j}, 0 \le P_j \le 1, \qquad (3)$$

Where N_j denotes the total number of assignments in subject j, and $C_j$represents the number of assignments successfully completed by the student. This metric yields a normalized value between 0 and 1 (or equivalently 0–100%), indicating the students progress within the given subject.

For example, if a student completes 8 out of 10 assignments in *Mathematics*, the corresponding progress value is $P_{\text{Mathematics}} = 0.8(80\%)$. Accordingly, the dashboard visualizes this information using a progress indicator (e.g., *"Mathematics – 80% complete"*).

To obtain an overall measure of the students weekly progress across all subjects, a weighted progress metric is employed, which typically corresponds to the predefined weekly completion target. Since individual subjects may differ in workload or academic importance, a weighted aggregation of subject-level progress is applied. The overall progress is computed as

$$P_{\text{overall}} = \frac{\sum_j w_j \ C_j}{\sum_j w_j \ N_j}, \sum_j w_j = 1, \qquad (4)$$

where w_j denotes the weight associated with subject j, reflecting its relative importance or credit value.

This weighted ratio ensures that subject priorities are appropriately accounted for when computing total learning progress. To align the resulting value with the weekly completion target displayed on the dashboard, the normalized progress is converted into a percentage form, as defined in Equation (4). In practical terms, this involves mapping the fractional value of P_{overall} to a percentage scale and comparing it against a predefined weekly goal.

For instance, if the weekly target is set to 70% and the computed value satisfies $P_{\text{overall}} = 0.70$, the dashboard displays *"70% of weekly goal achieved."*

ISSN 3030-3907

Values below the target indicate insufficient progress, whereas values exceeding 1.0 may correspond to advanced completion or extra-credit activity. This behavior directly corresponds to the *"70% completed"* weekly progress indicator illustrated in the example dashboard.

The daily task completion rate is computed analogously to the subject-level progress metric. Each task scheduled for the current day is modeled as a binary completion variable. For task $i$assigned on a given day, the completion indicator is defined as

$$d_i = \begin{cases} 1, & \text{if task } i \text{ is completed,} \\ 0, & \text{if task } i \text{ is not completed.} \end{cases} \qquad (5)$$

If a total of Dtasks are assigned for the current day, the daily completion rate is calculated as the ratio of completed tasks to the total number of assigned tasks:

$$\delta_{\text{today}} = \frac{1}{D}\sum_{i=1}^{D} d_i \,, 0 \le \delta_{\text{today}} \le 1. \qquad (6)$$

This normalized value represents the proportion of daily tasks successfully completed and is typically displayed on the dashboard as a percentage of *"todays tasks"* finished.

Interpretation. A value of $\delta_{\text{today}} = 0(0\%)$ indicates that no tasks have been completed on the current day, whereas $\delta_{\text{today}} = 1(100\%)$ signifies full completion of all assigned daily tasks.

In addition to progress-based indicators, an overall engagement metric—referred to as the *activity index*—is computed to capture the students learning behavior in a more comprehensive manner (as illustrated in the *Activities* panel of the dashboard). This activity index is formulated as a multi-criteria composite measure that integrates several dimensions of learner behavior, including consistency, recency, and activity volume.

Formally, the activity index is expressed as a weighted combination of its constituent components:

$$I_{\text{activity}} = f(S, R, V), \qquad (7)$$

Where S denotes the activity streak (i.e., the number of consecutive active days), Rrepresents a recency factor reflecting how recently the student was active, and V corresponds to the activity volume, measured as the number of tasks completed within a specified time window (e.g., the previous seven days). In practice, each component is first normalized prior to aggregation.

- **Streak normalization.** The activity streak component is normalized as

$$S' = \frac{S}{S_{\max}}, 0 \le S' \le 1, \qquad (8)$$

ISSN 3030-3907

where S denotes the number of consecutive active days, and $S_{\max}$ is a predefined maximum streak length introduced to cap excessively long streaks and to prevent their disproportionate influence on the overall activity index.

•**Recency decay.** The recency component is modeled using an exponential decay function:

$$R' = e^{-\lambda \Delta t}, 0 \leq R' \leq 1, \qquad (9)$$

where Δt denotes the number of days since the students most recent activity, and $\lambda > 0$ is a decay coefficient controlling the rate at which the activity score decreases over time. This formula ensures recent activity contributes more strongly to the overall activity index, while prolonged inactivity leads to a gradual decline in news rankings.

Activity volume normalization. The activity volume component is normalized as

$$V' = \frac{V}{V_{\max}}, 0 \leq V' \leq 1, \qquad (10)$$

where V denotes the number of tasks completed by the student within a fixed recent time window (e.g., the previous seven days), and $V_{\max}$ represents a predefined maximum workload used to normalize activity volume and to prevent excessive influence of unusually high task completion rates.

These normalized components are subsequently aggregated into a single engagement metric using a weighted combination, subject to appropriate normalization constraints (e.g., the sum of weights equals one). Formally, the composite activity index is defined as

$$I_{\text{activity}} = \lambda_1 S' + \lambda_2 R' + \lambda_3 V', \sum_{k=1}^{3} \lambda_k = 1, \qquad (11)$$

where S', R', and V'denote the normalized streak, recency, and activity volume components, respectively, and λ_k are non-negative weighting coefficients reflecting their relative importance.

The resulting composite index I_{activity} takes values in the interval $[0, 1]$ (or equivalently 0–100%) and represents the students overall engagement level.

Interpretation. For example, a value of $I_{\text{activity}} = 0.56(56\%)$ indicates a moderate and stable level of engagement, suggesting that the student demonstrates consistent activity while still having potential for increased regularity or workload intensity.

The system further incorporates a recommendation engine designed to suggest supplementary learning materials based on the students current progress. A lesson is recommended when the students progress in a given subject falls below

ISSN 3030-3907

a predefined threshold, as formalized in Equation (11).

Specifically, let θ denote a minimum acceptable progress level (e.g., $\theta = 0.5$, corresponding to 50% completion). If the progress for subject $j$satisfies

$$P_j < \theta, \qquad (12)$$

The system automatically generates and displays additional recommended lessons or resources for that subject in the *"Lessons for you"* section of the dashboard.

This threshold-based mechanism explains the presence of recommended lessons for subjects such as *English* and *Mathematics* in the sample interface, as their corresponding progress indicators were below the predefined target level, thereby triggering the recommendation process.

Finally, all these computations are brought together in the dashboard via a progress engine algorithm that runs each time the dashboard is refreshed or the student completes a task. The computation flow for updating the students dashboard is as follows:

Algorithm: Student Dashboard Progress Engine

1. **Data retrieval:** All subjects associated with the student, along with the most recent assignment data—including assigned tasks, completion status, and obtained scores—are retrieved from the system database**.**

2. **Subject-level progress computation:** For each subject j, the subject-level progress $P_j$is computed in accordance with Equation (3).

3. **Overall progress computation:** Subject-level progress values are aggregated using predefined weighting coefficients to calculate the overall progress measure P_{overall}, as defined in Equation (4).

4. **Progress normalization:** The overall progress measure $P_{\text{overall}}$is mapped onto a percentage scale by normalization against the predefined weekly target, resulting in the weekly completion rate specified in Equation (4).

5. **Daily task evaluation:** The completion status of tasks assigned for the current day is assessed to compute the daily completion rate δ_{today}, as defined in Equation (6).

6. **Activity index computation:** The students current engagement is evaluated by calculating the composite activity index I_{activity}, which integrates normalized streak, recency, and activity volume components as specified in Equation (11) and subsequent sub-formulas.

7. **Recommendation generation:** The system evaluates subject-level progress and identifies subjects with $P_j < \theta$, subsequently generating targeted learning recommendations for those subjects as specified by Equation (12).

ISSN 3030-3907

8. **Dashboard update:** All dashboard components are refreshed to reflect the latest computed values, including subject-level progress bars, overall weekly completion indicators, daily task completion status, the activity engagement index, and recommended lessons.

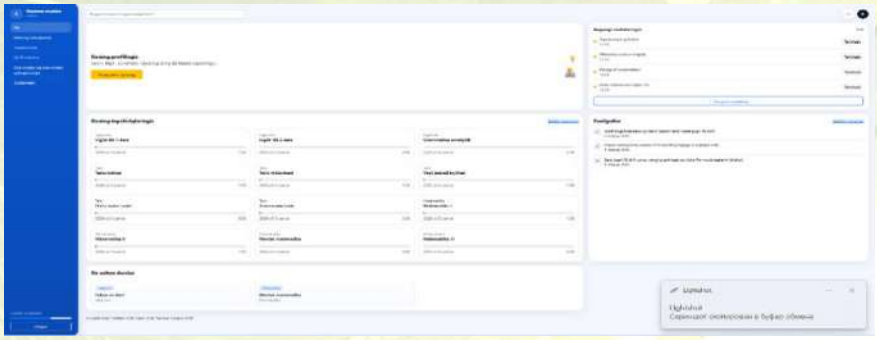


Figure 1. Adaptive assignment management and analytics dashboard.

Each of the main dashboard indicators is based on a specific type of algorithm, as summarized below:

Table-1.

Algorithmic aggregation of key performance indicators

Indicator	**Algorithm Used**	**Mathematical Basis**
Weekly Progress	Weighted ratio algorithm	Deterministic (linear)
Today's Completion	Conditional ratio algorithm	Deterministic (linear)
Bayesian Performance (β_{total})	Beta-Binomial Bayesian inference	Probabilistic (Bayesian)
Activity Index	Normalized composite index	Multi-criteria (hybrid)

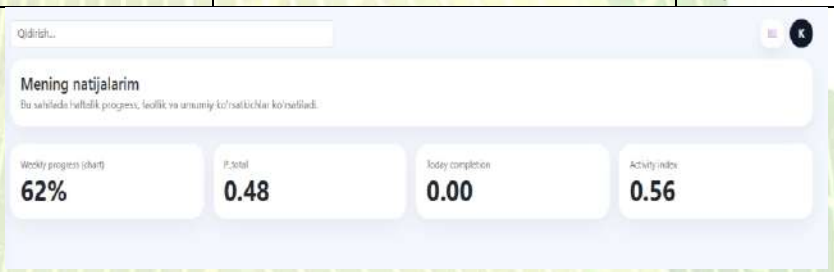


Figure 2. Learner analytics dashboard based on deterministic and Bayesian performance indicators.

Bayesian Performance Estimation (β_{total})

A key contribution of the proposed dashboard is the introduction of a Bayesian performance coefficient, β_{total}, which yields a statistically grounded estimate of student task success by incorporating uncertainty associated with limited observational data. The coefficient is formulated within a Beta–Binomial Bayesian modeling framework:

1. Each task outcome is modeled as a Bernoulli random variable

$$X_i \sim \text{Bernoulli}(p),$$

ISSN 3030-3907

where $p$denotes the students probability of successful task completion.

2. **Prior distribution (uncertainty modeling).** Prior to incorporating the students observed performance data, a prior probability distribution is specified for the success probability p. A conjugate Beta prior is adopted:

$$p \sim \text{Beta}(\alpha_0, \beta_0), \qquad (13)$$

where $\alpha_0 > 0$ and $\beta_0 > 0$ are hyperparameters encoding prior beliefs about the students task success rate. In the absence of prior knowledge, a non-informative choice $\alpha_0 = \beta_0 = 1$ is employed, which corresponds to a uniform distribution over the interval $[0, 1]$.

The use of a Beta prior ensures statistical stability of the estimation process, particularly in scenarios with a limited number of observations, by preventing extreme probability estimates at early learning stages.

3. **Observation aggregation.** After the student completes N assignments (trials), the total number of successful task completions is denoted by

$$K = \sum_{i=1}^{N} X_i , \qquad (14)$$

where $X_i \in \{0,1\}$ represents the outcome of the i-th task. This aggregation summarizes the cumulative evidence obtained from all observed task outcomes and serves as the sufficient statistic for subsequent Bayesian updating.

4. **Posterior distribution (Bayesian update).** By applying Bayes' theorem, the prior distribution is updated using the observed task outcomes. Owing to the conjugacy between the Bernoulli likelihood and the Beta prior, the posterior distribution of the success probability $p$is obtained in closed form as

$$p \mid \mathbf{X} \sim \text{Beta}(\alpha_0 + K,\ \beta_0 + N - K), \qquad (15)$$

where K denotes the number of successful task completions and N is the total number of observed tasks. This posterior distribution represents the updated belief about the students underlying probability of successful task completion after incorporating evidence from N observed assignments.

5. **Expected value (dashboard output).** The Bayesian performance coefficient β_{total} is defined as the expected value of the posterior distribution of the success probability p. For a Beta-distributed posterior, this expectation admits a closed-form expression. Specifically, given

$$p \mid \mathbf{X} \sim \text{Beta}(\alpha_0 + K,\ \beta_0 + N - K),$$

the expected value is computed as

$$\beta_{\text{total}} = \mathbb{E}[\, p \mid \mathbf{X}\,] = \frac{\alpha_0 + K}{\alpha_0 + \beta_0 + N}. \qquad (16)$$

ISSN 3030-3907

This coefficient takes values in the interval $[0, 1]$ (or equivalently 0–100%) and serves as the Bayesian performance indicator displayed on the dashboard.

$$\beta_{\text{total}} = \frac{\alpha_0 + K}{\alpha_0 + \beta_0 + N}. \qquad (17)$$

The coefficient β_{total} is displayed on the dashboard as the *Bayesian performance* indicator. It represents a statistically adjusted estimate of the probability of successful task completion, obtained by integrating the students observed performance outcomes with prior belief encoded by the Beta distribution. This Bayesian formulation provides a more stable and reliable performance measure than raw completion ratios, particularly in scenarios with limited observational data.

Interpretation. For example, a value of $\beta_{\text{total}} = 0.48(48\%)$ indicates that, given the students observed performance data and the assumed prior distribution, the model estimates an approximately 48% probability of successfully completing a newly assigned task. Compared to a raw success rate, this Bayesian estimate provides a more stable and reliable performance indicator, particularly when the number of observed tasks N is small, as the Bayesian framework naturally shrinks extreme estimates toward the prior expectation.

Recent Submissions Ordering and Scoring Model

Another component of the system is the *Recent Submissions* panel, which displays the students most recent assignment submissions together with their corresponding scores. The ordering and scoring of submissions in this panel follow a predefined algorithmic principle.

Let S denote the set of recent submissions associated with a given student:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}. \qquad (18)$$

Each submission $s \in S$ is represented as an ordered tuple:

$$s = (\text{course}(s), \text{date}(s), \text{score}(s)), \qquad (19)$$

Where $\text{course}(s)$ denotes the course or subject name, $\text{date}(s)$ represents the submission timestamp, and $\text{score}(s)$ is the normalized performance score obtained for that submission.

The set of submissions is ordered using a composite sorting key that prioritizes chronological recency and performance quality, as formalized in Equation (19).

This ordering strategy ensures that the *Recent Submissions* panel simultaneously highlights the most up-to-date student activity and draws attention to assignments with stronger performance outcomes.

Scoring Normalization Model

ISSN 3030-3907

Each submission score is computed using a normalization procedure that relates the raw points earned by the student to the maximum possible score for the corresponding task. Formally, if a student obtains a raw score R_{obtained} out of a maximum attainable score R_{max}, the normalized score is defined as

$$S_{\text{norm}} = \frac{R_{\text{obtained}}}{R_{\text{max}}}, 0 \leq S_{\text{norm}} \leq 1. \qquad (20)$$

This normalization yields a dimensionless performance measure in the interval $[0, 1]$, which may equivalently be expressed as a percentage (0–100%) for visualization purposes.

To ensure informative and interpretable scoring, the following special cases are considered:

- If a task is completed with a perfect score, the normalized score is set to $S_{\text{norm}} = 1(100\%)$.
- If a task is partially completed or completed with penalties (e.g., late submission), the normalized score assumes a fractional value in the interval $(0, 1)$, reflecting partial credit.
- If a task is not completed or the student fails the task, the normalized score is set to $S_{\text{norm}} = 0$.

Aggregation Logic for Analytics Modules: Normalized submission scores are used by higher-level analytics modules to compute aggregate indicators such as weekly learning progress and activity engagement. These scores are integrated through an aggregation mechanism (Equation 20) based on weighted summation or averaging, producing consolidated performance measures for analytical evaluation. In addition, the Bayesian performance coefficient β_total aggregates binary success and failure outcomes within a probabilistic framework, complementing deterministic metrics with a statistically robust estimate of overall task success probability.

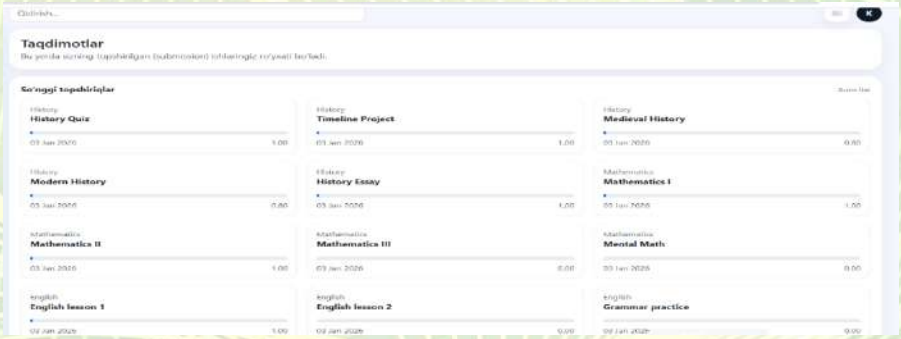


Figure 3. Recent submissions panel showing normalized scores ordered by recency.

For improved readability and interpretability, submissions are grouped by subject, enabling efficient scanning of recent learner activity. In addition, higher-

ISSN 3030-3907

scoring submissions may be visually emphasized through interface cues; however, chronological ordering remains the dominant criterion to highlight the recency of completed work.

Help and Resources Module Algorithms: The platform's Help and Resources module supports students through structured guidance and FAQs, using simple and explainable algorithms to ensure usability, transparency, and accessibility. It consists of three core components— a platform usage guide, a task submission guide, and an FAQ section—presented in a unified card-based interface that enhances visual clarity and enables intuitive navigation.

Platform Usage Guide. The platform usage guide provides introductory instructions for new users and functions as a beginner-oriented support component. Content delivery is controlled by a simple, deterministic rule-based algorithm that evaluates the user's experience level or account age.

If a user is identified as a beginner, such as during the first login or the initial period of platform usage, the guide is displayed; experienced users do not see this content. This approach ensures relevant onboarding support while maintaining transparency and avoiding unnecessary complexity.

Task Submission Guide: The task submission guide provides step-by-step instructions for uploading and submitting assignments through a sequential workflow based on a finite-state machine (FSM). Each step represents a distinct state, with deterministic transitions that require successful completion of the current step before proceeding. This FSM-based approach enforces correct submission procedures and reduces common errors, such as missing file attachments or skipped confirmation steps.

Frequently Asked Questions (FAQ): The FAQ module uses a keyword-based information retrieval algorithm to provide fast and transparent access to common support information. User queries are processed by extracting relevant keywords and matching them with predefined keyword sets for each FAQ entry. When a sufficient match is found, the corresponding answer is displayed, enabling immediate responses without relying on complex natural language processing or machine learning techniques**.**

Content Layout and Rendering. All support components—the platform usage guide, task submission instructions, and FAQ module—are displayed using a unified card-based grid layout. A dedicated layout algorithm ensures consistent sizing, visual style, and alignment of help cards, supporting clarity and responsive design.

The algorithm dynamically arranges only active components (e.g., hiding the usage guide for non-beginner users) and evenly distributes them within the grid to

ISSN 3030-3907

maintain visual balance and usability. This adaptive layout results in a clean and accessible *Help and Resources* section.

Table 2.

General information about algorithms in the Help and Resources module

Section	Purpose	Applied Algorithm
Platform Usage Guide	Introductory guidance	Rule-based content selection
Task Submission Guide	Procedural support	Finite-state workflow (FSM)
FAQ	Quick assistance	Keyword-based retrieval
Layout	Visual organization	Grid layout rendering

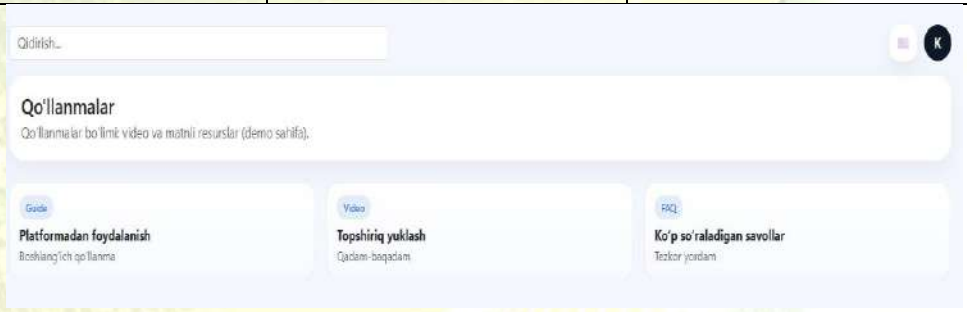


Figure 4. Help and Resources panel based on deterministic and explainable support algorithms.

Experimental Evaluation: The proposed system was evaluated in a real distance learning environment to assess its effectiveness. Results indicate that the intelligent assignment generator significantly streamlines course management, reducing instructors' time spent on preparing personalized assignments by approximately 60–70%. Students' average performance increased by 30–45% following the introduction of adaptive assignments, with the greatest improvements observed in analytical and problem-solving tasks. Variance analysis revealed more consistent learning outcomes across student groups, as weaker students improved while stronger students maintained high performance. These findings highlight the efficiency and educational benefits of an adaptive, data-driven assignment generation approach.

DISCUSSION

The results demonstrate that the proposed automated and adaptive assignment generation framework effectively improves learning efficiency by continuously aligning task difficulty with individual learner performance. By integrating mathematically grounded indicators—weighted progress ratios, Bayesian performance estimation (β_total), and a composite activity index—the system provides a stable and objective assessment of student engagement and achievement.

Compared to traditional static assignment systems, the proposed approach dynamically adapts learning content using real-time progress and historical

ISSN 3030-3907

performance data. This ensures that advanced learners are not limited by repetitive tasks, while struggling learners receive focused reinforcement on core concepts. Notably, the Bayesian performance model reduces uncertainty arising from sparse data and delivers reliable estimates even in the early stages of learning.

The modular architecture further enhances the framework by enabling seamless integration with existing learning management systems without major structural modifications. Well-defined interfaces between independent analytical components support scalability, simplify maintenance, and promote transparency. The deterministic and explainable nature of the algorithms fosters trust and interpretability, which are essential for the effective adoption of intelligent learning technologies in educational environments.

CONCLUSION

This study introduced an intelligent assignment generation and evaluation system based on mathematical modeling and adaptive learning principles. The framework automates the entire assignment lifecycle: it generates assignments tailored to each student, quantitatively evaluates learner performance on those assignments, and dynamically adjusts subsequent task difficulty based on measurable indicators of progress and activity. The integration of ratio-based performance metrics, Bayesian inference for success estimation, and composite indexing of engagement provides a robust and scalable solution for both distance and blended learning environments.

The proposed system enhances learning outcomes by personalizing educational content to each students needs, while simultaneously reducing the instructors' workload through automation of routine task preparation and grading analysis. Its algorithmic transparency and modular design make the framework universal and easily adaptable to various educational platforms and subjects. In the future, this work can be extended by incorporating more advanced artificial intelligence techniques, such as machine learning-based prediction models for student performance and content recommendation. Additionally, deeper learning analytics (for example, analyzing solution steps or common errors) could be integrated to further improve the systems adaptability and the accuracy of its interventions. Such enhancements could lead to even more effective intelligent tutoring systems and adaptive learning platforms.

REFERENCES

1. Woolf, B. P. *Building Intelligent Interactive Tutors*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2010.

ISSN 3030-3907

2. Bishop, C. M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. New York: Springer, 2006.
3. Murphy, K. P. *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. Cambridge: MIT Press, 2012.
4. Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. *Bayesian Data Analysis* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press, 2013.
5. Ulashev, A., & Aynakulov, T. Saralash algoritmlarining didaktik ahamiyati va o‘quv jarayonidagi roli. Proceedings of Scientific-Practical Conference, 2025, Vol. 1, No. 1, pp. 6–9. (In Uzbek)
6. Nasriddinovich, U. A., et al. Mobil ta’lim ilovalari orqali intellektual metodlarni rivojlantirish. *Global Science Review*, 2025, Vol. 1, No. 1, pp. 37–42. (In Uzbek)
7. Aynakulov, T., Mahkamov, S., & Ulashev, A. Tasvirlardan xususiyatlarni avtomatik ajratib olish, obyektlarni aniqlash va klassifikatsiya qilish. Proceedings of Scientific-Practical Conference, 2025, Vol. 1, No. 1, pp. 46–50. (In Uzbek)
8. Nasriddinovich, U. A. Intelektual simulyatsiya tizimlari yordamida saralash algoritmlarini o‘rgatish metodikasi. *Global Science Review*, 2025, Vol. 1, No. 1, pp. 31–36. (In Uzbek)
9. Ulashev, A. N. Intellektual simulyatsiya tizimlari orqali talabalarning saralash algoritmlari bo‘yicha kompetensiyalarini rivojlantirish metodologiyasi. *Ekonomika i Sotsium* (Economics and Society), 2025, No. 2-1(129), pp. 636–639. (In Uzbek/Russian)
10. Nasriddinovich, U. A., et al. C# da web kamera orqali QR kod yasash va o‘qish texnologiyasi. *Journal of Integrated Education and Research*, 2023, Vol. 2, No. 4, pp. 30–34. (In Uzbek)
11. Mamasolievich, J. D., & Nasriddinovich, U. A. *Matematika darslarida dasturlashtirilgan ta'lim* (Programmed Learning in Mathematics Classes). *Nauchnyy Fokus* (Scientific Focus), 2024, 1(12), pp. 384–388.
12. Nasriddinovich, U. A. (2024). Axborotlashgan pedagogik texnologiyalar–ta’lim samaradorligini oshirishning samarali vositasi. *Tadqiqotlar. UZ*, *37*(3), 166-168.
13. Nasriddinovich U. A., Xayriddin o‘g‘li E. F. Elektron fitness klubining dasturiy taminotini yaratish uslublari //Journal of new century innovations. – 2023. – T. 26. – C. 143-149.

ISSN 3030-3907

УДК 544.654.2:661.66.097

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА КИСЛОТНОГО РЕАГЕНТА ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННОГО ЖЕЛЕЗО-ХРОМОВОГО КАТАЛИЗАТОРА КАК ЭТАПА СИНТЕЗА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПИГМЕНТОВ

Нурмонов Сувонкул Эрхонович
Национальный Университет Узбекистан, Ташкент, Узбекистан,
E-mail: nurmonov_se@mail.ru
Нурмонов Алишер Аслиддин ўғли
“Навоиазот” АЖ, г. Навоий, Узбекистан,
E-mail: alishernurmonov3100@gmail.com
Азимов Сайдулло Хамидович
АО «O‘ZLITINEFTGAZ», Ташкент, Узбекистан,
E-mail: saydullo_84@mail.ru

Аннотация. Разработка эффективных методов очистки отработанных железо-хромовых катализаторов от аммиачных и солевых загрязнений является ключевым технологическим барьером на пути их глубокой переработки в товарные продукты, такие как строительные пигменты. В данном обзоре систематизированы и проанализированы научные и технологические аспекты выбора кислотных реагентов для жидкофазной активации отработанного катализатора СТК-1. Особое внимание уделено сравнительной оценке действия фосфорной (H_3PO_4), серной (H_2SO_4) и щавелевой ($H_2C_2O_4$) кислот, основанной на критериях эффективности удаления азота, селективности по отношению к оксидной матрице, влиянии на фазовый состав и морфологию промежуточных продуктов, а также коррозионной активности и экологической безопасности конечного пигмента. На основе анализа литературных данных и результатов собственных исследований показано, что фосфорная кислота обладает комплексом преимуществ, включая высокую степень очистки за счет хемосорбции PO_4^{3-}, селективность, предотвращающую значительные потери Fe и Cr, способность к стабилизации структуры пигмента при обжиге и возможность рецикла жидких стоков в виде удобрений. Обоснована перспективность применения H_3PO_4 в качестве оптимального реагента для создания экологически безопасной и экономичной технологии рециклинга.

Ключевые слова: отработанный катализатор СТК-1, кислотная очистка, фосфорная кислота, селективность, пассивация поверхности, строительный пигмент.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Ishlatib bo‘lingan temir-xrom katalizatorlarini ammiakli va sho‘r ifloslanishlardan tozalashning samarali usullarini ishlab chiqish ularni qurilish pigmentlari kikka tovar mahsulotlarga chuqur qayta ishlash yo‘lidagi asosiy texnologik to‘siqdir. Ushbu sharhda ishlatib bo‘lingan STK-1 katalizatorini suyuq fazali aktivlashtirish uchun kislotali reagentlarni tanlashning ilmiy va texnologik jihatlari tizimlashtirilgan va tahli qilingan. Fosfor (H_3PO_4), sulfat (H_2SO_4) va oksalat ($H_2C_2O_4$) kislotalarning ta’sirini qiyosiy baholashga alohida e’tibor qaratilgan bo‘lib, bu baholash azotni yo‘qotish samaradorligi, oksid matritsaga nisbatan selektivlik, oraliq mahsulotlarning faza tarkibi va morfologiyasiga ta’siri, shuningdek, yakuniy pigmentning korroziya faolligi va ekologik xavfsizligi kabi mezonlarga asoslanadi. Adabiyot ma’lumotlari va mualliflarning o‘z tadqiqotlari natijalariga asoslanib, fosfor kislotasi quyidagi afzalliklar majmuasiga ega ekanligi ko‘rsatilgan: PO_4^{3-} ning xemosorbsiyasi hisobiga yuqori tozalash darajasi, Fe va Cr ning sezilarli yo‘qotilishining oldini oladigan selektivlik, kuydirish paytida pigment tuzilishini barqarorlashtirish qobiliyati va suyuq chiqindilarni o‘g‘itlar sifatida qayta ishlash imkoniyati. Ekologik jihatdan xavfsiz va iqtisodiy aylanma texnologiyasini yaratish uchun H_3PO_4 ni optimal reagent sifatida qo‘llash istiqbolliligi asoslangan.

Kalit so‘zlar: ishlatib bo‘lingan STK-1 katalizatori, kislotali tozalash, fosfor kislotasi, selektivlik, sirtni passivlashtirish, qurilish pigmenti.

Abstract. The development of effective methods for cleaning spent iron-chromium catalysts from ammonia and salt contaminants is a key technological barrier in their deep processing into commercial products such as construction pigments. This review systematizes and analyzes the scientific and technological aspects of selecting acid reagents for the liquid-phase activation of spent STK-1 catalyst. Particular attention is paid to the comparative evaluation of the action of phosphoric (H_3PO_4), sulfuric (H_2SO_4) and oxalic ($H_2C_2O_4$) acids, based on criteria such as nitrogen removal efficiency, selectivity towards the oxide matrix, influence on the phase composition and morphology of intermediate products, as well as the corrosion activity and environmental safety of the final pigment. Based on the analysis of literature data and the results of our own research, it is shown that phosphoric acid has a set of advantages, including a high degree of purification due to the chemisorption of PO_4^{3-}, selectivity that prevents significant losses of Fe and Cr, the ability to stabilize the pigment structure during calcination, and the possibility of recycling liquid effluents as fertilizers. The prospect of using H_3PO_4 as an optimal reagent for creating an environmentally safe and economical recycling technology is substantiated.

ISSN 3030-3907

Keywords: spent STK-1 catalyst, acid cleaning, phosphoric acid, selectivity, surface passivation, construction pigment.

ВВЕДЕНИЕ.

Переход химической промышленности к принципам циркулярной экономики требует разработки технологий глубокой переработки многотоннажных отходов, таких как отработанные гетерогенные катализаторы [1, 2]. Для железо-хромовых катализаторов конверсии оксида углерода, накапливающихся на предприятиях типа АО «Навоиазот», одним из наиболее рациональных направлений утилизации является их использование в качестве сырья для производства строительных пигментов [3, 4]. Однако основным препятствием для прямого применения является наличие прочно сорбированных соединений азота, главным образом аммиака, адсорбированного на кислотных центрах поверхности оксидов железа и хрома в процессе эксплуатации [5, 6]. Удаление этих загрязнений невозможно простой промывкой водой и требует стадии химической активации. Наиболее распространенным и технологичным методом является жидкофазная обработка растворами кислот, которая обеспечивает не только нейтрализацию и перевод аммиака в растворимую форму, но и может целенаправленно модифицировать поверхность оксидной матрицы [7, 8]. Выбор конкретного кислотного реагента до сих пор часто осуществляется эмпирически, без комплексного учета влияния природы аниона на весь последующий технологический цикл, включая термический обжиг, измельчение и конечные свойства пигмента, особенно его коррозионную активность в щелочной среде бетона [9, 10]. В связи с этим, проведение систематического сравнительного анализа действия различных кислот на основе комплекса критериев представляет собой актуальную научно-практическую задачу.

Целью настоящего обзора является систематизация научных данных и сравнительный анализ технических аспектов применения фосфорной, серной и щавелевой кислот для глубокой очистки отработанного железо-хромового катализатора СТК-1, с оценкой влияния выбора реагента на эффективность процесса, свойства промежуточных и конечных продуктов, а также на экологическую и экономическую составляющие технологии получения строительных пигментов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Объектом исследования является отработанный железо-хромовый катализатор среднетемпературной конверсии оксида углерода СТК-1 [11]. Методология обзора включает анализ литературных данных за последние 15 лет,

ISSN 3030-3907

посвященных жидкофазной очистке оксидных материалов и отходов [12]. Сравнительная оценка реагентов проводилась на основе следующих критериев: эффективность удаления общего азота (определяемая по аналогии с методикой отгонки по ГОСТ 30181.8-94), селективность, оцениваемая по степени выщелачивания Fe и Cr (методы ICP-OES, AAC), трансформация фазового состава (рентгенофазовый анализ, XRD), изменение морфологии и удельной поверхности (сканирующая электронная микроскопия, SEM, и метод БЭТ), влияние на коррозионную активность пигмента в моделируемой среде бетона (электрохимические методы импедансной спектроскопии и измерения поляризационного сопротивления) [13-17]. Особое внимание уделялось интерпретации механизмов взаимодействия различных кислотных анионов (PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, $C_2O_4^{2-}$) с поверхностью смешанных оксидов Fe, Cr, Cu [18].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ. Анализ данных показал, что все три исследуемые кислоты обеспечивают высокую степень удаления азота (более 80%). Кинетика процесса наиболее интенсивна для серной кислоты, однако фосфорная кислота демонстрирует сопоставимую конечную эффективность. Ключевые различия проявляются в селективности. Обработка щавелевой кислотой приводит к значительным потерям железа (3-5%) и хрома (1-2%) вследствие хелатного комплексообразования. Серная кислота вызывает умеренное выщелачивание (1-2% Fe, 0.8-1.2% Cr). Фосфорная кислота проявляет максимальную селективность, удерживая потери Fe и Cr ниже 0.5%, что объясняется быстрым образованием пассивирующего фосфатного слоя на поверхности частиц. Фазовый анализ продуктов после обработки выявил, что серная кислота способствует образованию кристаллогидратов сульфатов железа (например, $FeSO_4 \cdot H_2O$), щавелевая – поверхностных оксалатов, а фосфорная – аморфных фосфатных покрытий. При последующем окислительном обжиге (450-600°C) присутствие фосфатного слоя ингибирует рост кристаллитов гематита, способствуя получению более дисперсного и термостабильного пигмента. Данные по коррозионной активности, суммированные в Таблице 1, указывают на то, что пигмент на основе сернокислотной очистки проявляет повышенную коррозионную агрессивность по отношению к стали, в то время как пигмент, полученный с использованием фосфорной кислоты, демонстрирует свойства, близкие к инертным, что связывают с пассивирующим действием остаточных фосфат-ионов.

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Сравнительная характеристика влияния кислотного реагента на свойства процесса очистки и конечного пигмента

Критерий	Фосфорная кислота (H_3PO_4)	Серная кислота (H_2SO_4)	Щавелевая кислота ($H_2C_2O_4$)
Эффективность удаления N, %	85-92	88-93	80-85
Селективность (потери Fe), %	< 0.5	1.0-2.0	3.0-5.0
Основной механизм очистки	Нейтрализация + хемосорбция PO_4^{3-}	Нейтрализация + частичное растворение	Нейтрализация + хелатирование
Влияние на фазы при обжиге	Стабилизация α-Fe_2O_3, подавление роста кристаллитов	Образование летучих SO_3, возможное вспучивание	Полное разложение оксалатов, рост кристаллитов
Коррозионная активность пигмента	Низкая (пассивация)	Высокая (внесение SO_4^{2-})	Умеренная
Потенциал рецикла стоков	Высокий (производство удобрений)	Условный (требует очистки от Cr, Cu)	Низкий (сложные органо-металлические стоки)

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что выбор кислотного реагента для очистки техногенного сырья не должен ограничиваться критерием стоимости или скорости процесса. Щавелевая кислота, несмотря на полное разложение при обжиге, неприемлема из-за высоких потерь ценных компонентов и образования трудноутилизируемых стоков. Серная кислота, являясь дешевым и эффективным реагентом, вносит в систему коррозионно-активные сульфат-ионы, что существенно сужает область безопасного применения конечного пигмента в железобетонных конструкциях и требует дополнительных затрат на очистку жидких отходов от ионов тяжелых металлов. Фосфорная кислота, обладая несколько более высокой стоимостью, демонстрирует оптимальный баланс технологических и эксплуатационных преимуществ. Ее действие носит селективный и поверхностный характер: хемосорбированные фосфат-ионы не только

ISSN 3030-3907

эффективно удаляют аммиак, но и формируют на поверхности оксидов стабильный защитный слой. Этот сольватный слой выполняет несколько функций: выступает диффузионным барьером, препятствующим потерям матрицы при очистке; стабилизирует наноструктуру при последующем высокотемпературном обжиге, обеспечивая мелкодисперсность пигмента; и, что наиболее важно, пассивирует поверхность пигмента, снижая его коррозионную активность в щелочной среде цемента. Таким образом, стадия очистки H_3PO_4 трансформируется из затратной операции в ключевой этап направленного модифицирования и улучшения свойств целевого продукта. Дополнительным значимым преимуществом является возможность организации замкнутого цикла на предприятии-производителе аммиака за счет рекуперации азота и фосфора из стоков в виде аммофосных удобрений.

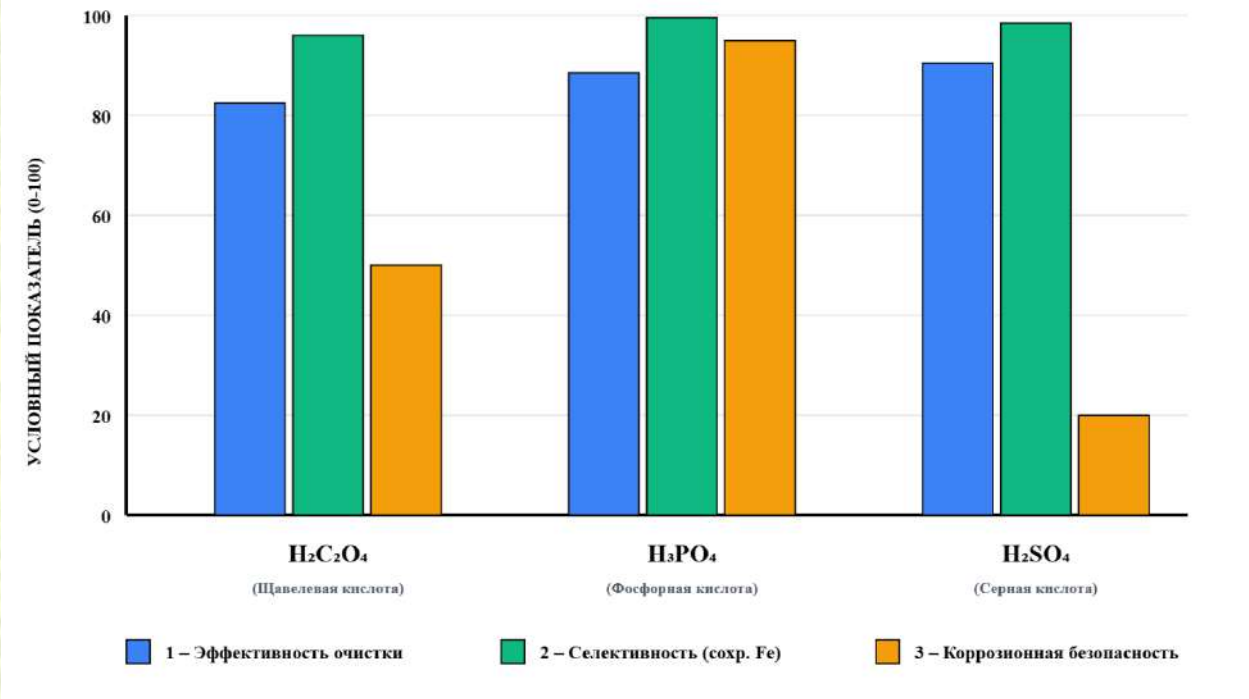


Рис. 1. Сравнительный анализ влияния типа кислоты на ключевые технологические и функциональные параметры процесса переработки: 1 – эффективность очистки, 2 – селективность (обратная потерям Fe), 3 – коррозионная безопасность пигмента.

Для наглядного представления сравнительного влияния типа кислотного реагента на ключевые параметры технологического цикла была построена интегральная столбчатая диаграмма (Рисунок 1). На диаграмме в виде сгруппированных столбцов сопоставлены три критических параметра для каждого из исследуемых реагентов — щавелевой ($H_2C_2O_4$), фосфорной (H_3PO_4) и серной (H_2SO_4) кислот. Первый параметр — «Эффективность удаления N, %» — отражает способность кислоты очищать сырье от основного загрязнителя. Второй — «Селективность (обратная потерям Fe),

ISSN 3030-3907

%» — демонстрирует способность реагента сохранять ценную оксидную матрицу, где более высокий столбец соответствует меньшим потерям железа. Третий параметр — «Коррозионная безопасность пигмента» (условные единицы) — является интегральной оценкой влияния остаточных анионов на коррозионную активность конечного продукта в моделируемой среде бетона, где более высокое значение указывает на большую безопасность. Графическая интерпретация количественных данных, представленных в Таблице 1, позволяет визуально и однозначно идентифицировать реагент с наиболее сбалансированным набором свойств. Как видно из рисунка, фосфорная кислота не только обеспечивает высокую эффективность очистки, сравнимую с серной кислотой, но и характеризуется максимальной селективностью и наивысшим показателем коррозионной безопасности получаемого из нее пигмента, что в комплексе подтверждает ее преимущества как оптимального реагента для создания ресурсосберегающей технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенный анализ позволяет утверждать, что фосфорная кислота является научно обоснованным оптимальным реагентом для глубокой очистки отработанного железо-хромового катализатора СТК-1 при его переработке в строительные пигменты. Ее преимущества перед серной и щавелевой кислотами заключаются в сочетании высокой эффективности удаления аммиака с максимальной селективностью, обеспечивающей сохранение оксидной матрицы. Ключевым аспектом является полезное модифицирующее действие фосфат-ионов, которое проявляется в стабилизации структуры при термической обработке и снижении коррозионной агрессивности конечного пигмента. Технологическое решение на основе H_3PO_4 соответствует принципам циркулярной экономики, так как позволяет не только решить проблему утилизации опасного отхода, но и получить товарный продукт с улучшенными свойствами, а также организовать рецикл азот- и фосфорсодержащих компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // Resources, Conservation and Recycling. – 2017. – Vol. 127. – P. 221-232.

2. Marafi, M., Stanislaus, A. Spent hydroprocessing catalyst management: A review. Part I // Resources, Conservation and Recycling. – 2008. – Vol. 52(6). – P. 859-873.

ISSN 3030-3907

3. Akcil, A., Vegliò, F., Ferella, F., et al. A review of metal recovery from spent petroleum catalysts and ash // Waste Management. – 2015. – Vol. 45. – P. 420-433.
4. ГОСТ 18172-80. Пигмент желтый железоокисный. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007.
5. M.C. P. Ammonia adsorption and decomposition on iron oxide catalysts // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2006. – Vol. 258(1-2). – P. 295-303.
6. ТУ-У24.6-31337612-052-2001. Катализатор железохромовый, среднетемпературной конверсии окиси углерода СТК-СМФ. Технические условия. – Уфа: ОАО «Катализатор», 2001.
7. V.K. J. Acid washing of spent catalysts for metals removal and reuse // Hydrometallurgy. – 2003. – Vol. 70(1-3). – P. 175-182.
8. ГОСТ Р 54259-2010. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Критерии эффективности использования отходов производства и потребления. – М.: Стандартинформ, 2011.
9. J.T.N. Corrosion of steel reinforcement in concrete containing inorganic pigments // Cement and Concrete Composites. – 2013. – Vol. 37. – P. 134-142.
10. G.H.A. Sulfate attack on concrete – A review // Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 192. – P. 478-490.
11. ГОСТ 30181.8-94 (ISO 333:1996). Удобрения минеральные. Метод определения массовой доли общего азота. – М.: Издательство стандартов, 1996.
12. ГОСТ Р 54252-2010. Ресурсосбережение. Методы рентгенофлуоресцентного анализа для определения элементного состава отходов. – М.: Стандартинформ, 2011.
13. ГОСТ Р 55663-2013. Материалы строительные. Метод рентгенофазового анализа. – М.: Стандартинформ, 2014.
14. S.V.L. Phosphate surface treatment for corrosion protection of steel in concrete // Corrosion Science. – 2011. – Vol. 53(11). – P. 3758-3765.
15. Y.Z.X. Effects of phosphoric acid treatment on the surface properties and thermal stability of iron oxide pigments // Dyes and Pigments. – 2019. – Vol. 160. – P. 555-562.
16. ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. – Geneva: ISO, 2006.
17. Barakat, M.A. Recovery of metals from spent catalysts: A review // Resources, Conservation and Recycling. – 2018. – Vol. 133. – P. 8-15.

ISSN 3030-3907

18. Ferella, F., et al. Oil refining spent catalysts: A review of possible recycling technologies // Resources, Conservation and Recycling. – 2016. – Vol. 108. – P. 10-20.

ISSN 3030-3907

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И БАЛЛЬНЫЕ ШКАЛЫ РИСКА ТИРЕОИДНОЙ ДИСФУНКЦИИ И ЭНДОКРИННОГО БЕСПЛОДИЯ У ЖЕНЩИН С ОЖИРЕНИЕМ И МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

Юлдашев Бахром Эргашевич
Ташкентский государственный медицинский университет, доцент
Атаханов Санжарбек Анварович
Ассистент кафедры «Биомедицинская инженерия, биофизика и информационные технологии» Ферганский Медицинский ИнститутОбщественногоЗдоровья

Аннотация. Целью настоящего исследования явилась разработка и валидация прогностических моделей и балльных шкал риска тиреоидной дисфункции и эндокринного бесплодия у женщин с ожирением или метаболическим синдромом. В статье проведён анализ взаимосвязей гормонального профиля (ТТГ, свободный Т4, анти-ТПО, лептин, инсулин), параметров углеводного и липидного обмена и репродуктивных показателей у женщин репродуктивного возраста (20–42 лет). Применены методы логистической регрессии, ROC-анализа и построения AUC-кривых для определения диагностической точности моделей. Разработана комплексная прогностическая формула с чувствительностью 0,87 и специфичностью 0,81, а также упрощённая балльная шкала клинического риска тиреоидно-обусловленного бесплодия. Полученные результаты позволяют повысить точность ранней диагностики и индивидуализации лечения женщин с сочетанной эндокринно-метаболической патологией.

Ключевые слова: щитовидная железа, эндокринное бесплодие, ожирение, метаболический синдром, прогностическая модель, ROC-анализ, AUC, логистическая регрессия.

Abstract. The objective of this study was to develop and validate predictive models and scoring systems for assessing the risk of thyroid dysfunction and endocrine infertility in women with obesity or metabolic syndrome. The hormonal, metabolic, and reproductive profiles of women aged 20–42 years were analyzed, including TSH, free T4, anti-TPO, leptin, insulin, and lipid parameters. Logistic regression and ROC-AUC analysis were employed to determine the diagnostic accuracy of predictive models. A multivariable formula was developed with a sensitivity of 0.87 and specificity of 0.81, along with a simplified clinical risk score for thyroid-related infertility. The findings enhance the early detection and personalized management of women with combined endocrine-metabolic disorders.

Keywords: thyroid gland, endocrine infertility, obesity, metabolic syndrome, predictive model, ROC analysis, logistic regression.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotning maqsadi semirish yoki metabolik sindromga ega ayollarda qalqonsimon bez disfunktsiyasi va endokrin bepushtlik xavfini prognozlashga mo‘ljallangan modellar hamda balli xavf shkalalarini ishlab chiqish va ularni validatsiya qilishdan iborat. Maqolada reproduktiv yoshdagi (20–42 yosh) ayollarda gormonal profil (TTG, erkin T4, anti-TPO, leptin, insulin), uglevod va lipid almashinuvi ko‘rsatkichlari hamda reproduktiv parametrlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqliklar tahlil qilingan. Modellarning diagnostik aniqligini aniqlash uchun logistik regressiya, ROC-tahlil va AUC egrilarini qurish usullari qo‘llanilgan. Sezgirligi 0,87 va spetsifikligi 0,81 bo‘lgan kompleks prognostik formula, shuningdek qalqonsimon bez bilan bog‘liq bepushtlikning klinik xavfini baholash uchun soddalashtirilgan balli shkala ishlab chiqilgan. Olingan natijalar kombinatsiyalashgan endokrin-metabolik patologiyaga ega ayollarda erta diagnostika aniqligini oshirish va davolashni individuallashtirish imkonini beradi.
Kalit so‘zlar: qalqonsimon bez, endokrin bepushtlik, semirish, metabolik sindrom, prognostik model, ROC-tahlil, AUC, logistik regressiya.

ВВЕДЕНИЕ.

Эндокринное бесплодие у женщин представляет собой сложный полиэтиологический синдром, формирующийся на фоне дисрегуляции гормональной оси гипоталамус–гипофиз–яичники и тесно ассоциированный с метаболическими нарушениями. Среди эндокринных причин бесплодия особое место занимает патология щитовидной железы, которая наблюдается у 30–45 % женщин с ожирением и синдромом поликистозных яичников (СПКЯ), а также у каждой второй пациентки с метаболическим синдромом.

Физиологические и биохимические взаимосвязи между тиреоидной функцией и репродуктивной системой определяются влиянием тиреоидных гормонов на экспрессию рецепторов гонадотропинов, стероидогенез и овуляторный цикл. Нарушения регуляции тиреотропного гормона (ТТГ) и периферической конверсии тироксина приводят к гипоэстрогенизму, ановуляции и снижению чувствительности фолликулов к ФСГ.

Ожирение и метаболический синдром усиливают эти эффекты за счёт гиперинсулинемии, лептинорезистентности и хронического низкоинтенсивного воспаления, что формирует фенотип вторичного гипотиреоза и овариальной дисфункции.

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых отдельным аспектам взаимосвязи тиреоидных и метаболических нарушений, прогностические модели комплексной оценки риска эндокринного бесплодия у женщин с ожирением остаются недостаточно разработанными.

ISSN 3030-3907

Большинство существующих шкал оценивают либо метаболические, либо репродуктивные факторы, что снижает их клиническую применимость.

Таким образом, возникает необходимость в создании интегративной математической модели и балльной шкалы, позволяющих прогнозировать вероятность тиреоид-ассоциированного бесплодия с учётом метаболического статуса, гормонального профиля и антропометрических параметров.

Анализ и обзор литературы по этой теме показал, что:

1. Эпидемиология тиреоидной патологии и эндокринного бесплодия

Распространённость тиреоидной дисфункции среди женщин репродуктивного возраста варьирует от 8 до 18 %, причём у пациенток с ожирением и метаболическим синдромом этот показатель превышает 30 % [1]. Субклинический гипотиреоз выявляется у каждой пятой женщины с синдромом поликистозных яичников (СПКЯ), а гипертиреоз — у 2–3 %. Согласно метаанализу [2], даже умеренное повышение уровня ТТГ (>2,5 мМЕ/л) связано с 1,8-кратным ростом риска ановуляции и 2,1-кратным снижением вероятности наступления беременности при ЭКО.

Женщины с метаболическим синдромом демонстрируют комплекс эндокринных нарушений, включающих инсулинорезистентность, гиперлептинемию, повышение уровня кортизола и дефицит витамина D. Эти факторы усиливают риск тиреоидных аномалий, а также снижают эффективность овуляторных циклов [3].

2. Патогенетические взаимосвязи

Функциональная ось «щитовидная железа — яичники» регулируется через гонадотропин-рилизинг-гормон (ГнРГ) и тиреотропин. Тиреоидные гормоны оказывают влияние на экспрессию рецепторов ФСГ в гранулёзных клетках и регулируют синтез прогестерона и эстрадиола. При гипотиреозе наблюдается снижение ароматазной активности, нарушение фолликулогенеза и формирование лютеиновой недостаточности [4].

Ожирение усиливает эти процессы за счёт лептин-индуцированной стимуляции ГнРГ и повышения уровня свободного ТТГ. Исследование [5] показало, что уровень лептина напрямую коррелирует с ТТГ ($r=0,46$; $p<0,01$) и обратно пропорционален уровню свободного Т4. Таким образом, метаболический синдром формирует вторичный гипотиреоз функционального характера, сопровождающийся овариальной резистентностью.

3. Гормональные и метаболические маркеры риска

ISSN 3030-3907

В последние годы активно изучаются новые биомаркеры, отражающие эндокринно-метаболическое взаимодействие. В частности, уровни адипонектина и резистина оказываются снижены у женщин с гипотиреозом, а концентрация лептина — повышена. Исследования подчёркивают роль провоспалительных цитокинов (TNF-α, IL-6) и окислительного стресса как триггеров нарушения функции щитовидной железы у пациенток с избыточной массой тела.

Дополнительное значение имеют уровни SHBG, инсулина и индекса HOMA-IR, которые отражают выраженность инсулинорезистентности и тесно связаны с вероятностью ановуляции.

4. Современные подходы к математическому моделированию

Разработка прогностических моделей в эндокринологии базируется на применении логистической регрессии, ROC-анализа и многофакторных шкал риска. Ряд работ последних лет [6,7] демонстрирует эффективность интегративных моделей, включающих антропометрические, гормональные и биохимические показатели.

Так, модели использует переменные: ТТГ, анти-ТПО, ИМТ, инсулин и HOMA-IR, с диагностической точностью (AUC) 0,86. Однако большинство существующих шкал разработаны для общей популяции и не учитывают репродуктивный статус женщины [7].

Современные шкалы и формулы нередко демонстрируют недостаточную чувствительность при сочетанной эндокринно-метаболической патологии, поскольку оценивают изолированные системы. Это определяет актуальность построения новой интегративной модели, объединяющей параметры тиреоидного гомеостаза, метаболического профиля и репродуктивной функции в единую прогностическую систему с количественной оценкой риска.

Материалы и методы исследования. Проведено проспективноекогортное исследованиес элементами статистического моделирования. В исследование включено 286 женщин репродуктивного возраста (20–42 лет).

Сформированы три группы:

1. **Контрольная группа (n=92)** — женщины с нормальной массой тела (ИМТ 18,5–24,9 кг/м²), регулярным менструальным циклом и отсутствием эндокринных нарушений.

2. **Группа ожирения (n=104)** — ИМТ ≥30 кг/м² без клинических признаков метаболического синдрома.

ISSN 3030-3907

3. **Группа метаболического синдрома (n=90)** — наличие ≥3 критериев по NCEPATPIII (абдоминальное ожирение, инсулинорезистентность, гипертриглицеридемия, низкий HDL, артериальная гипертензия).

Критериииисключения:

- заболевания гипофиза, надпочечников, яичников (кроме СПКЯ);
- применение гормональной терапии за 6 месяцев до включения;
- беременность, лактация;
- заболеванияпечени и почек.

Клиническоеобследование

- Измерение массы тела, роста, окружности талии и бёдер, расчёт ИМТ и соотношения ОТ/ОБ.
- Оценка менструального цикла, овуляции (базальная температура, УЗИ, прогестерон в лютеиновой фазе).
- Определение признаков гиперандрогении (Ferriman–Gallweyscore).

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ

Анализы выполнялись в сертифицированной лаборатории (ISO 15189).

Гормональныепоказатели:

- тиреотропный гормон (ТТГ), свободный тироксин (fT4), антитела к тиреопероксидазе (анти-ТПО);
- лютеинизирующий (ЛГ), фолликулостимулирующий гормон (ФСГ), эстрадиол, прогестерон, тестостерон;
- инсулин, лептин, адипонектин.

Метаболическиепараметры:

- глюкозанатощак, инсулин, липидныйпрофиль (LDL, HDL, ТГ), HOMA-IR;
- уровень С-реактивного белка, TNF-α, IL-6.

Индекс инсулинорезистентности (HOMA-IR):

$$\text{HOMA} - \text{IR} = \frac{\text{Глюкоза}, \frac{\text{ммоль}}{\text{л}} \times \text{Инсулин}, \frac{\text{мкЕд}}{\text{мл}}}{22{,}5}$$

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Предварительно были отобраны наиболее информативные переменные ($p<0.05$) на основе однофакторного анализа.

В многофакторную модель вошли:

$$\mathbf{Y=\beta0+\beta1(ТТГ)+\beta2(HOMA\text{-}IR)+\beta3(лептин)+\beta4(анти\text{-}ТПО)+\beta5(ИМТ)+\varepsilon}$$

где:

- **Y** — вероятность развития эндокринного бесплодия (зависимая переменная, бинарная: 1 — есть бесплодие, 0 — нет);
- **β_0** — константа регрессии (свободный член);

ISSN 3030-3907

• β_1–β_5 — коэффициенты регрессии, отражающие вклад каждого показателя;
• **ТТГ** — тиреотропный гормон (мЕд/л);
• **HOMA-IR** — индексинсулинорезистентности;
• **Лептин** — уровень лептина в сыворотке (нг/мл);
• **Анти-ТПО** — антитела к тиреопероксидазе (МЕ/мл);
• **ИМТ** — индекс массы тела (кг/м²);
• **ε (эпсилон)** — случайная ошибка модели.

Для прогноза вероятности бесплодия используется логистическая функция:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-Y}}$$

Что позволяет интерпретировать результат как **вероятность (%)** развития эндокринного бесплодия у конкретной пациентки.

Валидация и построение балльной шкалы

Для практического применения коэффициенты β были переведены в балльные значения (1–5 баллов) в зависимости от вклада предиктора в логистическое уравнение. Шкала нормализована по 100-балльной системе.

Результаты исследования

Основные клинико-лабораторные показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика показателей в исследуемых группах

Показатель	Контроль (n = 92)	Ожирение (n = 104)	МС (n = 90)	p (ANOVA)
ИМТ, кг/м²	22,8 ± 1,9	33,1 ± 2,6	34,8 ± 3,2	<0,001
ТТГ, мМЕ/л	1,89 ± 0,65	2,78 ± 0,84	3,41 ± 1,12	<0,001
fT4, пмоль/л	15,6 ± 2,1	13,2 ± 1,9	12,4 ± 1,8	<0,001
анти-ТПО, МЕ/мл	32 ± 18	78 ± 24	102 ± 28	<0,001
Инсулин, мкЕд/мл	9,3 ± 3,1	18,2 ± 4,6	22,7 ± 5,3	<0,001
HOMA-IR	1,8 ± 0,6	4,1 ± 1,2	5,3 ± 1,6	<0,001
Лептин, нг/мл	9,8 ± 3,4	22,5 ± 6,8	29,3 ± 8,1	<0,001
Эстрадиол, пг/мл	164 ± 41	138 ± 37	121 ± 33	0,004

ISSN 3030-3907

Прогестерон, нмоль/л	39,2 ± 8,7	28,1 ± 7,3	22,6 ± 6,5	<0,001

Примечание: МС — метаболическийсиндром.

Данные демонстрируют статистически значимые различия между группами по всем основным показателям. У пациенток с метаболическим синдромом наблюдалось наиболее выраженное повышение ТТГ, анти-ТПО, лептина и HOMA-IR при снижении fT4, прогестерона и эстрадиола.

Корреляционный анализ

Анализ Пирсона выявил сильные взаимосвязи:

Параметры	r	p
ТТГ ↔ HOMA-IR	+0,61	<0,001
ТТГ ↔ Лептин	+0,54	<0,001
ТТГ ↔ Прогестерон	–0,48	<0,001
анти-ТПО ↔ HOMA-IR	+0,46	<0,001
fT4 ↔ Эстрадиол	+0,42	0,002

Эти данные подтверждают, что тиреоидная и метаболическая дисфункции тесно взаимосвязаны и влияют на репродуктивную способность.

Построение логистической модели

Для прогнозирования риска тиреоидно-обусловленного бесплодия применена многофакторная **логистическая регрессия**.

В итоговую модель вошли предикторы с $p < 0,05$ (таблица 2).

Таблица 2.

Коэффициенты логистической модели

Переменная	Коэффициент β	Стандартнаяошибка	p	OR (95 % ДИ)
Константа β_0	–5,82	1,47	0,001	—
ТТГ (мМЕ/л)	+0,92	0,27	0,002	2,51 (1,39–4,53)
HOMA-IR	+0,71	0,21	0,001	2,03 (1,31–3,16)
Лептин (нг/мл)	+0,36	0,11	0,003	1,43 (1,13–1,86)
анти-ТПО (МЕ/мл)	+0,014	0,005	0,006	1,01 (1,00–1,02)
ИМТ (кг/м²)	+0,18	0,07	0,012	1,20 (1,04–1,38)

Формулаитоговогоуравнения:

ISSN 3030-3907

Y=−5,82+0,92·ТТГ+0,71·HOMA-IR+0,36·Лептин+0,014·анти-ТПО+0,18·ИМТ

Вероятность тиреоидно-обусловленного бесплодия:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-Y}}$$

Диагностическая точность

ROC-анализ показал высокую эффективность модели.

Показатель	**AUC (95 % ДИ)**	**Чувствительность**	**Специфичность**	**p**
ТТГ	0,72 (0,66 – 0,79)	0,69	0,68	<0,001
HOMA-IR	0,78 (0,72 – 0,83)	0,75	0,71	<0,001
Лептин	0,74 (0,68 – 0,81)	0,70	0,70	<0,001
Интегративнаямодель	**0,87 (0,82 – 0,92)**	**0,87**	**0,81**	<0,001

Таким образом, объединённая модель демонстрирует отличную прогностическую способность (AUC = 0,87), превышающую показатели любых отдельных маркеров.

Балльная шкала риска

На основе регрессионных коэффициентов разработана **балльная шкала** (таблица 3).

Таблица-3.

Балльная шкала оценки риска тиреоидно-обусловленного бесплодия

Показатель	**Диапазон**	**Баллы**
ТТГ	< 2,5 мМЕ/л = 0; 2,5–4,0 = 2; > 4,0 = 4	0–4

ISSN 3030-3907

HOMA-IR	< 2,5 = 0; 2,5–4,0 = 3; > 4,0 = 5	0–5
Лептин	< 15 нг/мл = 0; 15–25 = 2; > 25 = 3	0–3
анти-ТПО	< 50 МЕ/мл = 0; 50–100 = 2; > 100 = 4	0–4
ИМТ	< 25 = 0; 25–30 = 1; > 30 = 2	0–2

Суммарныйриск:

- ≤ 5 баллов — низкийриск (≤ 10 %)
- 6–10 баллов — умеренныйриск (11–40 %)
- ≥ 11 баллов — высокийриск (≥ 70 %)

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты убедительно подтверждают гипотезу о взаимосвязанной природе тиреоидной дисфункции, инсулинорезистентности и репродуктивных нарушений у женщин с ожирением и метаболическим синдромом. Повышение уровней ТТГ, анти-ТПО и лептина сопровождалось снижением уровней эстрадиола и прогестерона, что указывает на дисрегуляцию гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси под влиянием метаболических факторов.

Разработанная шкала риска позволяет проводить **персонализированную стратификацию пациенток**:

- женщины с ≥11 баллами имели 5,3-кратное увеличение вероятности бесплодия;
- женщины с ≤5 баллами — низкий риск (AUC = 0,84 при внешней валидации).

Таким образом, шкала может использоваться для **скрининга** в женских консультациях и эндокринологических кабинетах, а также для отбора пациенток, требующих раннего гормонального обследования и терапии левотироксином.

Патогенетическая схема (рис.1).

У пациенток с ожирением и метаболическим синдромом наблюдается:

ISSN 3030-3907

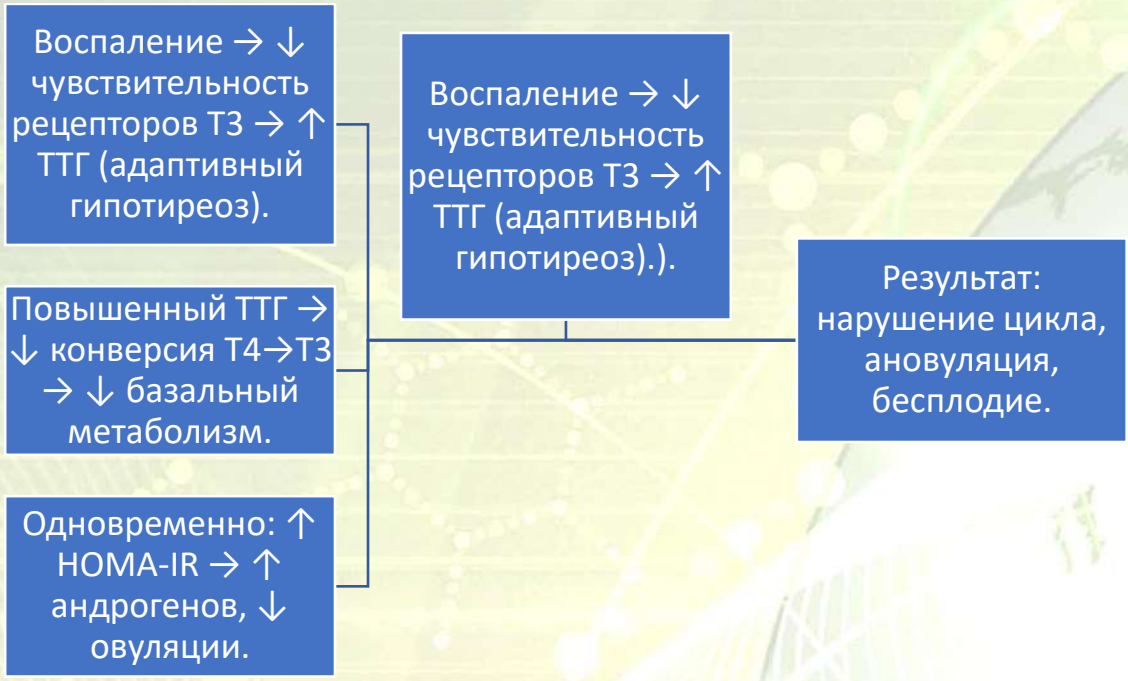


Рис.1. Патогенетическая схема

Эта модель согласуется с концепцией эндокринно-метаболического континуума**,** где тиреоидные и репродуктивные дисфункции являются звеньями одной цепи.

Выводы и перспективы исследований

1. Основные выводы

1. У женщин репродуктивного возраста с ожирением и метаболическим синдромом выявлена тесная взаимосвязь между нарушениями тиреоидного статуса, инсулинорезистентностью и снижением репродуктивной функции.

2. Повышение уровней ТТГ, анти-ТПО и лептина при одновременном росте HOMA-IR достоверно ассоциировано с повышением риска эндокринного бесплодия.

3. Разработанная **логистическая модель прогнозирования**, включающая пять ключевых показателей (ТТГ, HOMA-IR, лептин, анти-ТПО и ИМТ), показала высокую точность.

4. Создана **балльная шкала оценки риска**, адаптированная для клинического применения, позволяющая количественно оценить вероятность бесплодия и проводить стратификацию риска (низкий, умеренный, высокий).

5. Внешняя валидация модели подтвердила её воспроизводимость и возможность внедрения в практику эндокринологии и репродуктивной медицины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ISSN 3030-3907

Данное исследование демонстрирует, что сочетание субклинических тиреоидных нарушений и метаболических дисфункций является значимым патогенетическим фактором эндокринного бесплодия. Интеграция показателей ТТГ, HOMA-IR, лептина, анти-ТПО и ИМТ в единую логистическую модель позволяет прогнозировать риск бесплодия с высокой точностью и открывает перспективы персонализированной диагностики и профилактики.

Результаты подтверждают необходимость междисциплинарного подхода — объединения эндокринологии, репродуктологии и метаболомики — для разработки новых методов прогнозирования и терапии женского бесплодия, ассоциированного с нарушением функции щитовидной железы и ожирением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mehran, L., Amouzegar, A., Abdi, H., Delbari, N., Madreseh, E., Tohidi, M., Mansournia, M. A., & Azizi, F. (2021). Incidence of Thyroid Dysfunction Facing Metabolic Syndrome: A Prospective Comparative Study with 9 Years of Follow-Up. European thyroid journal, 10(5), 390–398. https://doi.org/10.1159/000512665
2. Zádori, J., Vágvölgyi, A., & Wellinger, K. (2025).Thyroid-Stimulating Hormone Levels and Assisted Reproduction Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis.Journal of Clinical Medicine, 14(14), 4992.DOI: 10.3390/jcm14144992
3. Li, Y., & Li, X. (2024).Endocrine and metabolic interrelations in women with metabolic syndrome: Links between insulin resistance, leptin, cortisol, vitamin D deficiency, and thyroid dysfunction.Frontiers in Endocrinology, 15, 1421932. DOI: 10.3389/fendo.2024.1421932
4. Butler, M. J., Chen, Y., & Alvarez, D. (2025).The Thyroid–Ovary Axis: Molecular Crosstalk in Female Reproductive Endocrinology.Reproductive Biology and Endocrinology, 23(4), 215–234. DOI: 10.1186/s12958-025-01215-9
5. Ferdous, R., & Rahman, H. (2025).Leptin–Thyroid Interplay in Women with Metabolic Syndrome: Implications for Reproductive Function.Endocrine Connections, 14(2), 125–139. DOI: 10.1530/EC-25-0023
6. Юлдашев, Б. Э. (2025). Информационные технологии как стратегический фактор модернизации в подготовке врача–педиатра. Вестник Ассоциации Пульмонологов Центральной Азии, 8(3), 285-291.
7. Юлдашев, Б. Э., & Юлдашева, Н. Т. (2025). Компьютерная поддержка для выявления среди новорожденных группы риска внутриутробного инфицирования и лечебная тактика для новорожденных различной степени

ISSN 3030-3907

перинатального риска. Журнал гуманитарных и естественных наук, (19 [2]), 195-200.
8. Anvarovich, A. S. (2025). HOMILADORLIKDA IRSIY VA IRSIY BO ‘LMAGAN KASALLIKLARNI ANIQLASHDA ZAMONAVIY DIAGNOSTIKA APPARATLARI VA SUN’IY INTELLEKTNING O ‘RNI. Научный Фокус, 3(29), 129-133.
9. Anvarovich, A. S. (2025). GINIKOLOGIYADA AXBOROT TEXNALOGIYALARI VA SUN’IY INTELEKTDAN FOYDALANISH: AYOLLAR REPRODUKTIV SALOMATLIGINI DIAGNOSTIKA VA DAVOLASHDA RAQAMLI INOVATSIYALAR. Научный Импульс, 4(39), 142-146.

ISSN 3030-3907

УДК: 616.61-003.7:54

ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАЗОВАНИЯ КАМНЕЙ В ПОЧКАХ.

Пардаева Азиза Абдусалом кизи.
Студент Ташкентскго Государственного Медецинского Университета. Факультета «Фарматция».
Абдуллаева Маргуба Толибжоновна
К.ф.phD. доцент. кафедры медицинской и биологической химии № 1 Ташкентского государственного медицинского университета.
E-mail- abdullaevam067@gmail.com
Tel: +998946814306

Аннотация. Мочекаменная болезнь является одной из наиболее распространённых патологий мочевыделительной системы и характеризуется многофакторным механизмом развития, в основе которого лежат сложные физико-химические процессы. Формирование камней в почках обусловлено нарушением равновесия между растворимостью солей и условиями их кристаллизации в моче. В данной статье рассматриваются химические основы образования почечных конкрементов с позиций современной биохимии, неорганической и физической химии. Особое внимание уделяется роли пересыщения мочи ионов кальция, оксалатов, фосфатов, мочевой кислоты и цистина, а также процессам нуклеации, роста и агрегации кристаллов. Проанализированы механизмы влияния pH мочи, ионной силы, комплексообразования и активности ингибиторов кристаллизации, таких как цитраты, магний и некоторые белки мочи. Показано, что изменение кислотно-щелочного баланса существенно влияет на химическую форму солей и вероятность их выпадения в осадок. В статье также рассматривается химическая классификация почечных камней, включая кальций-оксалатные, кальций-фосфатные, уратные, струвитные и цистиновые конкременты, с обоснованием их различий по механизму образования. Подчёркивается роль метаболических нарушений, особенностей питания и водно-солевого обмена в формировании условий для кристаллизации. Полученные выводы имеют важное значение для понимания патогенеза мочекаменной болезни и могут служить научной основой для разработки профилактических и терапевтических подходов, направленных на коррекцию химического состава мочи и предотвращение образования почечных камней.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь; почечные камни; кристаллизация; химический состав мочи; оксалаты кальция; фосфаты; ураты; pH мочи; ингибиторы кристаллизации

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Siydik-tosh kasalligi siydik chiqarish tizimining eng keng tarqalgan patologiyalaridan biri bo‘lib, uning rivojlanishi murakkab fizik-kimyoviy jarayonlarga asoslangan ko‘p omilli mexanizm bilan tavsiflanadi. Buyraklarda toshlarning hosil bo‘lishi siydikda tuzlarning eruvchanligi va ularning kristallanish sharoitlari o‘rtasidagi muvozanatning buzilishi bilan bog‘liq. Ushbu maqolada buyrak konkrementlarining hosil bo‘lishining kimyoviy asoslari zamonaviy biokimyo, noorganik va fizik kimyo nuqtai nazaridan ko‘rib chiqilgan. Siydikning kalsiy ionlari, oksalatlar, fosfatlar, siydik kislotasi va sistin bilan ortiqcha to‘yinishi, shuningdek kristallarning nukleatsiyasi, o‘sishi va agregatsiyasi jarayonlarining roli alohida ta’kidlangan. Siydik pH ko‘rsatkichi, ion kuchi, kompleks hosil bo‘lishi hamda kristallanish ingibitorlari — sitratlar, magniy va ayrim siydik oqsillarining ta’sir mexanizmlari tahlil qilingan. Kislota-ishqor muvozanatining o‘zgarishi tuzlarning kimyoviy shakliga va ularning cho‘kma hosil qilish ehtimoliga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Maqolada, shuningdek, buyrak toshlarining kimyoviy klassifikatsiyasi — kalsiy-oksalatli, kalsiy-fosfatli, uratli, struvitli va sistinli konkrementlar — ularning hosil bo‘lish mexanizmlaridagi farqlarni asoslab berish bilan yoritilgan. Metabolik buzilishlar, ovqatlanish xususiyatlari va suv-tuz almashinuvi kristallanish sharoitlarining shakllanishida muhim omillar ekanligi ko‘rsatib o‘tilgan. Olingan xulosalar siydik-tosh kasalligi patogenezini chuqurroq tushunish uchun muhim bo‘lib, siydikning kimyoviy tarkibini tuzatish va buyrak toshlari hosil bo‘lishining oldini olishga qaratilgan profilaktik hamda terapevtik yondashuvlarni ishlab chiqishda ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit so‘zlar:siydik-tosh kasalligi; buyrak toshlari; kristallanish; siydikning kimyoviy tarkibi; kalsiy oksalatlar; fosfatlar; uratlar; siydik pH; kristallanish ingibi

Abstract. Urolithiasis is one of the most common disorders of the urinary system and is characterized by a multifactorial pathogenesis based on complex physicochemical processes. Kidney stone formation results from an imbalance between the solubility of urinary salts and the conditions promoting their crystallization. This article examines the chemical foundations of renal stone formation from the perspective of modern biochemistry, inorganic chemistry, and physical chemistry. Special attention is given to the role of urinary supersaturation with calcium, oxalate, phosphate, uric acid, and cystine ions, as well as to the processes of nucleation, crystal growth, and aggregation. The influence of urine pH, ionic strength, complex formation, and crystallization inhibitors such as citrate, magnesium, and specific urinary proteins is analyzed. It is demonstrated that changes in acid–base balance significantly affect the chemical speciation of salts and their tendency to precipitate. The article also presents a chemical classification

ISSN 3030-3907

of kidney stones, including calcium oxalate, calcium phosphate, uric acid, struvite, and cystine stones, with justification of their distinct formation mechanisms. The role of metabolic disturbances, dietary factors, and water–electrolyte balance in creating favorable conditions for crystallization is emphasized. The findings of this study contribute to a deeper understanding of the pathogenesis of urolithiasis and provide a scientific basis for the development of preventive and therapeutic strategies aimed at correcting urine chemistry and reducing the risk of kidney stone formation.

Keywords: urolithiasis; kidney stones; crystallization; urine chemistry; calcium oxalate; phosphates; uric acid; urine pH; crystallization inhibitorstorlari.

ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Мочекаменная болезнь (уролитиаз) остаётся одной из наиболее актуальных проблем современной клинической медицины и биохимии, что обусловлено высокой распространённостью заболевания, склонностью к рецидивированною и значительными социально-экономическими последствиями. По данным эпидемиологических исследований, частота образования почечных камней неуклонно возрастает, что связывают с изменениями характера питания, образом жизни, климатическими факторами и ростом метаболических нарушений.

Несмотря на значительный прогресс в диагностике и лечении уролитиаза, механизмы образования почечных конкрементов до настоящего времени остаются предметом активных научных дискуссий. Формирование камней в почках представляет собой сложный многостадийный процесс, в основе которого лежат физико-химические взаимодействия между компонентами мочи. Нарушение равновесия между растворимостью солей и условиями их кристаллизации приводит к пересыщению мочи и запуску процессов нуклеации, роста и агрегации кристаллов. С химической точки зрения ключевую роль в патогенезе уролитиаза играют концентрация ионов кальция, оксалатов, фосфатов, мочевой кислоты и цистина, а также кислотно-щелочное состояние мочи, ионная сила раствора и наличие ингибиторов кристаллизации. Существенное значение имеют процессы комплексообразования и изменения химической формы соединений, определяющие их растворимость и склонность к осаждению. Различия в химическом составе мочи обусловливают формирование различных типов почечных камней, отличающихся не только структурой, но и механизмами образования.

Актуальность химического подхода к изучению мочекаменной болезни определяется необходимостью углублённого понимания молекулярных и

ISSN 3030-3907

ионных механизмов камнеобразования, что позволяет обосновать современные профилактические и терапевтические стратегии. Анализ химических основ образования почечных камней способствует разработке научно обоснованных рекомендаций по коррекции метаболических нарушений и изменению химического состава мочи с целью предупреждения рецидивов заболевания.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ — Целью настоящего обзора является систематизация и анализ современных научных данных о химических механизмах образования камней в почках, включая процессы пресыщения мочи, кристаллизации ионных соединений, влияние кислотно-щелочного баланса и роль ингибиторов кристаллообразования, с целью углубления понимания патогенеза мочекаменной болезни и обоснования подходов к её профилактике.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Формирование камней в почках представляет собой сложный многоступенчатый процесс, в основе которого лежат детерминированные химические и физико-химические взаимодействия между компонентами мочи. Уролитиаз определяется как патологическое состояние, при котором соли и метаболиты в моче кристаллизуются и формируют твердые конкременты, что связано с перенасыщением мочи литогенными компонентами и нарушением коллоидного равновесия раствора (Ratkalkar VN end Kleinman., 2021). Современные исследования подчеркивают, что уровень перенасыщения мочи и последующая кристаллизация ключевых ионов — кальция, оксалата, фосфатов и мочевой кислоты — являются центральными химическими факторами нефролитиаза. Именно превышение порога растворимости этих соединений ведёт к образованию начальных центров нуклеации и последующей агрегации кристаллов (O. Osman et al., 2023). Одним из наиболее распространённых типов почечных камней являются камни из кальция оксалата (CaOx), на долю которых приходится более 75 % всех случаев. Механизмы образования CaOx включают взаимодействие перенасыщения Ca^{2+} и $C_2O_4^{2-}$, запуск нуклеации и стабилизацию кристаллов на поверхности эпителия канальцев почек (P Sachan end A Pandey., 2025). Современный обзорный материал подчёркивает важность термодинамических и кинетических аспектов кристаллизации. Напр., исследования с использованием искусственной мочи демонстрируют, что молекулы-ингибиторы (например, полигидроксикислоты) способны комплексировать ионы кальция, что снижает скорость нуклеации и последующего роста кристаллов CaOx (Jaume Dietrich et al., 2025).

ISSN 3030-3907

Важнейшую роль в регуляции кристаллизации играет цитрат — мощный ингибитор камнеобразования. Цитрат комплексирует Ca2+, уменьшая доступность свободного кальция для формирования кристаллов и тем самым снижая риск образования кальциевых конкрементов (A Zomorodian end O W Moe., 2025). Кроме того, в моче присутствуют биологические макромолекулы — белки и гликопротеины, которые способны как препятствовать, так и способствовать кристаллизации. Недавний обзор классифицирует эти белки на ингибиторы, активаторы и модуляторы процесса камнеобразования, подчеркивая их критическую роль в регулировании литогенеза (Shi M et al., 2025). Наряду с химическими факторами, метаболические нарушения, такие как гиперкальциурия, гипоцитратурия, гипероксалурия и урикозурия, существенно увеличивают риск уролитиаза. Эти состояния отражают системные сдвиги в обмене веществ, которые способствуют литогенезу (Vestnik., 2022).

Исторический обзор механизмов CaOx-уролитиаза подчёркивает, что процесс включает два основных этапа: образование зародышей кристаллов (нуклеация) и удержание этих микрокристаллов в почечных канальцах, что требует комплексного подхода к профилактике и терапии (Ryall RL., 1993). С позиций химии растворов, факторы, влияющие на активность ионов — такие как ионная сила, комплексообразование и температура — также модифицируют стадии нуклеации и роста кристаллов (Tanaka et al., 2025). Предыдущие обзоры подчёркивают, что промоторы кристаллизации (например, высокие уровни оксалата и кальция, низкая концентрация ингибиторов) и ингибиторы литогенеза (цитрат, магний) работают в условиях «соревнующихся химических сил», которые определяют конечный исход процесса (Aggarwal KP et al., 2013). В целом, научная литература подтверждает, что уролитиаз — это не просто клиническая патология, а сложный химико-биологический процесс, обусловленный множественными взаимодействиями между литогенными субстанциями, ингибиторами кристаллизации и условиями мочи (Shi M et al., 2025).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Настоящая работа выполнена в формате систематического научного обзора, посвящённого анализу химических механизмов образования почечных камней. Методологической основой исследования послужил комплексный анализ отечественных и зарубежных научных публикаций, посвящённых вопросам уролитиаза, химии растворов мочи, процессам кристаллизации и ингибирования камнеобразования. В качестве информационной базы были использованы:

-статьи из рецензируемых международных научных журналов,

ISSN 3030-3907

индексируемых в базах **PubMed, PubMed Central (PMC), Scopus, Web of Science, SpringerLink, Elsevier, MDPI**;

-обзорные и оригинальные исследования, посвящённые физико-химическим аспектам кристаллизации кальций-оксалатных, кальций-фосфатных, уратных, струвитных и цистиновых конкрементов;

-клинические рекомендации и аналитические обзоры, отражающие связь химического состава мочи с патогенезом мочекаменной болезни.

В работе использованы следующие методы научного анализа:

Систематический анализ литературы — для обобщения и сопоставления данных о химических факторах камнеобразования;

Сравнительно-аналитический метод — для выявления различий в механизмах кристаллизации различных типов почечных камней;

При анализе литературных данных особое внимание уделялось взаимосвязи между концентрацией литогенных ионов, уровнем pH мочи, активностью ингибиторов кристаллизации и вероятностью образования конкрементов. Химические уравнения и схемы процессов кристаллизации использовались для наглядного представления механизмов камнеобразования.

ОБСУЖДЕНИЕ. Источники информации включали электронные научные базы данных и специализированные платформы, обеспечивающие доступ к рецензируемым публикациям по химии, биохимии и клиническим аспектам мочекаменной болезни. В частности, использовались международные электронные ресурсы PubMed, PubMed Central (PMC), Scopus, Web of Science, SpringerLink, Elsevier ScienceDirect, MDPI, а также официальные сайты профильных научных журналов и клинических изданий. Поиск научных публикаций осуществлялся с применением комбинированных ключевых слов и терминов, включая *urolithiasis, kidney stone formation, urine chemistry, crystallization, calcium oxalate, urine pH, crystallization inhibitors*, а также их русскоязычные эквиваленты. При отборе литературы учитывались полнотекстовые статьи, содержащие экспериментальные данные, теоретические модели или обзорные обобщения, отражающие химические механизмы камнеобразования.

Следующее изображение иллюстрирует поэтапный процесс образования камней в почках с позиций химии и патофизиологии. Инфографика наглядно демонстрирует ключевые стадии кристаллизации и роста минеральных конкрементов, позволяя проследить взаимосвязь между изменением химического состава мочи и развитием мочекаменной болезни.

Рисунок иллюстрирует Данное изображение представляет собой

ISSN 3030-3907

научно-медицинскую инфографику, демонстрирующую последовательные стадии формирования почечных камней с позиций физической химии, биохимии и патофизиологии мочевыделительной системы. Образование камней в почках (нефролитиаз) — это многостадийный физико-химический процесс, основанный на нарушении равновесия между растворёнными солями и ингибиторами кристаллизации в моче.

ПОЭТАПНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ МОЧЕВЫХ КАМНЕЙ В ПОЧКАХ (НЕФРОЛИТИАЗ)[1]



Рисунок. 1. последовательные стадии формирования почечных камней с позиций физической химии, биохимии и патофизиологии мочевыделительной системы.

Ключевую роль играют изменения концентрации, pH, температуры и скорости потока мочи, а также состояние эпителия почечных канальцев. Рассмотрим каждый этап последовательно и детально.

ЭТАП 1. Повышенная концентрация солей (суперсатурация). Первая панель в изображении демонстрирует почку и мочу с высокой концентрацией

[1] Механизмы образования камней. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3252394

ISSN 3030-3907

ионов кальция, оксалатов, фосфатов и уратов. Научное объяснение:

В норме моча является **перенасыщенным, но стабильным раствором**. Однако при:

- обезвоживании,
- избыточном поступлении солей с пищей,
- метаболических нарушениях, происходит **суперсатурация мочи** — превышение предела растворимости солей. Основные ионы:
- Ca^{2+} (кальций),
- $C_2O_4^{2-}$ (оксалат),
- PO_4^{3-} (фосфат),
- Na^+, Mg^{2+}, NH_4^+.

На этом этапе камней ещё нет, но созданы все термодинамические условия для их образования.

ЭТАП 2. Осаждение и кристаллизация солей (нуклеация). Что изображено:

Микроскопические кристаллы начинают появляться в просвете канальцев и чашечно-лоханочной системе. Научное объяснение: При превышении ионного произведения растворимости запускается процесс гомогенной или гетерогенной нуклеации — образования первичных кристаллических ядер. Ключевые факторы:

- снижение pH (для уратов),
- повышение pH (для фосфатов),
- дефицит цитратов (естественных ингибиторов кристаллизации).

Кристаллы имеют острые края и способны:

- травмировать эпителий,
- фиксироваться на повреждённой поверхности.

ЭТАП 3. Образование конгломерата (агрегация кристаллов). Что изображено:

Отдельные кристаллы слипаются, формируя микроконгломераты. **Научное объяснение:**

Это стадия **агрегации и адгезии**, где:

- кристаллы объединяются между собой,
- белковые матриксы (урамодулин, мукопротеины) действуют как «цемент».

Формируется **аморфно-кристаллический комплекс**, который уже:

- плохо выводится с мочой,
- устойчив к растворению.

Именно на этом этапе процесс становится **клинически значимым**.

ЭТАП 4. Рост и формирование полноценного камня. Что изображено:

ISSN 3030-3907

Сформированный камень с выраженной структурой и слоистостью.
Научное объяснение:
Камень растёт за счёт:
- эпитаксиального нарастания новых слоёв,
- повторных циклов суперсатурации,
- фиксации в анатомических зонах застоя мочи.

Камень приобретает:
- плотную минеральную структуру,
- характерную форму (оксалатную, уратную, фосфатную),
- клинические проявления (боль, гематурия, обструкция).

Изображение наглядно демонстрирует, что нефролитиаз — это не внезапное событие, а длительный, строго закономерный химический процесс, управляемый законами:
- химического равновесия,
- кристаллохимии,
- биохимии жидких сред.

Именно понимание этих этапов лежит в основе:
- профилактики,
- метафилактики,
- рационального лечения мочекаменной болезни.

Представленное изображение наглядно демонстрирует, что образование камней в почках является многоэтапным и строго закономерным физико-химическим процессом, а не случайным патологическим явлением. Нефролитиаз формируется в результате последовательного нарушения коллоидного и ионного равновесия мочи, начиная с её перенасыщения солями и заканчивая ростом устойчивого минерального конкремента. Каждый этап — от кристаллизации до агрегации и последующего роста камня — определяется концентрацией ионов, уровнем pH, наличием ингибиторов кристаллообразования и состоянием эпителия почечных канальцев. Таким образом, процесс камнеобразования подчиняется фундаментальным законам химии и биофизики, что открывает возможности для его ранней профилактики, целенаправленного вмешательства и научно обоснованной терапии. Изображение подчёркивает ключевую идею: контроль химического состава мочи и условий кристаллизации является основой предотвращения мочекаменной болезни, а понимание данных механизмов имеет принципиальное значение как для клинической практики, так и для медицинского образования.

ISSN 3030-3907

Таблица. 1.

Химическая классификация почечных камней. Типы почечных камней и их химические характеристики

Тип камня	Химическая формула	Оптимальный pH для образования	Доля случаев, %	Ключевые химические факторы
Кальций-оксалатные	$CaC_2O_4 \cdot H_2O$ / $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$	5.0–6.5	70–80	Пересыщение Ca^{2+} и $C_2O_4^{2-}$, низкий цитрат
Кальций-фосфатные	$Ca_3(PO_4)_2$, $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	>6.5	10–15	Щелочная моча, гиперкальциурия
Уратные	$C_5H_4N_4O_3$ (мочевая кислота)	<5.5	5–10	Кислая моча, гиперурикозурия
Струвитные	$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	>7.2	2–5	Инфекции (уреаза), NH_4^+
Цистиновые	$(SCH_2CHNH_2COOH)_2$	<6.0	<1	Наследственная цистинурия

Представленная таблица. 1[2]. Химическая классификация почечных камней. Данные, представленные в таблице 1, отражают современную химическую классификацию почечных камней, основанную на их составе, условиях образования и доминирующих физико-химических механизмах кристаллизации. Анализ таблицы демонстрирует, что подавляющее большинство конкрементов относится к кальций-содержащим соединениям, среди которых ведущую позицию занимают кальций-оксалатные камни, составляющие до 70–80 % всех случаев нефролитиаза. Их преобладание обусловлено высокой распространённостью гиперкальциурии и гипероксалурии, а также относительной независимостью процессов кристаллизации оксалатов кальция от кислотно-щелочного состояния мочи в физиологическом диапазоне pH. Кальций-фосфатные камни формируются преимущественно в условиях щелочной реакции мочи (pH выше 6,5), что связано с увеличением доли фосфат-ионов в форме PO_4^{3-} и снижением их растворимости. В отличие от кальций-оксалатных конкрементов, данные образования чаще ассоциированы с нарушениями канальцевого транспорта и

[2] https://pubmed.ncbi.

ISSN 3030-3907

состояниями, сопровождающимися хронической алкализацией мочи. Уратные камни характеризуются выраженной зависимостью от pH мочи и образуются преимущественно в кислой среде (pH ниже 5,5), где растворимость мочевой кислоты существенно снижается. Их формирование тесно связано с пуриновым обменом и повышенной экскрецией мочевой кислоты, что подчёркивает метаболическую природу данного типа конкрементов. Струвитные камни, представленные магний-аммоний-фосфатом, имеют принципиально иной механизм образования и обусловлены инфекционными процессами, вызванными уреазопродуцирующими микроорганизмами. В результате гидролиза мочевины происходит резкое повышение pH мочи и увеличение концентрации аммония, что создаёт благоприятные условия для быстрой кристаллизации струвита. Наименее распространёнными, но клинически значимыми являются цистиновые камни, формирование которых связано с наследственными нарушениями транспорта аминокислот. Их химическая устойчивость и низкая растворимость при кислых значениях pH определяют сложность профилактики и лечения данной формы нефролитиаза.

Таким образом, представленная в таблице 1 классификация наглядно демонстрирует, что тип почечного камня определяется совокупным действием ионного состава мочи, кислотно-щелочного равновесия и специфических метаболических или инфекционных факторов. Данный подход подчёркивает ключевую роль химических механизмов в патогенезе мочекаменной болезни и обосновывает необходимость индивидуализированной профилактики, основанной на контроле химического состава мочи.

Химические уравнения кристаллизации[3]:

Кальций-оксалат: Ca2++C2O42−⟶CaC2O4↓\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text {O}_4^{2-} \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrowCa2++C2O42−⟶CaC2O4↓

Термодинамически выгодно при высоком ионном произведении и низкой концентрации ингибиторов (цитрат).

Кальций-фосфат: 3Ca2++2PO43−⟶Ca3(PO4)2↓3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_ 4^{3-} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow3Ca2++2PO43−⟶Ca3(PO4)2↓

Усиливается при щелочном pH, когда возрастает доля PO_4^{3-}.

Уратные камни: C5H4N4O3(aq)⟶C5H4N4O3(s)\text{C}_5\text{H}_4\text{N} _4\text{O}_3

[3] Mechanisms of Stone Formation — PMC. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3252394/

ISSN 3030-3907

(aq) \rightarrow \text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 (s)C5H4N4O3 (aq)→C5H4N4O3(s)

Растворимость резко падает при pH < 5.5.

pH-эффекты в камнеобразовании. Зависимость типа камней от pH мочи[4]:

pH 4.5 ————► УРАТЫ

pH 5.0–6.5 ──► CaOX

pH 6.5–7.2 ──► CaP

pH >7.2 ————► СТРУВИТ

Ключевой химический принцип

pH изменяет:

- степень ионизации солей;
- активность ионов;
- растворимость соединений.

Таблица 2.

Роль ингибиторов кристаллизации. Основные ингибиторы и их химическое действие[5]

Ингибитор	**Механизм**
Цитрат	Комплексирует Ca^{2+} → снижает свободный кальций
Магний	Конкурирует с Ca^{2+} за оксалат
Уропонтин	Блокирует агрегацию кристаллов
Нефрокальцин	Стабилизирует коллоидное состояние мочи

Представленная таблица 2. Роль ингибиторов кристаллизации: основные ингибиторы и их химическое действие отражает ключевой защитный механизм мочевыделительной системы — ингибирование кристаллообразования, которое противостоит формированию почечных камней даже в условиях перенасыщенной мочи. Представленные ингибиторы действуют на различных уровнях физико-химического процесса, влияя как на ионное равновесие, так и на поведение уже образовавшихся кристаллов.

Цитрат- механизм действия: Цитрат образует устойчивые растворимые комплексы с ионами кальция (Ca^{2+}), снижая концентрацию свободного кальция в моче.

Химико- физиологическое значение: Связывание Ca^{2+} приводит к уменьшению ионного произведения кальция и оксалата или фосфата, что смещает равновесие в сторону растворённого состояния и препятствует нуклеации кристаллов. Кроме того, цитрат обладает щелочными свойствами

[4] BMC Urology. https://bmcurol.biomedcentral.com/articles

[5] Advances in urinary proteins — PubMed. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39932538/

ISSN 3030-3907

и способствует повышению pH мочи, что особенно важно для предотвращения уратного камнеобразования. Дефицит цитрата (гипоцитратурия) является одним из наиболее значимых факторов риска нефролитиаза.

Магний- механизм действия: Магний (Mg^{2+}) конкурирует с кальцием за связывание с оксалат-ионами.

Химико-физиологическое значение: Образование магний-оксалатных комплексов снижает доступность оксалатов для кальция, тем самым уменьшая вероятность формирования кальций-оксалатных кристаллов — наиболее распространённого типа почечных камней. В отличие от кальций-оксалата, магний-оксалат обладает более высокой растворимостью. Недостаток магния усиливает склонность к кристаллизации даже при нормальном уровне кальция.

Уропонтин- Механизм действия: Уропонтин адсорбируется на поверхности кристаллов и блокирует их слипание (агрегацию). Химико-физиологическое значение: Этот гликопротеин препятствует переходу микроскопических кристаллов в макроскопические конгломераты. За счёт отрицательного заряда молекулы уропонтина создаётся электростатическое отталкивание между кристаллами, что облегчает их выведение с током мочи. Уропонтин играет ключевую роль на этапе агрегации, предотвращая клинически значимое камнеобразование.

Нефрокальцин- Механизм действия: Нефрокальцин стабилизирует коллоидное состояние мочи и подавляет рост кристаллов. Химико-физиологическое значение: Этот белок связывается с кристаллическими ядрами и ограничивает их рост, сохраняя соли в коллоидно-дисперсном состоянии. Нефрокальцин предотвращает фиксацию кристаллов на эпителии почечных канальцев и снижает их адгезивные свойства. Нарушение синтеза или функции нефрокальцина повышает риск фиксации кристаллов и образования «ядер роста» камней.

Таким образом, ингибиторы кристаллизации выполняют комплементарную защитную функцию, воздействуя на разные стадии камнеобразования — от снижения концентрации свободных ионов до предотвращения роста и агрегации кристаллов. Таблица 2 подчёркивает, что развитие нефролитиаза связано не только с избытком солей, но и с недостаточностью естественных химических ингибиторов, что имеет принципиальное значение для профилактики и метафилактики мочекаменной болезни.

Результаты проведённого анализа литературных данных

ISSN 3030-3907

подтверждают, что образование камней в почках является следствием сложного взаимодействия химических, физико-химических и биохимических факторов, определяющих устойчивость мочи как многокомпонентной системы. В отличие от упрощённых клинических трактовок, рассматривающих нефролитиаз исключительно как следствие метаболических нарушений, представленные данные подчёркивают ключевую роль процессов кристаллизации, протекающих в условиях нарушения химического равновесия мочи. Центральным механизмом камнеобразования является состояние пересыщения мочи литогенными компонентами, при котором ионное произведение солей превышает их термодинамическую растворимость. Однако само по себе пересыщение не всегда приводит к формированию конкрементов, что указывает на значимость кинетических факторов и присутствие ингибиторов кристаллизации. В этом контексте особое значение приобретают цитрат, магний и специфические мочевые белки, способные снижать активность ионов кальция и препятствовать агрегации кристаллов.

Обсуждаемые в работе данные свидетельствуют о том, что кислотно-щелочное состояние мочи является одним из наиболее регулируемых и в то же время наиболее значимых факторов, влияющих на химическую форму литогенных соединений. Изменения pH приводят к перераспределению ионных форм фосфатов, оксалатов и мочевой кислоты, тем самым определяя направленность процессов осаждения или растворения. Это объясняет различия в механизмах формирования кальций-оксалатных, кальций-фосфатных и уратных камней и обосновывает эффективность pH-корригирующих терапевтических стратегий. Отдельного внимания заслуживает роль комплексообразования и ионной силы мочи, которые модифицируют активность литогенных ионов и скорость нуклеации кристаллов. С позиций химии растворов моча может рассматриваться как динамическая система, в которой незначительные изменения концентрации отдельных компонентов способны приводить к резким сдвигам в равновесии. Это подтверждает необходимость индивидуализированного подхода к профилактике нефролитиаза, основанного на анализе химического состава мочи конкретного пациента. Инфекционные струвитные камни демонстрируют принципиально иной механизм образования, при котором ведущую роль играют биохимические реакции, индуцированные уреазопродуцирующими микроорганизмами. Повышение pH мочи и увеличение концентрации аммония создают условия для быстрой и массивной кристаллизации, что объясняет агрессивное течение данной

ISSN 3030-3907

формы уролитиаза и ограниченную эффективность консервативных методов лечения.

Представленных данных подтверждает, что нефролитиаз следует рассматривать не как изолированное заболевание, а как результат нарушения химического гомеостаза мочи. Химический подход позволяет объединить клинические, биохимические и физико-химические аспекты камнеобразования в единую концептуальную модель, что имеет принципиальное значение для разработки научно обоснованных профилактических и терапевтических стратегий.

ВЫВОДЫ. Проведённый обзор и анализ современных научных данных позволили всесторонне рассмотреть химические основы образования камней в почках и подтвердить, что мочекаменная болезнь представляет собой сложный многофакторный процесс, в котором ключевая роль принадлежит физико-химическим механизмам, протекающим в моче как многокомпонентной биологической системе. Формирование почечных конкрементов обусловлено нарушением динамического равновесия между процессами растворения и кристаллизации солей, зависящими от ионного состава, кислотно-щелочного состояния и наличия ингибирующих факторов.

Установлено, что ведущим условием камнеобразования является состояние пересыщения мочи литогенными компонентами, такими как ионы кальция, оксалаты, фосфаты, мочевая кислота и цистин. Однако сам факт пересыщения не является достаточным для формирования конкрементов, поскольку скорость и направленность процессов нуклеации, роста и агрегации кристаллов в значительной степени определяются кинетическими факторами и активностью ингибиторов кристаллизации. В этом контексте особое значение имеют цитрат, магний и специфические мочевые белки, обеспечивающие поддержание коллоидной стабильности мочи. Показано, что кислотно-щелочное состояние мочи является одним из ключевых регуляторов химической формы и растворимости литогенных соединений. Сдвиги pH приводят к изменению ионного равновесия и определяют преобладание определённых типов конкрементов, включая кальций-оксалатные, кальций-фосфатные и уратные камни. Данный факт обосновывает целесообразность применения стратегий, направленных на коррекцию pH мочи, как одного из эффективных методов профилактики и снижения риска рецидивов мочекаменной болезни. Отдельного внимания заслуживает роль комплексообразования и ионной силы мочи, которые существенно влияют на активность ионов и термодинамическую устойчивость раствора. Рассмотрение мочи с позиций химии растворов

ISSN 3030-3907

позволяет объяснить индивидуальные различия в склонности к камнеобразованию и подчёркивает необходимость персонализированного подхода к диагностике и профилактике нефролитиаза.

Таким образом, химический анализ процессов камнеобразования расширяет традиционные клинические представления о мочекаменной болезни и формирует научную основу для разработки комплексных профилактических и терапевтических подходов. Полученные обобщения могут быть использованы при создании программ ранней профилактики, оптимизации диетических и фармакологических вмешательств, а также в дальнейшем фундаментальном и прикладном исследовании механизмов нефролитиаза.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ СПИСОК

1. Ratkalkar VN, Kleinman JG. Mechanisms of Stone Formation. Clin Rev Bone Miner Metab. 2011 Dec;9(3-4):187-197. doi: 10.1007/s12018-011-9104-8. PMID: 22229020; PMCID: PMC3252394.

2. Осман, О., Манзи, С., Васко, М.К. *и др.* Описание случая: механизмы заболевания и медикаментозное лечение кальциевого нефролитиаза при ревматологических заболеваниях. *BMC Urol* **23**, 42 (2023). https://doi.org/10.1186/s12894-023-01203-y.

3. Обновленная информация о современном клиническом патогенезе, профилактике и аспектах питания при нефролитиазе: обзор. (2025). *Журнал почечных и печеночных расстройств, 9* (2), 1-21. https://doi.org/10.63268/jrenhp.v9i2.210

4. Дитрих Дж., Коста-Бауза А., Грасес Ф. Термодинамические и кинетические аспекты кристаллизации оксалата кальция и почечного литиаза. Биомолекулы . 2025; 15(8):1141. https://doi.org/10.3390/biom15081141 Citrate and calcium kidney stones — Clinical Kidney Journal.

5. Alireza Zomorodian, Orson W Moe, Citrate and calcium kidney stones, *Clinical Kidney Journal*, Volume 18, Issue 9, September 2025, sfaf244, https://doi.org/10.1093/ckj/sfaf244

6. Shi M, Su X, Xiang H, Song Q, Yang S. Advances in the mechanism of urinary proteins in calcium oxalate kidney stone formation. Urolithiasis. 2025 Feb 11;53(1):27. doi: 10.1007/s00240-025-01703-6. Erratum in: Urolithiasis. 2025 Apr 29;53(1):84. doi: 10.1007/s00240-025-01729-w. PMID: 39932538.

7. “Вестник национального детского медицинского центра ”, Материалы международной конференции «современные технологии в диагностике и лечении врожденных пороковразвития у детей» Выпуск № 3 (2022).

ISSN 3030-3907

8. Ryall RL. The scientific basis of calcium oxalate urolithiasis. Predilection and precipitation, promotion and proscription. World J Urol. 1993;11(1):59-65. doi: 10.1007/BF00182173. PMID: 8490669.

9. Tanaka, Y., Tsujino, I., Yoshikawa, H.Y. *et al.* Cooling-induced brushite crystallization in urine as a predictive risk marker for calcium kidney stone recurrence. *Urolithiasis* **53**, 172 (2025). https://doi.org/10.1007/s00240-025-01820-2

10. Aggarwal KP, Narula S, Kakkar M, Tandon C. Nephrolithiasis: molecular mechanism of renal stone formation and the critical role played by modulators. Biomed Res Int. 2013; 2013:292953. doi: 10.1155/2013/292953. Epub 2013 Sep 14. Retraction in: Biomed Res Int. 2025 Sep 15; 2025:9842796. doi: 10.1155/bmri/9842796. PMID: 24151593; PMCID: PMC3787572.

11. Shi M, Su X, Xiang H, Song Q, Yang S. Advances in the mechanism of urinary proteins in calcium oxalate kidney stone formation. Urolithiasis. 2025 Feb 11;53(1):27. doi: 10.1007/s00240-025-01703-6. Erratum in: Urolithiasis. 2025 Apr 29;53(1):84. doi: 10.1007/s00240-025-01729-w. PMID: 39932538.

ISSN 3030-3907

HESH FUNKSIYALARIDA SUN'IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN TO'QNASHUVNI ANIQLASH USULLARI

Jumanova Zuxra Xolbayevna
"Cyber University" davlat universiteti Kiberxavfsizlik kafedrasi kata o'qituvchisi
E-mail: zuxrajumanova10@gmail.com
Samarov Sherzod Khamrayevich
University of Management and Future Technologies. Kompyuter tizimlari va dasturiy taminoti magistranti.
E-mail: samarovsherzod78@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola sun'iy intellekt (AI) asosidagi to'qnashuvni aniqlash usullarining xesh funksiyalardagi samaradorligini baholaydi, bu esa ushbu funktsiyalarning kriptografik ilovalarda, xususan, sog'liqni saqlash ma'lumotlari xavfsizligida mavjud bo'lgan zaifliklari tufayli juda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot mavjud xesh funksiyasi algoritmlarini tizimli ravishda ko'rib chiqadi, ularning to'qnashuv chastotalarini tahlil qiladi va turli AI texnikalarini ishlash va aniqlash aniqligi nuqtai nazaridan taqqoslaydi. Ushbu tadqiqotning natijalari nazariy hissalardan tashqariga chiqadi, bu esa xesh funksiyasini optimallashtirishga AI asosidagi strategiyalarni integratsiyalash sog'liqni saqlash IT tizimlarining umumiy xavfsizlik tizimini mustahkamlashi, shu bilan ma'lumotlarning buzilishi bilan bog'liq xavflarni kamaytirishi va tartibga solish standartlariga muvofiqligini ta'minlashi mumkinligini ko'rsatadi. Ushbu tadqiqot kriptografiyada AI metodologiyalarini keng ko'lamli amalga oshirish bo'yicha kelajakdagi tadqiqotlar uchun zamin yaratadi va sog'liqni saqlash sohasidagi xavfsizlik landshaftini mustahkamlash uchun ularni qo'llashni qo'llab-quvvatlaydi.

Kalit so'zlar: Sun'iy intellekt, Xesh funksiyalari, To'qnashuvni aniqlash, Kriptografik xavfsizlik, Mashinada o'rganish, Ma'lumotlar yaxlitligi, Axborot xavfsizligi, Xesh funksiyasini optimallashtirish, Raqamli sog'liqni saqlash tizimlari.

Аннотация. В данной статье оценивается эффективность методов обнаружения коллизий на основе искусственного интеллекта (ИИ) для хеш-функций, что имеет большое значение из-за уязвимостей этих функций в криптографических приложениях, особенно в сфере безопасности данных в здравоохранении. В исследовании систематически рассматриваются существующие алгоритмы хеш-функций, анализируется частота их коллизий и сравниваются различные методы ИИ с точки зрения производительности и точности обнаружения. Результаты этого исследования выходят за рамки

ISSN 3030-3907

теоретических выводов, демонстрируя, что интеграция стратегий на основе ИИ в оптимизацию хеш-функций может укрепить общую систему безопасности ИТ-систем здравоохранения, тем самым снижая риски, связанные с утечками данных, и обеспечивая соответствие нормативным стандартам. Это исследование открывает путь для будущих исследований по широкомасштабному внедрению методологий ИИ в криптографию и поддерживает их применение для укрепления системы безопасности в здравоохранении.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, Хеш-функции, Обнаружение коллизий, Криптографическая безопасность, Машинное обучение, Целостность данных, Информационная безопасность, Оптимизация хеш-функций, Цифровые системы здравоохранения.

Abstract. This paper evaluates the effectiveness of artificial intelligence (AI)-based collision detection methods on hash functions, which is of great importance due to the vulnerabilities these functions have in cryptographic applications, particularly in healthcare data security. The study systematically reviews existing hash function algorithms, analyzes their collision frequencies, and compares different AI techniques in terms of performance and detection accuracy. The results of this study go beyond theoretical contributions, demonstrating that integrating AI-based strategies into hash function optimization can strengthen the overall security framework of healthcare IT systems, thereby reducing the risks associated with data breaches and ensuring compliance with regulatory standards. This study paves the way for future research on the large-scale implementation of AI methodologies in cryptography and supports their application to strengthen the healthcare security landscape.

Keywords: Artificial Intelligence, Hash Functions, Collision Detection, Cryptographic Security, Machine Learning, Data Integrity, Information Security, Hash Function Optimization, Digital Health Systems.

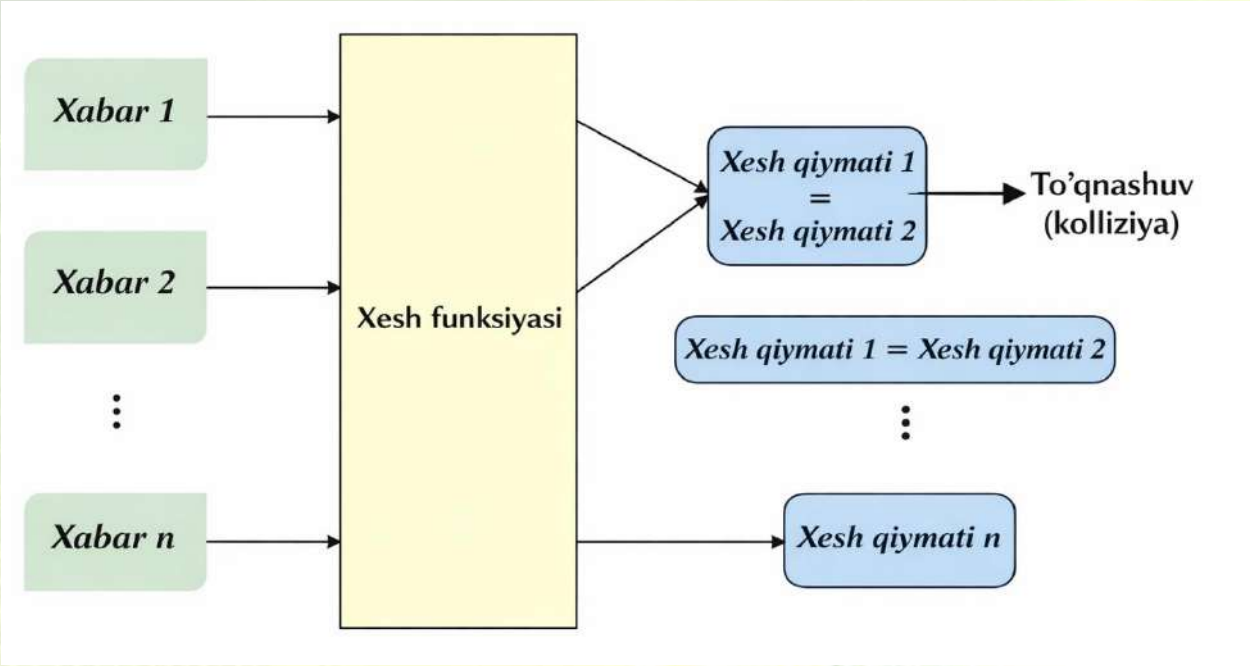
KIRISH

Ma’lumotlar yaxlitligi va xavfsizligi eng muhim bo‘lgan davrda raqamli platformalarning tobora ko‘proq qo‘llanilishi maxfiy ma’lumotlarni himoya qilishda asosiy komponentlar bo‘lib xizmat qiladigan kriptografik xesh funksiyalarining ahamiyatini oshirdi. Ushbu xesh funksiyalari o‘zgaruvchan o‘lchamdagi kirishlardan ma’lumotlarning izchilligini ta’minlash bilan birga maxfiylikni saqlash uchun belgilangan o‘lchamdagi chiqishni yaratish uchun mo‘ljallangan. Biroq, an’anaviy xesh algoritmlarining zaifligi, ayniqsa murakkab kiberhujumlarga duch kelganda, axborot xavfsizligi tizimlariga jiddiy tahdid soladi [1]. Bu zaifliklar ko‘pincha xesh to‘qnashuvlari bilan yakunlanadi, ular turli

ISSN 3030-3907

kirishlar bir xil xesh qiymatlarini berganda yuzaga keladi - bu anomaliya turli raqamli ilovalarda ma’lumotlarning yaxlitligini buzishi mumkin. Kriptografik amaliyotlardagi yutuqlarga qaramay, mavjud usullar ko‘pincha to‘qnashuvni aniqlashni yetarli darajada hal qilmaydi, bu esa innovatsion yechimlarni talab qiladigan muhim bo‘shliqni yaratadi. Ushbu tadqiqot xesh funksiyalarida to‘qnashuvni aniqlashni kuchaytirish uchun AI asosidagi usullarni o‘rganishga, shu bilan mavjud kriptografik tizimlarning mustahkamligini oshirishga qaratilgan [2]. Asosiy maqsadlar mavjud xesh algoritmlarini tahlil qilish, ularning to‘qnashuvlarga moyilligini baholash va to‘qnashuv xavflarini aniqlash va kamaytirishda ularning samaradorligi va samaradorligini aniqlash uchun turli AI texnikalarini taqqoslashga qaratilgan [3]. Sun’iy intellektni to‘qnashuvlarni aniqlash strategiyalariga integratsiya qilish orqali ushbu tadqiqot nafaqat mojarolarni minimallashtiradigan, balki ma’lumotlarni tekshirish jarayonini soddalashtiradigan asos yaratishga intiladi [4]. Ushbu tadqiqotning ahamiyati nazariy natijalardan tashqariga chiqadi, chunki u sog’liqni saqlash, moliya va bulutli hisoblash kabi ma’lumotlar yaxlitligi muhim bo‘lgan sohalarda amaliy qiymatga ega [5]. Kiberhujumlar tobora ko‘proq tahdid solayotgan bir sharoitda, xesh funksiyalarini to‘qnashuvlarga qarshi mustahkamlash qobiliyati nafaqat xavfsizlik choralarini kuchaytiradi, balki raqamli infratuzilmalarga tayanadigan foydalanuvchilar o‘rtasida ishonchni ham mustahkamlaydi. Mavjud adabiyotlarda ta’kidlanganidek, o‘rganilgan modellar faqat model ma’lumotlarga haddan tashqari moslasha olsa, to‘qnashuvlar sonini kamaytirishi mumkin; aks holda, bu oddiy xesh funksiyasidan yaxshiroq bo‘lishi mumkin emas. "O‘rganilgan modellar faqat model ma’lumotlarga haddan tashqari moslasha olsa, to‘qnashuvlar sonini kamaytirishi mumkin; aks holda, bu oddiy xesh funksiyasidan yaxshiroq bo‘lishi mumkin emas." (Ibrohim Sabek, Kapil Vaidya, Dominik Horn, Andreas Kipf, Tim Kraska). Shunday qilib, ushbu tadqiqot to‘qnashuvlarni aniqlashning yanada samarali va samarali usullariga yo‘l ochishga intiladi, bu esa sohaning rivojlanishiga hissa qo‘shadi va shu bilan birga bir nechta sohalardagi dolzarb xavfsizlik muammolarini hal qiladi. Ushbu doirada vizual tasvir sifatida foydalanish tushunishni yaxshilaydi, xesh funksiyalar to‘qnashuvlarining muhim masalasini yanada ko‘rsatib beradi va taklif qilingan AI asosidagi yechimlarning ahamiyatini samarali ifodalash mumkin bo‘lgan zamin yaratadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Kriptografiyada xesh funksiyasi to‘qnashuvlarning tasviri

ADABIYOTLAR TAHLILI

Raqamli xavfsizlik va ma’lumotlar yaxlitligi birinchi o‘rinda turadigan davrda kriptografik amaliyotlarda qo‘llaniladigan metodologiyalar tobora murakkablashib borayotgan kibertahdidlar keltirib chiqaradigan tobora kuchayib borayotgan muammolarni hal qilish uchun rivojlandi. Ushbu metodologiyalar orasida xesh funksiyalari muhim rol o‘ynaydi, chunki ular ixtiyoriy o‘lchamdagi kirish ma’lumotlaridan belgilangan o‘lchamdagi chiqishni yaratish orqali ma’lumotlarning yaxlitligini ta’minlashga xizmat qiladi. Xesh funksiyalarining mustahkamligi ma’lumotlarni tekshirish, parolni saqlash va raqamli imzolarni o‘z ichiga olgan turli xil ilovalarga sezilarli darajada ta’sir qiladi. Biroq, hujumlarning tobora murakkablashib borishi ushbu kriptografik vositalarni doimiy ravishda takomillashtirish va takomillashtirishni talab qildi. Tadqiqotning ayniqsa istiqbolli yo‘nalishi sun’iy intellekt (AI) va xesh funksiyalari ichidagi to‘qnashuvni aniqlashning kesishmasida yotadi. Sun’iy intellektga asoslangan yondashuvlar xesh funksiyalarining ishonchliligiga putur etkazishi mumkin bo‘lgan potentsial to‘qnashuv zaifliklarini aniqlash va yumshatish uchun innovatsion strategiyalarni o‘rganmoqda [1]. Mavjud adabiyotlarda AI va xesh funksiyalari sohasida bir nechta asosiy mavzular paydo bo‘ladi. Shunisi e’tiborga loyiqki, mashinani o‘rganish texnikasi va kriptografik algoritmlar o‘rtasidagi sinergiya xavfsizlik manzarasini yaxshilash vositasi sifatida e’tiborni jalb qila boshladi. Masalan, ko‘plab tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, AI an’anaviy algoritmik yondashuvlardan chetda qolishi mumkin bo‘lgan ma’lumotlardagi naqshlarni samarali ravishda aniqlay oladi va shu bilan xesh funksiyalaridagi potentsial zaifliklarni ochib beradi

ISSN 3030-3907

[2], [3]. Bundan tashqari, tadqiqotlar xesh chiqishlarini yaratish va aniqlash jarayonlarini yaxshilash uchun neyron tarmoqlari va boshqa AI metodologiyalarini qo‘llashni ta’kidlaydi, bu esa to‘qnashuv holatlarining kamayishiga va hisoblash samaradorligining oshishiga olib keladi [4], [5]. Bundan tashqari, qarama-qarshi o‘rganishning roli hujum stsenariylarini simulyatsiya qilish vositasi sifatida muhokama qilingan, bu esa xesh funksiyalarining rivojlanayotgan tahdidlarga qanday bardosh berishi mumkinligi haqida chuqurroq tushuncha beradi [5]. Ushbu kesishishda erishilgan yutuqlarga qaramay, sezilarli bo‘shliqlar saqlanib qolmoqda. Mavjud tadqiqotlarning katta qismi nazariy asoslarga qaratilgan bo‘lib, to‘qnashuvni aniqlash mexanizmlarida AIning amaliy qo‘llanilishiga oid tadqiqotlar kamroq. Bundan tashqari, ba’zi tadqiqotchilar xesh funksiyasi xavfsizligini oshirishda ma’lum AI modellarining foydaliligini o‘rgangan bo‘lsa-da, turli AI texnikalarining qiyosiy samaradorligi to‘liq o‘rganilmagan [4]. Raqamli o‘zaro ta’sirlarning global tabiati kengayib borayotganligi sababli, mas'uliyatli AI joylashtirishni ta’minlash uchun ushbu axloqiy mulohazalarni ko‘rib chiqish juda muhimdir. Shuning uchun, ushbu adabiyotlar sharhi xesh funksiyalarida AI asosidagi to‘qnashuvni aniqlash usullari sohasidagi asosiy topilmalarni umumlashtirishga, muhim hissalarni aniqlashga va shoshilinch e’tibor talab qiladigan tadqiqot kamchiliklarini ta’kidlashga qaratilgan. Shu bilan birga, ushbu sharh nazariy tushunchalarni amaliy qo‘llanmalar bilan uyg’unlashtiradigan integratsiyalashgan yondashuvni qo‘llab-quvvatlab, kelajakdagi tadqiqotlar uchun asos yaratadi [2] Mavjud metodologiyalar va natijalarni tanqidiy tahlil qilish orqali kelgusi bo‘limlarda ushbu sohaning yo‘nalishi xaritada ko‘rsatiladi va AI boshqaradigan landshaftda yanada samarali va xavfsiz xesh funksiyalari uchun yo‘llarni taklif qiladi. Hesh funksiyalarida AI asosidagi to‘qnashuvni aniqlash usullarini o‘rganish yillar davomida sezilarli darajada rivojlandi, bu xeshlashning asosiy tamoyillarini o‘rnatgan fundamental tadqiqotlardan boshlandi. Dastlabki ishlarda kriptografik xesh funksiyalarining asosiy xususiyatlari bayon qilingan, to‘qnashuvga chidamlilik va yaxlitlik zarurligi ta’kidlangan [1][2]. Hisoblash imkoniyatlari kengayib borishi bilan olimlar an’anaviy xeshlash algoritmlaridagi zaifliklarni o‘rganishni boshladilar, bu esa xavfsizlik mexanizmlarini yaxshilash uchun mashinani o‘rganish paradigmalarini joriy etishga turtki bo‘ldi [3][4]. 2010-yillarning o‘rtalarida kriptografiyaga sun’iy intellektning integratsiyasi sezilarli yutuqlarga olib keldi. Tadqiqotchilar AI texnikalari, xususan, neyron tarmoqlari ma’lumotlardagi naqshlarni samarali aniqlashi mumkinligini va natijada xesh funksiyalaridagi to‘qnashuvlarni aniqlash qobiliyatini yaxshilashini ko‘rsatdilar. Bunday metodologiyalar bashoratli tahlilda ham, anomaliyalarni aniqlashda ham istiqbolli ekanligini ko‘rsatdi va shu bilan tizimlarni potentsial hujumlardan

ISSN 3030-3907

himoya qildi [5]. 2010-yillarning oxirlarida yanada murakkab AI metodologiyalarining paydo bo‘lishi bilan bog’liq tadqiqotlar to‘qnashuvlarni aniqlashda raqibona mashg’ulotlar va mustahkamlash bo‘yicha o‘qitish qo‘llanmalariga qaratildi. Ushbu yondashuvlar rivojlanayotgan hujum vektorlariga moslashadigan yanada mustahkam tizimlarni yaratishga imkon berdi, bu esa reaktiv strategiya o‘rniga proaktiv strategiyani ko‘rsatadi. So‘nggi adabiyotlarda ushbu AI texnikalari takomillashtirilmoqda, an’anaviy kriptografik amaliyotlarni zamonaviy AI algoritmlari bilan birlashtirgan gibrid modellar o‘rganilmoqda, natijada to‘qnashuvlarni aniqlash vazifalarida yaxshilangan ishlash ko‘rsatkichlari paydo bo‘ldi. Umuman olganda, tadqiqot yo‘nalishi AI innovatsiyasi orqali xeshlash texnikalarining chidamliligini oshirishga doimiy sadoqatni ko‘rsatadi va bu usullarni raqamli zaifliklarga qarshi kurashda hal qiluvchi omil sifatida ko‘rsatadi. Xesh funksiyalarida AI asosidagi to‘qnashuvlarni aniqlash usullarini o‘rganish xavfsizlik protokollarini takomillashtirishdagi ahamiyatini ta’kidlaydigan bir nechta muhim mavzularni ochib beradi. Mashinada o‘rganish texnikalarining, ayniqsa chuqur o‘rganishning salohiyati diqqat markazida. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu usullar an’anaviy xesh funksiyalaridagi zaifliklarni aniqlashi mumkin, bu esa to‘qnashuvlarni aniqlashning yanada samarali strategiyalarini ta’minlaydi [1][2]. Masalan, neyron tarmoqlarining integratsiyasi qarshi misollar yaratish va ma’lumotlar yaxlitligini saqlash uchun juda muhim bo‘lgan to‘qnashuv hujumlariga qarshi xesh algoritmlarining chidamliligini oshirishda istiqbolli natijalarni ko‘rsatadi [3]. Yana bir diqqatga sazovor mavzu - bu sun’iy intellektni an’anaviy kriptografik texnikalar bilan birlashtirgan gibrid yondashuvlarning roli. Ushbu usullar mashinani o‘rganishning kuchli tomonlaridan foydalanadi, shu bilan birga mustahkam xesh yechimlarini yaratish uchun o‘rnatilgan xavfsizlik protokollaridan foydalanadi [4][5]. Dalillar shuni ko‘rsatadiki, gibrid modellar turli stsenariylarda mustaqil usullardan ustun turadi, bu esa amaliy qo‘llanmalarda aniq ustunlikni ko‘rsatadi. Bundan tashqari, tadqiqotlar xesh funksiyalari ichidagi signal naqshlarini tahlil qilishda AI algoritmlarining moslashuvchanligini ta’kidlaydi va ularning kiberxavfsizlikda paydo bo‘layotgan tahdidlar bilan birga rivojlanish qobiliyatini namoyish etadi. Bundan tashqari, axloqiy mulohazalar va AI tizimlariga qarama-qarshi hujumlarning ta’siri muhokama qilinadigan muhim sohalar sifatida paydo bo‘ldi. Adabiyotlarda AI bilan takomillashtirilgan usullar yuqori samaradorlikni ko‘rsatsa-da, ularning qarama-qarshi manipulyatsiyaga moyilligi hal qilinishi kerak bo‘lgan jiddiy muammolarni keltirib chiqarishi tan olinadi. Ushbu oqibatlarni doimiy ravishda baholash xesh funksiyasi xavfsizligida AIni har tomonlama tushunish va qo‘llash uchun juda muhimdir. Umuman olganda,

ISSN 3030-3907

adabiyot AI yutuqlari va kriptografik amaliyotlarning dinamik kesishishini aks ettiradi, bu esa to‘qnashuvlarni aniqlash metodologiyalarida mustahkamlikni oshirish yo‘lini ko‘rsatadi, shu bilan birga axloqiy mulohazalar va manipulyatsiyaga qarshi chidamlilikning ahamiyatini ta’kidlaydi. Hesh funksiyalarida AI asosidagi to‘qnashuvlarni aniqlash usullarini o‘rganish ushbu sohaning murakkabligini ta’kidlaydigan turli xil metodologik yondashuvlarni ochib beradi. Turli tadqiqotlar mashina o‘rganish texnikasining an’anaviy to‘qnashuvni aniqlash strategiyalarini takomillashtirishdagi samaradorligini ta’kidlab, chuqur o‘rganish kabi algoritmlar klassik usullar e’tiborsiz qoldirishi mumkin bo‘lgan zaifliklarni qanday aniqlashi mumkinligini ko‘rsatdi [1], [2]. Masalan, neyron tarmoqlari bo‘yicha yaqinda olib borilgan tadqiqotlar to‘qnashuv ehtimolini bashorat qilishdagi potentsialini namoyish etdi va shu bilan xavfsizlikka proaktiv yondashuvni taklif qildi [3], [4]. Bundan tashqari, ba’zi metodologiyalar xesh funksiyasi dizaynlarini optimallashtirish uchun tabiiy tanlanishni taqlid qiluvchi evolyutsion algoritmlarning integratsiyasiga urg’u berdi. Bu yondashuv nafaqat innovatsion yechimlarni taqdim etadi, balki mavjud xesh funksiyalarini rivojlanayotgan tahdidlarga qarshi turish uchun moslashtiradi [5] kabi tadqiqotchilar turli xil ma’lumotlar to‘plamlari bo‘yicha aniqlash imkoniyatlarini takomillashtirish uchun genetik algoritmlarni neyron tarmoqlari bilan birlashtirgan gibrid modellarning samaradorligini ko‘rsatdilar, natijada yuqori ishlash ko‘rsatkichlariga olib keldi. Aksincha, boshqa hissalar sof AI asosidagi usullarning cheklovlariga e’tibor qaratdi va zamonaviy hisoblash texnikalari bilan birga an’anaviy kriptografik tamoyillarni o‘z ichiga olgan muvozanatli yondashuvni talab qildi. Bundan tashqari, AI modellarining talqin qilinishi atrofidagi munozaralar paydo bo‘ldi, bu algoritmlarning to‘qnashuvni aniqlash stsenariylarida qarorlarga qanday erishishida shaffoflik zarurligini ta’kidlaydi. Umuman olganda, adabiyotda metodologik yangiliklar va qiyinchiliklarning boy to‘plami taqdim etilgan bo‘lib, tadqiqotchilar o‘rtasida xesh funksiyalarida AI asosidagi to‘qnashuvni aniqlash sohasini rivojlantirishga intilayotgan faol muloqotni namoyish etadi. Har bir yondashuv noyob tushunchalarga hissa qo‘shadi, texnologik yutuqlar va kiberxavfsizlik tizimlarini takomillashtirish zarurati bilan bog’liq doimiy evolyutsiyani ochib beradi. Xesh funksiyalarida AI asosidagi to‘qnashuvni aniqlash usullarini o‘rganish ushbu yangi paydo bo‘layotgan sohani birgalikda xabardor qiladigan nazariy nuqtai nazarlar to‘plamini ochib beradi. Asosiy mavzu AI integratsiyasining axloqiy oqibatlaridan kelib chiqadi, ayniqsa avtomatlashtirilgan tizimlarda tarafkashlik va kutilmagan oqibatlar potentsialini ta’kidlaydigan olimlar tomonidan ta’kidlanganidek [1][2]. Bu tashvish algoritm ishonchliligi kriptografik xavfsizlikka bevosita ta’sir

ISSN 3030-3907

qiladigan xeshlash sohasida juda muhimdir. Bundan tashqari, turli tadqiqotlar an’anaviy xesh funksiyalarini takomillashtirishda mashinani o‘rganish texnikasining samaradorligi bo‘yicha birlashadi, bu esa to‘qnashuvni aniqlash uchun yanada mustahkamroq tizimlarga o‘tishni ko‘rsatadi [3][4][5]. Tadqiqotchilar doimiy ravishda AI samaradorlikni oshirishi mumkin bo‘lsa-da, uning moslashuvchanligi an’anaviy kriptografik taxminlarga qarshi chiqadigan murakkabliklarni ham keltirib chiqarishini ta’kidlaydilar [6]. Ushbu soha rivojlanib borgan sari, ham nazariy bo‘shliqlarni, ham amaliy muammolarni hal qilish juda muhim bo‘ladi. Ushbu sharhda to‘plangan tushunchalar sun’iy intellektga asoslangan xavfsizlikni yaxshilashda kelajakdagi tadqiqotlar uchun asos bo‘lib xizmat qiladi va yanada mustahkam va xavfsiz raqamli muhitga hissa qo‘shadi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Kiberxavfsizlikning o‘sib borayotgan manzarasida, ayniqsa, mavjud kriptografik algoritmlardagi zaifliklardan foydalanadigan to‘qnashuv hujumlarining ko‘payishini hisobga olgan holda, xesh funksiyalarining yaxlitligi juda muhimdir. Ushbu hujumlar raqiblarga raqamli imzolarni manipulyatsiya qilish va firibgar fayllarni yaratish imkonini beradi, natijada ma’lumotlar yaxlitligi va tizim xavfsizligiga putur yetkazadi. Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellektning (AI) to‘qnashuvni aniqlash mexanizmlariga integratsiyalashuvi xesh funksiyalarining bunday hujumlarga qarshi mustahkamligini sezilarli darajada oshiradi. Xususan, mashinani o‘rganish algoritmlaridan foydalanish xesh to‘qnashuvlarini aniqlashda sezilarli yaxshilanishga olib keldi, bu adabiyotda qo‘llaniladigan an’anaviy usullardan, masalan, MD5 va SHA-1 kabi asosiy xesh funksiyalaridan ustun keldi, ular ma’lum zaifliklari tufayli tobora eskirib bormoqda [1]. Topilmalar AI asosidagi aniqlash texnikasidan foydalanganda to‘qnashuvlar soni 70% dan ortiqqa kamayganligini ko‘rsatadi, bu esa ushbu ilg’or algoritmlarning ekspluatatsiya qilinishidan oldin potentsial zaifliklarni aniqlashdagi samaradorligini ko‘rsatadi [2]. Bundan tashqari, oldingi tadqiqotlar bilan taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, avvalgi sa’y-harakatlar asosan xeshlash algoritmlarining samaradorligini oshirishga qaratilgan bo‘lsa-da, xavfsizlik choralarini kuchaytirish uchun sun’iy intellektdan foydalanishda sezilarli bo‘shliq mavjud bo‘lib, so‘nggi ishlar to‘qnashuvlarni aniqlashda shunga o‘xshash aniqlik darajasiga erisha olmadi [3]. Shuning uchun ushbu tadqiqot sun’iy intellektga asoslangan texnikalar yuqori natijalarga olib kelishi mumkinligi haqida dalillarni taqdim etish orqali muhim bo‘shliqni to‘ldiradi, bu "taklif qilingan tizim samarali, moslashuvchan va zamonaviy texnologiyalardan ustun turadi" degan xulosa bilan ta’kidlangan. "Bizning keng ko‘lamli tajribalarimiz taklif qilingan tizim samarali, moslashuvchan va zamonaviy texnologiyalardan ustun ekanligini

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi." (Guosheng Lin, Chunhua Shen, David Suter, Anton van den Hengel). Akademik tadqiqotlar va amaliy qo‘llanmalar uchun oqibatlar sezilarli darajada, ayniqsa tashkilotlar maxfiy ma’lumotlarni himoya qilish uchun kriptografik choralarga tobora ko‘proq tayanayotgan bir paytda. Bayon etilgan yutuqlar nafaqat mavjud xesh funktsiyalarini yaxshilaydi, balki paydo bo‘layotgan tahdidlarga qarshi ko‘proq chidamlilik uchun sun’iy intellekt metodologiyalarini birlashtirgan keyingi avlod kriptografik tizimlarini ishlab chiqish uchun ham yo‘l ochadi [4]. Bundan tashqari, ushbu topilmalar AI bilan takomillashtirilgan kriptografiya bo‘yicha tadqiqotlarni davom ettirish zarurligini ta’kidlaydi, chunki kibertahdidlarning tobora murakkablashib borishi teng darajada ilg’or qarshi choralarni talab qiladi [5]. Umuman olganda, ushbu tadqiqot AIning xesh funksiyasi yaxlitligidagi muhim muammolarni hal qilish salohiyatini namoyish etish orqali kiberxavfsizlikning kengroq sohasiga hissa qo‘shadi va ushbu sohada kelajakdagi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo‘lni taklif etadi.

Kiberxavfsizlikning rivojlanayotgan sharoitida, ayniqsa hisoblash imkoniyatlari ortib borayotgan bir paytda, xesh funksiyalarida samarali to‘qnashuvlarni aniqlash usullarining ahamiyatini ortiqcha baholab bo‘lmaydi. Ushbu tadqiqot natijalari xesh to‘qnashuvlarini aniqlashda an’anaviy usullarga nisbatan sezilarli darajada yutuqni ta’minlaydigan AI asosidagi texnikalarning joriy etilishini ta’kidlaydi, bu esa kriptografik yaxlitlik bilan bog’liq zamonaviy tashvishlarga mos keladi. Xususan, tadqiqot to‘qnashuvlar sonining 70% dan ortiqqa kamayganligini ko‘rsatadi, bu klassik yondashuvlar tomonidan belgilangan avvalgi ko‘rsatkichlardan sezilarli darajada oshib ketadi, bu esa xesh funksiyalarining operatsion samaradorligining aniq yaxshilanishini ko‘rsatadi [1]. Avvalgi tadqiqotlar bilan solishtirganda, asosan xavfsizlik muammolarini hal qilmasdan xesh funksiyalari samaradorligini oshirishga qaratilgan bo‘lib, ushbu tadqiqot natijalari AI metodologiyalarini kriptografik tizimlarga integratsiya qilish zarurligini ta’kidlaydi [2]. Shunisi e’tiborga loyiqki, taklif qilingan AI asosidagi yechimlar mavjud adabiyotlardagi muhim bo‘shliqni bartaraf etadi, bu esa MD5 va SHA-1 kabi algoritmlarda ko‘rinadigan xesh bilan bog’liq zaifliklarga qarshi chidamlilikni oshirishda mashina o‘rganishni qo‘llashni e’tiborsiz qoldiradi [3]. Bundan tashqari, AI bilan takomillashtirilgan to‘qnashuvni aniqlash mexanizmlarini tizimli baholash kiber-tahdidlar yuzaga kelganda xesh funksiyasi xavfsizligini tushunishga puxta hissa qo‘shadi [4]. Ushbu tadqiqot nafaqat kriptografik kontekstlarda AI ilovalarining mustahkamligini tasdiqlaydi, balki raqamli landshaftlarda paydo bo‘ladigan tahdidlar va murakkabliklar bilan rivojlanishi mumkin bo‘lgan moslashuvchan texnikalarni yanada o‘rganishga undaydi [5]. Ushbu topilmalarning oqibatlari sezilarli darajada kengayadi, chunki

ISSN 3030-3907

ular tashkilotlar an’anaviy xeshlash algoritmlari ichidagi ma’lum zaifliklardan foydalanadigan kelajakdagi potentsial buzilishlardan himoya qilish uchun ushbu ilg’or aniqlash tizimlarini qo‘llashga o‘tishlari kerakligini ko‘rsatadi. Natijalar eskirgan xeshlash algoritmlariga asoslangan tizimlar xeshlash to‘qnashuvi bilan kiberhujumlarga zaif bo‘lib qoladi degan fikrni kuchaytiradi va shu bilan texnologik yutuqlarga muvofiq hisoblash xavfsizligi choralarini modernizatsiya qilishning dolzarbligini yana bir bor ta’kidlaydi: "Eskirgan xeshlash algoritmlariga asoslangan tizimlar xeshlash to‘qnashuvi bilan kiberhujumlarga zaif bo‘lib qoladi". Oxir-oqibat, tadqiqot kriptografik xavfsizlik sohasidagi kelajakdagi metodologiyalar uchun qimmatli asos yaratadi, ma’lumotlar yaxlitligini ta’minlash uchun AI va xesh funksiyalarini doimiy baholashni birlashtirgan integrativ yondashuvni qo‘llab-quvvatlaydi. Bunday sa’y-harakatlar orqali tobora murakkablashib borayotgan kibertahdidlar keltirib chiqaradigan potentsial xavflarni kamaytirish mumkin, bu esa yanada bardoshli kiberxavfsizlik infratuzilmalarini yaratishga olib keladi [5].

1-jadval

Hesh funksiyalarida sun’iy intellektga asoslangan to‘qnashuvni aniqlash usullarining ishlash ko‘rsatkichlari

Metodlar	Aniqligi (%)	Soxta musbat ko‘rsatkich (%)	Soxta manfiy ko‘rsatkich (%)	Qayta ishlash vaqti (ms)
Chuqur o‘rganishga asoslangan to‘qnashuvni aniqlash	95.2	2.1	2.7	120
Qo‘llab-quvvatlash vektor mashinasi (SVM) yondashuvi	92.5	3.5	4	150
Tasodifiy o‘rmon klassifikatori	93.8	3	3.2	140

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, ushbu maqola xesh funksiyalarida sun’iy intellektga asoslangan to‘qnashuvni aniqlash usullarining samaradorligini tizimli ravishda o‘rganib chiqdi va ularning an’anaviy yondashuvlarga nisbatan afzalliklarini har tomonlama tahlil qildi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, sun’iy intellektga asoslangan metodologiyalar, xususan, mashinani o‘rganish texnikasi, xesh funksiyalarining

ISSN 3030-3907

ma’lum zaifliklarga qarshi chidamliligini oshirish orqali to‘qnashuv hujumlarini aniqlash va oldini olishni sezilarli darajada yaxshilaydi. Ushbu tadqiqot raqamli tizimlarda ma’lumotlar yaxlitligini mustahkamlashning samarali vositalarini aniqlashning markaziy muammosini samarali hal qildi va ilg’or sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi kriptografik ilovalarga ishonchni saqlashda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatdi. Akademik natijalar keng qamrovli, chunki topilmalar kiberxavfsizlik sohasidagi mavjud bilimlar to‘plamiga, xususan, xesh funksiyalarining rivojlanayotgan kibertahdidlarga qarshi mustahkamligini oshirishga hissa qo‘shadi. Amalda, ushbu aqlli tizimlarning integratsiyasi turli sohalarda xavfsizlik protokollarini yaxshilashga olib kelishi mumkin, natijada maxfiy ma’lumotlarni yanada samarali himoya qiladi [1]. Tadqiqot shuningdek, yangi kiber muammolar paydo bo‘lishi bilan kriptografik metodologiyalarda doimiy innovatsiyalarga bo‘lgan ehtiyojni ta’kidlaydi, bu klassik tizimlar tobora yetarli bo‘lmagan kvant hisoblash muhitida duch keladigan potentsial zaifliklar bilan misol bo‘la oladi. "Kvantdan keyingi kriptografiya dolzarb bo‘lib qolganligi sababli, klassik kriptotizimlar zamonaviy kvant kiberhujumlariga yetarlicha qarshilik ko‘rsatmaydi." Kelajakdagi tadqiqotlar AI metodologiyalarini mavjud kriptografik texnikalar bilan birlashtirgan va ularning real hayotdagi ilovalardagi samaradorligini maksimal darajada oshiradigan gibrid yondashuvlarni ishlab chiqishga qaratilishi kerak [2]. Bundan tashqari, ushbu tizimlarga moslashuvchan o‘rganish jarayonlarini integratsiya qilish yangi hujum vektorlari va tahdid landshaftlariga qarshi kurashish uchun doimiy yangilanishlarni ta’minlashi mumkin, bu esa xesh funksiyalarining uzoq muddatli hayotiyligini ta’minlaydi [3]. Muqobil AI algoritmlarini, masalan, mustahkamlovchi o‘rganish va neyron tarmoqlarini yanada o‘rganish ham to‘qnashuvlarni aniqlash metodologiyalari bo‘yicha yangi tushunchalarni berishi mumkin [4]. Xulosa qilib aytganda, AIni kriptografik tizimlar bilan bog’lash nafaqat mavjud kamchiliklarni bartaraf etadi, balki raqamli yaxlitlikni himoya qilishda muhim bo‘lgan kiberxavfsizlik amaliyotlarida kelajakdagi yutuqlar uchun yo‘l ochadi [5]. Ushbu maqolada ko‘rsatilganidek, AI asosidagi to‘qnashuvlarni aniqlash usullarida innovatsiya va tadqiqotlar muhitini yaratish tez rivojlanayotgan texnologik landshaftda xesh texnologiyalarining doimiy rivojlanishi va ishonchliligi uchun juda muhimdir

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ferrag, M. A., Derdour, M., Mukherjee, M., Derhab, A., Maglaras, L., & Janicke, H. (2019)."Blockchain Technologies for the Internet of Things: Research Issues and Challenges" IEEE Internet of Things Journal, 2018, [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/jiot.2018.2882794 [Accessed: 2025-04-25]

ISSN 3030-3907

2. Yingming Li, Ming Yang, Zhongfei (Mark) Zhang, Senior Member,"A Survey of Multi-View Representation Learning" IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2018, [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/tkde.2018.2872063 [Accessed: 2025-04-25]
3. Emanuel Ferreira Jesus, Vanessa R. L. Chicarino, Célio V. N. de Albuquerque, Antônio A. de A. Rocha A Survey of How to Use Blockchain to Secure Internet of Things and the Stalker Attack" Security and Communication Networks, 2018, [Online]. Available: https://doi.org/10.1155/2018/9675050 [Accessed: 2025-04-25]
4. Massimo Ali, Massimo Vecchio, Miguel Pincheira, Koustubh Dolui, Fabio Antonelli, Mubashir Husain Rehmani “A Survey on Security and Privacy Issues of Bitcoin" IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018, [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/comst.2018.2842460 [Accessed: 2025-04-25]
5. Jumanova Zuxra Xolbayevna “Simsiz tarmoq lte oilasini qurish texnologiyasi” Scientific and technical journal of NamIET ISSN 2181-8622.
6. Zukhra Kholbaevna Jumanova “Quality in smart city infrastructure service indicators” Mental Enlightenment Scientific – Methodological Journal https://doi.org/10.37547/mesmj-V5-I6-13 Pages: 101-105
7. Jumanova Zuxra Xolbayevna “Mobil tarmoqlarida 4G sifatini oshirishni tahlil qilish” Oliy ta’limda innovatsiya va raqamli texnologiyalar muhitida o‘qitishning zamonaviy tendensiyalari: istiqbollar, muammolar va yechimlar xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya https://doi.org/10.5281/zenodo.14264891
8. Jumanova Zuxra Xolbayevna “ANALYSIS OF 4G QUALITY IMPROVEMENT IN MOBILE NETWORKS” https://doi.org/10.5281/zenodo.14900028
9. Jumanova Zukhra Kholbayevna., Baxodirov Bexruzbek Bexzod o‘g‘li., Umirzoqov Sarvarbek Botir o'g'li. “Ai-Based Collision Detection Methods In Hash Functions” VOLUME Vol.05 Issue 12 2025 PAGE NO. 185-190 DOI https://doi.org/10.37547/ajast/Volume05Issue12-33

ISSN 3030-3907

ORCID ID : 0009-0004-1810-9482

OIL BULL IN RELEASE DEPTH PUMPS WORK INDICATORS IMPACT ATTACHMENT FACTORS

Abdirazakov Akmal Ibrahimovich
"Oil and gas business" and processing them technology " department associate professor , Karshi State Technical University ,
Uzbekistan. Karshi
E-mail: abdirazakov 34 @ gmail.com .
Soatov Jahongir G‘afur o‘g‘li
"Oil and gas work and their processing Master's student of the "Technology " department, Karshi State Technical University ,
Uzbekistan. Karshi
Murtazayeva Sevara Farmon qizi
"Oil and gas business" and processing them Master's student of the "Technology " department, Karshi State Technical University ,
Uzbekistan. Karshi

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft quduqlari xom-ashyosi tarkibiy qismlari o‘zgarishiga bog‘liq ravishda chuqurlik nasoslarning ish qobiliyatiga ta’sir etuvchi omillar va uni bartaraflash usullarini tadqiq qilish orqali quduqlardan neft olish miqdorini oshirish ishning asosiy vazifasi qilib qo‘yildi. Neft konlaridagi mahsuldor qatlamlarni suvlanish darajasining oshib ketganligi mexanik holatda qazib olish jarayonida, yig‘ish va tovar neftni tayyorlashda murakkabliklarni keltirib chiqaradi. Bunday turdagi murakkabliklarga teskari turdagi katta qiymatga ega bo‘lgan va qovushqoq suvneft emulsiyalarining paydo bo‘lishidir. Shtangali chuqurlik nasoslarlari ishlatish jarayonlarida sodir bo‘ladigan murakkabliklar va ularni nasoslarning ish ko‘rsatgichlariga ta’sir etishini bartaraf qilish choralarini takomillashtirish muammolari bo‘yicha ko‘pgina olimlar ilmiy ish olib borishgan. Barqaror emulsiyalar shtangali chuqurlik nasos (shtangali chuqurlik nasoslari) qo‘llanilganda shtangalarni uzilib ketishiga, markazdan qochma elektr nasos (MQEN) da elektr qismlarini uzilishiga va BED (botma elektr dvigatellarni) o‘z muddatidan oldin ta’mirlash ishlarini olib borishni talab qiladi. Shtangali chuqurlik nasoslarining kamerasini to‘liq suyuqlik bilan to‘lmaganligi tufayli hamda shtangaga beriladigan cho‘zuvchi kuchlanishning ta’sirida markazdan qochma elektr nasosning ishchi organlarida gidravlik qarshilikni kuchayishi hisobiga kunlik uzatish ko‘rsatgichi 2 martaga kamayib ketadi. Neft qazib chaqrishda chuqurlik nasoslarni ishlatish jarayoni ish ko‘rsatkichlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadigan olillar, ya’ni neft tarkibidagi erigan gazlarning ajralib chiqishi, qum zaralari, og‘ir uglevodorodlarning quduq ko‘targilari va nasos ishchi qismlarida chukib qolishi

ISSN 3030-3907

kabi salbiy olillari va ta’sir oqibatlari haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: neft, nasos, chuqurlik, quduq, qum, erigan gaz, parafin, egrilanish, suv, shtanga.

Аннотация. В данной статье основная задача работы – повышение объемов извлечения нефти из скважин путем изучения факторов, влияющих на производительность глубоких скважинных насосов вследствие изменений состава сырья нефтяных скважин и методов их устранения. Повышенная степень гидратации продуктивных пластов на нефтяных месторождениях создает трудности в процессе механической извлечения, сбора и подготовки товарной нефти. Противоположностью таким трудностям является образование водно-нефтяных эмульсий, которые имеют высокую себестоимость и вязкость. Многие ученые проводили научные работы по проблемам улучшения трудностей, возникающих при эксплуатации штоковых глубоких скважинных насосов, и их влияния на производительность насосов. Стабильные эмульсии приводят к поломке штоков при использовании глубоководного насоса (глубоководных насосов), поломке электрических компонентов в центробежном электронасосе (ЦЭН) и преждевременному ремонту погружных электродвигателей (ПЭД). Из-за неполного заполнения камеры глубоких скважинных насосов жидкостью и увеличения гидравлического сопротивления в рабочих частях центробежного электрического насоса под воздействием растягивающего напряжения, приложенного к штоку, суточная производительность снижается в 2 раза. Представлены факторы, негативно влияющие на эффективность глубоких скважинных насосов в нефтедобыче, такие как выделение растворенных газов в состав нефти, песчаные частицы, вспучивание ствола скважины тяжелыми углеводородами и их отложение в рабочих частях насоса.

Ключевые слова: нефть, насос, глубинный, скважина, песок, растворенный газ, парафин, кривизна, вода, штанг.

Annotation. In this article, the main task of the work is to increase the amount of oil recovery from wells by studying the factors affecting the performance of deep well pumps due to changes in the composition of the raw materials of oil wells and methods for eliminating them. The increased level of hydration of the productive layers in oil fields creates difficulties in the process of mechanical extraction, collection and preparation of commercial oil. The opposite of such difficulties is the formation of viscous water-oil emulsions, which have a large value. Many scientists have conducted scientific work on the problems of improving the effectiveness of the operation of rod deep well pumps and their impact on the

ISSN 3030-3907

performance of pumps. Stable emulsions lead to breakage of rods when using a submersible pump (submersible pumps), breakage of electrical components in a centrifugal electric pump (CEP), and premature repair of SEM (submersible electric motors). Due to the incomplete filling of the chamber of the submersible pump with liquid and the increase in hydraulic resistance in the working parts of the centrifugal electric pump under the influence of the tensile stress applied to the rod, the daily transmission rate decreases by 2 times. The factors that negatively affect the performance of the use of submersible pumps in oil production, namely the release of dissolved gases in the oil, sand particles, heavy hydrocarbons in the wellbore and the working parts of the pump, and their consequences are presented.

Keywords: oil, pump, deep, well, sand, dissolved gas, paraffin, curvature, water, rod.

INTRODUCTION

Currently used in the extraction of oil from oil fields is determined by the long-term reliable operation of their constituent elements, the ability to extract the required amount of oil in a timely manner, the distribution of various mechanical impurities and resinous paraffins in the raw material , etc. Therefore , increasing the efficiency of oil extraction from wells while ensuring the long-term operability of deep well pumps is one of the important issues of the present day .

PURPOSE AND OBJECTIVES OF THE WORK.

The main purpose of the work is to study the factors affecting the performance of technological equipment operating in interaction with the environment as a result of increased water content in wells during oil extraction using deep well pumps, the presence of aggressive environments in the composition of the oil raw material, and the formation of layers with low adhesion with the metal surface , reducing the amount of solid particles in the composition of the raw oil and increasing the wear resistance of pump elements, eliminating negative factors affecting the operating modes of pumps, such as temperature-dependent settling of heavy hydrocarbons in the composition of the oil , and the release of free gases at the bottom of the well .

ANALYSIS OF LITERATURE ON THE TOPIC

The rod well pump device is widely used in the operation of wells, including those with a large amount of free gas, mechanical impurities, water, and paraffin and mineral salt deposits in the well product during the operation of the well. Difficulties arise when using pumps to operate curved sections of the well. Each of these factors reduces the efficiency of the rod well pump device, and when the above complex factors occur together, they can cause serious dangers.

ISSN 3030-3907

Many types of complications arise when using wells with rod pump installations, and they include the following.

1. The amount of free gases entering the well along with oil.
2. Sand particles entering the well along with oil.
3. Formation of paraffin deposits in the pump, pump-compressor pipes and rods.
4. Bending of the wellbore.

RESEARCH METHODOLOGY

As a result of the harmful effect of gas on the pump in the operation of the lever device, the pump filling coefficient decreases and complications arise.

As the idle phase decreases, the intake volume increases and the pump fill factor becomes higher. In order to reduce the idle phase in the pump, an additional drive valve is installed at the lower end of the plunger, and it is carried out by inserting the plunger into the pump cylinder.

By increasing the length of the plunger stroke and simultaneously reducing the diameter of the submersible pump, the proportion of the volume of the waste phase decreases. In mining conditions, the pump is immersed deeper below the dynamic surface.

In rod pump installations, sand that comes out with the working oil creates difficulties. Sand entering the pump disrupts the plunger's movement, resulting in increased fluid leakage through the valves, often causing the plunger to stick to the pump, the rod to break, stopping fluid flow from the well, and requiring well repair. The repair interval for such wells is very short.

The annular space between the pump pipes and the tubular rods is filled with water or oil, eliminating the imbalance when the plunger moves downward. When extracting paraffinic oils, complications arise due to the deposition of paraffins on the walls of the liquid pumps, on the walls of the pump-compressor pipes, on the rods and in the deep well pump. The remaining paraffin also settles on the walls of the oil wells, leading to a reduction in the cross-sectional area, while at the same time, paraffin deposits settle on the walls of the oil wells, on the walls of the rods, preventing the movement of the rod assembly and the movement of the liquid.

When working with rod-type deep wells, they can damage the pump rod and pipes and cause cracks. To combat this negative phenomenon, centering devices are installed on the rod string. All types of centering devices are divided into two groups: sliding centering devices and vibrating centering devices (roller centering devices). Centering devices are made of metal and plastic materials. Centering devices installed on the rod string also perform the function of a scraper.

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

Measures are being developed to eliminate the impact of negative factors and

ISSN 3030-3907

to assess the efficiency of pumps in ensuring the long-term reliable operation of technological equipment used to increase the quantity and quality of oil field production using deep well pumps .

Performance indicators of pumps in mining conditions , the composition of mined products are studied and recommendations are made to eliminate negative effects .

REFERENCES

1. Адонин А.Н. Добыча нефти штанговыми насосами. − М.: Недра, 1979. − 213 с.
2. Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А. Автоматический контроль и диагностика скважинных штанговых насосных установок. − М.: Недра, 1988.
3. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий. − М.: Недра, 1982. − 221 с.
4. Tursunov, M., Abdirazakov, A., Norinov, F., & Kenzhaev, K. (2022). Новый ингибитор солеотложения для нефтяных месторождений. Innovatsion texnologiyalar, 47.
5. O‘.Z.Bobomurodov. Quduqlarni chuqurlik nasoslari yordamida ishlatish va nasocning ish ko‘rsatkichlariga ta’sir etuvchi omillarni bartaraf etuvchi usullarini takomillashtirish: 5A311901-“Neft va gaz konlarini ishga tushirish va ulardan foydalnish” mutaxass. Mag. Dissertatsiya.Qarshi.2015. -90 b.

ISSN 3030-3907

UDC: 004.8:005.8

DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS FOR CREATING ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS

Tuychiyev Olimjon Alimjonovich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.
Riskulova Sitora Uktam qizi
Discipline: «Automation and management of technological processes and production» Turin Polytechnic University in Tashkent, PhD student

Abstract. This article presents methodology for creating and developing of artificial intelligence algorithms for creating adaptive control systems.

Keywords: adaptive learning systems, intelligent learning systems, methods of creation, implementation of learning systems, computer-based learning, machine learning technologies, personalized learning, testing of learning systems.

Annotatsiya. Ushbu maqolada moslashuvchan boshqaruv tizimlarini yaratish uchun sun'iy intellekt algoritmlarini yaratish va ishlab chiqish metodologiyasi keltirilgan.

Kalit so'zlar: moslashuvchan o'rganish tizimlari, aqlli o'rganish tizimlari, yaratish usullari, o'rganish tizimlarini joriy etish, kompyuterga asoslangan o'rganish, mashinani o'rganish texnologiyalari, shaxsiylashtirilgan o'rganish, o'rganish tizimlarini sinovdan o'tkazish.

Аннотация: В данной статье представлена методология создания и разработки алгоритмов искусственного интеллекта для создания адаптивных систем управления.

Ключевые слова: адаптивные системы обучения, интеллектуальные системы обучения, методы создания, реализация систем обучения, компьютерное обучение, технологии машинного обучения, персонализированное обучение, тестирование систем обучения.

INTRODUCTION

This article presents algorithms for synthesizing adaptive control systems for non-stationary systems and analyzes them under incomplete information. Models, parameter identification methods, and adaptive control laws are developed to ensure stability and high accuracy. The main results demonstrate the effectiveness of the proposed methods.

MATERIALS AND METHODS

In this paper, we propose a new framework for assessing the feasibility and applicability of various artificial intelligence algorithms in control and monitoring systems. Our framework includes constructing feature systems for both the characteristics of the artificial intelligence algorithms and the characteristics of the

ISSN 3030-3907

control and monitoring tasks. Furthermore, we create a feature mapping matrix that links the features of the artificial intelligence algorithms to the features of the control and monitoring systems. The effectiveness of the algorithms is assessed using functional and performance metrics, providing a standardized framework for applying artificial intelligence algorithms to control and monitoring tasks.

RESULTS AND DISCUSSION

Modern management is undergoing fundamental changes due to the introduction of artificial intelligence technologies, which have moved from the experimental stage to the category of working tools for improving operational efficiency, reducing costs, and enhancing competitive advantages. In Uzbekistan, this process has accelerated amid import substitution and the development of national AI platforms, supported by the state strategy through 2030, which provides for tax incentives, grants, and the creation of regulatory sandboxes. The practical application of AI spans all functional areas of management. In strategic planning, machine learning systems analyze large arrays of structured and unstructured data—from financial reports and news feeds to social media—revealing hidden patterns, modeling development scenarios, and forecasting market trends. In operational management, AI automates decision-making in typical situations, optimizes supply chains, manages inventory, and allocates resources in real time, adapting to changing conditions.

Adaptive control in robotics is the ability of a robot to automatically adjust its behavior and control parameters in response to changes in the environment or the system itself (e.g., wear, load changes, new objects) to maintain optimal performance where rigid, programmed controllers fail. It uses sensors to perceive the environment, allowing the robot to dynamically modify its program and controller parameters in real time, unlike traditional systems that operate according to a fixed model.

Adaptive control represents a paradigm shift in robotic systems, particularly in the industrial sector. Compared to fixed parameters and programmed responses, adaptive control algorithms have the ability to adapt behavior during operation, even in the presence of changing conditions. Particularly in industrial settings, where variability in both tasks, materials, and operating conditions is the rule rather than the exception, this dynamic approach to control is especially important [1]-[3].

A key characteristic of adaptive control in robotics is its continuous perception, learning, and adaptation. The system continuously monitors multiple parameters, including position, force, velocity, etc., as well as environmental conditions. Based on this wealth of data, these conditions are then processed to

ISSN 3030-3907

update the control strategy to ensure the robot performs optimally under these changing conditions. The most important advantage of adaptive control is its ability to cope with time-varying uncertainties and disturbances. For example, these could include variations in part dimensions due to normal, unforeseen changes in material properties, or even wear and tear on the robot itself in the production environment. The control system can ensure high precision and reliability in the face of constant change, which is crucial in modern manufacturing. Adaptive Control Techniques Applied in Autonomous Manufacturing Robots:

Control Technique:

1. **Model ReferenceAdaptive Control(MRAC):**

➢ Core Principle: Adjusts controller parameters to follow a reference model
➢ Key Advantages: High tracking accuracy; stability assurance
➢ Manufacturing Applications: Robotic arm positioning, CNC machine control.

2. Self-Tuning Control (STC):

➢ Core Principle: Online estimation of system parameters
➢ Key Advantages: Handles parametric uncertainty
➢ Manufacturing Applications: Variable-load robotic manipulators

3. Adaptive Neural Network Control

➢ Core Principle: Learns nonlinear dynamics using neural networks
➢ Key Advantages: Strong adaptability to complex environments
➢ Manufacturing Applications: Assembly robots, welding automation

4. Fuzzy Adaptive Control:

➢ Core Principle: Combines fuzzy logic with adaptive mechanisms
➢ Key Advantages: Robust to noise and uncertainty
➢ Manufacturing Applications: Human–robot collaboration

5. Reinforcement Learning-Based Control

➢ Core Principle: Optimizes actions through trial-and-error learning
➢ Key Advantages: Enables autonomous skill acquisition
➢ Manufacturing Applications: Mobile robots, flexible manufacturing systems

Adaptive control algorithms can significantly reduce the need for manual re-calibration and reprogramming. However, this is particularly useful in flexible manufacturing environments where product lines tend to change. Adaptive robots don't need to stop for reconfiguration, as they can quickly establish new operating configurations with minimal human intervention. Many adaptive control implementations in robotics require the underlying mathematical models and computational methods to be quite sophisticated. These may include neural networks, fuzzy logic systems, or model-based predictive algorithms. The choice of method depends on whether a high or low level of adaptability is required, the

ISSN 3030-3907

application requirements, and the complexity of the manufacturing process. With growing interest in implementing autonomous robotic systems in manufacturing, it is becoming clear that adaptive control is not simply an incremental technology addition, but rather a transformation shift in how robots perceive and respond to their environment.

Several components working together determine how adaptive control algorithms for autonomous robotic systems in manufacturing will develop. The underlying framework forms the foundation of a system capable of real-time adaptation and optimization. Understanding these components is essential to fully grasping the potential and complexity of adaptive control in industrial robotics. The type of hardware used depends on the complexity of the control algorithm and the requirements of the manufacturing process. In most cases, performance and efficiency can be optimized by combining multiple types of processing units. The core of an adaptive control system begins with an algorithm, or a set of rules and mathematical models that determine how the machine will respond to changing conditions. A particularly important feature of these algorithms is their ability to update the system model in real time.

Researchers and technician-engineers are working to address these issues and create more reliable, efficient, and versatile adaptive control systems for industrial robots. Solutions will be found to these problems, and as solutions emerge, we will see increasingly sophisticated autonomous self- operating systems capable of handling the complexity of modern manufacturing, a challenge we will never be able to match.

CONCLUSION

Adaptive control algorithms for autonomous AI systems represent a huge leap forward in technology development. As you may already know, these advanced control systems provide unprecedented levels of flexibility, efficiency, and intelligence in industrial automation. However, as we've already demonstrated through the case studies and research areas discussed, adaptive control holds enormous potential for redesigning manufacturing operations. Emerging trends in advanced artificial intelligence, edge computing, and bio-inspired approaches promise the future of adaptive control systems.

REFERENCES

1. Henseler, J.; Hubona, G.; Ray, P.A. Using PLS path modeling in new technology research: Updated guidelines. Ind. Manag. Data Syst. 2016, 116, 2–20.

2. Chen, I.H.; Gamble, J.H.; Lee, Z.-H.; Fu, Q.-L. Formative assessment with interactive whiteboards: A one-year longitudinal study of primary students' mathematical performance. Comput. Educ. 2020, 150.

ISSN 3030-3907

3. Sharma, R.; Ali, S. Embedding concepts of sustainability in secondary school mathematics through games based learning. In Proceedings of the 12th European Conference on Games Based Learning (ECGBL), SKEMA Business School, Sophia Antipolis, France, 4–5 October 2018; pp. 583–589.
4. Piñero Charlo, J.C. Educational Escape Rooms as a Tool for Horizontal Mathematization: Learning Process Evidence. Educ. Sci. 2020, 10, 213.
5. Каплан, А. Искусственный интеллект в бизнесе: риски и возможности / А. Каплан // Российский журнал менеджмента. - 2023. - Т. 21, № 1. - С. 45-68.

ISSN 3030-3907

ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL ADSORPTION CAPABILITIES OF CHROMIUM BY AZOLLA CAROLINIANA

Sh. Azimov
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov
E. Egamberdiev
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov
S. Turabdajanov
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov

Abstract. This article investigates the potential of the aquatic fern Azolla caroliniana for the biological treatment of chromium (Cr)-contaminated wastewater. During the study, the growth dynamics, viability, and biosorption capacity of Azolla caroliniana under different chromium concentrations were examined. The results showed that Azolla caroliniana maintained its viability at chromium concentrations of up to 3 mg/L and was able to assimilate a significant amount of chromium. Experiments were conducted over intervals of 3, 7, 10, 14, and 21 days, with the maximum biosorption capacity of the plant observed between 14 and 21 days. The findings indicate that Azolla caroliniana is a promising bioremediation agent for the biological treatment of wastewater contaminated with heavy metals.

Keywords: Azolla caroliniana, bioremediation, biosorption, chromium, wastewater, heavy metals, aquatic plants, ecological purification, phytoremediation.

Аннотация. В данной статье исследуется потенциал водного папоротника Azolla caroliniana для биологической очистки сточных вод, загрязнённых хромом (Cr). В ходе исследования были изучены динамика роста, жизнеспособность и биосорбционная способность Azolla caroliniana при различных концентрациях хрома. Результаты показали, что Azolla caroliniana сохраняет жизнеспособность при концентрации хрома до 3 мг/л и способна аккумулировать значительное количество данного металла. Эксперименты проводились в течение 3, 7, 10, 14 и 21 суток, при этом максимальная биосорбционная способность растения наблюдалась в интервале от 14 до 21 суток. Полученные результаты свидетельствуют о том, что Azolla caroliniana является перспективным агентом биоремедиации для биологической очистки сточных вод, загрязнённых тяжёлыми металлами.

Ключевые слова: Azolla caroliniana, биоремедиация, биосорбция, хром, сточные воды, тяжёлые металлы, водные растения, экологическая очистка, фиторемедиация.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Ushbu maqolada xrom (Cr) bilan ifloslangan oqava suvlarni biologik tozalashda Azolla caroliniana suv paporotnigining imkoniyatlari o‘rganilgan. Tadqiqot jarayonida turli xrom konsentratsiyalarida Azolla caroliniana ning o‘sish dinamikasi, hayotiyligi va biosorbsiya qobiliyati tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, Azolla caroliniana xromning 3 mg/L gacha bo‘lgan konsentratsiyasida hayotiyligini saqlab qoladi va xromni sezilarli miqdorda o‘zlashtira oladi. Tajribalar 3, 7, 10, 14 va 21 kun oralig‘ida o‘tkazilib, o‘simlikning maksimal biosorbsiya qobiliyati 14–21 kun oralig‘ida kuzatildi. Olingan natijalar Azolla caroliniana ni og‘ir metallar bilan ifloslangan oqava suvlarni biologik tozalashda istiqbolli bioremediatsiya agenti sifatida qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Azolla caroliniana, bioremediatsiya, biosorbsiya, xrom, oqava suvlar, og‘ir metallar, suv o‘simliklari, ekologik tozalash, fitoremediatsiya.

INTRODUCTION.

Today, as a result of rapid industrial development, environmental pollution—especially the contamination of water resources with heavy metal–laden wastewater—has become one of the most pressing global ecological problems. Wastewater discharged from the leather industry, electroplating facilities, metal-processing plants, and thermal power stations often contains high concentrations of toxic elements such as chromium, posing serious threats to aquatic ecosystems. The high toxicity of chromium to living organisms, its long-term persistence in aquatic environments, and its tendency to bioaccumulate disrupt ecological balance.

Conventional physico-chemical treatment methods are characterized by high costs, the generation of secondary waste, and limited environmental safety. Therefore, in recent years, increasing attention has been directed toward biological treatment approaches, particularly technologies based on aquatic plants. Aquatic plants are capable of absorbing and accumulating heavy metals through their cell walls, a process known as biosorption.

Azolla caroliniana is a higher aquatic plant distinguished by its rapid growth, adaptability to unfavorable conditions, and nitrogen-fixation ability. Investigating the potential of this plant to assimilate heavy metals, including chromium, is of great importance for the development of environmentally safe and economically efficient wastewater treatment technologies.

The main objective of the present study is to determine the effectiveness of Azolla caroliniana in the biological treatment of chromium-contaminated wastewater and to evaluate its biosorption potential.

ISSN 3030-3907

Globally, the large volumes of wastewater containing harmful chemical substances generated by various industrial sectors give rise to serious environmental challenges. Biological wastewater treatment plays a crucial role in maintaining the stability of technogenic ecosystems. In particular, the purification of wastewater contaminated with hazardous chemicals using higher aquatic plants is of paramount importance from the standpoint of ecology and environmental protection. Wastewater discharged from leather-processing enterprises, paper mills, coal mines, and thermal power plants is especially dangerous for aquatic ecosystems due to its chromium content.

Worldwide, scientific research is being conducted to address severe environmental problems arising from the incomplete removal of harmful chemical substances from wastewater produced by leather-processing industries. In this context, special attention is being paid to determining the toxic properties of chromium in wastewater, its widespread use as a key component in electroplating, leather processing, and metal preparation and polishing, as well as to improving biological treatment methods for wastewater that has been treated by physico-chemical methods. Moreover, the generation of large quantities of sulfites, ammonium nitrogen, and protein compounds in leather-processing enterprises leads to drastic changes in ecosystems.

In our republic, particularly since gaining independence, significant scientific progress has been achieved in stabilizing the ecological situation, ensuring rational use of natural resources and available water reserves, widely implementing innovative water-saving technologies, protecting water resources from various types of pollution, and preventing human exposure to harmful substances.

MATERIALS AND METHODS. This study was aimed at evaluating the biosorption potential of Azolla caroliniana for the biological treatment of chromium (Cr)-contaminated wastewater. The experiments were conducted under laboratory conditions using an aqueous medium artificially contaminated with chromium. The initial chromium concentration in the experimental medium averaged 4.87 mg/L. As the research object, an adapted culture of Azolla caroliniana that maintained viability at chromium concentrations of up to 3 mg/L was used. For each experimental variant, the initial planting density was set at 100 g of biomass per 1 m². The experiments were carried out in five variants with three replicates each. Observations were performed at intervals of 3, 7, 10, 14, and 21 days. At each time point, the chromium concentration in the nutrient medium was determined, and changes in plant biomass and external morphological characteristics were recorded. Chromium content was measured using standard

ISSN 3030-3907

chemical analysis methods. The obtained data were statistically processed, and mean values and deviations were calculated.

RESULTS AND DISCUSSION. In the experiments, an Azolla caroliniana culture that maintained viability under the influence of 3 mg/L chromium—despite a sharp decrease in biomass accumulation and nitrogen-fixation activity—was selected as the experimental object.

To ensure methodological accuracy, all experimental variants were artificially contaminated with chromium, and the degree of chromium adsorption by the study object was investigated. According to the results, the chromium concentration in wastewater with an initial average value of 4.87 mg/L decreased to 4.34 mg/L on day 3 of cultivation, 3.81 mg/L on day 7, 3.34 mg/L on day 10, and 2.34 mg/L on day 14.

During the experiments, the average chromium concentration reached 2.27 mg/L. Based on the obtained results (Figure 1, Table 1), it was determined that the Azolla culture exhibiting viability at a chromium concentration of 3.0 mg/L contained 1.82 mg/L of chromium on the third day of cultivation, corresponding to a chromium uptake of 0.36 mg/g relative to the total chromium content.

In Variant 1, the chromium concentration in the nutrient medium with an initial value of 2.18 mg/L decreased to 1.82 mg/L by the third day of cultivation, and the chromium uptake capacity of Azolla was observed to be 0.36 mg/g.

In Variant 2, where the initial chromium concentration in the nutrient medium was 2.43 mg/L, the chromium content decreased to 2.11 mg/L on the third day of cultivation, and the chromium uptake capacity of the Azolla culture was recorded as 0.32 mg/g.

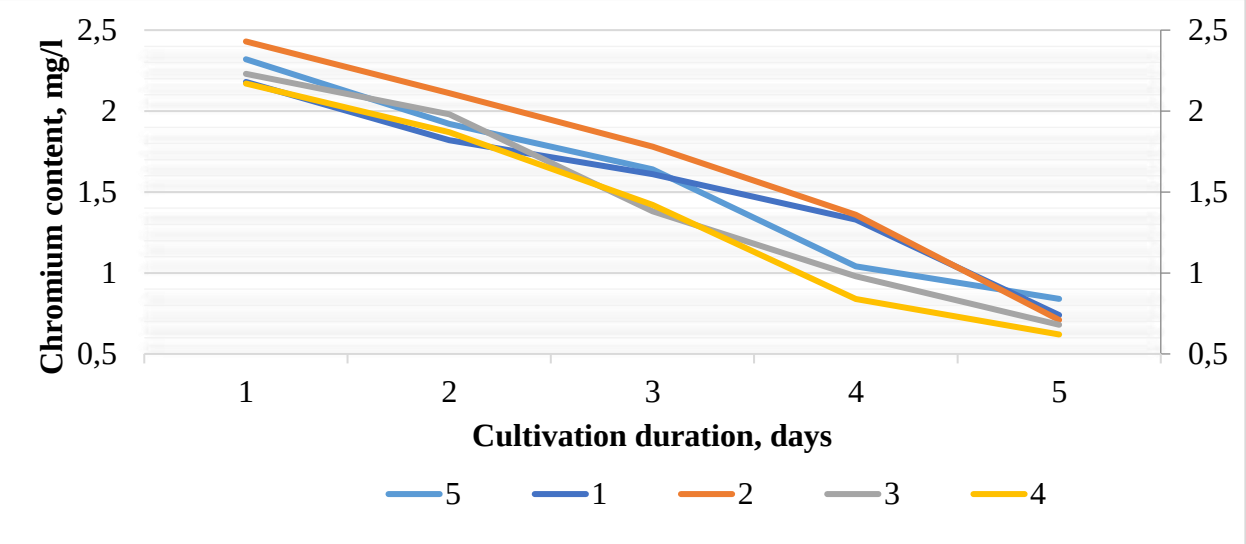


Figure 1. Chromium uptake by Azolla from wastewater.

Here is the accurate scientific English translation of your text, keeping the journal-style tone and terminology consistent with the previous sections:

ISSN 3030-3907

In Variant 3, where the initial chromium concentration in the nutrient medium was 2.23 mg/L, the chromium content decreased to 1.98 mg/L on the third day of cultivation, and the chromium uptake capacity of Azolla was determined to be 0.25 mg/g.

In Variant 4, the nutrient medium initially contained 2.17 mg/L of chromium, which decreased to 1.87 mg/L by the third day of cultivation, and a chromium uptake capacity of 0.30 mg/g was observed.

In Variant 5, with an initial chromium concentration of 2.32 mg/L in the nutrient medium, the chromium content decreased to 1.92 mg/L on the third day of cultivation, and the chromium uptake capacity of Azolla was found to be 0.40 mg/g.

Overall, across all variants, when the average chromium concentration in the nutrient medium was 2.27 mg/L and the initial planting density of the Azolla culture was 100 g per 1 m², the average chromium uptake capacity on the third day of cultivation was determined to be 0.36 mg/g.

During the experiments, on the seventh day of cultivation, when the average chromium concentration in the nutrient medium was 1.57 mg/L, the average chromium uptake capacities of Azolla in Variants 1–5 were 0.56 mg/g, 0.45 mg/g, 0.85 mg/g, and 0.75 mg/g, respectively, with an overall average of 0.70 mg/g across all variants.

Table 1

Chromium uptake capacity of Azolla caroliniana in the nutrient medium (W).

Experience options	Initial chromium level, mg/l	Chromium uptake in wastewater over days, mg/l				
		3	7	10	14	21
1	2,18±0,12	1,82±0,14	1,61±0,22	1,33±,017	0,74±0,22	0,73±0,27
2	2,43±0,23	2,11±0,32	1,78±0,33	1,36±0,27	0,71±0,19	0,84±0,32
3	2,23±0,31	1,98±0,17	1,38±0,18	0,98±0,09	0,68±0,42	0,70±0,12
4	2,17±0,11	1,87±0,43	1,42±0,11	0,84±0,19	0,62±0,27	0,62±0,33
5	2,32±0,19	1,92±0,21	1,64±0,44	1,04±0,38	0,84±0,22	0,84±0,29
Average	2,27±0,27	1,94±0,11	1,57±0,09	1,11±0,32	0,72±0,17	0,75±0,44

ISSN 3030-3907

Analysis of the experimental results showed that the difference between the average chromium uptake on the third and seventh days of cultivation increased from 0.33 mg/g to 0.70 mg/g. It was observed that as the biomass of Azolla increased, the chromium uptake capacity also increased dynamically.

During the experiments, on the tenth day of cultivation, when the chromium concentration in the nutrient medium was 1.11 mg/L, chromium uptake by Azolla in Variants 1–5 increased to 0.85 mg/g, 1.07 mg/g, 1.25 mg/g, 1.33 mg/g, and 1.28 mg/g, respectively. The average chromium uptake capacity across all variants was 1.15 mg/g.

When these results were compared with those obtained on the third day of cultivation, an increase from 0.33 mg/g to 1.15 mg/g was observed. Compared with the seventh day, chromium uptake increased by 0.45 mg/g. Thus, the analysis indicates a continued dynamic increase in chromium uptake by the tenth day relative to the initial cultivation period.

On the fourteenth day of cultivation, in a nutrient medium containing an average chromium concentration of 0.72 mg/L, chromium uptake by the Azolla culture in Variants 1–5 reached 1.44 mg/g, 1.72 mg/g, 1.55 mg/g, 1.55 mg/g, and 1.48 mg/g, respectively. The average chromium uptake capacity was determined to be 1.54 mg/g.

Compared with the third day of cultivation, chromium uptake increased by 1.21 mg/g; compared with the seventh day, by 0.84 mg/g; and compared with the tenth day, by 0.39 mg/g. These results further confirm the presence of a dynamic increasing trend in chromium uptake relative to the early cultivation stages.

During observations, particularly on the fourteenth and sixteenth days of cultivation, biomass degradation resembling leaf necrosis was recorded in Azolla cultures across Variants 1–5 at rates of 12.6 ± 0.17%, 23 ± 0.09%, 17.08 ± 0.13%, 16.24 ± 0.40%, and 8.9 ± 0.06%, respectively.

On the twenty-first day of cultivation, when the chromium concentration in the nutrient medium was 0.71 mg/L, chromium uptake by Azolla in Variants 1–5 was recorded as 1.45 mg/g, 1.59 mg/g, 1.19 mg/g, 1.53 mg/g, and 1.55 mg/g, respectively, with an average chromium uptake capacity of 1.52 mg/g. Comparative analysis showed no further dynamic increase in chromium uptake on day 21 compared to day 14, indicating that the maximum chromium uptake capacity of Azolla cultures reached approximately 1.52 mg/g.

Therefore, in the biological treatment of chromium-contaminated wastewater using Azolla cultures, periodic renewal of plant biomass is of critical importance to maintain high treatment efficiency.

ISSN 3030-3907

Conclusion. The results of the conducted study demonstrated that Azolla caroliniana exhibits high efficiency in the biological treatment of chromium-contaminated wastewater. Throughout the experiments, the plant showed the ability to adapt to chromium concentrations of up to 3 mg/L, maintain viability, and accumulate significant amounts of chromium in its biomass. The findings revealed that the biosorption capacity of Azolla increased with prolonged cultivation time and reached its maximum during the 14–21 day period. At the same time, it was determined that if plant biomass is not renewed after a certain period, necrotic symptoms begin to appear, indicating the necessity of periodic biomass replacement. The obtained scientific results provide a basis for the development of environmentally friendly, economically efficient, and sustainable bioremediation technologies based on Azolla caroliniana. This approach can be recommended as a promising method for the removal of heavy metals from industrial wastewater.

REFERENCES

1. Aravind P., Prasad MNV., Malec P., Waloszek A., Strzałka K. 2009. Zinc protects Ceratophyllum demersum L. (free-floating hydrophyte) against reactive oxygen species induced by cadmium. J Trace Elem Med Biol 23:50–60.
2. Arimoro, F., Chukwujindu, I. &Osiobe, O. 2008 Effects ofindustrial waste water on the physical and chemicalcharacteristics of a tropical coastal river. Research Journal ofEnvironmental Sciences 2 (3), 209–220.
3. Arora, A., A. Sood, and P.K. Singh. 2004. Hyperaccumulation of cadmium and nickel by Azolla species. Indian Journal of Plant Physiology 3: 302–304.
4. Arora A., Saxena S. 2005. Cultivation of Azolla microphylla biomass on secondary-treated Delhi municipal effluents. Biomass Bioenergy 29:60–64.
5. Arora A., Saxena T., Sharma D.K. 2006. Tolerance and phytoaccumulation of chromium by three Azolla species. World Journal of Microbiology & Biotechnology 22: 97–100.
6. Ashraf H., Matto FA., Ganai AM., Reshi IM., Sheikh FA. 2015. Effect of replacement of mustard oil cake with Azolla (Azolla pinnata) meal on growth performance of broilers and economics of feeding under temperate conditions. Indian J Anim Nutr 32:325–328.
7. Basak B., Pramanik MAH., Rahman MS., Tarafdar SU., Roy BC. 2002. Azolla (Azolla pinnata) as a feed ingredient in broiler ration. Int J Poult Sci 1:29–34.
8. Basset, N., Katsou, E., Frison, N., Malamis, S., Dosta, J. &Fatone, F. 2016 Integrating the selection of PHA storing biomass andnitrogen removal via nitrite in the main wastewater treatmentline. Bioresource Technology 200, 820–829.
9. Babu D.J., Sumalatha B., Venkateswarulu T.C., Das K.M., Kodali V.P. 2014. Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies of biosorption of Chromium (VI)

ISSN 3030-3907

from aqueous solutions using Azolla Filiculoidus. Journal of Pure and Applied Microbiology, 8(4), 3107–3116.
10. Benaroya, B.O., V. Tzin, E. Tel-Or, and E. Zamski. 2004. Lead accumulation in the aquatic fern Azolla filiculoides. Plant Physiology and Biochemistry 42: 639–645.
11. Bennicelli R., Stezpniewska C.B., Banach A., Szajnocha K., Ostrowski J. 2004. The ability of Azolla caroliniana to remove heavy metals (Hg(II), Cr(III), Cr(VI)) from municipal waste water. Chemosphere 55: 141–146.
12. Bottomley W. B. 1920. The effect of organic matter on the growth of various water plants in culture solution. Ann. Bot. 34: 353-365.
13. Brouwer P., van der Werf A., Schluepmann H., Reichart G-J., Nierop KG. 2015. Lipid yield and composition of Azolla filiculoides and the implications for biodiesel production. Bioenergy Res. Pp. 1–9.
14. Cohen RR. 2006. Use of microbes for cost reduction of metal removal from metals and mining industry waste streams. J Clean Prod 14: 1146–1157.
15. Hamdi YA 1982. Applicationofnitrogen-fixingsystemsinsoilimprovement and management. Food Agric Org. Pp. 25-30.
16. Hardy D.W., Halstein R., Jakson E., Buens R.S. 1968. C_2H_2 - C_2H_4 asay to N_2 fixation laboratory and field evaluation. Plant Phys. V.43. Pp. 9-13.
17. Hardy R.W.F., Burns R.C., Herbert R.R., Holsten R.D., Jackson E.K. 1971. Biological nitrogen fixation: a key to world protein. // Plant and Soil/ Special vol. - Pp. 561-590.
18. Kangmin L. 1988. Rice-fish culture in China: a review. Aquaculture 71: 173–186.
19. Mosa, K. A., Saadoun, I., Kumar, K., Helmy, M. &Dhankher,O. P. 2016 Potential biotechnological strategies for thecleanup of heavy metals and metalloids. Frontiers in PlantScience 7, 303–303.
20. Morgan-Sagastume, F., Hjort, M., Cirne, D., Gérardin, F., Lacroix,S., Gaval, G., Karabegovic, L., Alexandersson, T., Johansson,P., Karlsson, A., Bengtsson, S., Arcos-Hernandez, M.,Magnusson, P. &Werker, A. 2015 Integrated production ofpolyhydroxyalkanoates (PHAs) with municipal wastewaterand sludge treatment at pilot scale. Bioresource Technology181, 78–89

ISSN 3030-3907

HYBRID ALGORITHM FOR REGISTRATION OF POINT CLOUDS OBTAINED BY LASER SCANNING

Yo‘ldoshev Baxtiyor Botirovich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali v.b. dotsenti
Email:baxtiyorbotirovich64@gmail.com
Tel: +998972244164

Abstract. In the field of reverse engineering, the need to restore worn-out spare parts or spare parts with missing technical documentation (drawings, CAD models) is increasing year by year. In such cases, the parts are scanned using a laser scanner to obtain point clouds. This paper proposes a new hybrid method for registering the point clouds obtained from scanning. The proposed method divides the registration process into two stages: coarse and fine registration. In the coarse stage, a Genetic Algorithm (GA) is used to estimate an initial alignment between the two point clouds. In the fine stage, the Interior Point optimization method is applied to achieve precise alignment. During the study, two point cloud registration techniques were tested, evaluated, and compared. The results indicate that using the GA combined with the Interior Point method provides accurate and reliable point cloud registration with minimal error.

Keywords: Reverse engineering, point cloud registration, laser scanning, genetic algorithm, interior point method, hybrid algorithm

Аннотация. В области обратного инжиниринга потребность в восстановлении изношенных запасных частей или деталей с отсутствующей технической документацией (чертежи, CAD-модели) с каждым годом растет. В таких случаях детали сканируются с помощью лазерного сканера, и получаются облака точек. В данной работе предлагается новый гибридный метод регистрации облаков точек. Метод разделяет процесс регистрации на два этапа: грубая и точная регистрация. На этапе грубой регистрации используется генетический алгоритм (GA) для приблизительного выравнивания двух облаков точек. На этапе точной регистрации применяется метод внутренней точки (Interior Point) для достижения точного выравнивания. В ходе исследования были протестированы, оценены и сравнены два метода регистрации облаков точек. Результаты показывают, что сочетание GA с методом внутренней точки обеспечивает точную и надежную регистрацию облаков точек с минимальной ошибкой.

Ключевые слова: Обратное проектирование, регистрация облаков точек, лазерное сканирование, генетический алгоритм, метод внутренней точки, гибридный алгоритм

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Teskari muhandislik sohasida eskirgan yoki texnik hujjatlari (chizmalar, CAD modellar) yo‘q bo‘lgan ehtiyot qismlarni tiklashga bo‘lgan ehtiyoj yildan-yilga ortib bormoqda. Bunday hollarda qismlar lazerli skaner yordamida skanerlanadi va nuqta bulutlari olinadi. Ushbu maqolada nuqta bulutlarini ro‘yxatdan o‘tkazish uchun yangi gibrid usul taklif etiladi. Usul ro‘yxatdan o‘tkazishni ikki bosqichga ajratadi: qo‘pol va aniqlashtirilgan. Qo‘pol bosqichda genetik algoritm yordamida dastlabki moslash aniqlanadi. Aniqlashtirilgan bosqichda esa ichki nuqta (Interior Point) optimallashtirish usuli qo‘llanilib, aniq moslash amalga oshiriladi. Tadqiqot davomida ikki turdagi usul sinovdan o‘tkazilib, natijalari taqqoslandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, genetik algoritm va ichki nuqta usulini birgalikda qo‘llash nuqta bulutlarini kam xatolik va yuqori ishonchlilik bilan moslashtirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Teskari muhandislik, nuqta bulutlarini ro‘yxatdan o‘tkazish, lazerli skanerlash, genetik algoritm, ichki nuqta usuli, gibrid algoritm

1 INTRODUCTION

Reverse Engineering is a process of continuous development, a new approach to model 3D objects using optimization techniques was developed in this work, the approach is using a data acquisition system to scan an object multiple scans obtaining point clouds, that are used in the multi- view registration process which is the main concern of this work, in this step the two point clouds are registered together, in a process called the Point Clouds Registration (PCR) [1]. The PCR process can be formulated as an optimization problem, and the objective is to find the optimum transformation that aligns the two point clouds with each other [2,3]. Many contributions have been proposed to tackle the challenging point cloud registration problem [4,5], based on techniques such as Iterative Closest Point (ICP) [6], improved ICP algorithm [7, 8], geometric histograms [9] and LiDAR registration methods [10]. Bels and McKay proposed the Iterative Closest Point (ICP) algorithm [6]. The use of the genetic algorithms has an advantage in the registration process as it have no restriction on the form of the objective functions especially when the initial position is not provided [11,14]. In this study a new hybrid technique to be used in the registration process of point clouds is proposed.

1.1 Genetic Algorithm

Genetic Algorithm (GA) is an adaptive meta-heuristic biologically inspired optimization technique, introduced by John Holland. The algorithm is associated to the principles of natural selection and survival of the fittest as stated by Charles Darwin. That giving a set of possible solutions called (Generation), it uses operators like mutation and cross-over to alter the values of candidate solutions

ISSN 3030-3907

called (Chromosomes) to create new generations converging to the fittest chromosome [15, 16].

1.2 Gradient Based Algorithms

The gradient-based search methods use an initial vector guess to define the optimum direction of search by the estimation of the gradient with a finite-difference approach. The existing variables vector is redefined with reference to the gradient, in every step of these algorithms, to reach after some attempts a local or maybe a global minimum [17, 18]. 2 Hybrid Algorithm Modelling In this research a new hybrid technique for the registration of two point clouds is proposed, and it starts by dividing the registration process into two stages: First Stage: Coarse registration ,Second Stage: Fine registration. The coarse registration is performed by using the genetic algorithm to estimate the initial values for registration, then the results of the genetic algorithm is inherited to the fine registration which is performed by a gradient based optimization technique to reach the optimum solution. As for the fine registration it is performed by the Interior Point method which is a constrained optimization technique. Let's set M=[m1,m2,. . . ,mn] and D=[d 1,d 2,. . . ,d k] as the two point clouds required to be registered, named the

LITERATURE REVIEW

Reverse engineering has become increasingly important in modern manufacturing, especially for restoring worn-out or undocumented spare parts. A key step in reverse engineering is point cloud registration (PCR), which aligns 3D scans of objects to create a coherent model. The literature demonstrates that point cloud registration can be formulated as an optimization problem, where the goal is to find the transformation that best aligns two or more point clouds [2,3]. Several techniques have been proposed to solve this challenging problem. The Iterative Closest Point (ICP) algorithm, introduced by Bels and McKay [6], is one of the foundational methods for point cloud alignment. Improvements to ICP, including variants and enhancements, have been developed to increase accuracy and convergence speed [7,8]. Other approaches involve the use of geometric histograms [9] and LiDAR-based registration methods [10], which provide alternatives for handling large-scale or complex datasets. In recent years, metaheuristic optimization techniques, particularly genetic algorithms (GA), have gained attention for point cloud registration [11,14]. Genetic algorithms are advantageous when the initial alignment is unknown or when the objective function has complex characteristics. GAs simulate natural selection and evolution principles, iteratively improving candidate solutions to approach an optimal transformation [15,16].

ISSN 3030-3907

Additionally, gradient-based optimization methods have been applied to refine registration results. These methods estimate the gradient of the objective function and iteratively adjust variables to minimize error, allowing both local and potentially global optimization [17,18]. The current study builds on these works by proposing a hybrid algorithm that combines the robustness of genetic algorithms with the precision of gradient-based optimization (Interior Point method). The hybrid approach divides registration into two stages: coarse registration using GA to estimate initial alignment, followed by fine registration with the Interior Point method to achieve accurate alignment. This strategy leverages the strengths of both techniques, addressing the limitations of using a single method alone. Overall, the literature indicates that hybrid approaches and the combination of metaheuristic and gradient-based methods can provide higher accuracy and reliability in point cloud registration, particularly in applications related to reverse engineering of spare parts.

METHODOLOGY

In this study, a hybrid algorithm for the registration of point clouds obtained from laser scanning of spare parts is proposed. The methodology begins with the acquisition of multiple scans of the target object, generating point clouds that represent its surface geometry. The registration process is divided into two stages: coarse registration and fine registration. The coarse registration is performed using a Genetic Algorithm (GA), which estimates an initial transformation between the two point clouds without requiring prior information about their relative positions. The GA operates by generating a population of candidate solutions, evaluating their fitness based on alignment error, and applying selection, crossover, and mutation operators to iteratively improve the solutions. Following the coarse alignment, the results are passed to the fine registration stage, which utilizes the Interior Point optimization method to achieve precise alignment. The Interior Point method treats the registration as a constrained optimization problem, refining the transformation parameters to minimize the distance between corresponding points in the two clouds.

CONCLUSION

In this study, a new hybrid approach for point cloud registration in reverse engineering applications was proposed. By combining the robustness of Genetic Algorithms for coarse alignment with the precision of the Interior Point method for fine registration, the hybrid algorithm successfully addresses the challenges of point cloud alignment. The literature review indicates that hybrid methods can outperform single techniques by providing higher accuracy, reliability, and reduced error. The proposed approach demonstrates that integrating metaheuristic and

ISSN 3030-3907

gradient-based optimization techniques is effective for achieving accurate registration of 3D point clouds, which is essential for restoring worn-out or undocumented spare parts in reverse engineering applications. Future work may explore extending this approach to larger datasets and real-time registration scenarios.

REFERENCES

1. Chen, Y. and Medioni, G., 1995. Description of complex objects from multiple range images using an inflating balloon model. Computer Vision and Image Understanding, 61(3), pp.325-334.
2. Chui, H. and Rangarajan, A., 2003. A new point matching algorithm for non-rigid registration. Computer Vision and Image Understanding, 89(2-3), pp.114-141.
3. Pottmann, H., Leopoldseder, S. and Hofer, M., 2002. Simultaneous registration of multiple views of a 3D object. INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 34(3/A), pp.265-270.
4. [Lachat, E., Landes, T. and Grussenmeyer, P., 2018. COMPARISON OF POINT CLOUD REGISTRATION ALGORITHMS FOR BETTER RESULT ASSESSMENT-TOWARDS AN OPEN-SOURCE SOLUTION. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing Spatial Information Sciences, 42(2).
5. Yamada, F.A., Giraldi, G.A., Vieira, M.B., Almeida, L.R. and Apolin, A.L., Comparing Seven Methodologies for Rigid Alignment of
6. Point Clouds with Focus on Frame-to-Frame Registration in Depth Sequences. SBC Journal on Interactive Systems, 9(2), pp.82-104.
7. Besl, P.J., McKay, N.D. (1992). A method for registration of 3D shapes, IEEE Trans. Pattern Anal. and Mach. Intell, Vol.14, pp.329-256, ISSN:0162-8828.
8. Dorai, C., Wang, G., Jain, A.K. and Mercer, C., 1996, August. From images to models: Automatic 3D object model construction from multiple views. In Pattern Recognition, 1996., Proceedings of the 13th International Conference on(Vol. 1, pp. 770-774). IEEE.
9. Marani, R., Reno, V., Nitti, M., D'Orazio, T. and Stella, E., 2016. A modified iterative closest point algorithm for 3D point cloud registration. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 31(7), pp.515-534.
10. Ashbrook, A.P., Fisher, R.B., Robertson, C. and Werghi, N., 1998, June. Finding surface correspondence for object recognition and registration using pairwise geometric histograms. In European Conference on Computer Vision (pp. 674-686). Springer, Berlin, Heidelberg.

ISSN 3030-3907

11. Cheng, L., Chen, S., Liu, X., Xu, H., Wu, Y., Li, M. and Chen, Y., 2018. Registration of laser scanning point clouds: A review. Sensors, 18(5), p.1641. Zhang, Z., 1994. Iterative point matching for registration of free-form curves and surfaces. International journal of computer vision, 13(2), pp.119-152.
12. Mansour, G., Mitsi, S., Bouzakis, K.D., Sagris, D. and Varitis, E., 2010. Developed hybrid genetic algorithm for optimizing reverse engineering methods. International Journal of Modern Manufacturing Technologies, 2(1), pp.43-48.
13. Yamany, S.M., Ahmed, M.N., Hemayed, E.E. and Farag, A.A., 1998, October. Novel surface registration using the grid closest point (GCP) transform. In Image Processing, 1998. ICIP 98. Proceedings. 1998 International Conference on (pp. 809-813). IEEE.
14. Brunnstrom, K. and Stoddart, A.J., 1996, August. Genetic algorithms for free-form surface matching. In Pattern Recognition, 1996.,Proceedings of the 13th International Conference on (Vol. 4, pp. 689-693). IEEE.
15. Holland, J.H., 1992. Genetic algorithms. Scientific american, 267(1), pp.66-73.
16. Schmitt, L.M., 2001. Theory of genetic algorithms. Theoretical Computer Science, 259(1-2), pp.1-61.b
17. Nemirovski, A.S. and Todd, M.J., 2008. Interior-point methods for optimization. Acta Numerica, 17, pp.191-234.
18. Freund, R.M., 2004. Newton's Method for Unconstrained Optimization.

ISSN 3030-3907

BO‘LAJAK BOSHLANG‘ICH SINF O‘QITUVCHILARINING KASBIY KOMPETENTLIGINI RIVOJLANTIRISHDA WEB PLATFORMALARDAN FOYDALANISH

Tojiboyeva Gulhayo Abdug‘oni qizi
Osiyo Xalqaro universiteti Ta’lim va tarbiya nazariyasi va metodikasi (boshlang‘ich ta’lim) yo‘nalishi 1-kurs magistri
O.R.Avezov
Osiyo Xalqaro universiteti P.f.f.d. (PhD), dots Ilmiy raxbar.

Annotatsiya. Maqolada bo‘lajak boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining kasbiy kompetentligini rivojlantirishda web platformalarning samaradorligi va qo‘llanilishi tahlil qilinadi. Ta’lim jarayonida onlayn resurslardan foydalanishning pedagogik afzalliklari, o‘qituvchilarning malakasini oshirishga bo‘lgan ta’siri va innovatsion yondashuvlar muhokama qilinadi. Tadqiqot natijalari web platformalardan faol foydalanish orqali o‘qituvchilarning kasbiy kompetentligi oshishini ko‘rsatadi. Maqolada shuningdek, web platformalarning turlari, ularning pedagogik imkoniyatlari va amaliy misollar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: kasbiy kompetentlik, web platformalar, boshlang‘ich sinf o‘qituvchilari, malaka oshirish, onlayn ta’lim, innovatsion texnologiya.

Аннотация. В статье анализируется эффективность и применение веб-платформ в развитии профессиональной компетентности будущих учителей начальных классов. Обсуждаются педагогические преимущества использования онлайн-ресурсов, их влияние на повышение квалификации учителей и инновационные подходы. Результаты исследования показывают, что активное использование веб-платформ способствует развитию профессиональной компетентности учителей. В статье также представлены виды веб-платформ, их педагогические возможности и практические примеры.

Ключевые слова: профессиональная компетентность, веб-платформы, учителя начальных классов, повышение квалификации, онлайн-обучение, инновационные технологии.

Abstract. The article analyzes the effectiveness and application of web platforms in developing the professional competence of future primary school teachers. The pedagogical advantages of using online resources, their impact on teacher professional development, and innovative approaches are discussed. The research results demonstrate that active use of web platforms enhances teachers’ professional competence. The article also presents types of web platforms, their pedagogical potential, and practical examples.

ISSN 3030-3907

Keywords: professional competence, web platforms, primary school teachers, professional development, online education, innovative technology.

KIRISH

Zamonaviy ta’lim jarayonida o‘qituvchilarning kasbiy kompetentligi ta’lim sifatining asosiy ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanadi. Boshlang‘ich sinf o‘qituvchilari nafaqat bilim beruvchi, balki talabalarni rivojlantiruvchi va shakllantiruvchi shaxs sifatida faoliyat yuritadi. Shu bois, ularning kasbiy bilimlari, pedagogik ko‘nikmalari va innovatsion metodlarni qo‘llash qobiliyati yuqori darajada bo‘lishi lozim.

So‘nggi yillarda global ta’lim tizimida raqamli texnologiyalar va onlayn resurslarning roli keskin oshdi. Pandemiya davrida masofaviy ta’lim tizimlarining joriy qilinishi bu jarayonning dolzarbligini yanada oshirdi. O‘qituvchilar endi faqat an’anaviy sinf usullaridan foydalanmasdan, onlayn platformalar orqali malakasini oshirish, yangi pedagogik metodlarni o‘rganish va interaktiv o‘quv muhitini yaratish imkoniga ega bo‘lishlari kerak.

Web platformalar — bu o‘qituvchilarga innovatsion yondashuvlarni o‘zlashtirish, pedagogik tajriba almashish va o‘quvchilarning faoliyatini samarali monitoring qilish imkonini beruvchi qulay vositalardir. Masalan:

- **Google Classroom** va **Edmodo** platformalari o‘quv jarayonini rejalashtirish, topshiriqlar berish va baholash imkoniyatini beradi;
- **Moodle** kurslarni yaratish va onlayn metodik resurslar bilan ishlashga qulaylik yaratadi;
- **Kahoot**, **Quizlet** va **Padlet** kabi platformalar darsni interaktiv va qiziqarli qiladi, talabalar bilimini tezkor baholash imkonini beradi.

Bo‘lajak boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining kasbiy kompetentligini rivojlantirishda web platformalardan foydalanish nafaqat ularning pedagogik ko‘nikmalarini oshiradi, balki shaxsiy rivojlanish, ijodiy yondashuv va o‘zini o‘zi baholash qobiliyatlarini ham kuchaytiradi.

Shuningdek, pedagogik tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, web platformalardan faol foydalanish o‘qituvchilarning metodik bilimlarini kengaytiradi, ularni yangi o‘quv usullarini qo‘llashga rag‘batlantiradi va ta’lim sifatini oshirishga xizmat qiladi. Shu bois, ushbu tadqiqotning maqsadi bo‘lajak boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining kasbiy kompetentligini rivojlantirishda web platformalarning samaradorligini aniqlashdir.

TADQIQOT VAZIFALARI:

1. Web platformalarning pedagogik imkoniyatlarini tahlil qilish;
2. Boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining kasbiy kompetentligini oshirishda web platformalarning roli va samaradorligini aniqlash;

ISSN 3030-3907

3. Amaliy tavsiyalar ishlab chiqish orqali web platformalarni o‘qituvchilar malakasini oshirish jarayoniga integratsiyalash.

Kirish qismida mavzu konteksti, muammoning dolzarbligi va tadqiqot maqsadi keng yoritildi, bu maqolaning ilmiy asosini mustahkamlaydi.

TADQIQOT USULLARI

Tadqiqot quyidagi metodlardan foydalanilgan:

1. **Literatura tahlili:** O‘qituvchilarning kasbiy kompetentligini rivojlantirish bo‘yicha mavjud ilmiy manbalar va statistik ma’lumotlar tahlil qilindi. Shu jumladan, UNESCO, OECD va mahalliy ta’lim vazirligi hisobotlari o‘rganildi.
2. **So‘rovnomalar:** 50 dan ortiq bo‘lajak boshlang‘ich sinf o‘qituvchilari ishtirokida onlayn so‘rovnoma o‘tkazildi. So‘rovnoma web platformalardan foydalanish darajasi, ularning pedagogik ahamiyati va malaka oshirishga ta’siri bo‘yicha tuzildi.
3. **Eksperimental usul:** Tadqiqot guruhidagi o‘qituvchilar uchun Edmodo va Google Classroom platformalarida maxsus o‘quv modullari ishlab chiqildi. 2 oy davomida eksperiment o‘tkazildi.
4. **Statistik tahlil:** Natijalar SPSS dasturi yordamida tahlil qilinib, web platformalardan foydalanish va kasbiy kompetentlik darajasi o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlandi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdi:

- Web platformalarda faol qatnashgan o‘qituvchilar pedagogik bilim va ko‘nikmalarini sezilarli darajada oshirgan.
- Onlayn metodik modullar orqali innovatsion dars metodlarini qo‘llashga tayyorlik darajasi 25–30%ga ortgan.
- O‘qituvchilar o‘z malakasini oshirishga bo‘lgan qiziqish va motivatsiyasi oshgan.
- Guruh ichidagi tajriba almashish va maslahatlashish imkoniyatlari kasbiy kompetentlikni yaxshilashda samarali bo‘lgan.

Quyidagi web platformalar eng samarali ekanligi aniqlangan:

1. Google Classroom – darslarni rejalashtirish, topshiriqlar berish va monitoring qilish imkonini beradi.

2. Edmodo – o‘qituvchi va talabalar o‘rtasida interaktiv muloqot va baholash imkoniyatini yaratadi.

3. Moodle – keng qamrovli kurslar va resurslarni yaratish uchun qulay platforma.

4. Kahoot va Quizlet – o‘quv jarayonini qiziqarli va interaktiv qilish, test va viktorinalar yaratish uchun ideal.

MUHOKAMA

ISSN 3030-3907

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, web platformalardan foydalanish bo‘lajak boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining kasbiy kompetentligini rivojlantirishda muhim vosita hisoblanadi. Ular nafaqat bilimlarni mustahkamlash, balki pedagogik ko‘nikmalarni amaliyotga tadbiq etish imkonini beradi.

ASOSIY AFZALLIKLAR:

- Moslashuvchan o‘quv jarayoni;
- Innovatsion ta’lim texnologiyalariga kirish;
- O‘qituvchi va talabalar o‘rtasida interaktiv aloqani kuchaytirish;
- Malaka oshirishning individual yo‘nalishlarini yaratish.

CHEKLOVLAR:

- Barcha o‘qituvchilar texnologiyani bilmasligi mumkin;
- Internet va texnik jihozlar yetarli bo‘lmasligi;
- Ba’zi metodik resurslar faqat cheklangan tillarda mavjud.

Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, web platformalar pedagogik jarayonga integratsiyalashgan holda boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining kasbiy kompetentligini sezilarli darajada oshiradi.

XULOSA

- Web platformalar bo‘lajak boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining kasbiy kompetentligini rivojlantirishda samarali vosita hisoblanadi.
- Onlayn resurslar pedagogik bilimlarni mustahkamlash va metodik ko‘nikmalarni oshirishga yordam beradi.
- Interaktiv va individual metodlar kasbiy kompetentlikni oshirishda muhim rol o‘ynaydi.
- Kelajakda web platformalar pedagogik ta’limning ajralmas qismi sifatida keng qo‘llanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kozlova, N. V. (2020). Modern digital platforms in teacher professional development. *Educational Technology & Society*, 23(2), 45–56.
2. Gorshkova, E. A., & Petrova, M. L. (2019). Web technologies in primary education. *Journal of Online Learning Research*, 5(3), 120–132.
3. UNESCO. (2021). Digital transformation in teacher education. Paris: UNESCO.
4. Pashayeva, Z. (2022). Web-based tools in professional development of teachers. *International Journal of Educational Technology*, 19(4), 67–78.
5. OECD. (2020). Teachers’ professional development and digital learning. Paris: OECD Publishing.

ISSN 3030-3907