O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

TAHRIRIYAT HAY’ATI
Bosh muharrir: prof. Nabiyev D.H.
Bosh muharrir o‘rinbosari:
f.-m.f.d. Bekpulatov I.R.
Mas’ul kotib: dots. Ne’matova Y.O.
Tahririyat hay’ati a’zolari:
prof. Bahriddinova B.M.
prof. Yoziyev L.Y.
prof. Jabborov A.M.
prof. Jabborov X.J.
f.-m.f.d. Imomov A.A.
prof. Kamolov L.S.
prof. Normurodov M.T.
prof. Nurillayeva Sh.N.
p.f.d. Oripova N.X.
prof. Korotkov A.S.
prof. Ochilov A.O.
prof. Tojiyeva G.N.
prof. To‘rayev D.T.
prof. Umirzakov B.YE.
prof. Xayriddinov B.X.
prof. Xolmurodov A.E.
prof. Choriyev S.A.
prof. Shodiyev R.D.
prof. Shodmonov N.N.
prof. Erkayev A.P.
prof. Ernazarova G.X.
prof. Eshov B.J.
prof. Qo‘yliyev B.T.
prof. Bekmurodova G.H.
prof. Imanova G.T.
prof. Bobonazarov G‘.Y.
prof. Shukurov O.M.
prof. Yusupova A.SH.
f.f.d. Imomova G.M.
dots. Ro‘ziyev B.X.
dots. Eshqorayeva N.G‘.
dots. Hamrayeva Y.N.
dots. Rizayev B.X.
dots. Nashirova Sh.B.
f.f.f.d. Musayeva D.T.
prof. Tashatov A.K.
prof. Nabiyev G‘.A.
t.f.d.Qurbonov M.
prof. Diyorova M.
prof. Xurramov J.
dots.Rahmatullayev Y.
dots. Jabborov O.

2026
3(2)

QarDU xabarlari

Ilmiy-nazariy, uslubiy jurnal

Muassis: Qarshi davlat universiteti
Jurnal Qashqadaryo viloyati Matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2010.17.09 da № 14–061 raqamli guvohnoma bilan qayta ro‘yxatdan o‘tgan.

Musahhihlar:
Shodmonova D.E.
Tursunboyev B.N.
Pardayeva D.R.

Sahifalovchi:
Yuldoshev D.N.

Texnik muharrir:
Raxmatov M.

Jurnal O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining qarorlari bilan fizika-matematika, kimyo, biologiya, tarix, falsafa, siyosatshunoslik, filologiya, pedagogika-psixologiya va iqtisod fanlari bo‘yicha doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2009-yilda tashkil etilgan.

Yiliga 4 marta chop etiladi.

MUROJAAT UCHUN MANZIL:
Pochta manzili: 180003, Qarshi, Ko‘chabog‘,17.Qarshi davlat universiteti, Filologiya fakulteti binosi, 107-xona.
Telefon: 97-222-10-80
TelegramID:
https://t.me/Qardu_Xabarlari2024
Elektron pochta:qardu_xabarlari@mail.ru
Veb-sayt:
https://qarshidu.uz/oz/page/ilmiy-jurnal-NEW

Aniq fanlar

Jurnaldan olingan materiallarga “QarDU xabarlari” jurnalidan olindi”, degan havola berilishi shart. Mualliflardan kelgan materiallar egalariga qaytarilmaydi.

MUNDARIJA

FIZIKA-MATEMATIKA

Ziyodullayev B.I. Nochiziqli optik effektlar va ularning amaliy qo‘llanilishi: garmonika generatsiyasidan parametrik kuchaytirishgacha 4

Abduqaxxorov B.M. Uch o‘tishli Ag-n$Al_xGa_{(1-x)}As\pi GaAs$-Ag fotodiodi 9

Xayriddinov B.E., Utayev S.A., Ro‘ziyeva D.N. Quyosh energiyasidan foydalanuvchi issiqlik tizimlarini modellashtirish va optimallashtirish 13

Bozorov O.N. Insayderlik tahdidlariga bardoshli konfidensial matnlarni statistik-Bayes usullari asosida tasniflash 19

Zayniddinova D.X. The secondary residual of the renewal function under regularly varying inter-arrival tails 25

Atamuratov A.A., Bekchanov S.E. S-parabolik Shteyn ko‘pxilligining algebraik bo‘lishi haqida 34

Yangiboyev Z.Sh., Toshqulova D. Bir o‘lchovli giperbolik tipdagi kechikuvchi argumentli tenglama uchun teskari masala 40

Xolikov S.X., Xamroyev R.R. Bo‘lakli uzluksiz argumentli Volterra integral tenglamasining korrektligi 46

Shukurov A.M. G‘ovak-izotropik muhitli sferik qatlamda nostatsionar to‘lqin tarqalishi masalasining yechish algoritmi 50

KIMYO

Baratov J.M. Pistacia vera L. barglari va urug‘laridagi vitaminlar tarkibini HPLC usulida aniqlash 55

Jalilov A.A., Yodgorov Ch.G‘., Xoliqov T.S. Salitsil, antranil kislotalar hosilalari sintezi va biologik faolliklari 59

Tursunboyev A.Q., Maxmudov R.A., Ochilov A.A. SNK–2KEA–APTES asosidagi epoksili adgezion kompozitsiyalar olish hamda ularning fizik-mexanik xossalarini tadqiq qilish 65

Nabiyev D.A., Turayev X.X., Yulchiyeva F.K., Gaimov A.A., Djalilov A.T. Bimetall kobalt–kalsiy ftalosianinning sulfonlangan shaklining termik barqarorligi va parchalanish xususiyatlari 71

Aliyeva Z., Kattayev N., Akbarov Kh., Ernazarov D. Synthesis of Er and Yb-doped $NaYF_4$ quantum dots 74

Qiyomov Sh.N., Panjiyev B.B. Metall saqlagan uretan oligomerlarining olinishi va xossalari 78

Siddiqova Q.T. β-diketon va benzimidazol hosilasi asosidagi Ni(II) aralash ligandli kompleks birikmasining sintezi va fizik-kimyoviy tadqiqoti 84

Qiyomov Sh.N., Iqbolov Sh.P. Polietilen uchun faol metallorganik qo‘shimchalar olish texnologiyasining nazariy asoslari 88

Турсунов А., Эшмуродов Х. Каталитическое частичное окисление дизельного топлива GTL с использованием FeO_x/Al_2O_3. Модификация поверхности катализатора и ИК-спектроскопический анализ полученного продукта 94

Xakimova Z.M., Bozorova G.B. 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-onning sintezi 99

Toirova G.X., To‘rayev H.X., Ibragimov A.B., Bozorov L.U., Saidov D.Kh. Synthesis and single-crystal X-ray structural analysis of a new copper(I) complex with 1,10-phenanthroline and chloride 103

Toirova G.X., To‘rayev H.X., Ibragimov A.B., Bozorov L.U. 1,10-fenantroliniy nitrat monogidratining proton-transfer orqali supramolekulyar tashkil topishi: kristall tuzilishi, morfologiyasi va spektroskopik tavsifi 110

Qurbonov A.R., Kucharov A.A., Yusupov F.M., Yodgorov N., Maxkamov R.R., Sultonov S.B., Xalilov S.U. Mahalliy xomashyolar asosida qattiq sovun olish va uning sirt-faol xossalarini baholash 116

Saidova M.Q., Yo‘ldosheva N.M., Djurayev A.J., Esanov R.S. (2E)-3-(4-metoksifenil)prop-2-enalning imino hosilalari sintezi 121

Mamatova Sh.B., Qurbanov M.J., Hayitova D.Q. Chiqindi polietilenni modifikatsiyalash asosida olingan polimer materiallarining xossalarini o‘rganish 126

BIOLOGIYA

Qurbonov A.Sh., Mingishova Z.A. Bel-bo‘y nisbati bolalar va o‘smirlarda markaziy semizlik va kardiometabolik xavf indikatori 130

Samadova N.N. Homilador ayollar ovqatlanishida ma’danli moddalarning tutgan o‘rni 134

Avliyoqulova M.B., Raxmatullayev Yo.Sh., Shodmonova R.F. Yarim tayyor oziq-ovqat mahsulotlarida og‘ir metallarning miqdori va ularning inson organizmiga ta’siri 138

Mirzayev U.N., Narzullayev S.N. Zarafshon vodiysi sharoitida sabzavot ekinlari rizosferasidagi nematodalarning tuproq xossalariga ta’siri va populyatsiya dinamikasi 142

Ro‘ziyev Yu.S., Almamatov B., Qo‘shiyev H.H. Batat (Ipomoea batatas (L.) Lam.) navlarini in vivo sharoitga moslashtirishda tuproqning mineral tarkibi va NPK oziqlanish darajasining ahamiyati 146

Oripova B.B., Xo‘janazarova F.H., Rafiyeva F.U., Arslanova S.K., Kushanov F.N. G‘o‘za turlarida QTL xaritalash va in silico PZR tahlillari integratsiyasi 152

Muratbayeva B.J., Esimbetov A.T., Khushmatov Sh.S. Oq karrak (Silybum marianum L. Gaertn.) urug‘i ekstraktining 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil (DPPH) testida antiradikal/antioksidant faolligi tahlili 158

Ochilova M.X., Samatova Sh.A., Mardonov Sh.U. Qarshi shahri havosidagi Cladosporium sporalarining mavsumiy dinamikasi va ehtimoliy o‘choqlari 163

Ilyasov A.S., Jumanova N.E., Toshmamatov B.N. Turli stress va gipodinamiya fonidagi metabolik sindrom ta’sirida kalamushlar jigarida kuzatiladigan reaktiv o‘zgarishlar 167

Raxmonov F.X. Xitozan va quruq sut zardobi majmuasining Kobb-500 broyler jo‘jalarida so‘yim ko‘rsatkichlari va go‘shtning biologik qiymatiga ta’siri 171

Ismatillayeva G.M. Qoraqulduq kanalidagi kumush tovonbaliqning (Carassius gibelio (Bloch, 1782)) o‘sish xususiyatlari va reproduktiv biologiyasi 176

Toshov O‘.J., Umarova M.Yo. Qashqadaryo viloyati reptiliyalar gelmintlarining taraqqiyot sikli 181

Mirzayev U.N., Narzullayev S.N. O‘rta Zarafshon vohasi sabzavot ekinlari ildiz bo‘rtma nematodalarining taksonomik aniqlash va bioekologik xususiyatlari 185

Jangabayeva R.K., Raxmatullayev Yo.Sh. Nukus shahridagi oliy o‘quv yurtlarida tahsil olayotgan talabalarning ovqatlanish statusi 189

NOCHIZIQLI OPTIK EFFEKTLAR VA ULARNING AMALIY QO‘LLANILISHI: GARMONIKA GENERATSIYASIDAN PARAMETRIK KUCHAYTIRISHGACHA

Ziyodullayev Bekzod Ilxom o‘g‘li
O‘zekiston Milliy universiteti magistranti
bekzodforedu@gmail.com
ORCID 0009-0001-2148-5671
UDK 535.32:535.417:621.373.826

Annotatsiya. Maqolada nochiziqli optik effektlarning fizik asoslari, tasnifi va amaliy qo‘llanilishi tizimli tahlil qilingan. Muhitning nochiziqli qutblanishini qatorga yoyish asosida ikkinchi tartibli (garmonika generatsiyasi, chastotalarni qo‘shish va ayirish, parametrik jarayonlar, Pokkels effekti) va uchinchi tartibli (Kerr effekti, o‘z-o‘zidan faza modulyatsiyasi, to‘rt to‘lqinli aralashish, uyg‘onuvchi Raman va Brillyuen sochilishi) effektlar ketma-ket ko‘rib chiqilgan. Fazalarni moslashning ikki tovushnurli va kvazi-fazaviy usullari qiyoslangan. Optik parametrik generatorlar, kuchaytirgichlar hamda chirplangan impulslarni parametrik kuchaytirish (OPCPA) sxemalari alohida yoritilgan. Yuqori tartibli garmonikalar generatsiyasi va attosekundli impulslarni olish masalasi bayon etilgan. Nochiziqli materiallarning qiyosiy tavsifi berilib, lazer texnikasi, metrologiya, biotibbiy mikroskopiya, telekommunikatsiya va kvant texnologiyalaridagi amaliy qo‘llanilishi umumlashtirilgan.

Kalit so‘zlar: nochiziqli optika, ikkinchi garmonika generatsiyasi, fazalarni moslash, kvazi-fazaviy moslash, optik parametrik kuchaytirish, Kerr effekti, yuqori tartibli garmonikalar, lityum niobat, integral fotonika.

NONLINEAR OPTICAL EFFECTS AND THEIR PRACTICAL APPLICATIONS: FROM HARMONIC GENERATION TO PARAMETRIC AMPLIFICATION

Abstract. The paper analyses the physical foundations, classification and practical applications of nonlinear optical effects. Based on the expansion of the nonlinear polarisation of a medium, second-order effects (harmonic generation, sum- and difference-frequency mixing, parametric processes, the Pockels effect) and third-order effects (the Kerr effect, self-phase modulation, four-wave mixing, stimulated Raman and Brillouin scattering) are examined. Birefringent and quasi-phase-matching techniques are compared. Optical parametric oscillators, amplifiers and chirped-pulse amplification (OPCPA) schemes are discussed. High-harmonic generation and the production of attosecond pulses are described. Nonlinear materials are compared, and applications in laser engineering, metrology, biomedical microscopy, telecommunications and quantum technologies are summarised.

Key words: nonlinear optics, second-harmonic generation, phase matching, quasi-phase matching, optical parametric amplification, Kerr effect, high-order harmonics, lithium niobate, integrated photonics.

Kirish. Klassik optikaning asosiy farazi shundan iboratki, muhitning qutblanishi unga ta’sir etuvchi elektr maydon kuchlanganligiga chiziqli bog‘liq. Bu faraz kundalik yorug‘lik manbalari uchun juda yaxshi bajariladi, chunki ularning maydon kuchlanganligi atom ichidagi maydondan ($\approx 10^{11}$ V/m) bir necha tartib kichik. Lazerlarning yaratilishi vaziyatni tubdan o‘zgartirdi: fokuslangan lazer nurida maydon kuchlanganligi atom ichidagi maydon bilan taqqoslanadigan qiymatlarga yetadi va muhitning javobi chiziqlilikdan chetlashadi. Nochiziqli optikaning tug‘ilgan sanasi sifatida 1961-yil e’tirof etiladi — P. Franken va hamkasblari yoqut lazeri nurini kvars kristalidan o‘tkazib, ikkinchi garmonika generatsiyasini birinchi marta kuzatishgan [1].

Nazariy jihatdan hodisa muhitning qutblanishini maydon darajalari bo‘yicha qatorga yoyish orqali tavsiflanadi: $P = \varepsilon_0(\chi^{(1)}E + \chi^{(2)}E^2 + \chi^{(3)}E^3 + \ldots)$, bunda $\chi^{(n)}$ — n-tartibli nochiziqli sezuvchanlik tenzori. Har bir had o‘ziga xos fizik hodisalar sinfini keltirib chiqaradi va shu tariqa effektlarning tabiiy tasnifi hosil bo‘ladi. Nochiziqli o‘zaro ta’sirlarning umumiy nazariyasi J. Armstrong, N. Bloembergen va hamkasblarining klassik ishida ko‘rilgan [2]; unda energiya va impuls saqlanish qonunlaridan kelib chiqadigan fazalarni moslash sharti hamda Manli–Rou munosabatlari asoslangan.

Tadqiqotning maqsadi — nochiziqli optik effektlarni yagona fizik asosda tizimli tasniflash, garmonika generatsiyasidan parametrik kuchaytirishgacha bo‘lgan jarayonlar zanjirini ochib berish hamda ularning zamonaviy amaliy qo‘llanilishi va rivojlanish tendensiyalarini tahlil qilishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va tadqiqot metodologiyasi. Sohaning nazariy poydevori R. Boyd va Y. Shen monografiyalarida to‘liq bayon etilgan [3, 4]. Fazalarni moslash muammosining amaliy yechimlari P. Maker va R. Terhune ishlarida ko‘rsatilgan [5], kvazi-fazaviy moslashning sanoat texnologiyasiga aylanishi esa M. Fejer va R. Byer maktabining davriy qutblangan lityum niobat bo‘yicha ishlari bilan bog‘liq [6]. Parametrik kuchaytirishning ultraqisqa impulslar texnikasi bilan birlashuvi A. Dubietis va A. Piskarskas tomonidan taklif etilgan [7].

Tadqiqot metodologiyasi tizimli adabiyotlar sharhi prinsiplariga asoslanadi. Web of Science, Scopus, Optica Publishing Group, Science, Nature Portfolio, SPIE Digital Library va IEEE Xplore resurslari bo‘yicha “nonlinear optics”, “second harmonic generation”, “quasi-phase matching”, “optical parametric amplification”, “integrated nonlinear photonics”, “nonlinear metasurfaces” kalit so‘zlari bo‘yicha klassik asosiy ishlar hamda 2018–2026-yillarga oid zamonaviy nashrlar tanlab olindi.

Tahlil va natijalar.

Nochiziqli effektlarning fizik tasnifi

Nochiziqli sezuvchanlik qatorining ikkinchi hadi ($\chi^{(2)}$) faqat markaziy simmetriyaga ega bo‘lmagan kristallarda noldan farqli bo‘ladi — bu muhim tanlash qoidasi bo‘lib, ikkinchi tartibli effektlar uchun mumkin bo‘lgan materiallar doirasini keskin toraytiradi. Uchinchi tartibli sezuvchanlik ($\chi^{(3)}$) esa ixtiyoriy muhitda, jumladan, shishalar, suyuqliklar va gazlarda ham mavjud, shu bois tolali optikada aynan uchinchi tartibli effektlar hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Nochiziqli javobning kattaligi maydon amplitudasining tegishli darajasiga proporsional bo‘lgani uchun effektlarni kuzatish uchun yuqori intensivlik zarur: ikkinchi garmonika generatsiyasi uchun 10^6–10^9 Vt/sm², uchinchi tartibli effektlar uchun 10^9–10^{12} Vt/sm², yuqori tartibli garmonikalar uchun esa 10^{13}–10^{15} Vt/sm² tartibidagi qiymatlar talab etiladi.

1-jadval. Asosiy nochiziqli optik effektlarning tasnifi

Tartib	Effekt	Fizik natija	Asosiy qo‘llanilishi
$\chi^{(2)}$	Ikkinchi garmonika generatsiyasi (SHG)	$\omega + \omega \rightarrow 2\omega$	Yashil va UB lazerlar, mikroskopiya
$\chi^{(2)}$	Chastotalarni qo‘shish/ayirish (SFG/DFG)	$\omega_1 \pm \omega_2 \rightarrow \omega_3$	Spektroskopiya, IQ manbalar
$\chi^{(2)}$	Optik parametrik generatsiya (OPO/OPA)	$\omega_p \rightarrow \omega_s + \omega_i$	Sozlanuvchi manbalar, OPCPA
$\chi^{(2)}$	Pokkels effekti	Sindirish ko‘rsatkichi ~ E	Elektrooptik modulyator, Q-modulyator
$\chi^{(2)}$	Optik to‘g‘rilash	Past chastotali qutblanish	Teragertsli nurlanish generatsiyasi
$\chi^{(3)}$	Kerr effekti, SPM, XPM	Sindirish ko‘rsatkichi ~ I	Rejimlarni sinxronlash, solitonlar
$\chi^{(3)}$	To‘rt to‘lqinli aralashish (FWM)	$\omega_1 + \omega_2 \rightarrow \omega_3 + \omega_4$	To‘lqin uzunligini almashtirish, taroqlar
$\chi^{(3)}$	Uyg‘onuvchi Raman/Brillyuen sochilishi	Chastotaning siljishi	Tolali kuchaytirgich, lazerlar
Yuqori	Yuqori tartibli garmonikalar (HHG)	$\omega \rightarrow (2n+1)\omega$	Attosekundli impulslar, EUV manbalar

Ikkinchi garmonika generatsiyasi va fazalarni moslash

Ikkinchi garmonika generatsiyasi (SHG) — nochiziqli optikaning tarixan birinchi va amaliy jihatdan eng keng tarqalgan effekti. Uning samaradorligi kristall uzunligi, nurlanish intensivligi va nochiziqli koeffitsiyent d_eff bilan bir qatorda fazalar mos kelishi bilan belgilanadi. Dispersiya tufayli asosiy to‘lqin va garmonika turli fazoviy tezliklar bilan tarqaladi, natijada kristallning turli nuqtalarida hosil bo‘lgan garmonika to‘lqinlari bir-birini so‘ndiradi. Fazalar mos kelmaganda chiqish quvvati kogerentlik uzunligi $l_c = \pi/\Delta k$ davriyligi bilan tebranadi [5].

Muammoning birinchi yechimi — ikki tovushnurli (birefringent) fazaviy moslash: kristallning anizotropligidan foydalanib, oddiy va g‘ayrioddiy to‘lqinlarning sindirish ko‘rsatkichlari tenglashtiriladi. Bu usul sodda, ammo kristallning eng katta nochiziqli komponentasidan foydalanish imkonini bermaydi va nurning ketishi (walk-off) hodisasi bilan cheklanadi. Ikkinchi va bugungi kunda ustunlik qiluvchi yechim — kvazi-fazaviy moslash (QPM): nochiziqli koeffitsiyentning ishorasi kogerentlik uzunligiga teng davriylikda davriy ravishda o‘zgartiriladi, natijada fazalar farqi to‘planib qolmaydi. Davriy qutblangan lityum niobat (PPLN), PPKTP va PPLT kristallari shu tariqa yaratilgan [6]. QPM ning ustunliklari: eng katta nochiziqli koeffitsiyentdan foydalanish mumkin, walk-off yo‘q, ish to‘lqin uzunligi panjara davri va harorat orqali loyihalanadi.

Parametrik jarayonlar: OPO, OPA va OPCPA

Parametrik jarayonlarda yuqori chastotali nasos fotoni ikkita quyi chastotali fotonga — signal va xolostoy fotonlariga — parchalanadi, bunda $\omega_p = \omega_s + \omega_i$ sharti bajariladi. Chastotalarning aniq taqsimoti fazalarni moslash sharti bilan belgilanadi, shu bois kristall burchagini, haroratini yoki QPM panjarasining davrini o‘zgartirib, chiqish to‘lqin uzunligini keng diapazonda uzluksiz sozlash mumkin. Optik parametrik generator (OPO) rezonatorga joylashtirilgan nochiziqli kristalldan iborat bo‘lib, sozlanuvchi kogerent nurlanish manbayi sifatida ishlaydi; optik parametrik kuchaytirgich (OPA) esa mavjud zaif signalni bir o‘tishda kuchaytiradi.

Ushbu yondashuvning ultraqisqa impulslar texnikasidagi eng muhim natijasi — chirplangan impulslarni optik parametrik kuchaytirish (OPCPA) [7]. Unda impuls avval cho‘zilib, parametrik kuchaytirgichdan o‘tkaziladi va so‘ng qayta siqiladi — bu chirplangan impulslarni kuchaytirish (CPA) g‘oyasi bilan parametrik kuchaytirish afzalliklarining birlashuvidir [8]. OPCPA ning an’anaviy lazer kuchaytirgichlaridan asosiy ustunliklari: kuchayish polosasi juda keng (bir necha yuz nanometr), bu esa bir necha tebranish davriga teng impulslarni kuchaytirish imkonini beradi; parametrik jarayonda kristallda energiya yutilmaydi, shu bois issiqlik yuklamasi minimal; kuchaytirish faqat nasos impulsi mavjud bo‘lgan vaqt oynasida sodir bo‘ladi, natijada impulsdan oldingi fon (kontrast) sezilarli yaxshilanadi.

Uchinchi tartibli effektlar va superkontinuum

Uchinchi tartibli sezuvchanlik optik Kerr effektiga olib keladi: muhitning sindirish ko‘rsatkichi nurlanish intensivligiga chiziqli bog‘liq bo‘ladi ($n = n_0 + n_2 I$). O‘z-o‘zidan fokuslanishda nurning markaziy qismi chetlariga qaraganda katta sindirish ko‘rsatkichini “ko‘radi” va muhit induksiyalangan linza kabi ishlaydi — bu hodisa Kerr linzasi asosida rejimlarni sinxronlash (KLM) texnikasining asosi hisoblanadi. O‘z-o‘zidan faza modulyatsiyasi (SPM) impulsning o‘z fazasini modulyatsiya qilishiga va spektrning kengayishiga olib keladi [9]; aynan shu mexanizm ultraqisqa impulslarni post-kompressiya qilishning fizik asosini tashkil etadi.

SPM, to‘rt to‘lqinli aralashish, uyg‘onuvchi Raman sochilishi va dispersiyaning birgalikdagi ta’siri superkontinuum generatsiyasiga — tor spektrli impulsning bir necha oktavani qamrab oluvchi keng polosali kogerent nurlanishga aylanishiga olib keladi. Mikrostrukturali (fotonli-kristall) tolalarning yaratilishi bu jarayonni past energiyalarda ham amalga oshirish imkonini berdi [10]. Oktavani qamrab oluvchi superkontinuum optik chastota taroqlarining tashuvchi-o‘rov chastotasini f–2f usuli bilan barqarorlashtirish imkonini berdi va shu tariqa chastota metrologiyasida inqilob yasadi [11]. Uyg‘onuvchi Raman sochilishi tolali Raman kuchaytirgichlari va lazerlarining, uyg‘onuvchi Brillyuen sochilishi esa tor polosali filtrlar va tolali sensorlarning asosini tashkil etadi.

Yuqori tartibli garmonikalar va attosekundli impulslar

Nurlanish intensivligi 10^{14} Vt/sm² dan oshganda muhitning javobini qator bo‘yicha yoyish mumkin bo‘lmay qoladi va sifat jihatidan yangi hodisa — yuqori tartibli garmonikalar generatsiyasi (HHG) yuzaga keladi. Uning mexanizmi uch bosqichli model bilan tushuntiriladi: kuchli maydon ta’sirida elektron tunnel effekti orqali atomdan ajraladi, maydonda tezlashadi va maydon ishorasi o‘zgarganda ona ionga qaytib, ortiqcha energiyani yuqori energiyali foton ko‘rinishida chiqaradi. Natijada spektrda o‘nlab va yuzlab toq tartibli garmonikalardan iborat keng “plato” hosil bo‘ladi. HHG bugungi kunda attosekundli impulslarni va laboratoriya sharoitidagi ixcham ekstremal ultrabinafsha manbalarni olishning yagona amaliy yo‘li hisoblanadi [12].

Nochiziqli optik materiallar

Amaliyotda material tanlash quyidagi ko‘rsatkichlar muvozanatiga tayanadi: nochiziqli koeffitsiyent d_{eff}, shaffoflik diapazoni, optik shikastlanish chegarasi, fazalarni moslash imkoniyati, gigroskopiklik va o‘stirish texnologiyasining yetuklik darajasi. Ko‘rinuvchi va yaqin infraqizil diapazonda BBO, LBO va KTP kristallari, yuqori energiyali tizimlarda katta o‘lchamli KDP/DKDP, sozlanuvchi manbalarda PPLN va PPKTP, o‘rta infraqizil diapazonda esa ZGP, AGS va GaSe keng qo‘llaniladi.

2-jadval. Asosiy nochiziqli optik kristallarning qiyosiy tavsifi

Material	Shaffoflik diapazoni	d_{eff} (nisbiy)	Shikastlanish chegarasi	Asosiy qo‘llanilishi
KDP / DKDP	0,18–1,55 mkm	Past	Yuqori	Katta apertura, PV tizimlar
BBO	0,19–3,3 mkm	O‘rtacha	Yuqori	SHG, OPA, femtosekund

Material	Shaffoflik diapazoni	d_eff (nisbiy)	Shikastlanish chegarasi	Asosiy qo‘llanilishi
LBO	0,16–2,6 mkm	O‘rtacha	Juda yuqori	Yuqori o‘rtacha quvvat, SHG
KTP	0,35–4,5 mkm	Yuqori	O‘rtacha	Ixcham yashil lazerlar
PPLN	0,35–5,0 mkm	Juda yuqori	Past–o‘rtacha	OPO, DFG, QPM sxemalar
ZGP, AGS, GaSe	2–12 mkm	Yuqori	Past	O‘rta IQ va THz manbalar

Qo‘llanilish sohalari

Lazer texnikasida nochiziqli konversiya asosiy vosita hisoblanadi: infraqizil diapazondagi Nd:YAG va Yb-lazerlar nurlanishi ikkinchi, uchinchi va to‘rtinchi garmonikaga aylantirilib, yashil (532 nm) va ultrabinafsha (355, 266 nm) nurlanish olinadi; Pokkels effekti esa Q-modulyatsiya va impulslarni ajratish uchun ishlatiladi. Biotibbiy tadqiqotlarda ikki fotonli uyg‘otish mikroskopiyasi to‘qimalarga chuqurroq kirib borish va fotozararlanishni kamaytirish imkonini beradi [13]; SHG va THG mikroskopiyasi esa kollagen va lipid tuzilmalarini bo‘yoqsiz vizuallashtiradi.

Telekommunikatsiyada to‘rt to‘lqinli aralashish to‘lqin uzunligini almashtirish, fazaga sezgir kuchaytirish va butunlay optik signal qayta ishlash uchun ishlatiladi, Raman kuchaytirgichlari esa tolali liniyalarning taqsimlangan kuchaytirishini ta’minlaydi. Kvant texnologiyalarida spontan parametrik parchalanish (SPDC) chalkashgan foton juftliklarining asosiy manbayi bo‘lib qolmoqda [14]; siqilgan yorug‘lik holatlari esa gravitatsion to‘lqin detektorlarining sezgirligini standart kvant chegarasidan pastga tushirish imkonini bergan. Bundan tashqari, optik to‘g‘rilash asosida teragertsli nurlanish generatsiyasi xavfsizlik tizimlari va nodestruktiv nazoratda qo‘llaniladi.

Zamonaviy tendensiyalar

Sohaning eng kuchli zamonaviy tendensiyasi — nochiziqli optikaning integral fotonika platformasiga ko‘chishi. Yupqa plyonkali lityum niobat (thin-film lithium niobate, TFLN) texnologiyasi kuchli $\chi^{(2)}$ nochiziqlikni to‘lqin o‘tkazgichdagi yuqori maydon lokalizatsiyasi bilan birlashtirib, konversiya samaradorligini hajmli kristallarga nisbatan bir necha tartibga oshirdi [16]. Ushbu platformada elektrooptik modulyatorlar, chastota konvertorlari, OPO va kvant yorug‘lik manbalari yagona chipda birlashtirilmoqda [17]. Kremniy nitridi va lityum niobat mikrorezonatorlarida Kerr nochiziqligi asosida dissipativ solitonlar hosil qilinib, mikrometr o‘lchamli chastota taroqlari (mikrotaroqlar) yaratilmoqda [15]; so‘nggi ishlarda TFLN asosidagi elektr bilan nasoslanadigan soliton mikrotaroqlar namoyish etilgan [20].

Ikkinchi yo‘nalish — nochiziqli nanofotonika va metasirtlar. To‘lqin uzunligidan kichik o‘lchamli dielektrik nanorezonatorlarda Mi rezonanslari va bog‘langan uzluksiz holatlar (BIC) yordamida maydonni kuchaytirish orqali fazalarni moslash sharti umuman talab qilinmaydigan sharoitda garmonika generatsiyasiga erishiladi. Ushbu yondashuv chalkashgan foton juftliklarini generatsiya qiluvchi o‘ta ixcham manbalar yaratish imkonini bermoqda [18, 19]. Uchinchi tendensiya — yangi materiallar sinflari: ikki o‘lchovli materiallar (grafen, o‘tish metallari dixalkogenidlari, GaSe), organik kristallar (DAST, OH1) va epsilon-nolga yaqin (ENZ) muhitlar, ular rekord darajadagi nochiziqlik yoki noodatiy dispersiya xossalarini namoyish etadi.

Asosiy muammolar va istiqbollar

Sohaning eng jiddiy cheklovlari quyidagilardan iborat. Birinchidan, nochiziqli konversiya samaradorligi va shikastlanish chegarasi o‘rtasidagi ziddiyat: samaradorlikni oshirish uchun intensivlikni oshirish zarur, ammo bu material shikastlanishiga olib keladi. Ikkinchidan, yuqori o‘rtacha quvvatda kristallning issiqlik deformatsiyasi fazalarni moslash shartini buzadi — bu muammo kriogen sovitish va yuqori issiqlik o‘tkazuvchan materiallar (LBO, YCOB) orqali hal etilmoqda. Uchinchidan, o‘rta infraqizil va teragersli diapazonlar uchun sifatli, yirik o‘lchamli va arzon kristallarning yetishmasligi bu sohalarning rivojlanishini cheklaydi. To‘rtinchidan, integral platformalarda tolali tizimlar bilan ulanish yo‘qotishlari va ishlab chiqarish takrorlanuvchanligi hali yechilmagan texnologik masalalar bo‘lib qolmoqda.

Xulosa va takliflar. Birinchidan, nochiziqli optik effektlarning butun xilmaxilligi muhitning nochiziqli qutblanishini qatorga yoyish asosida yagona fizik tasnifga keltiriladi; $\chi^{(2)}$ va $\chi^{(3)}$ hadlari tegishli ravishda garmonika hamda parametrik jarayonlar va Kerr tipidagi hodisalarni

belgilaydi.

Ikkinchidan, barcha uch to‘lqinli o‘zaro ta’sirlarning amaliy samaradorligi fazalarni moslash masalasining yechimi bilan belgilanadi; kvazi-fazaviy moslash texnologiyasi ikki tovushnurli moslashning asosiy cheklovlarini (walk-off, koeffitsiyentlarni tanlashdagi cheklov) bartaraf etib, sohada ustun yondashuvga aylandi.

Uchinchidan, garmonika generatsiyasidan parametrik kuchaytirishgacha bo‘lgan zanjir yagona fizik asosga ega: har uch holatda ham energiya va impulsning saqlanish qonunlari amal qiladi, farq esa faqat to‘lqinlar orasidagi energiya oqimining yo‘nalishida.

To‘rtinchidan, sohaning zamonaviy rivojlanish vektori — hajmli kristallardan integral va nanofotonik platformalarga o‘tish.

Takliflar: nochiziqli konversiya tizimlarini loyihalashda material, fazalarni moslash sxemasi va issiqlik rejimini yagona optimallashtirish masalasi sifatida birgalikda hisoblash tavsiya etiladi; O‘zbekiston sharoitida ushbu yo‘nalishning eng istiqbolli qo‘llanilishlari — sozlanuvchi lazer manbalari asosidagi gaz tahlili va ekologik monitoring, optik telekommunikatsiya komponentlarini sinovdan o‘tkazish hamda ikki fotonli mikroskopiya asosidagi biotibbiy diagnostika hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Franken P.A., Hill A.E., Peters C.W., Weinreich G. Generation of optical harmonics // Physical Review Letters. — 1961. — Vol. 7, No. 4. — P. 118–119.

2. Armstrong J.A., Bloembergen N., Ducuing J., Pershan P.S. Interactions between light waves in a nonlinear dielectric // Physical Review. — 1962. — Vol. 127, No. 6. — P. 1918–1939.

3. Boyd R.W. Nonlinear Optics. 4th ed. — London: Academic Press, 2020. — 634 p.

4. Shen Y.R. The Principles of Nonlinear Optics. — New York: John Wiley & Sons, 1984. — 563 p.

5. Maker P.D., Terhune R.W., Nisenoff M., Savage C.M. Effects of dispersion and focusing on the production of optical harmonics // Physical Review Letters. — 1962. — Vol. 8, No. 1. — P. 21–22.

6. Myers L.E., Eckardt R.C., Fejer M.M., Byer R.L., Bosenberg W.R., Pierce J.W. Quasi-phase-matched optical parametric oscillators in bulk periodically poled $LiNbO_3$ // Journal of the Optical Society of America B. — 1995. — Vol. 12, No. 11. — P. 2102–2116.

7. Dubietis A., Jonušauskas G., Piskarskas A. Powerful femtosecond pulse generation by chirped and stretched pulse parametric amplification in BBO crystal // Optics Communications. — 1992. — Vol. 88, No. 4–6. — P. 437–440.

8. Strickland D., Mourou G. Compression of amplified chirped optical pulses // Optics Communications. — 1985. — Vol. 56, No. 3. — P. 219–221.

9. Alfano R.R., Shapiro S.L. Observation of self-phase modulation and small-scale filaments in crystals and glasses // Physical Review Letters. — 1970. — Vol. 24, No. 11. — P. 592–594.

10. Ranka J.K., Windeler R.S., Stentz A.J. Visible continuum generation in air-silica microstructure optical fibers with anomalous dispersion at 800 nm // Optics Letters. — 2000. — Vol. 25, No. 1. — P. 25–27.

11. Udem Th., Holzwarth R., Hänsch T.W. Optical frequency metrology // Nature. — 2002. — Vol. 416, No. 6877. — P. 233–237.

12. Krausz F., Ivanov M. Attosecond physics // Reviews of Modern Physics. — 2009. — Vol. 81, No. 1. — P. 163–234.

13. Denk W., Strickler J.H., Webb W.W. Two-photon laser scanning fluorescence microscopy // Science. — 1990. — Vol. 248, No. 4951. — P. 73–76.

14. Kwiat P.G., Mattle K., Weinfurter H., Zeilinger A., Sergienko A.V., Shih Y. New high-intensity source of polarization-entangled photon pairs // Physical Review Letters. — 1995. — Vol. 75, No. 24. — P. 4337–4341.

15. Kippenberg T.J., Gaeta A.L., Lipson M., Gorodetsky M.L. Dissipative Kerr solitons in optical microresonators // Science. — 2018. — Vol. 361, No. 6402. — Art. eaan8083.

16. Zhu D., Shao L., Yu M. et al. Integrated photonics on thin-film lithium niobate // Advances in Optics and Photonics. — 2021. — Vol. 13, No. 2. — P. 242–352.

17. Boes A., Chang L., Langrock C. et al. Lithium niobate photonics: Unlocking the electromagnetic spectrum // Science. — 2023. — Vol. 379, No. 6627. — Art. eabj4396.

18. Sharapova P.R. et al. Nonlinear dielectric nanoresonators and metasurfaces: Toward efficient generation of entangled photons // Laser & Photonics Reviews. — 2023. — Vol. 17. — Art. 2200408.

19. Pan C. et al. Resonant metasurface-enabled quantum light sources for single-photon emission and entangled photon-pair generation // Nanophotonics. — 2025. — DOI: 10.1515/nanoph-2025-0196.

20. Lv X. et al. Electrically pumped soliton microcombs on thin-film lithium niobate // Nanophotonics. — 2025. — DOI: 10.1515/nanoph-2025-0510.

UCH O‘TISHLI Ag-nAlxGa$_{(1-x)}$AsπGaAs-Ag FOTODIODI

B.M. Abduqaxxorov
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi S.A. Azimov nomidagi Fizika-texnika institutining kichik ilmiy xodimi
bahodir.abduqaxxorov.92@mail.ru
ORCID 0009-0002-0932-0281
UDK 621.383.4:621.315.592

Annotatsiya. Ushbu ishda suyuq fazali epitaksiya usuli yordamida tayyorlangan Ag-nAl$_x$Ga$_{(1-x)}$As-πGaAs-Ag uch o‘tishli geterofototuzilmaning elektr va spektral fotoelektrik xossalari tadqiq etildi. Tuzilma metall-yarimo‘tkazgich kontaktlari hamda nAl$_x$Ga$_{(1-x)}$As/πGaAs geteroo‘tishidan tashkil topgan ko‘p baryerli tizim sifatida qaraladi. Namunalarning tok-kuchlanish xarakteristikalari turli qutblanish sharoitlarida o‘lchanib, tok o‘tish jarayonining nochiziqli va asimmetrik xususiyatga ega ekani aniqlandi. Spektral fototok zichligi tahlili asosiy fotojavob maksimumi 0.85-0.90 mkm sohada, qo‘shimcha keng maksimum esa 1.2-1.5 mkm oralig‘ida shakllanishini ko‘rsatdi. Tashqi kuchlanish ortishi bilan fototokning kuchayishi ichki elektr maydonning fotogeneratsiyalangan zaryad tashuvchilarni ajratish va elektrodlarga yig‘ishdagi muhim rolini tasdiqlaydi. Olingan natijalar Ag-nAl$_x$Ga$_{(1-x)}$As-πGaAs-Ag strukturasining yaqin infraqizil diapazonda ishlovchi fotodetektorlar uchun istiqbolli ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Ag-nAlxGa$_{(1-x)}$AsπGaAs-Ag; geterofototuzilma; suyuq fazali epitaksiya; elektr transporti; tok-kuchlanish xarakteristikasi; spektral fototok; ichki elektr maydon; yaqin infraqizil fotodetektor

THREE-JUNCTION AG-NAL$_x$GA$_{(1-X)}$AS-ΠGAAS-AG PHOTODIODE

Abstract. The electrical and spectral photoelectric properties of a three-junction Ag-nAl$_x$Ga$_{(1-x)}$As-πGaAs-Ag heterophotostructure fabricated by liquid phase epitaxy were investigated. The structure is considered as a multi-barrier system formed by metal-semiconductor contacts and an nAl$_x$Ga$_{(1-x)}$As/πGaAs heterojunction. Current-voltage characteristics measured under different bias polarities revealed nonlinear and asymmetric charge transport. The spectral photocurrent density showed a dominant photoresponse maximum in the 0.85-0.90 μm range and a broader secondary maximum in the 1.2-1.5 μm region. The increase in photocurrent with applied voltage confirms the role of the internal electric field in separating and collecting photogenerated charge carriers. The structure is promising for near-infrared photodetectors.

Key words: Ag-nAl$_x$Ga$_{(1-x)}$As-πGaAs-Ag; heterophotostructure; liquid phase epitaxy; electrical transport; current–voltage characteristics; spectral photocurrent; internal electric field; near-infrared photodetector.

1. Kirish. Optik aloqa va yuqori tezlikdagi signalni qayta ishlash tizimlarining jadal rivojlanishi qorong‘ilik toki kichik, sezgirligi yuqori va ishchi kuchlanish diapazoni keng bo‘lgan fotodetektor talab etmoqda [1,2]. Galliy arsenid (GaAs) asosidagi metall-yarimo‘tkazgich-metall (MYaM) fotodetektorlar kichik sig‘im va tezkor javob kabi o‘ziga xos afzalliklarga ega. Biroq ularning ishlash samaradorligi ko‘pincha Shottki baryeri balandligining nisbatan kichikligi bilan cheklanadi, bu esa qorong‘ilik tokning ortishiga olib keladi [5]. Bundan tashqari, GaAs da sirt holatlari zichligining yuqoriligi sirt bo‘ylab sizib o‘tuvchi toklarning yuzaga kelishiga sabab bo‘lib, natijada sezgirlik yanada pasayadi [6,7].

Ko‘chkisimon fotodiodlar**,** p-i-n fotodiodlar hamda ichki kuchaytirish mexanizmlariga ega fototranzistorlar yuqori tezkorlik va yuqori sezgirlik talab etiladigan qo‘llanmalarda keng foydalaniladi [7]. Bunday qurilmalar, shuningdek, murakkab funksional imkoniyatlarni ta’minlash maqsadida noan’anaviy rejimlarida ham ishlashi mumkin [8].

Ultrabinafsha va ko‘rinadigan spektr sohalari (200÷900 nm) uchun fotodetektorlar odatda GaP, GaAsP va GaAs kabi birikmali yarimo‘tkazgichlar asosida tayyorlanadi [9-10]. Metall-yarimo‘tkazgich chegaralarining xossalarini boshqarish uchun Au [11], Pt [12], Ni [13] va Cu [14] kabi turli kontakt metallari qo‘llaniladi.

So‘nggi yillarda qorong‘ilik tokni kamaytirish va qurilma samaradorligini oshirishga qaratilgan bir qator yondashuvlar taklif etildi. Ular qatoriga modifikatsiyalangan Shottki kontaktlari**,** ikki baryerli geterotuzilmalar kiradi [15-16]. Ko‘p baryerli tizimlarda tokning alohida o‘tishlar tomonidan ketma-ket cheklanishi teshilish jarayonlarini samaraliroq boshqarish hamda sizib o‘tish toklarini kamaytirish imkonini beradi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri taqiqlangan zona, yuqori elektron harakatchanlik va metal-yarimo‘tkazgich chegarasining barqaror hosil bo‘lishi sababli GaAs fotodetektor va fotoelektrik qurilmalar uchun eng istiqbolli birikmali yarimo‘tkazgichlardan biri bo‘lib qolmoqda [5,16].

Biroq ushbu yutuqlarga qaramay, adabiyotlarda keltirilgan ko‘pchilik MYaM va geterotuzilma qurilmalar nanotuzilmalash, plazmonik kuchaytirish yoki murakkab epitaksial texnologiyalarga asoslanadi. Shunga qarama-qarshi ravishda, suyuq fazali epitaksiya usulida

tayyorlangan klassik ko‘p baryerli m-p-n-m strukturaliy elektrofizik xossalari hali tizimli ravishda yetarlicha o‘rganilmagan.

Xususan, p-qatlam qalinligini boshqarishning baryerlararo bog‘lanishga hamda yuqori elektr maydonlarida zaryad tashish rejimlarining almashinishiga ko‘rsatadigan ta’siri tajriba yo‘li bilan to‘liq aniqlashtirilmagan.

Ushbu ishning asosiy maqsadi keng spektrli yarimo‘tkazgichli fototuzilmalar uchun bazaviy konstruktiv yechimlar hamda ularni tayyorlash texnologiyalarini ishlab chiqish, tajriba namunalarini yaratish va ularning fotoelektrik hamda zaryad tashish xossalarini belgilovchi mexanizmlarni aniqlashdan iborat. Shu maqsadda suyuq fazali epitaksiya usuli bilan uch baryerli GaAs asosidagi m-p-n-m tuzilmalar tayyorlandi va ularning yuqori elektr maydon sharoitidagi transport mexanizmlari volt-amper xarakteristikalari asosida qiyosiy ravishda tahlil qilinadi.

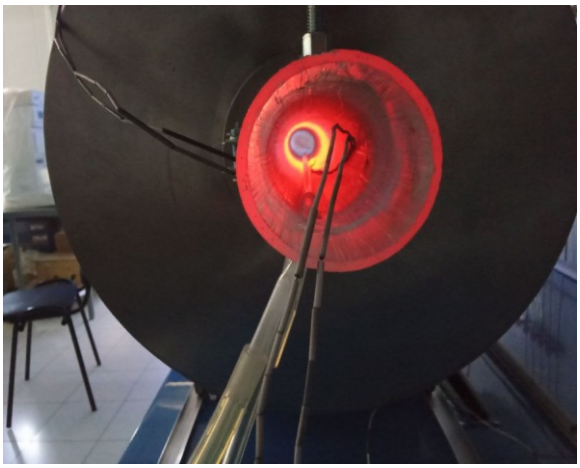
2. Tadqiqot metodologiyasi.

2.1 Epitaksial qatlam o‘stirish

Laboratoriya sharoitida yaratilgan suyuq fazali epitaksiya (SFE) qurilmasi yordamida GaAs tagligi yuzasiga qatlamlar o‘stirildi (1-rasm). Qatlamlar suriluvchi mexanizmiga ega grafit qayiqcha tizimi yordamida o‘stirildi. O‘stirish jarayoni tozalangan vodorod (H_2) muhitida amalga oshirildi. Kristallanish taxminan 860 °C da boshlandi, sovitish tezligi esa 0.33-0.4 °C/min oralig‘ida qat’iy nazorat qilindi. Bunday sekin sovitish rejimi eritmada barqaror o‘ta to‘yinish holatini ta’minlab, qatlamlarning bir tekis shakllanishiga yordam berdi. p-tipli qatlamlar esa Ga + pGaAs: Zn + Al eritmalaridan hosil qilindi. O‘stirish davomiyligi $\Delta t_n = 1.7 \times 2^n$ ($n = 1 \div 4$) munosabatiga muvofiq belgilandi. Epitaksial qatlamlardagi legirlovchi kiritmalar konsentratsiyasi kamida 2×10^{15} sm^{-3} ni tashkil etdi; Zn bilan legirlangan manbalarda esa taxminan 5×10^{17} sm^{-3} ga yetdi.



a)



b)

1-rasm. a) Suyuq fazali epitaksia qurilmasi. b) Suyuq fazali epitaksia qurilmasini ishchi holatidagi pechkasi.

p-qatlamning ataylab yupqa qilib shakllantirilishi yuqori elektr maydon ta’sirida qo‘shni fazoviy zaryad sohalarining o‘zaro qo‘shilishiga qulay sharoit yaratadi, natijada esa zaryad tashishning ustun mexanizmi o‘zgaradi.

2.2 Elektr kontaktlarni olish

Namuna yuzasiga metall kontaktlar vakuumda bug‘latish usuli bilan yotqizildi. Yuqori epitaksial qatlam yuzasida qalinligi taxminan 70 Å bo‘lgan yarim shaffof to‘g‘rilovchi Ag kontakt hosil qilindi. Taglikning orqa tomoniga ham xuddi shunday qalinlikdagi yarim shaffof metall qatlam yotqizildi. Bunday simmetrik metall–yarimo‘tkazgich chegaralari markaziy p-n o‘tish bilan birgalikda uch baryerli m-p-n-m konfiguratsiyasini hosil qiladi. O‘ta yupqa yarim shaffof kontaktlar zaryad tashuvchilar injeksiyasini saqlagan holda elektr maydonning samarali qayta taqsimlanishini ta’minlaydi. Qurilmaning faol yuzasi 2-25 mm^2 oralig‘ida bo‘lib, ayrim namunalar 1×1 cm^2 gacha tayyorlandi. p-tipli baza qalinligi 350 mkm, epitaksial qatlam qalinligi esa 1.2-2 mkm ni tashkil etdi.

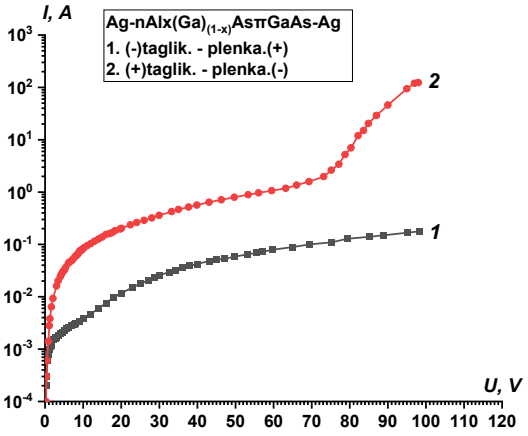
2.3 O‘lchash usuli

Tajribalar davomida namunaga berilayotgan tashqi kuchlanish ma’lum diapazonda bosqichma-bosqich o‘zgartirildi va hosil bo‘lgan tok qiymatlari yuqori aniqlikdagi o‘lchash tizimi yordamida qayd etildi.

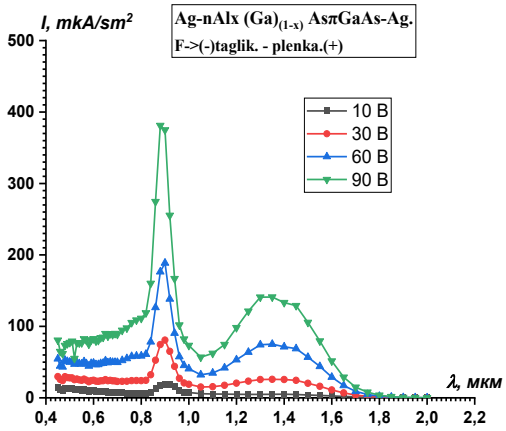
Optik o‘lchashlarda yorug‘lik manbayi sifatida TRU-1100-2350 turidagi akkor chiroqdan foydalanildi. Chiroq nurlanishidan kerakli spektral diapazonni ajratib olish uchun ZMR-1 monoxromatori qo‘llanildi, bu esa namunaning turli to‘lqin uzunliklaridagi fotojavobini aniqlash imkonini berdi. Fototok signallarini o‘lchash va elektr parametrlarni qayd etishda Keithley 2460 SourceMeter qurilmasidan foydalanildi.

Barcha tajribalar xona haroratida va normal atmosfera bosimi sharoitida olib borildi.

3. Natijalar va muhokama. Olingan natijalar Ag-nAlxGa$_{(1-x)}$AsπGaAs-Ag strukturaning fotoelektrik va spektral xarakterstiklarni mos ravishda 3-4 rasmda ko‘rsatilgan.



3-Rasm. Ag-nAlxGa$_{(1-x)}$AsπGaAs-Ag strukturaning qarama-qarshi qutblanishlardagi volt-amper xarakteristikalari.



4-Rasm. Ag-nAlxGa$_{(1-x)}$AsπGaAs-Ag strukturaning turli tashqi kuchlanishlardagi spektral fototok zichligi xarakteristikalari.

Volt-amper xarakteristikalarida kuzatilgan yaqqol nochiziqlilik va qutblanishga bog‘liq asimmetriya tuzilma ichidagi elektr maydonning tashqi kuchlanish yo‘nalishiga qarab turlicha qayta taqsimlanishini bildiradi (3-rasm). Bir qutblanish rejimida yuqori kuchlanishlar sohasida tokning keskin ortishi metal-yarimo‘tkazgich va geteroo‘tish chegaralarida samarali baryer balandligining kamayishi bilan bog‘liq bo‘lib, natijada maydon ta’sirida kuchaygan zaryad tashish jarayoni ustunlashadi. Qarama-qarshi qutblanishda tokning nisbatan kichik bo‘lishi esa tok o‘tish jarayonining baryer bilan kuchliroq cheklanishini ko‘rsatadi.

Spektral fototok zichligi xarakteristikalarida asosiy maksimumning 0.85-0.90 mkm sohada joylashishi fotojavobning asosan GaAs qatlamining yutilish sohasi bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi (4-rasm). Shu bilan birga, 1.2-1.5 mkm oralig‘ida kuzatilgan nisbatan keng ikkilamchi maksimum getero chegara holatlari, lokal energetik sathlar yoki defektlar ishtirokidagi qo‘shimcha optik o‘tishlar mavjudligini ko‘rsatishi mumkin. Tashqi kuchlanish ortishi bilan fototokning muntazam ravishda oshib borishi ichki elektr maydonining fototokni hosil qiluvchi zaryad tashuvchilarni samarali ajratish va elektrodlarga yig‘ishdagi muhim rolini tasdiqlaydi. Mazkur natijalar fotojavobning nafaqat materialning spektral yutilish xossalari, balki baryer profili va elektr maydoni ta’siridagi transport jarayonlari bilan ham belgilanadi.

4. Xulosa va takliflar. Tadqiq etilgan Ag–nAl$_x$Ga$_{(1-x)}$As–π–GaAs–Ag strukturasida fotoelektrik javobning shakllanishida materialning optik yutilish xossalaridan tashqari, ichki elektr maydoni, geterochegara holatlari hamda baryerlararo o‘zaro ta’sir ham muhim rol o‘ynashi ko‘rsatildi. Aniqlangan qonuniyatlar ko‘p qatlamli yarimo‘tkazgich fototuzilmalarni loyihalashda qatlam qalinligi, kontakt xossalari va tashqi kuchlanish rejimini maqsadli ravishda tanlash zarurligini ko‘rsatadi. Olingan natijalar mazkur strukturaning yaqin infraqizil sohadagi optoelektronika uchun istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. B. Fang, Y. Tian, Z. Ma, High carrier collection efficiency in graphene/GaAs heterojunction

photodetectors, J. Semicond. 46 2025 1-7. https://doi.org/10.1088/1674-4926/24110002.

2. Y. Tian, H. Liu, J. Li, B. Liu, F. Liu, Recent Developments of Advanced Broadband Photodetectors Based on 2D Materials, Nanomaterials 15 2025 1-30. https://doi.org/10.3390/nano15060431.

3. F. Lin, J. Cui, Z. Zhang, Z. Wei, X. Hou, B. Meng, Y. Liu, J. Tang, K. Li, L. Liao, Q. Hao, GaAs Nanowire Photodetectors Based on Au Nanoparticles Modification, Materials (Basel). 16 2023 1–11. https://doi.org/10.3390/ma16041735.

4. S. Mohammadnejad, M. Aasi, Analysis of structures and technologies of various types of photodetectors used in laser warning systems: a review, Opt. Eng. 62 (9) 2023 1-37. https://doi.org/10.1117/1.oe.62.9.090901.

5. H.J. Lee, M.M.A. Gamel, P.J. Ker, M.Z. Jamaludin, Y.H. Wong, J.P.R. David, Absorption Coefficient of Bulk III-V Semiconductor Materials: A Review on Methods, Properties and Future Prospects, J. Electron. Mater. 51 2022 6082–6107. https://doi.org/10.1007/s11664-022-09846-7.

6. Z. Ma, P. Tang, J. Xue, J. Zhou, Enhancing Photoresponse of GaAs-Based Photodetector by Plasmon Grating Structures, Plasmonics 18 2023 1571–1579. https://doi.org/10.1007/s11468-023-01849-2.

7. Asliddin Komilov, O. Abdulkhaev, Y. Nasrullayev, B. Abdurasulov, B. Abdukahhorov, Error Minimization in PV Characterization When Using Unfiltered Light Sources, Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika) 60 2024 179–188. https://doi.org/10.3103/S0003701X24602059.

8. S.D. Lin, C.P. Lee, GaAs metal-semiconductor-metal photodetectors with low dark current and high responsivity at 850 nm, Semicond. Sci. Technol. 17 2002 1261–1266. https://doi.org/10.1088/0268-1242/17/12/309.

9. L. Boudjemila et all, Study Of Polarization Photosensitiveness of Nanostructured Au-Palladium-N-Gap Schottky Barriers, Handb. XXII Int. Sci. Conf. «Ecology. Human. Soc. 2021 99–102. https://doi.org/https://doi.org/10.20535/EHS.2021.233065.

10. S.M. Sze, D.J. Coleman, A. Loya, Current transport in metal-semiconductor-metal (MSM) structures, Solid State Electron. 14 1971 1209–1218. https://doi.org/10.1016/0038-1101(71)90109-2.

11. V.P. Maxniy, UV photodetectors with a Schottky barrier based on Zinc Selenide, Tech. Phys. J. 68 1998 123–125.

12. Paul E. Petersen and Richard G. Schulze, PHOTOCONDUCTIVITY IN LPE GaP : Cu, 6 1975 469-471.

13. A. Rogalski, P. Martyniuk, M. Kopytko, P. Madejczyk, S. Krishna, Inassb-based infrared photodetectors: Thirty years later on, Sensors (Switzerland) 20 2020 1–74. https://doi.org/10.3390/s20247047.

14. V. Gúriaux, A. Nedelcu, P. Bois, Double barrier strained quantum well infrared photodetectors for the 3-5 μm atmospheric window, J. Appl. Phys. 105 2009 1–9. https://doi.org/10.1063/1.3143102.

15. B.S. Ma, W.J. Fan, Y.X. Dang, W.K. Cheah, W.K. Loke, W. Liu, D.S. Li, S.F. Yoon, D.H. Zhang, H. Wang, C.H. Tung, GaInNAs double-barrier quantum well infrared photodetector with the photodetection at 1.24 μm, Appl. Phys. Lett. 91 2007 3–5. https://doi.org/10.1063/1.2767185.

16. F.X. Liang, J.Z. Wang, Z.P. Li, L.B. Luo, Near-Infrared-Light Photodetectors Based on One-Dimensional Inorganic Semiconductor Nanostructures, Adv. Opt. Mater. 5 2017 1–14. https://doi.org/10.1002/adom.201700081.

QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANUVCHI ISSIQLIK TIZIMLARINI MODELLASHTIRISH VA OPTIMALLASHTIRISH

Xayriddinov B.E.,
Qarshi davlat universiteti
Umumfizika kafedrasi professori, t.f.d.
vip.xayriddinov@mail.ru
ORCID 0000-0002-7169-4412
Utayev S.A.,
Qarshi davlat universiteti Sanoat muhandisligi kafedrasi dotsenti, t.f.f.d.
utaev.s@list.ru
ORCID 0000-0003-0077-8929
Ro‘ziyeva D.N.
Qarshi davlat universiteti
magistranti
UDK 662.997: 537.22/088

Annotatsiya. Issiq suv ta’minoti, isitish va konditsionerlash tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bugungi energetika siyosatining dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. Quyosh radiatsiyasi resurslari yuqori hududlarda issiqlik ta’minoti tizimlarini quyosh kollektorlariga asoslash an’anaviy elektr yoki yoqilg‘i sarfini kamaytirishning muhim texnik-iqtisodiy omili hisoblanadi. Quyosh radiatsiyasi intensivligi va atrof-muhit temperaturasining tasodifiy o‘zgarishi tufayli tizim samaradorligini oddiy o‘rtacha ko‘rsatkichlar bilan baholash yetarli emas. Tadqiqotning maqsadi issiq suv ta’minoti va isitish tizimida quyosh energiyasidan foydalanishni modellashtirish, optimallashtirish hamda an’anaviy energiya manbalari bilan iqtisodiy raqobatbardoshlik shartlarini aniqlashdan iborat. Metodologik asos sifatida issiqlik balansi tenglamalari, quyosh kollektorining f.i.k. modeli, akkumulyator issiqlik yo‘qotishlari, sutkalik iste’mol grafigi va Monte-Karlo usuli qo‘llandi.

Kalit so‘zlar: akkumulyator, atrof-muhit, iqtisodiy samaradorlik, modellashtirish, optimallashtirish, radiatsiya, temperatura, energiya, quyosh paneli.

MODELLING AND OPTIMIZATION OF HEATING SYSTEMS USING SOLAR ENERGY

Abstract. The use of renewable energy sources in hot water supply, heating and air conditioning systems is a priority of energy policy. In regions with high solar radiation, solar-collector-based heating reduces the consumption of conventional fuels. Random fluctuations in solar radiation and ambient temperature make averaged efficiency estimates inadequate. The study aims to model and optimize solar energy utilization in a hot water and space heating system and to determine the conditions for economic competitiveness with traditional energy sources. Heat balance equations, a solar collector efficiency model, storage tank heat losses, daily consumption profiles and the Monte Carlo method were used.

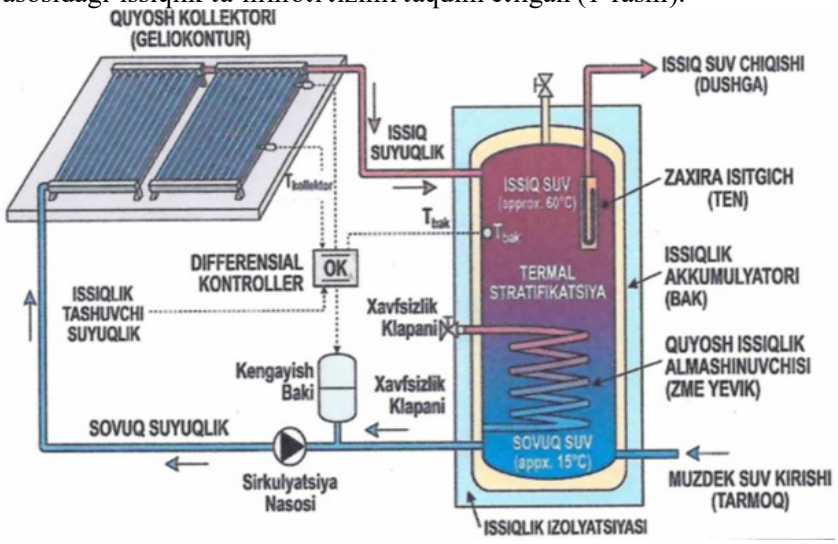
Key words: battery, environment, economic efficiency, modeling, optimization, radiation, temperature, energy, solar panel.

Kirish. Quyosh energiyasidan foydalanib issiq suv olish qurilmalarini joriy etishda ularning iqtisodiy ko‘rsatkichlarini an’anaviy energiya manbalaridan foydalanishga asoslangan tizimlarning ko‘rsatkichlari bilan taqqoslash muhim hisoblanadi. Odatda, quyosh energiyasidan foydalanishga asoslangan issiqlik ta’minoti tizimlarining samaradorligi shartli yoqilg‘i tejalishi miqdori orqali baholanadi. Ushbu ko‘rsatkich quyosh panellarining birlik yuzasiga to‘g‘ri keladigan yillik quyosh radiatsiyasi miqdori hamda qurilmaning foydali ish koeffitsiyenti (FIK)ning o‘rtacha qiymati asosida aniqlanadi. Biroq bunda quyosh radiatsiyasi intensivligining tasodifiy ravishda o‘zgarishi, shuningdek, uning tashqi havo haroratiga bog‘liqligi ham hisobga olinishi lozim. Bir qator tadqiqotlarda [1, 2] tizimning ishlash jarayoni quyosh radiatsiyasi va tashqi havo haroratining soatlik kuzatuvlari asosida modellashtirilgan. Bunday yondashuv katta hajmdagi ma’lumotlarni talab etadi, biroq bunday ma’lumotlarni har doim ham olish imkoniyati mavjud emas. Quyosh energiyasidan foydalanishning iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini baholash va tizimni optimallashtirish uchun zarur bo‘lgan dastlabki ko‘rsatkichlar keltirilgan tadqiqotlar soni nisbatan kam [3, 4].

Quyida quyosh energiyasidan foydalaniladigan issiqlik ta’minoti tizimlarini ko‘p yillik iqlimiy xarakteristikalar hamda ularning ehtimoliy o‘zgarishlarini hisobga olgan holda an’anaviy energiya manbalari bilan taqqoslash va ularning raqobatbardoshligini baholash shartlari keltiriladi.

Tadqiqot metodologiyasi: mavjud tadqiqot metodlariga asoslanib, nazariy tenglamalardan foydalanib, issiq suv ta'minoti tizimida quyosh energiyasidan foydalanib isitishga oid bog'liqliklar asosida issiqlik tizimlarini modellashtirish va optimallashtirish masalalari ko'rilgan.

Issiqlik xarakteristikasi X bo'lgan iste'molchininng issiqlik ta'minoti masalasi ko'riladi, $T_{i,s}$ temperaturali issiq suv ta'minotiga bo'lgan ehtiyojlar $G_1 = Gg,$ ga teng, bu yerda *G*- o'rtacha soatlik ehtiyoj; *g*- sutka mobaynida o'zgarib turuvchi nisbiy ehtiyojlar. Quyosh energiyasi asosidagi issiqlik ta'minoti tizimi taqdim etilgan (1-rasm).



1-rasm. Quyosh energiyasidan foydalanuvchi issiqlik ta'minoti sxemasi

Quyosh suv isitkich f.i.k. quyosh kollektori yuzasiga tushayotgan radiatsiyasi intensivligi E, issiqlik tashuvchining kirishidagi va chiqishidagi temperaturasi, atrof-muhit temperaturasi $T_{a.m}$ning funksiyasi hisoblanadi [5]:

$$\eta = a - b\left(T_c + T_A - T_{o.c}\right)/E, \tag{1}$$

bu yerda: doimiy koeffitsiyentlar.

Issiqlik akkumulyatori Q hajmli suv bakidan iborat bo'lib, issiqlik izolyatsiyasi bilan o'ralgan.

Akkumulyatordan chiqqan issiqlik oqimi quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$q = kS\left(T_A - T_\pi\right) \tag{2}$$

(k – akkumlyator issiqlik uzatish koeffitsiyenti).

Issiq suvga bo'lgan ehtiyojni ta'minlash uchun, sovuq suv, suv ta'minotidan $T_{s.s}$. temperatura bilan issiqlik almashtirgich 4 ga tushadi, u yerda T_A temperaturagacha qiziydi. Agar $T_A < T_{s.s}$. bo'lsa, bunda suvni talab etilgan temperaturagacha qizdirish an'anaviy usulda suv isitkich 5 da amalga oshiriladi.

Agar $T_A > T_{s.s}$ bo'lsa, temperaturasi berilgan temperaturadan yuqori bo'lgan issiq suvga bo'lgan talab kamayadi va quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$G_1 = Gg\left(T_{u.c} - T_{y.в}\right)/\left(T_A - T_{c.c}\right) \tag{3}$$

Bu issiqlik ta'minoti qurilmasida, suv isitish tizimi ishlatiladi. Mavjud me'yorlarga asosan atrof-muhitning hisobiy temperaturasi $T_{a.m}$. da isitkiching kirishdagi va chiqishidagi suvning temperaturasi $T_{i.s}$. va $T_{s.s}$. ning hisobiy qiymatiga teng bo'lishi kerak.

Atrof-muhitning ixtiyoriy temperaturasida isitkichning kirishidagi va chiqishidagi suvning temperaturasi, isitilayotgan xonaning talab etilgan temperaturasini ta'minlovchi $T_x$va $T_{s.s}$temperaturalar eksperimental tadqiqotlar asosida aniqlanadi, isitish tizimidagi suv sarfi G_2 o'zgarmas bo'lib qoladi [6]:

$$G_2 = \left(T_{\text{х}} - \text{T}_{\text{о.ўр}}\right)/(\text{T}_{\text{и.с.х}} - \text{T}_{\text{с.с.х.}})\frac{\text{X}}{c_{\text{ўр}}}, \quad (4)$$

$$T_{\text{ис}} = \text{T}_{\text{х}} + \frac{1}{2}(\text{T}_{\text{и.с.х}} - \text{T}_{\text{с.с.х.}})\frac{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}}}{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м}}} +$$

$$+ \left[\frac{1}{2}(\text{T}_{\text{и.с.х.}} + \text{T}_{\text{с.с.х}}) - \text{T}_{\text{х}}\right]\left(\frac{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}}}{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}}}\right)^{\frac{1}{1+m}}, \quad (5)$$

$$T_{\text{с.с.}} = \text{T}_{\text{и.с}} - (\text{T}_{\text{и.с.х.}} - \text{T}_{\text{с.с.х.}})\frac{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}}}{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}}}; \quad (6)$$

bu yerda: m - isitkich konstruksiyasiga bog‘liq bo‘lgan koeffitsiyent, 0,15-0,40 oralig‘ida; c_p issilik sig‘imi koeffitsiyenti.

Agar $T_{s.s} < T_A < T_{i.s}$ bo‘lsa, xavfsizlik klapani suvni akkumulyatorga o‘tkazadi, u yerda suv temperaturasi T_A gacha qiziydi, so‘ngra, isitkich 6 da talab etilgan $T_{i.s}$ temperaturagacha qiziydi.

Agar $T_A > T_{i.s}$ bo‘lsa, isitish faqat quyosh energiyasi orqali ta’minlanadi, bunda isitish tizimi issiqlik tashuvchi sarfini o‘zgartirish orqali rostlanadi. Bu holda isitish tizimidagi suv sarfi va isitish qurilmasidan chiqishdagi suv temperaturasi quyidagi ifodadan aniqlanadi [7,8]:

$$G_2 = (T_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}})/(\text{T}_{\text{A}} - \text{T}_{\text{с.с.}})\frac{\text{X}}{\text{c}_{\text{p}}}, \quad (7)$$

$$T_{\text{с.с}} = 2\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{A}} + (\text{T}_{\text{и.с.х.}} + \text{T}_{\text{с.с.х}} - \text{T}_{\text{х}})\left(\frac{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}}}{\text{T}_{\text{х}} - \text{T}_{\text{а.м.}}}\right)^{\frac{1}{1+m}}. \quad (8)$$

Issiqlik akkumulyatorda suv temperaturasi o‘zgarishi issiqlik akkumulyatorida energiyaning balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$Q\frac{dT_A}{dt} = E \cdot A \cdot \tau_1 - G_1 c_p(T_A - T_{\text{с.с.}}) - G_2 c_p(T_A - T_{\text{с.с}}) - q \quad (9)$$

Natija va muhokamalar: Quyosh suv qizdirgich qurilmasida issiqlik ta’minoti tizimning ishlashi ε-energiyaga ehtiyoj ulushi ko‘rsatkichi bilan baholanadi, bu quyosh energiyasi yordamida ta’minlanishi mumkin. ε ni aniqlash uchun tizim ishini modellashtirish kerak. Mazkur qurilma geografik hududga mos bo‘lgan iqlim sharoitida modellashtirishda, A, Qб kΔT- T_{A} va τ_1 vaqtda suv isitkichlar ish rejimiga bog‘liq holda aniqlanadi.

Taklif etilgan suv isitkich 1-rasmda ko‘rsatilgandek ish rejimlariga asosan, berilgan davrda iste’mol qilinayotgan va yig‘indi hamda ε ga mos bo‘lgan energiya aniqlanadi. (9) tenglamani yechish uchun, quyosh kollektori yuzasidan o‘tadigan yig‘indi quyosh radiatsiyasi intensivligini E(t) va atrof muhit temperaturasi $\text{T}_{\text{а.м.}}$ (t) ni bilish kerak. α burchak ostida o‘rnatilgan gelioqabulqilgich yuzasiga to‘g‘ri tushayotgan quyosh radiatsiyasi intensivligini quyidagicha aniqlash mumkin [9].

$$E = E_1\left\{\sin(\varphi - \alpha)\sin\delta + \cos(\varphi - \alpha)\cos\delta\cos\left[(t-12)15\right]\right\} + E_p\left(1 - \alpha/180\right), \quad (10)$$

bu yerda: E_1 – tik tekislikka tushayotgan quyosh radiatsiyasi intensivligi; E_p – gorizontal yuzasidan sochilgan quyosh radiatsiyasi intensivligi; φ – geografik kenglik; α – quyosh kollektori qiyalik burchagi; δ – quyoshning og‘ish burchagi, t – vaqt, c:

((j – yil boshidan hisoblangan sutkalar tartib raqami). Sutka davomida atrof-muhit temperaturasining o‘zgarishini quyidagi qonuniyatga bo‘ysunadi deb qabul qilamiz:

$$T_{\text{а.м.}} = \text{T}_{\text{а.м.с.}} + \frac{1}{2}\delta\text{T}\,cos\frac{\pi(t - t_{\text{м}})}{12}, \quad (11)$$

bu yerda: $\text{T}_{\text{ўс}}$ – o‘rtacha sutkalik temperatura; δT – sutka davomida temperaturani o‘zgarish amplitudasi; $\text{t}_{\text{м}}$ – sutka mobaynida eng yuqori temperaturaga erishilgan vaqt.

Taklif etilgan bog‘liqlik, xavo temperaturasining sutkalik o‘zgarishini to‘la ko‘rsatadi. Isitish tizimi ishlashini modellashtirishning murakkabligi shundaki, E_1, $\text{E}_{\text{и}}$, $\text{T}_{0\text{ўс}}$, δT - larni sonli metod asosida chegaraviy qiymatlar aniqlanadi. Qurilmaning amal qilish jarayonini modellashtirish uchun Monte-Karlo usulidan foydalaniladi. Buning uchun quyidagi belgilashlarni qabul qilish kerak. Tik yuzaga to‘g‘ri tushayotgan quyosh radiatsiyasi va sochiluvchi radiatsiya

intensivligi, shuningdek, sutka mobaynida havo temperaturasi o‘zgarishi detirminantlangan, faqat yil oyiga bog‘liq, o‘rtacha ko‘p yillik qiymatlarga mos va mavjud iqlim ma’lumotlari asosida aniqlanadi [10].

Yuqorida keltirilgan kattaliklarning taqsimlanish qonunlari ko‘p yillik kuzatishlar asosida aniqlandi va har oyda o‘zgarib turishi va oy mobaynida o‘zgarmas bo‘lib qoladi. Quyosh radiatsiyasi intensivligi va atrof-muhit temperaturasi to‘g‘risida yuqorida keltirilgan extimollarga asosan, to‘g‘ri va sochilgan radiatsiya orasidagi va atrof-muhit temperaturasi orasidagi korelyatsiya hisobga olinmadi va yuqorida keltirilgan qiymatlar o‘rtasida bog‘liqlik yo‘q deb hisoblanadi.

Natijalarni umumiy ko‘rinishini olish uchun barcha foydalanilayotgan kattaliklar o‘lchamsiz ko‘rinishda keltirilgan. Olinadigan o‘lchamsiz ko‘rsatkichlar quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi:

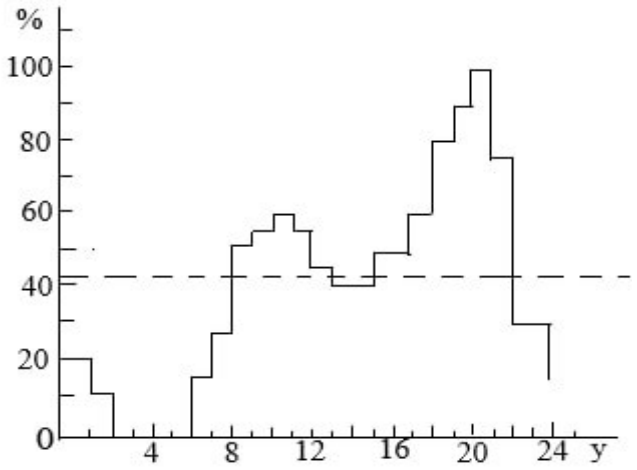
$$Q_0 = \frac{Qc_p \mathrm{T_x}}{AE_{\text{йил}}\,\Delta z}; K_0 = \frac{KST_{\text{x}}}{N_{\text{ис}}+N_{\text{и.с.}}} \tag{12}$$

$$\beta = \frac{N_{\text{ис}}}{N_{\text{ис}}+N_{\text{и.с.}}}; \tag{13}$$

bu yerda: E_{yil} quyosh panelining 1 M^2 yuzasidan yil davomida olinadigan quyosh radiatsiyasi; $\Delta t -$ modellashtirishdagi vaqtincha qadam.

$$N_{\text{нис}} = K_0 \int_0^{1\text{йил}} R \cdot dt, R = \begin{cases} T_{\text{x}} - \mathrm{T_{a.м.}}, \text{агар } T_{\text{x}} > \mathrm{T_{a.м.}} \\ 0 \end{cases} \tag{14}$$

$$N_{\text{и.с}} = \mathrm{c_p} G_0 \int_0^{1\text{йил}} (T_{\text{и.с.}} - \mathrm{T_{с.с}})dt\,, \text{агар} T_{\text{x}} < \mathrm{T_{a.м.}}. \tag{15}$$



Rasm. 2. Sutkalik issiq suv iste’moli grafigi, %

Q – akkumlyator hajmi $м^3$; K_0 akkumlyatorning issiqlik berish koeffitsiyenti, bu ko‘rsatkichlar o‘lchamsiz β - yig‘indi issiqlik yuklamasida kesmalarning nisbiy ulushi; r – ko‘rilayotgan issiqlik ta’minoti tizimida olingan yig‘indi quyosh energiyasining yillik issiqlik yuklamasiga nisbati.

Issiqlik ta’minoti tizimining optimallik mezoni sifatida keltirilgan minimal xarajatlar tanlanadi. Ko‘rilayotgan hol uchun keltirilgan xarajatlar quyidagicha aniqlandi [11]:

$$H = c\left(N_{от} + N_{u.c.}\right)(1-\sum) + \left(E_{н} + \gamma\right)\left(c_{с.н}A + K\right), \tag{16}$$

bu yerda: $c -$ an’anaviy manbalardan olingan issiqlik narxi; $c_{қ.п.}$ – quyosh kollektorining solishtirma narxi; $K -$ issiqlik ta’minoti uchun kapital qo‘yimlar tashkil etuvchisi; γ – quyosh kollektori uchun yillik nisbiy ushlamalar; $E^{н}$ _ me’yoriy koeffitsiyent. Keltirilgan xarajatlarni o‘lchamsiz hol uchun quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$\mathrm{H_0} = \frac{\mathrm{H}}{N_{\text{исит}}+N_{\text{и.с.}}} = 1 - \sum + Hr + K_0, \tag{17}$$

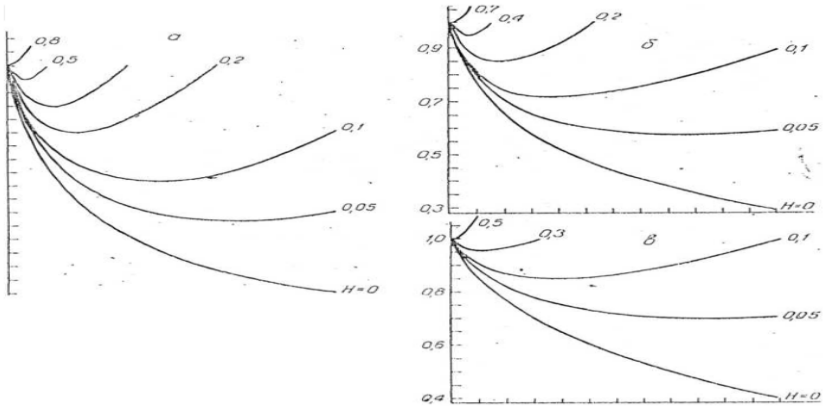
bu yerda:

$$H - \frac{(\mathrm{E_н}+\gamma)}{\mathrm{c}E_{\text{йил}}}, K_0 = \frac{(\mathrm{E_н}+\gamma)K}{\mathrm{c}(N_{\text{исит}}+N_{\text{и.с.}})}; \tag{18}$$

H - ko‘rsatkich quyosh kollektorining keltirilgan narxining yil davomida 1 $м^2$ quyosh

kollektorining quyoshdan oladigan energiyasining, an'anaviy manbalar narxida olinadigan energiya narxiga nisbatini bildiradi.

ε (r)bog'liqlikni bilgan holda, keltirilgan xarajatlarni r ning funksiyasidek kamaytirish mumkin. Natijada H dan $r = r_{оп}$ optimal qiymatga ega bo'lamiz. Agar $r_{оп} > 0$bo'lsa, unda ko'rilayotgan geografik hudud uchun quyosh energiyasidan issiqlik ta'minoti uchun foydalanish maqsadga muvofiq. H ning $r_{оп} = 0$ ga mos bo'lgan qiymatida, quyosh energiyasidan foydalanish imkoni kam bo'ladi.



3-rasm. Keltirilgan xarajatlarning "quyosh" yuklamasi koeffitsiyentiga bog'liqligi: $\alpha - \beta = 0$; $\delta - \beta = 0,6$; $\alpha - \beta = 1,0$.

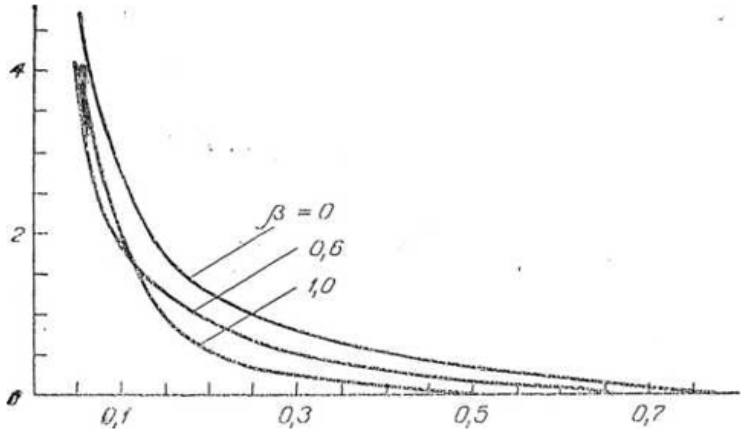
Ko'rilayotgan geografik hudud uchun quyosh radiatsiyasi bo'yicha ma'lumotlar [12,13] da keltirilgan ma'lumotlarga mos keladi. Qolgan dastlabki ma'lumotlar quyidagicha:

$$\varphi = 43, \alpha = 35^0, T_{и.с.} = 60^0C, T_{с.с} = 46C, T_{н.ўр} = 17^0C,$$

$$T_{п} = 18^0C, \Delta T = 5^0, \Delta z = 1r, m = 0,25 \quad Q = 50 \text{ м}^3$$

k=0, α=0,7, b=4,3

Sutka mobaynida issiq suvga bo'lgan talabning nisbiy o'zgarishi rasm 2 da keltirilgan. Hisoblash natijalari 3 rasmda keltirilgan, Rasm 4 $K_0 = 0$ chegaraviy hol uchun berilgan. Quyosh energiyasidan issiq suv ta'minoti uchun foydalanish ko'proq istiqbolli.



4-rasm. "Quyosh" yuklamasi optimal koeffitsiyentining quyosh panellari nisbiy narxiga bog'liqligi.

Xulosa va taklif: Tadqiqotda issiq suv ta'minoti va isitish tizimida quyosh energiyasidan foydalanishni modellashtirish hamda optimallashtirish maqsadiga erishildi. Quyosh kollektori, issiqlik akkumulyatori, sutkalik iste'mol grafigi, iqlim parametrlarining ehtimoliy o'zgarishi va iqtisodiy keltirilgan xarajatlar yagona metodologik tizimda baholandi.

- Quyosh energiyasidan foydalanuvchi issiqlik tizimi samaradorligini faqat o'rtacha f.i.k. yoki shartli yonilg'i tejalishi bilan baholash yetarli emas; radiatsiya va temperatura o'zgaruvchanligini hisobga olish zarur.
- Issiq suv ta'minoti uchun quyosh kollektori, issiqlik akkumulyatori va zaxira isitkichdan iborat kombinatsiyalangan sxema eng maqbul amaliy yechim sifatida namoyon bo'ladi.

- Hatto r ≥ 20 bo‘lganda ham issiqlikka bo‘lgan barcha talabni faqat quyosh energiyasi hisobiga qoplash imkoni mavjud emas.
- β=0; 0,6; 1,0 bo‘lganda H-Нж ko‘rsatkichining kritik qiymatlari mos ravishda 0,5; 0,7; 0,8 ga teng bo‘ldi.
- 200 litr hajmli kollektor narxi 2910000 dan 5300 000 so‘mgacha va 1 kVt elektr energiyasi narxi o‘rtacha 1000 so‘m bo‘lganda issiq suvga bo‘lgan talabning o‘rtacha 50–60 % gacha qismi quyosh energiyasi hisobiga qoplanadi.
- Ko‘rilayotgan geografik hudud uchun quyosh energiyasidan issiq suv ta’minotida foydalanish elektr-isitishga nisbatan iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi.
- Monte-Karlo yondashuvi va o‘lchamsiz parametrlar tizimi hududiy loyihalashda dastlabki texnik-iqtisodiy qarorlarni asoslash uchun qulay vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Ilmiy jihatdan tadqiqotlarning natijalari asosida quyosh issiqlik tizimlarini ehtimoliy-iqlimiy modellashtirish orqali baholash uslubini rivojlantiradi. Amaliy jihatdan esa natijalar quyosh suv isitkichlarini loyihalash, mahalliy energiya tejamkorlik dasturlarini ishlab chiqish va issiq suv ta’minotida an’anaviy energiya sarfini kamaytirishga xizmat qiladi. Kelgusida modelni real eksperimental o‘lchovlar, turli kollektor konstruksiyalari va iqtisodiy ssenariylar bilan kengaytirish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Аллакулов П.Э., Хайриддинов Б.Э., Ким В.Д. Нетрадиационная теплоэнергетик - Т.: Фан 2009 .- 132 с.

2. Кирюшатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве - М.: Агроиздат. 1999. - 153 с.

3. Богословский З.Н. Энергия окружающей среды и строительное проектирование. - М.:Стройиздат 1988. - 135 с.

4. Магамедов А.М. Возобновляемые источники энергии. Лабораторный практикум. - Махачкала ИПЦ ОГУ.2005. - 213 с.

5. Xayriddinov B.E., Xolmirzayev N.S., Xalimov G.G., Risbayev A.S., Ergashev Sh.H. Muqobil energiya manbalaridan foydalanish. Monografiya. T.: 2017. 417 b.

6. Jo‘rayev T.D. Quyosh issiqlik qurilmalari. T.: Dizayn-press. 2012. 33 b.

7. Janjai S., Bala B.K. Solar dryning texnology / Food Eng.Rev. 2012/ vol. 4 p.16-54

8. Tembo L. et.al. Blanching and drying period affekct moisture loss and vitamin C content in Ziziphis mauritiana (Lamk) /Afr J. Biotechol 2008 p.3100-3106

9. Augustus L.M., Kumar S., Bhattacharya S.C. A comprehensive prosedurs for performance evalution of solar food dryers / renew Sust Enerf Rev 2002. P. 367-393

10. Franco A., Valera D.J., Pena F. Energy effiency in greenhouse evaporative cooling technicues: cooling boxes Versus cellulose pads. Energies, 2014.p.1427-1447

11. Pouda A., Melikyan Z.A. Simplficed for analiysis of head mass transfer in a direct evaporative cooler. Applied thermal Engineering 31, 2011. –p. 932-936.

12. Мануйлов П.Н. Теплотехнические измерения и автоматизация тепловых процессов - М.: Энергия 1996. - С.72-90

13. Богославский П.Д., и.др. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. –М.: Стройиздат, 1990. - 620 с.

INSAYDERLIK TAHDIDLARIGA BARDOSHLI KONFIDENSIAL MATNLARNI STATISTIK-BAYES USULLARI ASOSIDA TASNIFLASH

O.N. Bozorov
O‘zbekiston Milliy universiteti “Axborot xavfsizligi” kafedrasi katta o‘qituvchisi
o.bozorov@nuu.uz
ORCID 0000-0001-5585-6904
UDK 004.056:519.2

Annotatsiya. Maqolada axborot tizimlarida harakatlanayotgan konfidensial matnlarni tasniflashning statistik-Bayes yondashuvi taklif etiladi. Tadqiqot Bayes qarorlar nazariyasi, naive Bayes modeli, Laplas tekislash usuli hamda harf chastotalariga asoslangan o‘zaro moslik indeksiga tayanadi. Konfidensial hujjatning sizib chiqishi zarari ochiq hujjatni adashib bloklash zararidan yuqori bo‘lgan asimmetrik sharoitda kutilayotgan Bayes xavfini minimallashtiruvchi optimal qaror chegarasi keltirib chiqarildi. Bitta matn uchun ichki moslik indeksi va tekshirilayotgan matn bilan soha profili o‘rtasidagi o‘zaro moslik indeksi aniqlanib, indeksning insayderlik obfuskatsiyasiga nisbatan perturbatsion turg‘unligi matematik asoslandi. Natijalar ushbu ikki statistik qatlam DLP tizimlarida xavfga asoslangan qaror qabul qilish va konfidensial matnlarni leksik manipulyatsiyalardan keyin ham aniqlash imkoniyatini kuchaytirishini ko‘rsatadi.
Kalit so‘zlar: konfidensial axborot, DLP, Bayes qarorlar nazariyasi, optimal qaror chegarasi, asimmetrik zararlar, o‘zaro moslik indeksi, perturbatsion turg‘unlik, insayderlik tahdidlari, statistik tasniflash.

INSIDER-RESISTANT CLASSIFICATION OF CONFIDENTIAL TEXTS BASED ON STATISTICAL-BAYESIAN METHODS

Abstract. The paper proposes a statistical-Bayesian approach to the automatic classification of confidential texts. The method combines Bayesian decision theory, the naive Bayes probabilistic model, Laplace smoothing and a character-frequency-based mutual coincidence index. Under asymmetric losses, an optimal decision threshold minimizing the expected Bayes risk is derived. The internal index of coincidence for a single text and the mutual coincidence index between a tested text and a domain profile are distinguished. The perturbation robustness of the index against insider obfuscation is established. The two statistical layers strengthen risk-based decision-making and the detection of confidential texts under lexical manipulation in DLP systems.
Key words: confidential information, DLP, Bayesian decision theory, optimal decision threshold, asymmetric losses, mutual coincidence index, perturbation robustness, insider threats, statistical classification.

Kirish. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi sharoitida konfidensial ma’lumotlarning ruxsatsiz chiqib ketishi tashkilotlar uchun eng jiddiy axborot xavfsizligi tahdidlaridan biriga aylandi. Shu sababli ma’lumotlarning chiqib ketishini oldini olish (Data Leakage Prevention - DLP) tizimlarining samaradorligi ularning konfidensial kontentni avtomatik aniqlash, tasniflash va xavf darajasiga mos qaror qabul qilish qobiliyatiga bevosita bog‘liq.

Mavjud DLP yechimlarining ko‘pchiligi kalit so‘zlar, shablonlar va regulyar ifodalarga asoslanadi. Bunday yondashuvlar sodda va tezkor bo‘lsa-da, matn tarkibidagi belgilarni qasddan boshqa belgilar bilan almashtirish, so‘zlarni buzib yozish, matnga begona ochiq parchalarni aralashtirish yoki formatni o‘zgartirish kabi insayderlik obfuskatsiyasi holatlarida yetarli barqarorlikni ta’minlamaydi. Ayniqsa, o‘zbek tilining agglyutinativ tabiati, qo‘shimchalar ko‘pligi va soha terminlarining turli shakllarda uchrashi tayyor qoidaviy yondashuvlarni bevosita qo‘llash imkoniyatini cheklaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi - konfidensial matnlarni tasniflashda Bayes qarorlar nazariyasi va o‘zaro moslik indeksiga asoslangan statistik-Bayes yondashuvni ishlab chiqish hamda uning nazariy xossalarini asoslashdan iborat. Maqolaning asosiy ilmiy hissasi ikki yo‘nalishda ifodalanadi: birinchidan, asimmetrik zararlar sharoitida kutilayotgan Bayes xavfini minimallashtiruvchi optimal qaror chegarasi keltirib chiqariladi; ikkinchidan, o‘zaro moslik indeksining insayderlik obfuskatsiyasiga nisbatan perturbatsion turg‘unligi isbotlanadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Sebastiani avtomatlashtirilgan matn kategoriyalashning klassik usullarini umumlashtirgan [9], Manning, Raghavan va Schütze esa hujjat-termin modellari va ehtimoliy qidiruvning nazariy asoslarini bayon etgan [8]. Naive Bayes tasniflagichi soddaligi, hisoblash jihatidan yengilligi va kichik korpuslarda ham barqaror ishlashi sababli matn tasniflashda keng qo‘llaniladi [10]. Uning ehtimoliy asoslari Duda, Hart va Stork hamda Bishop ishlarida batafsil yoritilgan [4, 7].

Qaror qabul qilishning asimmetrik zararlar sharoitidagi optimal mezonlari statistik qaror nazariyasida Berger tomonidan tizimli asoslangan [6]. Matnlarni vaznlash va termin chastotalariga asoslangan baholash usullari Salton va Buckley tomonidan ishlab chiqilgan [5]. Til modellarida

ehtimollarni tekislash, xususan, o‘quv korpusida uchramagan birliklar uchun nol ehtimollik muammosini bartaraf etish masalalari Jurafsky va Martin hamda Manning va Schütze ishlarida ko‘rib chiqilgan [12, 13].

Harf chastotalariga asoslangan statistik o‘lchovlar, jumladan, moslik indeksi, dastlab Friedman tomonidan kriptografik tahlil uchun taklif etilgan [11]. Bu yondashuv matnning statistik “barmoq izi”ni ifodalashda samarali vosita hisoblanadi va uning axborot-nazariy ildizlari Shennon ishlariga borib taqaladi [15]. Konfidensial ma’lumotlarning chiqib ketishini oldini olish tizimlari va ularning mashinali o‘qitishga asoslangan arxitekturalari Shabtai, Elovici va Rokach tomonidan tahlil qilingan [3], modellarning umumlashtirish kafolatlari esa statistik o‘rganish nazariyasida Mohri va hammualliflar tomonidan asoslangan [14].

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, mavjud ishlarda matn tasniflash, Bayes qarorlar nazariyasi va harf chastotasi statistikasi alohida-alohida o‘rganilgan. Biroq DLP kontekstida xavfga asoslangan optimal qaror chegarasi va insayderlik obfuskatsiyasiga chidamli o‘zaro moslik indeksini yagona statistik doirada birlashtirish yetarlicha ishlab chiqilmagan.

Tadqiqot metodologiyasi.

2.1. Bayes qarorlar nazariyasiga asoslangan tasniflash usuli

Axborot xavfsizligida, xususan, DLP tizimlarida, tasniflash xatoliklarining oqibatlari odatda asimmetrik bo‘ladi. Ochiq hujjatni adashib bloklash (False Positive) ish jarayonida vaqtinchalik noqulaylik tug‘dirishi mumkin, ammo konfidensial hujjatning ruxsatsiz chiqib ketishini o‘tkazib yuborish (False Negative) moliyaviy, huquqiy va reputatsion zarar keltiradi. Shu sababli tasniflash jarayoni faqat aniqlik mezoniga emas, balki kutilayotgan xavfni minimallashtirish tamoyiliga asoslanishi kerak.

Hujjat d va ikki sinf C = $\{c_1, c_0\}$ berilgan bo‘lsin. Bu yerda c_1 - konfidensial, c_0 - ochiq sinfni bildiradi. Bayes formulasiga ko‘ra hujjatning konfidensial sinfga tegishlilik aposterior ehtimoli quyidagicha aniqlanadi:

$$P(c_1 \mid d) = \frac{P(d \mid c_1)P(c_1)}{P(d)} \tag{1}$$

bu yerda $P(d \mid c_1)$ - sinfga bog‘liq ehtimollik, $P(c_1)$ - konfidensial sinfning aprior ehtimoli, $P(d)$ - hujjatning umumiy ehtimoli. Naive Bayes yondashuvida terminlarning sinf sharti ostida mustaqilligi faraz qilinadi.

O‘qitish bosqichida sinflarga to‘g‘ri ajratilgan hujjatlar korpusi asosida har bir sinf uchun hujjat-termin matritsasi quriladi. Test hujjatlarida o‘quv to‘plamida uchramagan terminlar (OOV - out-of-vocabulary) ehtimolining nolga aylanishi muammosi Laplas tekislash usuli bilan bartaraf etiladi:

$$P(t \mid c) = \frac{n_{t,c} + 1}{\sum_{t'} n_{t',c} + |V|} \tag{2}$$

bu yerda $n_{t,c}$ - t terminning c sinfdagi uchrashlar soni, $|V|$ - lug‘at hajmi. Sinf aprior ehtimoli $P(c) = N_c/N$ nisbat orqali baholanadi va hujjat aposterior ehtimolni maksimallashtiruvchi sinfga biriktiriladi.

Quyidagi teorema to‘g‘ri tasniflash xarajati nol deb olinadigan, xatolik xarajatlari esa mos ravishda C_{FP} va C_{FN} bilan baholanadigan binar qaror modeli uchun keltiriladi. Bu yerda C_{FP} - ochiq hujjatni adashib bloklash zarari, C_{FN} - konfidensial hujjatni o‘tkazib yuborish zarari.

1-teorema. Agar konfidensial hujjatni o‘tkazib yuborishdan kelib chiqadigan zarar C_{FN} ochiq hujjatni adashib bloklash zarari C_{FP} dan qat’iy katta bo‘lsa, u holda kutilayotgan Bayes xavfini minimallashtiruvchi optimal qaror chegarasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\tau^* = \frac{C_{FP}}{C_{FP} + C_{FN}} \tag{3}$$

Isbot. Berilgan d hujjat uchun $p = P(c_1 \mid d)$ bo‘lsin. Agar tizim hujjatni konfidensial deb tasniflasa, xatolik faqat hujjat aslida ochiq bo‘lgan holatda yuzaga keladi. Bu holda shartli kutilayotgan xavf $R(a_1 \mid d) = C_{FP} \cdot (1 - p)$ ga teng. Agar tizim hujjatni ochiq deb tasniflasa, xatolik faqat hujjat aslida konfidensial bo‘lgan holatda yuzaga keladi. Bu holda $R(a_0 \mid d) = C_{FN} \cdot p$ bo‘ladi. Bayes qarorlar nazariyasiga ko‘ra tizim kutilayotgan xavfni minimallashtiruvchi qarorni tanlaydi, ya’ni hujjatni konfidensial deb tasniflash $R(a_1 \mid d) \le R(a_0 \mid d)$ sharti bajarilganda optimaldir. Tengsizlikka ifodalarni qo‘ysak: $C_{FP} \cdot (1 - p) \le C_{FN} \cdot p$. Bundan $C_{FP} \le (C_{FP} + C_{FN}) \cdot p$, demak $p \ge \frac{C_{FP}}{C_{FP}+C_{FN}}$. Shu bilan (3)

chegara kelib chiqadi. Teorema isbotlandi.

Ushbu natija DLP tizimlarida qaror chegarasini empirik ravishda emas, balki zararlar nisbatiga mos matematik mezon asosida tanlash imkonini beradi. Agar $C_{FN} > C_{FP}$ bo‘lsa, $\tau^* < 0{,}5$ bo‘ladi; ya’ni tizim konfidensial hujjatlarni o‘tkazib yubormaslik uchun ehtiyotkorroq ishlaydi.

2.2. O‘zaro moslik indeksining perturbatsion turg‘unligi

Bayes tasniflagichi termin darajasidagi statistik baholarga tayanadi. Biroq insayder terminlar va belgilarni qasddan boshqa belgilar bilan almashtirish, matnga begona ochiq parchalar qo‘shish yoki formatni buzish orqali termin asosidagi ehtimoliy baholarni chalg‘itishi mumkin. Shu sababli tasniflagichni terminlarga to‘liq bog‘liq bo‘lmagan, harf-chastota darajasida ishlaydigan va leksik obfuskatsiyaga nisbatan barqaror statistik indikator bilan to‘ldirish zarur.

Mazkur tadqiqotda ikki xil indeks farqlanadi. Bitta matn yoki korpusning ichki moslik indeksi $IC(X) = \sum_i p_i^2$ ko‘rinishida aniqlanadi. Tekshirilayotgan X matn va tayanch Y soha profili o‘rtasidagi o‘zaro moslik indeksi esa $MI(X,Y) = \sum_i p_i\, q_i = \langle p, q\rangle$ ko‘rinishida hisoblanadi. Bu yerda p va q mos ravishda X hamda Y matnlarning normallashtirilgan harf chastotalari vektorlaridir.

$$IC(X) = \sum_i p_i^2\,, \qquad MI(X,Y) = \sum_i p_i\, q_i = \langle p, q\rangle$$

Amaliy hisob-kitoblarda umumiy o‘zbek tili uchun ichki moslik indeksi 0,0717 atrofida, konfidensial sohalarga oid matnlarda esa yuqoriroq qiymatlarda kuzatiladi. Masalan, bank hujjatlari, shaxsga doir ma’lumotlar va harbiy hujjatlar korpuslarida indeks qiymatining ortishi hujjatning soha profili bilan statistik yaqinligini baholash imkonini beradi.

Insayder konfidensial matnga begona ochiq matn aralashtirishi yoki belgilar substitutsiyasi orqali statistik profilni buzishga harakat qilsin. p - asl konfidensial matnning harf chastotasi vektori, r - insayder tomonidan kiritilgan o‘zgartirilgan matn chastotasi, q - tayanch soha profili chastotasi, α $(0 \le \alpha \le 1)$ - o‘zgartirilgan matn ulushi bo‘lsin. U holda gibrid matn chastota vektori $p_\alpha = (1-\alpha)p + \alpha r$ ko‘rinishida ifodalanadi.

2-teorema. Yuqoridagi belgilashlarda gibrid matn va tayanch soha profili o‘rtasidagi o‘zaro moslik indeksining asl qiymatdan og‘ishi quyidagi tengsizlik bilan chegaralanadi:

$$\Delta MI = |MI(X_\alpha, Y) - MI(X,Y)| \le \alpha \cdot \|r - p\|_2 \cdot \|q\|_2 \qquad (4)$$

bu yerda $\|\cdot\|_2$ - vektorning Yevklid normasi.

Isbot. O‘zaro moslik indeksi chastota vektorlarining skalyar ko‘paytmasi orqali ifodalanadi: $MI(X,Y)=\langle p, q\rangle$. Gibrid matn uchun $p_\alpha = (1-\alpha)p + \alpha r$. Uni indeks formulasiga qo‘ysak, $MI(X_\alpha, Y) = \langle p_\alpha, q\rangle = \langle (1-\alpha)p + \alpha r, q\rangle = (1-\alpha)\langle p, q\rangle + \alpha\langle r, q\rangle$. Yangi gibrid indeksdan asl qiymatni ayirib, $\Delta MI = MI(X_\alpha, Y) - MI(X,Y) = \alpha(\langle r, q\rangle - \langle p, q\rangle) = \alpha\langle r - p, q\rangle$ hosil qilamiz. Modul olib, Koshi-Binyakovskiy-Shvars tengsizligini qo‘llasak, $|\Delta MI| = \alpha|\langle r - p, q\rangle| \le \alpha \,\|\, r - p \,\|_2 \|\, q \,\|_2$ bo‘ladi. Teorema isbotlandi.

Teoremadan ko‘rinadiki, indeks og‘ishi o‘zgartirilgan matn ulushi α ga chiziqli bog‘liq. Demak, kichik miqdordagi begona matn qo‘shish yoki belgilar substitutsiyasi hujjatning soha profilini keskin yashira olmaydi. Faqat belgilar yoki so‘zlar tartibini almashtirish holatida harf chastotalari deyarli o‘zgarmaydi; bunday vaziyatda o‘zaro moslik indeksi konfidensial profilga yaqinlikni saqlab qoladi va Bayes qatlamini to‘ldiruvchi forensik indikator vazifasini bajaradi.

Natijalar va muhokama.

3.1. Optimal qaror chegarasining zararlar nisbatiga bog‘liqligi

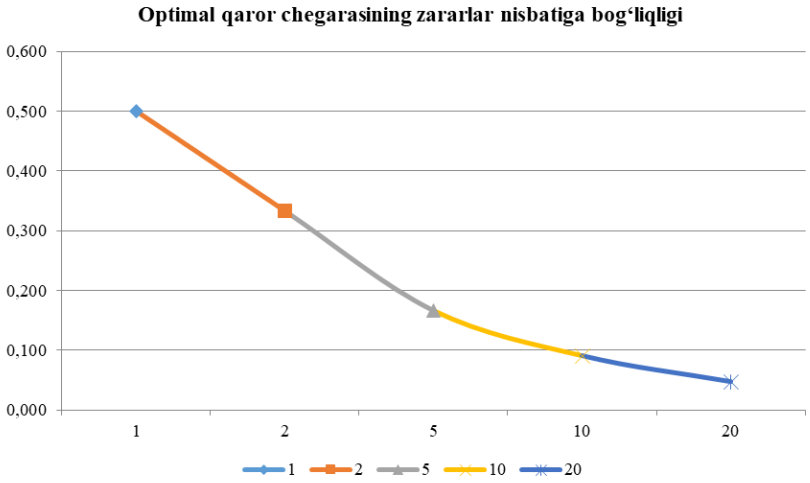
Agar konfidensial axborot sizib chiqishining zarari ochiq hujjatni adashib bloklashni qayta ishlash xarajatidan 5 marta yuqori deb olinsa, ya’ni $C_{FN} = 5C_{FP}$ bo‘lsa, optimal chegara $\tau^* = 1/6 \approx 0{,}167$ bo‘ladi. Demak, model hujjatda konfidensial axborot mavjudligi ehtimolini 16,7% deb baholagan holatda ham, kutilayotgan xavfni minimallashtirish nuqtayi nazaridan hujjatni bloklash yoki qo‘shimcha tekshiruvga yuborish maqsadga muvofiq.

1-jadval.

Optimal qaror chegarasining zararlar nisbatiga bog‘liqligi (manba: muallif hisob-kitoblari)

Zararlar nisbati C_{FN}/C_{FP}	Optimal chegara τ^*
1	0,500
2	0,333
5	0,167

10	0,091
20	0,048



1-rasm. Optimal qaror chegarasining zararlar nisbatiga bog‘liqligi

1-jadvaldan ko‘rinadiki, C_{FN}/C_{FP} nisbati ortgan sari optimal chegara pasayadi. Bunday yondashuvning muhim amaliy afzalligi shundaki, zararlar nisbati o‘zgarganda modelni qayta o‘qitish shart emas; qaror chegarasi faqat zarar koeffitsiyentlarini yangilash orqali moslashtiriladi.

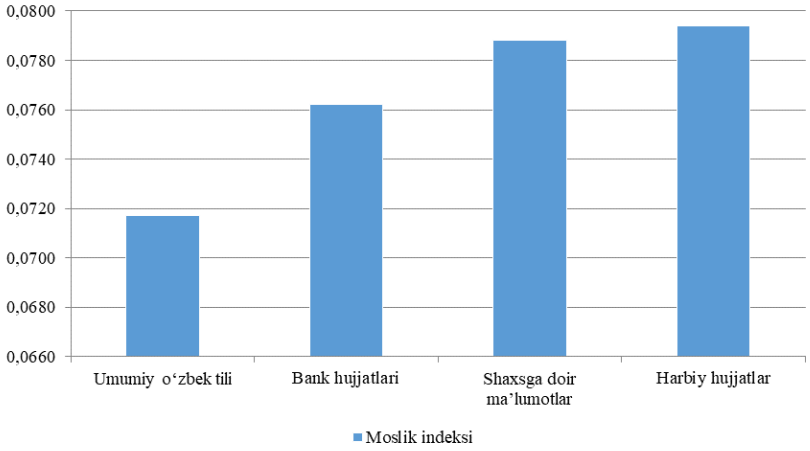
3.2. O‘zaro moslik indeksi bo‘yicha amaliy talqin

Insayder maxfiy bank hujjatini himoya tizimini chalg‘itish maqsadida matnning 20% qismiga boshqa mavzudagi ochiq gaplarni qo‘shsin, ya’ni $\alpha = 0{,}2$. Agar normallashtirilgan chastota vektorlari uchun $\| r - p \|_2 \cdot \| q \|_2 \leq 0{,}1$ sharti bajarilsa, (4) tengsizlikka ko‘ra indeks og‘ishi $\Delta MI \leq 0{,}2 \cdot 0{,}1 = 0{,}02$ bilan chegaralanadi. Demak, matnning beshdan bir qismi o‘zgartirilgan taqdirda ham o‘zaro moslik indeksi keskin siljimaydi va hujjatning statistik profili saqlanib qoladi.

2-jadval.

Turli matn turlari uchun ichki moslik indeksi qiymatlari (manba: muallif hisob-kitoblari)

Matn turi / soha	Moslik indeksi
Umumiy o‘zbek tili	0,0717
Bank hujjatlari	0,0762
Shaxsga doir ma’lumotlar	0,0788
Harbiy hujjatlar	0,0794



2-rasm. Turli matn sohalari uchun moslik indeksi qiymatlari

2-jadvalda keltirilgan qiymatlar konfidensial sohalarga oid matnlarda harf-chastota profili umumiy til profilidan farqlanishini ko‘rsatadi. Shu sababli indeks matnning qaysi soha korpusiga statistik jihatdan yaqinligini baholashda qo‘shimcha indikator sifatida ishlatiladi.

3.3. Taklif etilgan usulning eksperimental baholanishi va qiyosiy tahlili

Mazkur tadqiqotda qo‘llangan korpus va baholash sxemasi 3-jadvalda umumlashtirildi.

3-jadval. Tajriba protokoli (manba: muallif korpusi va hisob-kitoblari)

Ko‘rsatkich	Tavsif
Jami hujjatlar soni	732 ta matn
Konfidensial matnlar	290 ta
Ochiq matnlar	442 ta
Statistik belgilar	termin chastotalari, aprior ehtimollar, harf chastotalari
Obfuskatsiya ssenariylari	begona matn aralashtirish, belgilar substitutsiyasi, formatni buzish
Baholash ko‘rsatkichlari	aniqlash darajasi, Precision, Recall, F1-score
Qaror qabul qilish	Bayes chegarasi va o‘zaro moslik indeksining gibrid talqini

Amaliy sinovlarda belgilar substitutsiyasi va begona matn aralashtirishga asoslangan obfuskatsiya urinishlari statistik indikatorlar orqali 92-96% oraliqda aniqlangan.

4-jadval. DLP tasniflash usullarining sifat jihatidan solishtirilishi

Usul	Afzalligi	Cheklovi	Obfuskatsiyaga chidamliligi
Kalit so‘z va regulyar ifodalar	Tezkor va tushunarli	So‘z buzilishi yoki substitutsiyada zaif	Past
Naive Bayes	Ehtimoliy asosga ega, kichik korpusda ham ishlaydi	Aposterior ehtimollar kalibrlanishi zarur	O‘rtacha
O‘zaro moslik indeksi	Harf-chastota profilini saqlaydi, leksik o‘zgarishlarga kamroq bog‘liq	Soha profillari sifatiga bog‘liq	Yuqori
Bayes + MI gibrid yondashuv	Xavfga asoslangan qaror va forensik indikatorni birlashtiradi	Korpus va zarar koeffitsiyentlarini kalibrlash talab etiladi	Yuqori

4-jadvaldan ko‘rinadiki, taklif etilgan gibrid yondashuv qoidaviy DLP usullariga nisbatan nazariy jihatdan izohlanadigan va xavfga moslashadigan qaror qabul qilish mexanizmini beradi.

3.4. Taklif etilgan usullarning amaliy qo‘llanish shartlari va cheklovlari

Birinchidan, Bayes tasniflagichining optimal chegarasi aposterior ehtimollarning kalibrlanganligiga bog‘liq; agar model ehtimollarni haddan tashqari yuqori yoki past baholasa, τ^* chegarasi bilan solishtirish xato qarorlarga olib kelishi mumkin. Ikkinchidan, o‘quv korpusi himoyalanayotgan sohalarni reprezentativ qamrab olishi kerak. Uchinchidan, o‘zaro moslik indeksining turg‘unlik bahosi chastota vektorlarining to‘g‘ri normallashtirilishini talab qiladi. To‘rtinchidan, juda katta hajmdagi begona matn aralashtirish yoki harf chastotasini ataylab tayanch profilga moslab soxtalashtirish holatlarida qo‘shimcha semantik va kontekstual tekshiruvlar talab etiladi.

Shu sababli amaliy DLP tizimida ushbu yondashuv yagona filtr sifatida emas, balki ko‘p qatlamli himoya mexanizmining statistik komponenti sifatida qo‘llanishi maqsadga muvofiq.

Xulosa va takliflar. Ushbu tadqiqotda o‘zbek tilidagi konfidensial matnlarni avtomatik tasniflash uchun Bayes qarorlar nazariyasi va o‘zaro moslik indeksiga asoslangan statistik-Bayes yondashuv ishlab chiqildi. Birinchi asosiy natija sifatida asimmetrik zararlar sharoitida, ya’ni konfidensial hujjatni o‘tkazib yuborish zarari ochiq hujjatni noto‘g‘ri bloklash zararidan katta bo‘lgan holatda, kutilayotgan Bayes xavfini minimallashtiruvchi optimal qaror chegarasi keltirib chiqarildi va isbotlandi.

Ikkinchi asosiy natija sifatida o‘zaro moslik indeksining perturbatsion turg‘unligi matematik asoslandi. Teoremaga ko‘ra, gibrid matn indeksining asl qiymatdan og‘ishi o‘zgartirilgan matn ulushiga chiziqli bog‘liq.

Taklif etilgan ikki statistik mexanizm birgalikda DLP tizimlarida xavfga asoslangan qaror qabul qilish va insayderlik modifikatsiyalariga nisbatan barqaror aniqlashning nazariy asosini tashkil etadi. Amaliy sinovlarda obfuskatsiya urinishlarini 92-96% oraliqda aniqlash imkoniyati qayd etildi. Shu bilan birga, natijalarning barqarorligi korpus sifati, ehtimollar kalibrlanishi va soha profillarining muntazam yangilanishiga bog‘liq.

Takliflar sifatida quyidagilar tavsiya etiladi: birinchidan, DLP tizimlarini joriy etishda C_{FN}/C_{FP} zararlar nisbati har bir tashkilotning maxfiylik darajasi va regulyator talablariga qarab empirik kalibrlansin; ikkinchidan, o‘zaro moslik indeksi uchun soha profillari kengaytirilgan va muntazam yangilanadigan korpuslar asosida shakllantirilsin; uchinchidan, Bayes tasniflagichi va

moslik indeksi bir-birini to‘ldiruvchi ikki statistik qatlam sifatida gibrid tarzda qo‘llanilsin; to‘rtinchidan, kelgusi tadqiqotlarda yondashuv o‘zbek-rus aralash, ko‘p sohaviy va real korporativ matnlar muhitida keng ko‘lamli sinovdan o‘tkazilsin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Cost of a Data Breach Report 2025 [Elektron resurs] / IBM Security. - Armonk: IBM Corporation, 2025. - URL: https://www.ibm.com/reports/data-breach (murojaat sanasi: 11.06.2026).

2. Data Breach Investigations Report 2025 [Elektron resurs] / Verizon. - New York: Verizon Business, 2025. - URL: https://www.verizon.com/business/resources/reports/dbir/ (murojaat sanasi: 11.06.2026).

3. Shabtai A., Elovici Y., Rokach L. A Survey of Data Leakage Detection and Prevention Solutions. - New York: Springer-Verlag, 2012. - 92 p.

4. Duda R.O., Hart P.E., Stork D.G. Pattern Classification. - 2nd ed. - New York: Wiley-Interscience, 2001. - 654 p.

5. Salton G., Buckley C. Term-weighting Approaches in Automatic Text Retrieval // Information Processing & Management. - 1988. - Vol. 24, No. 5. - P. 513-523.

6. Berger J.O. Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. - 2nd ed. - New York: Springer-Verlag, 1985. - 617 p.

7. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. - New York: Springer, 2006. - 738 p.

8. Manning C.D., Raghavan P., Schütze H. Introduction to Information Retrieval. - Cambridge: Cambridge University Press, 2008. - 482 p.

9. Sebastiani F. Machine Learning in Automated Text Categorization // ACM Computing Surveys. - 2002. - Vol. 34, No. 1. - P. 1-47.

10. McCallum A., Nigam K. A Comparison of Event Models for Naive Bayes Text Classification // Proceedings of the AAAI-98 Workshop on Learning for Text Categorization. - Madison, 1998. - P. 41-48.

11. Friedman W.F. The Index of Coincidence and Its Applications in Cryptography. - Geneva: Riverbank Laboratories, 1922. - 87 p.

12. Jurafsky D., Martin J.H. Speech and Language Processing. - 3rd ed. - Stanford: Stanford University, 2023. - 636 p.

13. Manning C.D., Schütze H. Foundations of Statistical Natural Language Processing. - Cambridge: MIT Press, 1999. - 680 p.

14. Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A. Foundations of Machine Learning. - 2nd ed. - Cambridge: MIT Press, 2018. - 504 p.

15. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. - 1948. - Vol. 27, No. 3. - P. 379-423.

THE SECONDARY RESIDUAL OF THE RENEWAL FUNCTION UNDER REGULARLY VARYING INTER-ARRIVAL TAILS

Dinara Zayniddinova Xusnitdin qizi
PhD student, Navoi state university, Navoi, Uzbekistan
za.dinara04@gmail.com
ORCID 0009-0000-7732-4677
UDK 519.2

Abstract. For a renewal process whose inter-arrival law has a regularly varying tail of index $-\beta$ where $1<\beta<2$ holds, the renewal function grows linearly, and the deviation from that growth is governed, to first order, by the integrated tail of the equilibrium distribution. This note determines the next term. Under a regularity condition on the renewal density, the residual after removing the first-order equilibrium correction is shown to be regularly varying with index $3-2\beta$ and a constant expressed in closed form through the mean of the inter-arrival law and the Euler Gamma function. The argument rests on the renewal equation satisfied by that residual.
Key words: renewal function; secondary residual; regularly varying tails; equilibrium distribution; Karamata theory; second-order asymptotics; renewal process; renewal equation.

DUMLARI MUNTAZAM O‘ZGARUVCHI INTERVALLARARO VAQTLARDA YANGILANISH FUNKSIYASINING IKKINCHI TARTIBLI QOLDIG‘I

Annotatsiya. Intervallararo vaqtlar taqsimoti $-\beta$ indeksli muntazam o‘zgaruvchi dumga ega bo‘lgan yangilanish jarayoni uchun, $1<\beta<2$ shartida, yangilanish funksiyasi chiziqli o‘sadi, uning ushbu chiziqli o‘sishdan og‘ishi esa birinchi tartibda mos muvozanat taqsimotining integrallangan dumi orqali aniqlanadi. Mazkur ishda keyingi tartibli had aniqlanadi. Yangilanish zichligiga nisbatan yumshoq muntazamlik sharti ostida birinchi tartibli muvozanat tuzatmasi ayirilgandan keyin qoluvchi qoldiq funksiya $3-2\beta$ indeksli muntazam o‘zgaruvchi funksiya ekanligi ko‘rsatiladi. Tegishli asimptotik konstanta intervallararo vaqtning matematik kutilmasi va Eyler gamma-funksiyasi orqali yopiq ko‘rinishda ifodalanadi. Isbot ushbu qoldiq qanoatlantiradigan yangilanish tenglamasiga asoslanadi; tenglamaning ozod hadi muvozanat dumining o‘z-o‘ziga konvolyutsiyasi hosilasi bilan aynan ifodalanadi. Karamata tipidagi konvolyutsion baholash yetakchi asimptotik hadni beradi.
Kalit so‘zlar: tiklanish funksiyasi, ikkinchi tartibli qoldiq, regulyar o‘zgaruvchi qoldiq had, muvozanat taqsimoti, Karamata nazariyasi, ikkinchi tartibli asimptotika, tiklanish jarayoni, tiklanish tenglamasi.

Introduction. Let $\tau,\tau_1,\tau_2\cdots$ be independent copies of a nonnegative random variable with distribution function F and finite mean $\mu:=\mathrm{E}\tau$, and write F^{*n} for the n-fold convolution of F, with F^{*0} the unit mass at the origin. The renewal function

$$U(t)=\sum_{n\geq 0}F^{*n}(t),\quad t\geq 0,$$

records the expected number of renewal epochs in [0,t] and carries the entire long-time behavior of the process; for the classical theory see [4, Ch. XI]. Its leading order is linear, $U(t)/t/\mu$ as $t\to\infty$ by the elementary renewal theorem [3], so that every subsequent refinement of renewal theory is a statement about the remainder

$$H(t):=U(t)-\frac{t}{\mu},$$

which we call the centered renewal function. Its size is governed by the behaviour of F near infinity, and we work in the heavy-tailed regime

$$\overline{F}(t):=1-F(t)=t^{-\beta}L(t)\qquad with\quad \beta\in(1,2), \tag{1}$$

in which the mean is finite while the variance is infinite, so that the ordering of asymptotic expansions by integer moments is unavailable. Here $L(\cdot)$ belongs to the class SV_∞ of functions varying slowly at infinity in the sense of Karamata: writing $\mathbf{R}_+:=[0,\infty)$, a measurable

$L:\mathbf{R}_+\to\mathbf{R}_+$ is slowly varying at infinity if $L(ct)/L(t)\to 1$ as t → ∞ for every fixed c > 0, and V(·) varies regularly at infinity with index ρ, written $V\in RV_\infty(\rho)$, if $V(ct)/V(t)\to c^\rho$ for every fixed $c>0$; see [1] and [6].

Research methodology.

Throughout, F is assumed nonlattice, which is automatic under the absolute continuity imposed below.

The natural scale on which F lives is supplied by the equilibrium distribution associated with F, namely

$$F_e(t)=\frac{1}{\mu}\int_0^t\overline{F}(u)du \quad with\ tail \quad Q(t):=1-F_e(t)$$

together with its integral, the integrated equilibrium tail

$$R(t):=\int_0^t Q(u)du \tag{2}$$

.

In this notation the first-order description of the remainder, obtained in [7] and, in the generality used here, in [5], reads

$$H(t)\sim\frac{1}{\mu}R(t) \quad as \quad t\to\infty \tag{3}$$

Relation (3) identifies the correct scale but says nothing about the error committed in replacing H by it. That error is measured by the secondary renewal residual

$$\rho_U(t):=H(t)-\frac{1}{\mu}R(t) \tag{4}$$

with R as in (2), and the purpose of this note is to determine its exact asymptotic order together with the constant in front of it.

Important theorems regarding the theory of renewal processes are also presented in references [8], [9], [10], [11].

RESULTS AND DISCUSSIONS

The sharp pointwise statement is obtained under the following mild smoothness requirement on the inter-arrival law:

(DU): F is absolutely continuous, so that the renewal measure admits a density $u=U'$ on $(0,\infty)$, and the renewal-density remainder $\eta:=u-1/\mu$ is ultimately monotone.

Condition (DU) serves solely to convert an averaged statement into a pointwise one, and it is not an empty requirement: if F has a decreasing failure rate, then its renewal density admits a version that is nonincreasing on $(0,\infty)$ by [2, Th. 3 (ii)], so that η is nonincreasing.

Theorem 1. Let the inter-arrival distribution tail satisfy (1), and assume the condition (DU). Then the secondary renewal residual(4) admits the second-order asymptotic

$$\rho_U(t)=\Phi_\beta\cdot t^{3-2\beta}L_U(t), \tag{5}$$

where $L_U(\cdot)\in SV_\infty$ satisfies $L_U(t)/L^2(t)\to 1$ as $t\to\infty$, and

$$\Phi_\beta=\frac{\Gamma^2(1-\beta)}{\mu^3\Gamma(4-2\beta)},$$

where $\Gamma(\cdot)$ is the Euler Gamma function.

The residual ρ_U is not monotone, so no Tauberian inversion may be applied to it directly.

Monotonicity is instead relocated, through the renewal equation satisfied by ρ_U itself, onto a forcing kernel which the transform identifies in closed form as the derivative of the self-convolution of the equilibrium tail, and which is of strictly smaller order than the equilibrium tail itself.

Karamata's theorem for tail integrals [1, Th. 1.5.11], applied to $\overline{F} \in RV_\infty(-\beta)$ with $-\beta < -1$, gives

$$Q(t) = \frac{1}{\mu}\int_t^\infty \overline{F}(x)\,dx \sim \frac{1}{\mu(\beta-1)} t^{1-\beta} L(t) \quad as \quad t \to \infty \tag{6}$$

,

exhibiting Q as a monotone nonincreasing regularly varying function; a second application of the same theorem, to Q itself, integrates (6) to

$$R(t) \sim \frac{1}{\mu(\beta-1)(2-\beta)} t^{2-\beta} L(t) \quad as \quad t \to \infty \tag{7}$$

,

which in particular tends to infinity.

Under condition (DU) the centered renewal function is absolutely continuous with

$$H(t) = 1 + \int_0^t \eta(x)\,dx$$

$H' = \eta$ on $(0,\infty)$, so that , the additive constant being $H(0) = U(0) = 1$. By (3) and (7) the function H is regularly varying of the strictly positive index $2-\beta$, hence unbounded, so that the additive constant is asymptotically immaterial and

$$\int_0^t \eta(x) \sim \frac{1}{\mu^2(\beta-1)(2-\beta)} t^{2-\beta} L(t) \quad as \quad t \to \infty$$

.

Since η is ultimately monotone, the monotone density theorem [1, Th. 1.7.2] applies to this pair and differentiates the last relation, giving

$$\eta(t) \sim \frac{1}{\mu^2(\beta-1)} t^{1-\beta} L(t) \quad as \quad t \to \infty \tag{8}$$

,

so that η is regularly varying of index $1-\beta$ and, in particular, ultimately positive. Apart from the decomposition of dU, this is the only use to which condition (DU) is put; it supplies the true pointwise size of η, in place of the coarse bound $\int_0^t |\eta| = O(t)$ that would be too weak below.

The principal term of the expansion is produced by a self-convolution of the equilibrium tail, and its order is governed by the following convolution analogue of Karamata's theorem.

Lemma 1. Let $\rho_1, \rho_2 \in (0,1)$, and let $Q_1, Q_2 : \mathbf{R}_+ \to \mathbf{R}_+$ monotone nonincreasing functions, whose convolution we denote

$$(Q_1 * Q_2)(t) := \int_0^t Q_1(t-x) Q_2(x)\,dx, \qquad t \geq 0$$

.

Suppose further that Q_1, Q_2 obey the regularly varying asymptotics

$$Q_i(t) \sim c_i t^{-\rho_i} l_i(t) \quad as \quad t \to \infty, \quad i = 1,2, \tag{9}$$

for some constants $c_i > 0$ and functions $l_i \in SV_\infty$. Then

$$(Q_1 * Q_2)(t) \sim c_1 c_2 B(1-\rho_1, 1-\rho_2) t^{1-\rho_1-\rho_2} l_1(t) l_2(t) \quad as \quad t \to \infty, \tag{10}$$

where $B(\cdot,\cdot)$ denotes the Euler Beta function.

Proof. Substituting $x = tu$ with $u \in (0,1)$, turns the convolution into

$$\frac{(Q_1 * Q_2)(t)}{t^{1-\rho_1-\rho_2} l_1(t) l_2(t)} \tag{11}$$

where

$$\Lambda_t(u) := \frac{Q_1(t(1-u)) Q_2(tu)}{t^{-\rho_1-\rho_2} l_1(t) l_2(t)}$$

the whole difficulty being concentrated at the two endpoints $u = 0,1$, where one of the factors is evaluated near the origin and its regular variation ceases to inform. Fix $u \in (0,1)$. By slow variation, $l_1(t(1-u))/l_1(t)$ and $l_2(tu)/l_2(t) \to 1$ as $t \to \infty$; substituting these into (9) and collecting the powers of t, which cancel identically against the normalization, yields

$$\Lambda_t(u) \to c_1 c_2 (1-u)^{-\rho_1} u^{-\rho_2} =: \Lambda(u) \quad as \quad t \to \infty.$$

Near the endpoints Λ_t could outrun any fixed integrable majorant, and the control that forbids this is Potter's bound [1, Th. 1.5.6]. Fix $\delta \in (0, \min(1-\rho_1, 1-\rho_2))$. Then there exist $t_0 > 0$ and $K < \infty$ such that

$$\frac{l_i(t\nu)}{l_i(t)} \le K \max(\nu^{\delta}, \nu^{-\delta}), \qquad i = 1,2, \tag{12}$$

for all $t \ge t_0$ and all $\nu > 0$ subject to $t\nu \ge t_0$; enlarging t_0 if necessary, (9) also furnishes

$$Q_i(y) \le 2c_i y^{-\rho_i} l_i(y) \quad for \quad y \ge t_0. \tag{13}$$

On the bulk set $E_t := (t_0/t, 1-t_0/t)$ both $tu \ge t_0$ and $t(1-u) \ge t_0$, so that (12) and(13) combine; since the arguments $\nu = 1-u$ and $\nu = u$ lie in $(0,1)$, the maximum in the former is realized by its $\nu^{-\delta}$ branch and

$$\Lambda_t(u) \le K'(1-u)^{-\rho_1-\delta} u^{-\rho_2-\delta} \quad for \ u \in E_t \tag{14}$$

with $K' := 4c_1 c_2 K^2$ independent of t and u. Because δ was chosen so that $\rho_1 + \delta < 1$ and $\rho_2 + \delta < 1$ the right-hand side of (14) is integrable on $(0,1)$, and is thus the majorant the dominated convergence theorem requires. Applying that theorem on $(0,1)$ to the functions which agree with Λ_t and E_t and vanish outside it, every fixed $u \in (0,1)$ eventually entering E_t, gives

$$\int_{E(t)} \Lambda_t(u)\,du \to \int_0^1 \Lambda(u)\,du = c_1 c_2 B(1-\rho_1, 1-\rho_2) \quad as \quad t \to \infty, \tag{15}$$

the last equality being the defining Euler integral, convergent exactly because

$\rho_1,\rho_2 \in (0,1)$. It remains to check that the complementary set, of Lebesgue measure $2t_0/t$, contributes nothing in the limit, and by symmetry it suffices to treat $(0,t_0/t]$. There $tu \le t_0$, so monotonicity bounds $Q_2(tu) \le Q_2(0) =: M_2 < \infty$, while $t(1-u) \ge t - t_0$ keeps the first factor in its regularly varying range, whence $Q_1(t(1-u)) \le Q_1(t-t_0) \le Ct^{-\rho_1} l_1(t)$ uniformly for all large t by (9) and the monotonicity of Q_1. Consequently

$$\int_0^{t_0/t} \Lambda_t(u)du \le \frac{CM_2 t^{-\rho_1} l_1(t)}{t^{-\rho_1-\rho_2} l_1(t) l_2(t)} \cdot \frac{t_0}{t} = \frac{CM_2 t_0}{t^{1-\rho_2} l_2(t)} \to 0 \tag{16}$$

as $t \to \infty$, since $\rho_2 < 1$; the neighbourhood of $u = 1$ is bounded symmetrically by $O\left(t^{-(1-\rho_1)} / l_1(t)\right)$.Adding the endpoint estimate (16) and its symmetric counterpart to the bulk limit(15), and unwinding the normalization of (11), returns (10).

PROOF OF THE MAIN THEOREM

In the present work "$\hat{(\cdot)}$" denotes the Laplace–Stieltjes transform and LT the ordinary Laplace transform, with $LT[\cdot](s)$ used when the operand is a compound expression, and we write

$$D(s) := 1 - \hat{F}(s) \quad and \quad \Delta(s) := \mu s - D(s)$$

for $s \in \mathbf{R}_+$, so that Δ is the defect measuring the deviation of D from its leading linear approximation μs. Since $Q(0) = 1$ and $Q' = -\overline{F} / \mu$, the differentiation rule $LT[Q'](s) = sLTQ(s) - Q(0)$ together with $LT\overline{F}(s) = D(s)/s$ gives the two identities

$$LTQ(s) = \frac{\Delta(s)}{\mu s^2} \quad and \quad LTR(s) = \frac{LTQ(s)}{s} = \frac{\Delta(s)}{\mu s^3}, \tag{17}$$

the second by (2).

Proposition 1. Let $\beta \in (1,2)$, assume (DU), and let $\psi := Q * Q$ denote the ordinary self-convolution of the equilibrium tail. Then the secondary residual admits the renewal representation

$$\rho_U(t) = \int_{[0.t]} \psi'(t-x) dU(x)$$

and, setting $E(t) := \rho_U(t) - \Psi(t)/\mu$, one has

$$E(t) = o\left(t^{3-2\beta} L^2(t)\right) \ as \ t \to \infty$$

Proof. Subtracting R/μ from the renewal identity $H = Q + H * F$ and regrouping yields the renewal equation for the residual,

$$\rho_U = w + \rho_U * F, \ where \ w := Q - \frac{1}{\mu}(R - R * F) \tag{18}$$

Its forcing term is identified at the transform level: using $LT[R - R * F](s) = D(s) LTR(s)$ together with (17), we obtain

$$LTw(s)=\frac{\Delta(s)}{\mu s^2}-\frac{D(s)\Delta(s)}{\mu^2 s^3}=\frac{\Delta^2(s)}{\mu^2 s^3}=s\left[LTQ(s)\right]^2=sLT\Psi(s) \tag{19}$$

Since $\Psi(0)=(Q*Q)(0)=0$ the differentiation rule gives $LT\left[\Psi'\right](s)=sLT\Psi(s)$ so (19) reads $LTw=LT\left[\Psi'\right]$, whence $w=\Psi'$ by uniqueness of the Laplace transform; both sides being continuous on $\mathbf{R}_+$ the identity holds at every point. Substituting into (18), the renewal equation is solved by the Stieltjes convolution

$$\rho_U(t)=\int_{[0,t]}\Psi'(t-x)dU(x) \tag{20}$$

Nothing so far has used (DU), and neither will the cancellation (22) below; the condition enters in the decomposition that follows, and then once more through(8). The decisive step is to split the renewal measure in (20) into its Lebesgue and fluctuation parts. By definition $U=\sum_{n\geq 0}F^{*n}$, and the term $n=0$ is the unit point mass at the origin; under (DU) the whole of the remaining mass is absolutely continuous, with density $u=U'$ on $(0,\infty)$. Thus U carries a single atom, of mass one, sitting at the origin, and $U(t)=1+\int_0^t u(x)dx$, so that (20) separates into the contribution of that atom and an ordinary Lebesgue integral against the density. Writing $\eta=u-1/\mu$ for the fluctuation of u about its stationary value, the constant part reintegrates the derivative, $\int_0^t\Psi'(t-x)dx=\int_0^t\Psi'(v)dv=\Psi(t)$ again by $\Psi(0)=0$, and therefore

$$\rho_U(t)=\frac{\Psi(t)}{\mu}+E(t)\qquad with\qquad E(t)=\Psi'(t)+\int_0^t\Psi'(t-x)\eta(x)dx \tag{21}$$

.

No differentiation of a non-monotone object is performed: the regularly varying principal term $\Psi(t)$ appears intact, and the whole second-order difficulty is confined to E.

Differentiating $\Psi=Q*Q$ and using $Q'=-\overline{F}/\mu$ gives the exact identity $\Psi'=Q-\left(\overline{F}*Q\right)/\mu$,whose right-hand side is not a difference of two comparable quantities but a genuine cancellation: writing $\mu Q(t)=Q(t)\int_0^\infty\overline{F}(\nu)d(\nu)$ and subtracting the convolution under a single integral sign,

$$\Psi'(t)=Q^2(t)-\frac{1}{\mu}\int_0^t\overline{F}(\nu)\left[Q(t-\nu)-Q(t)\right]d\nu$$

in which both combined quantities are nonnegative, the subtracted one because Q is nonincreasing. Each of them is $o(Q(t))$. The first is immediate, since $Q(t)\to 0$ forces $Q^2(t)=o(Q(t))$. In the second we split the range of integration at $t/2$. For $\nu\in[0,t/2]$ the argument $t-\nu$ stays above $t/2$, so monotonicity of Q bounds the bracket uniformly in ν

$$0\leq\frac{Q(t-\nu)-Q(t)}{Q(t)}\leq\frac{Q(t/2)}{Q(t)}-1\to 2^{\beta-1}-1\quad as\quad t\to\infty$$

,

while for each fixed v that same ratio tends to zero, Q being regularly varying and hence long-tailed; the integrand normalized by $Q(t)$ is therefore dominated by a constant multiple of $\overline{F} \in \mathrm{L}^1(\mathbf{R}_+)$ and converges to zero pointwise, so dominated convergence makes that range $o(Q(t))$. On the complementary range $\nu \in [t/2, t]$ we discard the subtracted term, bound $\overline{F}(\nu)$ by $\overline{F}(t/2)$ and substitute $u = t - \nu$, which leaves the product $\overline{F}(t/2)R(t/2)$. Its two factors are of strictly complementary orders: on one side $R(t) = o(t)$, since $R(t)/t$ is the Ces'aro mean of Q and $Q(t) \to 0$; on the other, (6) read as $Q(t) \sim t\overline{F}(t)/[\mu(\beta - 1)]$ applied at $t/2$ and combined with $Q(t/2)/Q(t) \to 2^{\beta-1}$ gives $\overline{F}(t/2) = O(Q(t)/t)$. Their product is $o(Q(t))$ and the second term is settled as well. Consequently

$$\Psi'(t) = Q(t) - \frac{1}{\mu}(\overline{F} * Q)(t) = o\left(t^{1-\beta}L(t)\right) \quad as \quad t \to \infty \tag{22}$$

,

a bound requiring no regularity assumption whatsoever, and it is this cancellation, not the crude majorant $|\Psi'| \le CQ$, that drives the remainder below the principal scale. We note for later use that Ψ' is bounded: $0 \le Q \le 1$ and $(\overline{F} * Q)(t) \le \int_0^\infty \overline{F} = \mu$, so $|\Psi'| \le 2$ on $\mathbf{R}_+$.

We now bound the two constituents of E in (21) separately, beginning with the isolated atom term. By (22) it is $o\left(t^{1-\beta}L(t)\right)$, and the ratio of that scale to the target scale is $t^{\beta-2}/L(t)$, a regularly varying function of index $\beta - 2 < 0$, which therefore tends to zero, the slowly varying factor being unable to reverse this. Hence $\Psi'(t) = o\left(t^{3-2\beta}L^2(t)\right)$ as $t \to \infty$. We turn to the integral term, which we split as

$$J_1(t) := \int_0^{t/2} \Psi'(t-x)\eta(x)dx \quad and \quad J_2(t) := \int_{t/2}^t \Psi'(t-x)\eta(x)dx$$

.

On $[0, t/2]$ the argument $t - x$ of Ψ' remains large, so the pointwise smallness (22) may be exploited there while η is controlled only through its integral; on $[t/2, t]$ the roles are reversed. Accordingly we quantify that smallness by setting $\varepsilon(T) := \sup_{y \ge T} |\Psi'(y)|/Q(y)$, so that $|\Psi'(y) \le \varepsilon(T)Q(y)|$ for $y \ge T$, with $\varepsilon(T) \to 0$.

Consider first J_1. For $x \in [0, t/2]$ one has $t - x \ge t/2$, so the displayed bound applies with $T = t/2$ and monotonicity of Q then replaces the argument $t - x$ by the endpoint $t/2$, giving $|\Psi'(t-x)| \le \varepsilon(t/2)Q(t/2)$ there. Pulling this constant out of the integral leaves the total variation of η on $[0, t/2]$. By (8) the function η is ultimately positive and it is integrable on the initial compact interval, so the modulus may be dropped at the cost of an additive constant,

negligible because the integral below diverges; Karamata's theorem applied to $\eta \in RV_\infty(1-\beta)$ with $1-\beta \in (-1,0)$ then gives $|J_1(t)| \le \varepsilon(t/2)\cdot O\left(t^{3-2\beta}L^2(t)\right)$, because $\varepsilon(t/2)\to 0$. It is precisely here that a constant in place of $\varepsilon(t/2)$ would leave the estimate at the principal order rather than below it.

Consider now J_2. Under the substitution $\nu = t-x$, which maps $[t/2,t]$ onto $[0,t/2]$, it becomes the integral of the product $\Psi'(\nu)\eta(t-\nu)$ over $[0,t/2]$, For ν there the argument $t-\nu$ lies in $[t/2,t]$, a range of bounded ratio to t; by(8) and the uniform convergence theorem for slowly varying functions [1, Th. 1.2.1], there is a constant C, independent of ν and of all large t, with $\eta(t-\nu)\le Ct^{1-\beta}L(t)$ throughout it, the whole range lying, for large t, where η is positive. Hence $|J_2(t)|$ is at most $Ct^{1-\beta}L(t)$ times the integral of $|\Psi'|$ over $[0,t/2]$, and it remains to show that this last integral is $o\left(t^{2-\beta}L(t)\right)$. Fix T and split its range at T: on $[0,T]$ the boundedness $|\Psi'|\le 2$ gives a contribution at most $2T$, while on $[T,t/2]$ the definition of $\varepsilon(T)$ applies, so that

$$\int_0^{t/2}|\Psi'(\nu)|d\nu \le 2T + \varepsilon(T)\int_0^{t/2}Q(\nu)d\nu .$$

Karamata's theorem, applied this time to $Q\in RV_\infty(1-\beta),$ makes the last integral of exact order $t^{2-\beta}L(t)$, so that the fixed constant $2T$, is negligible against it. Dividing by $t^{2-\beta}L(t)$ and letting $t\to\infty$ bounds the upper limit by a multiple of $\varepsilon(T)$; as T was arbitrary and $\varepsilon(T)\to 0$, that upper limit is zero, and substituting the resulting bound into the estimate for J^2 gives $|J_2(t)| = o\left(t^{3-2\beta}L^2(t)\right)$.

Adding the three contributions, the atom term together with J_1 and J_2, all of which have now been shown to be $o\left(t^{3-2\beta}L^2(t)\right)$, gives $E(t) = o\left(t^{3-2\beta}L^2(t)\right)$ as claimed.

Proof of Theorem 1. Applying Lemma 1 to the equilibrium tail (6), with $\rho_1=\rho_2=\beta-1\in(0,1)$, with $c_1=c_2=1/[\mu(\beta-1)]$, and with both slowly varying factors equal to $L,$, gives $\Psi \sim B(2-\beta,2-\beta)t^{3-2\beta}L^2(t)\Big/\left[\mu^2(\beta-1)^2\right]$. Expressing the Beta function through Gammas, $B(2-\beta,2-\beta)=\Gamma^2(2-\beta)/\Gamma(4-2\beta)$, and invoking the Gamma recurrence $\Gamma(2-\beta)=(1-\beta)\Gamma(1-\beta)$, whose square cancels the factor $(\beta-1)^2$ carried by the denominator, we obtain

$$\Psi(t)\sim \frac{\Gamma^2(1-\beta)}{\mu^2\Gamma(4-2\beta)}t^{3-2\beta}L^2(t) \qquad as\ \ t\to\infty \tag{23}$$

,

a regularly varying function of index $3-2\beta$ for all $\beta\in(1,2).$

Under (DU), Proposition 1 gives $\rho_U(t)=\Psi(t)/\mu+E(t)$ with $E(t)=o\left(t^{3-2\beta}L^2(t)\right)$. The constant in (23) is finite and nonzero for every $\beta\in(1,2)$, since $1-\beta\in(-1,0)$ and $4-2\beta\in(0,2)$ keep both Gamma values away from the poles; the principal term is therefore of exact order $t^{3-2\beta}L^2(t)$, the remainder is of strictly smaller order, and the asymptotics are governed by (23) alone:

$$\rho_U(t)\sim\frac{\Psi(t)}{\mu}\sim\frac{\Gamma^2(1-\beta)}{\mu^3\Gamma(4-2\beta)}t^{3-2\beta}L^2(t)\quad as\quad t\to\infty \tag{24}$$

The constant appearing in (24) is exactly the Φ_β of the statement of Theorem 1, finite and strictly positive for every $\beta\in(1,2)$. For all t large enough that (24) keeps ρ_U positive, set $L_U(t):=\rho_U(t)\Big/\left[\Phi_\beta t^{3-2\beta}\right]$, so that the representation (5) holds as an exact identity. Read through this definition, (24) is precisely the normalization $L_U(t)/L^2(t)\to1$ as $t\to\infty$, and $L_U\in SV_\infty$ follows, a positive function asymptotically equivalent to the slowly varying L^2 being itself slowly varying. Thus assertion (5) follows in full, which completes the proof.

Conclusion. In this paper, we obtained a second-order asymptotic expansion for the renewal function in the heavy-tailed case, where the inter-arrival distribution has a regularly varying tail with parameter β, satisfying $1<\beta<2$. The exact asymptotic order and the corresponding constant of the secondary renewal residual were determined. The proof is based on the renewal representation of the residual, Karamata's convolution theorem for the equilibrium tail, and the estimation of the remaining terms under condition (DU). The obtained result gives a more precise description of the long-time behaviour of renewal processes with finite mean and infinite variance.

ACKNOWLEDGMENT

The author expresses her sincere gratitude to her scientific supervisor, Professor Azam A. Imomov, who proposed the problem and followed the work at every stage.

References

1. BINGHAM N. H., GOLDIE C. M. & TEUGELS J. L. Regular variation. Cambridge, 1987, pp. 1-38, 159-178.

2. BROWN M. Bounds, Inequalities, and Monotonicity Properties for Some Specialized Renewal Processes. Annals Prob. 8(2) 1980, pp. 227–240.

3. FELLER W. On the integral equation of renewal theory. Ann. Math. Statist. 12 1941, pp. 243–267.

4. FELLER W. An Introduction to Probability Theory and its Applications, vol.2. John Wiley & Sons, 1971, pp. 358-385.

5. MITOV K. V. & OMEY E. Renewal Processes. Springer, 2014, pp. 7-39.

6. SENETA E. Regularly Varying Functions. Springer-Verlag, 1976, pp. 1-52.

7. TEUGELS J. L. Renewal theorems when the first or the second moment is infinite. Annals of Math. Stat. 39(4) 1968, pp. 1210–1219.

8. ERICKSON K. B. Strong renewal theorems with infinite mean. Transactions of the American Mathematical Society, 151, 1970, pp. 263–291.

9. GARSIA A. & LAMPERTI J. A discrete renewal theorem with infinite mean. Commentarii Mathematici Helvetici, 37, 1963, pp. 221–234.

10. ANDERSON K. K. & ATHREYA K. B. A renewal theorem in the infinite mean case. The Annals of Probability, 15, 1987, pp. 388–393.

11. ASMUSSEN S. Applied Probability and Queues. 2nd ed., Springer, 2003, pp. 138-167.

S-PARABOLIK SHTEYN KO‘PXILLIGINING ALGEBRAIK BO‘LISHI HAQIDA

Atamuratov Alimardon Abdirimovich, Urganch davlat universiteti, professor
atamuratov01@gmail.com
ORCID 0000-0003-2928-0694
Bekchanov Sardor Ergash o‘g‘li, Urganch davlat universiteti, o‘qituvchi
bekchanovsardor1994@gmail.com
ORCID 0000-0003-0984-6873
UDK 517.55

Annotatsiya. Maqolada S-parabolik Shteyn ko‘pxilliklarining algebraik bo‘lish kriteriylari tadqiq etilib, ularning algebraik tabiatini aniqlashga imkon beruvchi asosiy shartlar bayon qilingan. Mazkur kriteriy S-parabolik Shteyn ko‘pxilligida aniqlangan ko‘phadlar fazolarining algebraik tuzilishi hamda ularga mos ekstremal funksiyalarning xossalari bilan uzviy bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Ko‘phadlar fazosining tuzilishi orqali ko‘pxillikning algebraik xususiyatlarini tavsiflash imkoniyati asoslangan. Ekstremal funksiyalarning algebraik ko‘pxillikdagi o‘zaro ekvivalentligi ham o‘rganilib, tegishli natijalar keltirilgan. Olingan natijalar S-parabolik Shteyn ko‘pxilliklarining algebraikligini ekstremal funksiyalar va ko‘phadlar yordamida aniqlashda muhim nazariy ahamiyatga ega bo‘lib, kompleks analiz, pluripotensial nazariya va algebraik geometriya o‘rtasidagi bog‘lanishlarni chuqurroq yoritishga hamda ushbu yo‘nalishdagi keyingi ilmiy tadqiqotlar uchun nazariy asos yaratishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: S-parabolik ko‘pxillik, Shteyn ko‘pxilligi, algebraik to‘plam, algebraik ko‘pxillik, ekstremal funksiya, ko‘phadlar fazosi, pluripotensial nazariya, kompleks analiz.

ALGEBRAICITY OF AN S-PARABOLIC STEIN MANIFOLD

Abstract. This article investigates criteria for the algebraicity of S-parabolic Stein manifolds and presents the principal conditions characterizing their algebraic nature. The criterion is closely related to the algebraic structure of spaces of polynomials defined on S-parabolic Stein manifolds and to the properties of the corresponding extremal functions. The possibility of characterizing the algebraic properties of such manifolds through the structure of polynomial spaces is established as well. The equivalence of extremal functions on algebraic varieties is also examined. The results are of significant theoretical importance for determining the algebraicity of S-parabolic Stein manifolds by means of extremal functions and polynomials.

Key words: S-parabolic manifold, Stein manifold, algebraic set, algebraic variety, extremal function, space of polynomials, pluripotential theory, complex analysis.

Kirish. Kompleks analiz, pluripotensial nazariya hamda algebraik geometriyaning o‘zaro uyg‘un rivojlanishi kompleks ko‘pxilliklarda golomorf funksiyalarning o‘sish xususiyatlarini rivojlantirdi. Mazkur yo‘nalishning muhim masalalaridan biri kompleks ko‘pxilliklarning algebraik xususiyatlarini ularda aniqlangan golomorf funksiyalarning ko‘phadga xos o‘sish sur’atlari orqali tavsiflashdan iborat. Xususan, umumiy Stein ko‘pxilliklari sinfida affin algebraik ko‘pxilliklarni ajratib ko‘rsatishga imkon beruvchi ichki analitik hamda pluripotensial mezonlarni aniqlash zamonaviy kompleks analizning dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi.

Algebraik struktura bilan pluripotensial nazariya o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlik Sadullayev tomonidan olingan fundamental natijalarda o‘zining chuqur ifodasini topgan. Xususan, u $\mathbf{C}^N$ fazodagi analitik to‘plam uchun Siciak tipidagi ekstremal funksiyaning lokal chegaralangan bo‘lishi mazkur to‘plamning algebraik ekanligiga ekvivalentligini isbotlagan [1]. Mazkur kriteriya algebraiklik xususiyatini bevosita pluripotensial xossalar vositasida ifodalash imkonini beruvchi muhim natijalardan biridir. Bu yondashuv kompleks-analitik va algebraik geometriya o‘rtasidagi ichki aloqalarni yanada ravshanlashtirib, keyingi ilmiy izlanishlar uchun nazariy asos yaratdi.[5,6]

Tadqiqot metodologiyasi. 1-**Teorema:** X regulyar parabolik ko‘pxillik, $K \subset\subset X$ esa regulyar kompakt to‘plam bo‘lsin. U holda K da aniqlangan f funksiya

$$D_R = \{z \in X : \Phi_\rho(z,K) < R\}, \qquad R > 1,$$

sohaga golomorf davom ettirilishi uchun va faqat shundagina

$$\lim_{d\to\infty} e_d(f,K)^{1/d} \le \frac{1}{R}$$

shart bajarilishi zarur va yetarlidir.

Mazkur teorema golomorf davom ettirish masalasi bilan eng yaxshi ρ-ko‘phadli approksimatsiya tezligi o‘rtasidagi bevosita bog‘lanishni ifodalaydi.

Algebraik ko‘pxillikdagi Green funksiyasi

Endi

$$A \subset \mathbf{C}^N$$

algebraik ko‘pxillik va $K \subset\subset A$ kompakt to‘plam bo‘lsin.

A ko‘pxillikda Green funksiyasi

$$V_A^*(z,K) = \limsup_{w \to z} V_A(w,K)$$

ko‘rinishda aniqlanadi, bunda

$$V_A(z,K) = \sup\{u(z) : u \in L_A(K)\},$$

va

$$L_A(K) = \left\{u \in PSH(A) : u(z) \le c_u + \rho(z), \quad u|_K \le 0\right\}.$$

V_A^* funksiya A dagi plurisubgarmonik funksiyalar yordamida aniqlanganligi sababli uning asosiy potensial-nazariy xossalari tabiiy ravishda kelib chiqadi.

Xususan,

$$V_A^*(z,K)$$

yoki A da hamma joyda chekli, yoki

$$V_A^*(z,K) \equiv +\infty$$

bo‘ladi.

Bundan tashqari,

$$V_A^*(z,K) \equiv +\infty$$

bo‘lishi uchun va faqat shundagina K kompakt to‘plam A da pluripolyar bo‘lishi zarur va yetarlidir.

Natijalar va muhokamalar.

2-Teorema: Agar

$$A \subset \mathbf{C}^N$$

affin algebraik ko‘pxillik bo‘lsa, u holda har qanday $K \subset\subset A$ kompakt to‘plam uchun

$$V_A(z,K) = \ln \Phi_A(z,K)$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi.

Bu yerda

$$\Phi_A(z,K) = \sup\left\{|p(z)|^{1/\deg p} : p \in \mathcal{P}(A), \quad \|p\|_K \le 1\right\}.$$

Isbot: Teoremaning isboti bir necha ketma-ket bosqichlardan iborat.

1-bosqich.

Faraz qilaylik, $t \in \mathbf{N}$ qat’iy belgilangan bo‘lsin. Agar $\Phi_A(z,K)$ funksiyasi ta’rifida faqat darajasi $\deg p \ge t$

bo‘lgan ko‘phadlar qaralsa, u holda

$$\Phi_A^t(z,K) = \sup\left\{|p(z)|^{\frac{1}{\deg p}} : p \in \mathcal{P}(A), \|p\|_K \le 1, \deg p \ge t\right\}$$

funksiya hosil bo‘ladi.

Bu holda

$$\Phi_A(z,K) = \Phi_A^t(z,K)$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi.

Mazkur natija shuni ko‘rsatadiki, ekstremal funksiyani aniqlashda faqat yetarlicha katta darajali ko‘phadlarni hisobga olishning o‘zi kifoya qiladi va bu umumiy supremum qiymatini

o‘zgartirmaydi.

1-bosqichning isboti.

Avvalo, $\Phi_A^t(z,K) \le \Phi_A(z,K)$ tengsizlikning bevosita ta’rifdan kelib chiqishi ravshandir.Endi ixtiyoriy $\varepsilon > 0$ hamda $z^0 \in A$ nuqtani qaraymiz. Sichiak ekstremal funksiyasining ta’rifiga ko‘ra shunday

$$p(z) \in \mathcal{P}(A)$$

ko‘phad mavjud bo‘ladiki,

$$|p(z^0)|^{\frac{1}{\deg p}} \ge \Phi_A(z^0,K) - \varepsilon,$$

chunki

$$\Phi_A(z,K) = \sup\left\{|p(z)|^{\frac{1}{\deg p}} : p \in \mathcal{P}(A), \| p \|_K \le 1\right\}.$$

Mazkur ko‘phadning $j \in \mathbf{N}$ darajasiga ko‘tarilgan $p^j(z)$ ko‘rinishini qaraymiz. U holda yuqoridagi baholash saqlanib qoladi, ya’ni

$$|p^j(z^0)|^{\frac{1}{j\deg p}} \ge \Phi_A(z^0,K) - \varepsilon,$$

Bunda $\deg(p^j) = j\deg p.$ Endi$j$ ni shunday tanlaymizki, $j\deg p \ge t$ bo‘lsin. Shunda

$$\Phi_A^t(z^0,K) = \sup\left\{|q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} : q \in \mathcal{P}(A), \| q \|_K \le 1, \deg q \ge t\right\}$$

Uchun $\Phi_A^t(z^0,K) \ge |p^j(z^0)|^{\frac{1}{j\deg p}} \ge \Phi_A(z^0,K) - \varepsilon$

tengsizliklar o‘rinli bo‘ladi. $\varepsilon > 0$ va $z^0 \in A$ ixtiyoriy tanlanganligi sababli,

$\Phi_A^t(z,K) \ge \Phi_A(z,K)$ natija kelib chiqadi.

Demak, $\boxed{\Phi_A^t(z,K) \equiv \Phi_A(z,K), \qquad \forall t \in \mathbf{N}.}$

Shu bilan birinchi bosqich isbotlandi.

2-bosqich. Endi ixtiyoriy $K \subset A$ kompakt uchun $\Phi_A(z,K) \equiv \Phi(z,K), \qquad z \in A$ tenglikning o‘rinli ekanligini ko‘rsatamiz.

Haqiqatan ham,$p(z)$ ko‘phad $\mathbf{C}^N$ fazoda aniqlangan bo‘lsin.

Uning A algebraik ko‘pxillikka cheklanishi $q(z) = p(z)|_A$

ko‘rinishdagi ko‘phadni hosil qiladi.Bunda$q(z)$ ning darajasi $p(z)$ ko‘phadining darajasiga teng bo‘

ladi, ya’ni $\deg q = \deg p.$

Mazkur xossa algebraik ko‘pxillikdagi ko‘phadlar bilan butun fazodagi ko‘phadlar orasidagi moslikni ta’minlaydi va keyingi tengliklarni isbotlash uchun asos vazifasini bajaradi. Shunday qilib,

$$\Phi(z,K) = \sup\left\{|p(z)|^{\frac{1}{\deg p}} : p \in \mathcal{P}(\mathbf{C}^N), \| p \|_K \le 1\right\} \le \Phi_A(z,K), \quad z \in A. \qquad (5.9)$$

Endi teskari tengsizlikni isbotlaymiz.

Faraz qilaylik, $q(z)$ $A \subset \mathbf{C}^N$ algebraik ko‘pxillikda aniqlangan ixtiyoriy ko‘phad bo‘lsin. Algebraik ko‘pxilliklar nazariyasining ma’lum natijasiga ko‘ra, ushbu ko‘phadni butun $\mathbf{C}^N$ fazoga darajasi nazorat qilinadigan ko‘rinishda davom ettirish mumkin.Aniqroq aytganda, faqat A ga bog‘liq bo‘lgan $b(A) > 0$

o‘zgarmas mavjud bo‘lib, har qanday $q(z) \in \mathcal{P}(A)$ uchun shunday $p_q(z) \in \mathcal{P}(\mathbf{C}^N)$ ko‘phad topiladiki, $p_q|_A = q,$ hamda $\deg p_q \le \deg q + b(A)$ tengsizlik bajariladi (qarang [9]).

$$\Phi_A(z,K) = \sup\left\{|q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} : q \in \mathcal{P}(A), \| q \|_K \le 1\right\}$$

Natijada $z \in A$ uchun

$$= \sup\left\{|q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} : q \in \mathcal{P}(A), \| q \|_K \le 1, \deg q \ge t\right\}$$

$$= \sup\left\{|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} : p_q \in \mathcal{P}(\mathbf{C}^N), \| p_q \|_K \le 1, t \le \deg p_q \le \deg q + b(A)\right\}.$$

Endi $|p_q(z)| > 1$ bo‘lgan holni qaraymiz.

Bu holda quyidagi baholash o‘rinli bo‘ladi:

$$|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} \le |p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q - b(A)}} = \left(|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}}\right)^{\frac{\deg p_q}{\deg p_q - b(A)}}.$$

Shuningdek, oldindan berilgan $\varepsilon > 0$ uchun $t \in \mathbf{N}$ etarlicha katta tanlanganda

$$\frac{\deg p_q}{\deg p_q - b(A)} < 1 + \varepsilon$$

tengsizligi bajariladi. Mazkur baholash keyingi bosqichda $\Phi_A(z,K)$ va $\Phi(z,K)$ funksiyalarining o‘zaro tengligini isbotlashda asosiy rol o‘ynaydi. Shuni ta’kidlash joizki,

$$\frac{\deg p_q}{\deg p_q - b(A)} = \frac{1}{1 - \frac{b(A)}{\deg p_q}} = 1 + \varepsilon(t),$$

bu yerda $\varepsilon(t) \to 0, \quad t \to \infty.$

Demak, agar $|p_q(z)| > 1,$ bo‘lsa, quyidagi baholash o‘rinli bo‘ladi:

$$|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} \le \left(|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}}\right)^{\frac{\deg p_q}{\deg p_q - b(A)}} = |p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}} \left(|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}}\right)^{\varepsilon(t)}.$$

Endi $M = |p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}}$ deb belgilaymiz. Ta'rifga ko'ra, $M \le \Phi(z,K), \qquad z \in A.$

Shuningdek, agar $|p_q(z)| \le 1,$ bo'lsa, $|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} \le |p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}},$

Chunki $\deg p_q \ge \deg q.$ Shunday qilib,

$$\Phi_A(z,K) = \sup\left\{|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg q}} : p_q \in \mathcal{P}(\mathbf{C}^N), \| p_q \|_K \le 1, t \le \deg p_q \le \deg q + b(A)\right\}$$

$$\le \sup\left\{|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}} (\max\{1,M\})^{\varepsilon(t)} : p_q \in \mathcal{P}(\mathbf{C}^N), \| p_q \|_K \le 1, t \le \deg p_q\right\}$$

$$\le (\max\{1,\Phi(z,K)\})^{\varepsilon(t)} \sup\left\{|p_q(z)|^{\frac{1}{\deg p_q}} : p_q \in \mathcal{P}(\mathbf{C}^N), \| p_q \|_K \le 1, t \le \deg p_q\right\}$$

$$= (\max\{1,\Phi(z,K)\})^{\varepsilon(t)} \Phi(z,K).$$

Endi $t \to \infty$ da $\varepsilon(t) \to 0$ bo'lganligi sababli, $\Phi_A(z,K) \le \Phi(z,K), \qquad z \in A.$

Ushbu natijani avval olingan $\Phi(z,K) \le \Phi_A(z,K)$ tengsizligi bilan birgalikda qarasak,

$$\boxed{\Phi_A(z,K) = \Phi(z,K), \qquad z \in A.}$$

Shu tariqa ikkinchi bosqichning isboti yakunlanadi. **3-bosqich.**

Ma'lumki, ixtiyoriy $K \subset \mathbf{C}^n$ kompakt uchun

$$\ln \Phi(z,K) = V(z,K)$$

tenglik o'rinli. Ikkinchi bosqichda isbotlangan $\Phi_A(z,K) = \Phi(z,K), z \in A,$ tenglikni hisobga olsak,

$$\ln \Phi_A(z,K) = \ln \Phi(z,K) = V(z,K), \qquad z \in A.$$

Endi $V_A(z,K) = \ln \Phi_A(z,K)$ tengligini isbotlash kifoya.

Haqiqatan ham, ρ qamrov funksiyasiga mos Lelong sinfining ta'rifiga ko'ra

$$V_A(z,K) = \sup\left\{u(z) : u \in \mathcal{A}_\rho(A), u|_K \le 0\right\}.$$

Boshqa tomondan, $\ln |p(z)|^{\frac{1}{\deg p}}$ ko'rinishdagi har bir funksiya $p \in \mathcal{P}(A), \qquad \| p \|_K \le 1,$ uchun $\mathcal{A}_\rho(A)$ sinfga tegishli bo'ladi. Shu sababli

$$\begin{aligned} V_A(z,K) &\ge \sup\left\{\ln |p(z)|^{\frac{1}{\deg p}} : p \in \mathcal{P}(A), \| p \|_K \le 1\right\} \\ &= \ln \Phi_A(z,K) \\ &= \ln \Phi(z,K) \\ &= V(z,K). \end{aligned}$$

Bundan tashqari, ixtiyoriy $u \in \mathcal{A}_\rho(\mathbf{C}^n)$ funksiyaning algebraik ko‘pxillik $A \subset \mathbf{C}^n$ ga cheklanishi $u|_A$ yana $\mathcal{A}_\rho(A)$ sinfga tegishli bo‘ladi.

Natijada $V(z,K) \geq V_A(z,K)$ tengsizlik kelib chiqadi.

Shunday qilib, $V_A(z,K) = \ln \Phi_A(z,K), \quad z \in A.$ Demak, $\boxed{V_A(z,K) = \ln \Phi_A(z,K)}$ tenglik isbotlandi.

Xulosalar va takliflar. 3-Teorema: (Sadullayevning algebraiklik kriteriysi). A analitik to‘plamning bir qismi bo‘lsin. A ning algebraik to‘plamning bir qismi bo‘lishi uchun va faqat shundagina shunday

$$K \subset A$$

Kompakt to‘plam mavjud bo‘lib, unga mos

$$V(z,K)$$

ekstremal funksiya A da lokal chegaralangan bo‘lishi zarur va yetarlidir, ya’ni

$$V(z,K) \in L^\infty_{\text{loc}}(A).$$

Boshqacha aytganda, Sadullayev kriteriysi analitik to‘plamning algebraik tabiatini unga mos ekstremal funksiyaning lokal chegaralanganlik xossasi orqali tavsiflaydi.

Yuqoridagi Sadullayevning Algebraiklik kriteriyasidan muhim natija, yani teorema kelib chiqadi.

4-Teorema: X S-parabolik Shteyn ko‘pxilligi bo‘lsin. U holda X ning algebraik bo‘lishi ρ-ko‘phadlar fazosi

$$\mathcal{P}_\rho(X)$$

barcha golomorf funksiyalar fazosi

$$O(X)$$

ning chekli sondagi elementlar yordamida hosil qilinadigan va $O(X)$ da hamma yerda zich bo‘lgan qism algebrasi bo‘lishi zarur va yetarlidir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bedford E., Taylor B.A., A new capacity for plurisubharmonic functions// Acta. Math., 1982. Vol.149, – pp. 1-4

2. Griffits P. and King J., Nevanlinna theory and holomorphic mappings between algebraic varieties, Acta mathematica, 130 (1973), 145-220.

3. Aytuna A., Sadullaev A., Polynomials on Parabolic Manifolds, Contemporary mathematics No 662, 2016, pp. 1-22.

4. Coman D., Guedj V., Zeriahi A. Extension of plurisubharmonic functions with growth control// Journal fur die Reine und Angewandte Mathematik. 2013. 676. –pp. 33–49.

5. Darvas T., Di Nezza E., Lu C. H. Monotonicity of nonpluripolar products and complex Monge–Ampère equations with prescribed singularity// Analysis & PDE. 2018. Vol. 11, №8, –pp. 2049–2087.

6. Demailly J.P., Complex Analytic and Differential Geometry, available online: https://www-fourier.ujf- grenoble.fr/ demailly/manuscripts/agbook.pdf

7. Griffits P., King J., Nevanlinna theory and holomorphic mappings between algebraic varieties// Acta mathematica, 1973. Vol. 130, –pp. 145-220.

8. Садуллаев А., Плюрисубгармонические меры и ёмкости на комплексных многообразиях// Успехи математических наук, 1981. т. 36, №4(220), – С. 53-105.

9. Садуллаев А., Оценка полиномов на аналитических множествах// Изв. АН СССР. Сер. матем., 1982, т. 46, №3, – С. 524-534.

10. Садуллаев А., Плюрисубгармонические функции// Итоги науки и техн. Современные проблемы математики, Фундам. направления, ВИНИТИ, – М., 1985. т.8, – С. 65-113.

BIR O‘LCHOVLI GIPERBOLIK TIPDAGI KECHIKUVCHI ARGUMENTLI TENGLAMA UCHUN TESKARI MASALA

Yangiboyev Zoyir Shoberdieyich
Qarshi davlat universiteti, dotsent
Toshqulova Dilshoda
Qarshi davlat universiteti, o‘qituvchi
yangiboyev.zs@qarshidu.uz
ORCID 0000-0002-5970-6468
UDK 517.95

Annotatsiya. Maqolada o‘zgarmas koeffitsiyentli va o‘zgarmas kechikuvchi argumentli bir o‘lchovli giperbolik tipdagi chiziqli tenglama uchun teskari masala, ya’ni noma’lum manba funksiyasini $f(x,t)$ aniqlash masalasi qaraladi. To‘g‘ri masaladan farqli ravishda, bu yerda qo‘shimcha ma’lumot sifatida yechimning sohaning ichki $x = x_0$ nuqtasidagi qiymati beriladi. Teskari masalaning qo‘yilishi, uning yechimining mavjudligi va yagonaligi to‘liq isbotlangan teorema bilan asoslanadi. Yechim Furye usuli va Volterra integral tenglamalari apparati yordamida quriladi. Dastlab to‘g‘ri masala Furye usuli bilan yechilib, keyin qo‘shimcha shart yordamida manba funksiyasining Furye koeffitsiyentlari uchun Volterra tipidagi integral tenglamalar sistemasi hosil qilinadi. Sistema yechimining mavjudligi va yagonaligi ketma-ket yaqinlashish usuli va Banaxning qo‘zg‘almas nuqta prinsipi yordamida qat’iy isbotlanadi.

Kalit so‘zlar: teskari masala, giperbolik tenglama, kechikuvchi argument, manba funksiyasi, Furye usuli, mavjudlik va yagonalik, Volterra integral tenglamasi, qo‘zg‘almas nuqta prinsipi.

INVERSE PROBLEM FOR A ONE-DIMENSIONAL HYPERBOLIC TYPE EQUATION WITH DELAYED ARGUMENT

Abstract. This paper considers an inverse problem for a one-dimensional linear hyperbolic equation with constant coefficients and a constant delayed argument: the unknown source function $f(x,t)$ is to be determined. The additional information is the value of the solution at an interior point $x = x_0$ of the domain. The existence and uniqueness of the solution of the inverse problem are proved. First the direct problem is solved by the Fourier method; then a system of Volterra-type integral equations is derived for the Fourier coefficients of the source function. Its unique solvability is proved by the method of successive approximations and Banach’s fixed point principle.

Key words: inverse problem, hyperbolic equation, delayed argument, source function, Fourier method, existence and uniqueness, Volterra integral equation, fixed point principle.

1. Kirish. Teskari masalalar zamonaviy matematik fizikaning dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bunday masalalarda tenglama yoki uning koeffitsiyentlari, manba funksiyalari, boshlang‘ich yoki chegaraviy shartlar qisman noma’lum bo‘lib, ularni aniqlash uchun yechim haqidagi qo‘shimcha ma’lumotlardan foydalaniladi [2, 3, 1].

Kechikuvchi argumentli tenglamalar uchun teskari masalalar nisbatan kam o‘rganilgan [4, 5]. Ayniqsa, giperbolik tipdagi kechikuvchi tenglamalarda manba funksiyasini aniqlash masalasi muhim amaliy ahamiyatga ega: akustikada noma’lum manbalarni lokalizatsiya qilish [6], biologiyada signal manbalarini identifikatsiyalash [7], boshqaruv tizimlarida noma’lum kirish signallarini tiklash [8] kabi sohalarda.

Furye usuli (o‘zgaruvchilarni ajratish) giperbolik va parabolik tenglamalarni yechishning klassik usuli bo‘lib, teskari masalalarda noma’lum funksiyalar uchun integral tenglamalar sistemasini hosil qilish imkonini beradi. Volterra integral tenglamalari nazariyasi [9] yaxshi rivojlangan bo‘lib, ular uchun mavjudlik va yagonalik teoremalari ketma-ket yaqinlashish usuli yordamida oson isbotlanadi.

Ushbu ishda oldingi ishimizda qaralgan to‘g‘ri masalaga teskari masala qo‘yiladi: (1)–(3) to‘g‘ri masalada $f(x,t)$ manba funksiyasi noma’lum deb, uning o‘rniga yechimning sohaning ichki $x = x_0$ nuqtasidagi qiymati qo‘shimcha ma’lumot sifatida beriladi.

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu maqolada qo‘llanilgan asosiy metodologik yondashuvlar quyidagilardan iborat: Furye usuli giperbolik tipdagi tenglamalarni yechishning klassik va samarali usuli hisoblanadi. Teskari masalani yechishda Volterra tipidagi integral tenglamalardan foydalaniladi. **Mavjudlik va yagonalik teoremalari**: Volterra tenglamalari uchun bu teoremalar yaxshi o‘rganilgan va ular ketma-ket yaqinlashish usuli bilan oson isbotlanadi.

Integral tenglamaning yagona yechimga ega ekanligini isbotlashda Banachning qo‘zg‘almas nuqta prinsipidan foydalaniladi.

2 To‘g‘ri masala. Quyidagi to‘g‘ri masala qaralgan edi:

$D = \{(x,t) \mid 0 < x < l, t > 0\}$ sohada

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + b_1 u + b_2 w + f(x,t), \tag{1}$$

bu yerda $w = u(x,t-\tau), 0 < \tau < 1$, $a_1 \geq 0, a_2 \geq 0, a_1 + a_2 > 0$, $b_1, b_2 \in \mathbf{R}$.

Chegaraviy shartlar:

$$u(0,t) = \nu_1(t), \quad u(l,t) = \nu_2(t), \quad t > \tau, \tag{2}$$

Boshlang‘ich shartlar:

$$u(x,t) = \varphi(x,t), \quad u_t(x,t) = \psi(x,t), \quad 0 \leq t < \tau. \tag{3}$$

Muvofiqlik shartlari:

$$\nu_1(0) = \varphi(0,0), \quad \nu_2(0) = \varphi(l,0), \tag{4}$$

$$\nu_1'(0) = \psi(0,0), \quad \nu_2'(0) = \psi(l,0). \tag{5}$$

To‘g‘ri masalada $f(x,t)$ ma’lum deb, $u(x,t)$ topiladi.

3 Teskari masalaning qo‘yilishi. $f(x,t)$ funksiyasi noma’lum bo‘lib, uning o‘rniga $u(x,t)$ yechimning $x = x_0 \in (0,l)$ nuqtadagi qiymati ma’lum:

$$u(x_0,t) = g(t), \quad t > 0, \tag{6}$$

bu yerda $g(t)$ — berilgan yetarlicha silliq funksiya.

Teskari masala: (1)–(3) shartlarni va (6) qo‘shimcha ma’lumotni qanoatlantiradigan $\{f(x,t), u(x,t)\}$ juftligini toping.

4 Teskari masalani yechish usuli. To‘g‘ri masalani Furye usuli bilan yechganimizda, quyidagi natijaga kelamiz [1, 5]:

$$u(x,t) = u^0(x,t) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n} \int_0^t f_n(s) \sin(\lambda_n(t-s))ds \cdot \sin\frac{n\pi x}{l}, \tag{7}$$

bu yerda $u^0(x,t)$ — $f \equiv 0$ holatdagi yechim (ma’lum funksiya), va

$$f_n(t) = \frac{2}{l} \int_0^l f(x,t) \sin\frac{n\pi x}{l} dx, \quad \lambda_n = \sqrt{\frac{a_1 n^2 \pi^2}{l^2} - b_1}. \tag{8}$$

(6) qo‘shimcha ma’lumotni $x = x_0$ da (7) ga qo‘yamiz:

$$g(t) = u^0(x_0,t) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n} \int_0^t f_n(s) \sin(\lambda_n(t-s))ds \cdot \sin\frac{n\pi x_0}{l}. \tag{9}$$

(9) - $f_n(t)$ noma’lum funksiyalar uchun Volterra tipidagi integral tenglamalar sistemasidir.

(9) ni t bo‘yicha differensiallaymiz:

$$g'(t) = \frac{\partial u^0}{\partial t}(x_0,t) + \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t) \sin\frac{n\pi x_0}{l} + \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n \int_0^t f_n(s) \cos(\lambda_n(t-s))ds \cdot \sin\frac{n\pi x_0}{l}. \tag{10}$$

(10) - $f_n(t)$ ga nisbatan chiziqli Volterra integral tenglamasidir.

5 Asosiy natija. Teorema 1. *Faraz qilaylik:*

1. To‘g‘ri masala shartlari (1)–(5) bajarilsin.

2. $g(t) \in C^1[0,T]$ va $g(0) = u^0(x_0,0)$ muvofiqlik sharti bajarilsin.

3. x_0 / l soni irratsional bo‘lsin, ya’ni $x_0 / l \notin \mathbf{Q}$. U holda barcha $n \in \mathbf{N}$ uchun $\sin\frac{n\pi x_0}{l} \neq 0$.

U holda (1)–(3), (6) teskari masala $t \in [0,T]$ da yagona yechimga ega.

Isboti. Isbotni bir necha bosqichga bo‘lib olib boramiz.

To‘g‘ri masalaning Furye usulidagi yechimidan (7) formulani eslaymiz:

$$u(x,t) = u^0(x,t) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n} \int_0^t f_n(s)\sin(\lambda_n(t-s))ds \cdot \sin\frac{n\pi x}{l}.$$

(6) qo‘shimcha ma’lumotni $x = x_0$ da (7) ga qo‘yamiz:

$$g(t) = u^0(x_0,t) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n} \int_0^t f_n(s)\sin(\lambda_n(t-s))ds \cdot \sin\frac{n\pi x_0}{l}. \quad (11)$$

(9) ni t bo‘yicha differensiallaymiz:

$$g'(t) = \frac{\partial u^0}{\partial t}(x_0,t) + \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t)\sin\frac{n\pi x_0}{l} + \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n \int_0^t f_n(s)\cos(\lambda_n(t-s))ds \cdot \sin\frac{n\pi x_0}{l}. \quad (12)$$

(10) ning o‘ng tomonidagi birinchi ikkita had ma’lum funksiyalardir. Ularni quyidagicha belgilaymiz:

$$G(t) = g'(t) - \frac{\partial u^0}{\partial t}(x_0,t). \quad (13)$$

U holda (10) quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\sum_{n=1}^{\infty} f_n(t)\sin\frac{n\pi x_0}{l} + \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n \int_0^t f_n(s)\cos(\lambda_n(t-s))ds \cdot \sin\frac{n\pi x_0}{l} = G(t). \quad (14)$$

Yagonalikni isbotlash. Faraz qilaylik, ikkita yechim $f^{(1)}$ va $f^{(2)}$ mavjud bo‘lsin. U holda $\delta f = f^{(1)} - f^{(2)}$ va $\delta u = u^{(1)} - u^{(2)}$ funksiyalar quyidagi bir jinsli masalani qanoatlantiradi:

$$\frac{\partial^2 \delta u}{\partial t^2} = a_1 \frac{\partial^2 \delta u}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 \delta u}{\partial x^2}(x,t-\tau) + b_1 \delta u + b_2 \delta u(x,t-\tau) + \delta f(x,t), \quad (15)$$

$$\delta u(0,t) = 0, \quad \delta u(l,t) = 0, \quad (16)$$

$$\delta u(x,t) = 0, \quad \delta u_t(x,t) = 0, \quad 0 \le t < \tau, \quad (17)$$

$$\delta u(x_0,t) = 0. \quad (18)$$

(13)–(16) masalani Furye usuli bilan yechamiz. $\delta u(x,t)$ ni $X_n(x) = \sin\frac{n\pi x}{l}$ bo‘yicha yoyamiz:

$$\delta u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \delta T_n(t)\sin\frac{n\pi x}{l}. \quad (19)$$

(13) ga qo‘yib, har bir n uchun:

$$\delta T_n''(t) + \lambda_n^2 \delta T_n(t) + \mu_n^2 \delta T_n(t-\tau) = \delta f_n(t), \quad (20)$$

$$\delta T_n(0) = 0, \quad \delta T_n'(0) = 0, \quad (21)$$

bu yerda

$$\delta f_n(t) = \frac{2}{l}\int_0^l \delta f(x,t)\sin\frac{n\pi x}{l}dx, \quad \mu_n^2 = \frac{a_2 n^2\pi^2}{l^2} - b_2. \tag{22}$$

(18) tenglamaning yechimi Koshi formulasi bo‘yicha:

$$\delta T_n(t) = \frac{1}{\lambda_n}\int_0^t \left[\delta f_n(s) - \mu_n^2 \delta T_n(s-\tau)\right]\sin(\lambda_n(t-s))ds. \tag{23}$$

(16) qo‘shimcha ma’lumotni qo‘llaymiz:

$$0 = \delta u(x_0,t) = \sum_{n=1}^{\infty}\delta T_n(t)\sin\frac{n\pi x_0}{l}.$$

(21) ni (17) ga qo‘yib, so‘ngra t bo‘yicha differensiallab:

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[\delta f_n(t) - \mu_n^2\delta T_n(t-\tau) + \lambda_n\int_0^t \delta f_n(s)\cos(\lambda_n(t-s))ds - \lambda_n\mu_n^2\int_0^t \delta T_n(s-\tau)\cos(\lambda_n(t-s))ds\right]\sin\frac{n\pi x_0}{l} = 0. \tag{24}$$

$$\sin\frac{n\pi x_0}{l} \neq 0$$

Teorema shartiga ko‘ra bo‘lgani uchun, (22) dan har bir n uchun:

$$\delta f_n(t) + \lambda_n\int_0^t \delta f_n(s)\cos(\lambda_n(t-s))ds = \mu_n^2\delta T_n(t-\tau) + \lambda_n\mu_n^2\int_0^t \delta T_n(s-\tau)\cos(\lambda_n(t-s))ds. \tag{25}$$

(21) dan $\delta T_n(t-\tau)$ ni δf_n orqali ifodalaymiz:

$$\delta T_n(t-\tau) = \frac{1}{\lambda_n}\int_0^{t-\tau}\left[\delta f_n(s) - \mu_n^2\delta T_n(s-\tau)\right]\sin(\lambda_n(t-\tau-s))ds.$$

Bu ifodani (23) ga qo‘yib, $\delta f_n(t)$ ga nisbatan bir jinsli Volterra integral tenglamasini hosil qilamiz:

$$\delta f_n(t) + \int_0^t K_n(t,s)\delta f_n(s)ds = 0, \tag{26}$$

bu yerda $K_n(t,s)$ — uzluksiz yadro funksiyasi. Volterra integral tenglamalari uchun mavjudlik va yagonalik teoremasiga ko‘ra [9], (24) tenglama faqat trivial yechimga ega:

$$\delta f_n(t) \equiv 0, \quad \forall n, \forall t \in [0,T].$$

Demak, $\delta f(x,t) \equiv 0$, ya’ni $f^{(1)} = f^{(2)}$. Yagonalik isbotlandi.

Mavjudlikni isbotlash. Mavjudlikni isbotlash uchun (12) tenglamani yechish kerak:

$$\sum_{n=1}^{\infty} f_n(t)\sin\frac{n\pi x_0}{l} + \sum_{n=1}^{\infty}\lambda_n\int_0^t f_n(s)\cos(\lambda_n(t-s))ds\cdot\sin\frac{n\pi x_0}{l} = G(t). \tag{27}$$

(12) - $f_n(t)$ uchun cheksiz o‘lchovli Volterra integral tenglamasi. Uni yechish uchun ketma-ket yaqinlashish usulini qo‘llaymiz.

$$f_n^{(0)}(t) \equiv 0, \tag{28}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} f_n^{(k+1)}(t)\sin\frac{n\pi x_0}{l} = G(t) - \sum_{n=1}^{\infty}\lambda_n\int_0^t f_n^{(k)}(s)\cos(\lambda_n(t-s))ds\cdot\sin\frac{n\pi x_0}{l}. \tag{29}$$

(26) dan $f_n^{(k+1)}(t)$ ni topish uchun, uni $\sin\frac{m\pi x_0}{l}$ ga skalyar ko‘paytirib yig‘indini

olamiz. $\sin\frac{n\pi x_0}{l}\neq 0$ bo‘lgani uchun, bu sistema yagona yechimga ega.

Endi yaqinlashishni ko‘rsatamiz. (26) dan:

$$\sup_{0\le s\le t}|f_n^{(k+1)}(s)-f_n^{(k)}(s)|\le C\int_0^t \sup_{0\le r\le s}|f_n^{(k)}(r)-f_n^{(k-1)}(r)|\,ds, \tag{30}$$

bu yerda $C>0$ — o‘zgarmas. (27) tengsizlikdan Banachning qo‘zg‘almas nuqta prinsipi bo‘yicha ketma-ket yaqinlashish usulining yaqinlashishi kelib chiqadi [9]. Demak, (12) tenglama yagona yechimga ega.

Topilgan $f_n(t)$ lardan

$$f(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty} f_n(t)\sin\frac{n\pi x}{l} \tag{31}$$

qatorini tuzamiz. $g\in C^1$ va (27) baho tufayli bu qator va uning hosilalari $C(\overline{D})$ da tekis yaqinlashadi. Demak, $f(x,t)\in C(\overline{D})$.

Topilgan $f(x,t)$ ni (7) ga qo‘yib, $u(x,t)$ ni hosil qilamiz. Bu $u(x,t)$ (1)–(3) to‘g‘ri masalani qanoatlantiradi va $u(x_0,t)=g(t)$ shartni bajaradi. Demak, (1)–(3), (6) teskari masala yechimi mavjud.

Shunday qilib, (1)–(3), (6) teskari masala $t\in[0,T]$ da yagona yechimga ega.

Teorema to‘liq isbotlandi.

6 Teskari masalani yechish algoritmi. Teskari masalani yechishning umumiy algoritmi:

1. To‘g‘ri masalani $f\equiv 0$ holatda yechib, $u^0(x,t)$ va uning Furye koeffitsiyentlarini topish.

2. (9) integral tenglamani hosil qilish:

$$g(t)=u^0(x_0,t)+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\lambda_n}\int_0^t f_n(s)\sin(\lambda_n(t-s))ds\cdot\sin\frac{n\pi x_0}{l}.$$

3. (10) ni yechish:

(a) (10) ni $f_n(t)$ ga nisbatan Volterra integral tenglamasi sifatida qarash:

$$g'(t)=\frac{\partial u^0}{\partial t}(x_0,t)+\sum_{n=1}^{\infty}f_n(t)\sin\frac{n\pi x_0}{l}+\sum_{n=1}^{\infty}\lambda_n\int_0^t f_n(s)\cos(\lambda_n(t-s))ds\cdot\sin\frac{n\pi x_0}{l}.$$

(b) Ketma-ket yaqinlashish usuli bilan yechish (25)–(27).

4. Topilgan $f_n(t)$ lardan $f(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}f_n(t)\sin\frac{n\pi x}{l}$ ni qurish.

5. Topilgan $f(x,t)$ ni (7) ga qo‘yib $u(x,t)$ ni topish:

$$u(x,t)=u^0(x,t)+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\lambda_n}\int_0^t f_n(s)\sin(\lambda_n(t-s))ds\cdot\sin\frac{n\pi x}{l}.$$

7 Natijalar va muhokama. Teskari masalaning qo‘yilishi va yechish usuli quyidagi afzalliklarga ega:

• Furye usuli teskari masalani integral tenglamalarga keltirish imkonini beradi.

• Hosil bo‘lgan integral tenglamalar Volterra tipida bo‘lib, ular uchun mavjudlik va yagonalik teoremalari yaxshi o‘rganilgan.

• Teorema isboti to‘liq keltirilib, yagonalik va mavjudlik masalalari qat’iy asoslangan.

• Olingan natijalar amaliy masalalarda – noma’lum manbalarni aniqlashda qo‘llanilishi mumkin.

8. Xulosa. Ushbu maqolada bir o‘lchovli giperbolik tipdagi kechikuvchi argumentli tenglama uchun teskari masala – noma’lum manba funksiyasini aniqlash masalasi qo‘yildi. Qo‘shimcha ma’lumot sifatida yechimning ichki nuqtadagi qiymati olindi. Integral tenglama hosil qilindi va uning yechimining mavjudligi hamda yagonaligi haqidagi teorema to‘liq isbotlandi. Yechish algoritmi taklif etildi. Olingan natijalar kechikuvchi dinamik tizimlarni identifikatsiyalash masalalarida qo‘llanilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bellman, R., Cooke, K. L. *Differential-Difference Equations*. Academic Press, 1963. 462 p.
2. Driver, R. D. *Ordinary and Delay Differential Equations*. Springer, 1977. 501 p.
3. Myshkis, A. D. *Lineynye differensialnye uravneniya s zapazdyvayushchim argumentom*. Nauka, 2014. 360 p.
4. Ladyzhenskaya, O. A. *The Boundary Value Problems of Mathematical Physics*. Springer, 1985. 322 p.
5. Wu, J. *Theory and Applications of Partial Functional Differential Equations*. Springer, 1996. 432 p.
6. Iskandarov, S., Komilov, A. "Proporsional kechikishli giperbolik tenglamalar uchun boshlang‘ich-chegaraviy masalalar". *O‘zbekiston matematika jurnali*, №4, 45–52, 2019.
7. Hale, J. K., Lunel, S. M. V. *Introduction to Functional Differential Equations*. Springer, 1993. 447 p.
8. Kolmanovskii, V., Myshkis, A. *Introduction to the Theory and Applications of Functional Differential Equations*. Springer, 1999. 234 p.
9. Schiesser, W. E. *Computational Mathematics in Engineering and Applied Science*. CRC Press, 1994. 587 p.
10. Niculescu, S.-I. *Delay Effects on Stability: A Robust Control Approach*. Springer, 2001. 321 p.
11. Nowacki, W. *Thermoelasticity*. Pergamon Press, 1986. 566 p.

BO‘LAKLI UZLUKSIZ ARGUMENTLI VOLTERRA INTEGRAL TENGLAMASINING KORREKTLIGI

Xolikov Suyunjon Xamroqul o‘g‘li
Navoiy davlat universiteti, Matematika kafedrasi dotsenti
E-mail: xolikovsuyunjon@gmail.com; ORCID: 0009-0000-5279-8622
Xamroyev Rustam Raupovich
Osiyo halqaro universiteti magistranti

UDK 517.968

Annotatsiya. Maqolada bo‘lakli uzluksiz argument ishtirok etgan ikkinchi tur chiziqli Volterra integral tenglamasi tadqiq etiladi. Volterra operatori xossalari hamda $[t] = k$ munosabatidan foydalanib, ketma-ket yaqinlashishlar ayirmasi uchun baholar olinadi. Mazkur baho mavjudlik va yagonalik uchun parametrlarning kichikligi talab qilinmasligini ko‘rsatadi. Yechimning bahosi va ozod hadga nisbatan uzluksiz bog‘liqligi ko‘rsatiladi. Bo‘lakli uzluksiz argumentli integralning birlik intervallarga ajralishi asosida yechimning uzluksiz-diskret tuzilishi aniqlanadi. Olingan natijalar klassik Volterra nazariyasini bo‘lakli uzluksiz argumentli funksional had bilan uyg‘unlashtiradi va qaralayotgan tenglama uchun korrektlikning yetarli shartlarini beradi. Taklif etilgan yondashuv umumlashgan bo‘lakli argumentli hamda nochiziqli Volterra modellarini tadqiq etishda qo‘llanishi mumkin. Mavjudlik va yagonalik har qanday chekli intervalda isbotlangan.

Kalit so‘zlar: Volterra integral tenglamasi, bo‘lakli o‘zgarmas argument, mavjudlik, yagonalik, uzluksiz bog‘liqlik, ketma-ket yaqinlashishlar, korrektlik, uzluksiz-diskret tuzilish.

WELL-POSEDNESS OF A VOLTERRA INTEGRAL EQUATION WITH PIECEWISE CONTINUOUS ARGUMENT

Abstract. This paper investigates a linear Volterra integral equation of the second kind involving a piecewise continuous argument. The properties of the Volterra operator and the relation $[t] = k$ yield estimates for the differences of successive approximations. These estimates show that smallness of the parameters is not required for the existence and uniqueness of the solution. An estimate for the solution and its continuous dependence on the free term are established. The continuous-discrete structure of the solution is determined by decomposing the integral over unit intervals. The results combine the classical Volterra theory with a functional term and provide sufficient conditions for well-posedness.

Key words: Volterra integral equation, piecewise constant argument, existence, uniqueness, continuous dependence, successive approximations, well-posedness, continuous-discrete structure.

Kirish. Volterra integral tenglamalari uchun yechimning mavjudligi va yagonaligini aniqlash, uning aprior baholarini olish hamda boshlang‘ich ma’lumotlarga nisbatan uzluksiz bog‘liqligini asoslash nazariy va amaliy jihatdan muhim masalalardan hisoblanadi [1–3]. Bo‘lakli uzluksiz argumentli tenglamalar nazariyasida uzluksiz evolyutsiyaning diskret tugun qiymatlari bilan bog‘lanishi dastlabki fundamental ishlarda [4–6] izchil tadqiq qilingan. Keyingi tadqiqotlarda umumlashgan bo‘lakli argumentli sistemalarning integral tenglamalari hamda integro-differensial sistemalarning davriy yechimlari o‘rganilgan [7–12].

Mazkur ishda noma’lum funksiyaning butun qism argumentidagi qiymati qatnashgan ikkinchi tur chiziqli Volterra integral tenglamasi qaraladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi chekli intervalda masalaning mavjudlik, yagonalik va turg‘unlik xossalarini asoslash, shuningdek, bo‘lakli uzluksiz argument hosil qiladigan uzluksiz-diskret tuzilishni aniqlashdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Volterra integral va funksional tenglamalarning umumiy operator nazariyasi Gripenberg, Londen va Staffans [1, 241–246-b.] monografiyasida tizimli bayon qilingan. Brunner [2, 53–81-b.] Volterra integral va unga yaqin funksional-differensial tenglamalar uchun approksimatsion usullarni rivojlantirgan, Polyanin va Manzhirov [3, 566–567-b.] esa integral tenglamalarning keng sinfi uchun analitik yechish usullarini jamlagan.

Mazkur maqolada klassik Volterra operatorining $[t] = \mathrm{k}$ munosabati bilan birgalikda qo‘llanadi. Natijada Picard iteratsiyalari ayirmasi uchun faktorial baho olinadi. Bu yondashuv bevosita siqib akslantirsh prinsipida paydo bo‘ladigan $LS < 1$ tipidagi shartni mavjudlik va yagonalik teoremasidan chiqarib tashlash imkonini beradi.

Tahlil qilingan ilmiy ishlardan kelib chiqib, qaralayotgan model uchun ikki masala bir vaqtning o‘zida ajratiladi: birinchisi, parametrlarning kichikligini faraz qilmasdan korrektlikni asoslash; ikkinchisi esa, bo‘lakli uzluksiz argumentda hosil bo‘ladigan tugunlararo evolyutsiyani aniq konstruktiv ko‘rinishda ifodalash. Maqolaning ilmiy yangiligi ushbu ikki xususiyatni yagona Volterra baholash sxemasida birlashtirishdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi. $S > 0$ bo‘lsin va quyidagi sohada

$$D_S = \{(x,t) \in \mathbb{R}^2 : 0 \le t \le x \le S\}.$$

ikkinchi tur chiziqli Volterra integral tenglamasini qaraymiz:

$$u(x) = f(x) + \lambda \int_0^x K(x,t)u(t)\,dt + \mu \int_0^x H(x,t)u([t])\,dt, \quad 0 \le x \le S. \tag{1}$$

Bu yerda $[t] = \max\{k \in \mathbb{Z} : k \le t\}$ va $\lambda, \mu \in \mathbb{R}$. Quyidagi shartlar bajarilsin:

$$f \in C[0,S], \qquad K, H \in C(D_S). \tag{2}$$

D_S kompakt bo‘lgani uchun

$$M = \max_{(x,t)\in D_S} |K(x,t)|, \qquad N = \max_{(x,t)\in D_S} |H(x,t)|$$

sonlar chekli. Quyida

$$L = |\lambda|M + |\mu|N$$

belgilashdan foydalanamiz. $u \in C[0,S]$ bo‘lganda $u([t])$ bo‘lakli o‘zgarmas va integrallanuvchi bo‘lgani sababli (1) tenglamaning o‘ng tomoni barcha $x \in [0,S]$ uchun aniqlangan.

Teorema. (2) shartlar bajarilsin. U holda har qanday chekli $S > 0$ va ixtiyoriy $\lambda, \mu \in \mathbb{R}$ uchun (1) tenglama $[0,S]$ da yagona $u \in C[0,S]$ yechimga ega.

Isbot. Pikard ketma-ket yaqinlashishlar usulidan foydalanib:

$$u_0(x) = f(x),$$

$$u_{n+1}(x) = f(x) + \lambda \int_0^x K(x,t)u_n(t)\,dt$$

$$+\mu \int_0^x H(x,t)u_n([t])\,dt, n = 0,1,\ldots \tag{3}$$

ko‘rinishda aniqlaymiz. $v_n = u_n - u_{n-1}$ va

$$V_n(x) = \max_{0\le s\le x} |v_n(s)|$$

deb belgilaymiz. $0 \le t \le x$ uchun $[t] \le t$ bo‘lgani sababli $|v_n([t])| \le V_n(t)$. Shuning uchun

$$V_{n+1}(x) \le L \int_0^x V_n(t)\,dt.$$

$F = \| f \|_\infty$ deb olsak, $V_1(x) \le FLx$. Matematik induksiya yordamida

$$V_n(x) \le F\frac{L^n x^n}{n!}, \qquad n \ge 1, \quad 0 \le x \le S, \tag{4}$$

baho olinadi. Darhaqiqat, ushbu baho n uchun bajarilsa,

$$V_{n+1}(x) \le L \int_0^x F\frac{L^n t^n}{n!}\,dt = F\frac{L^{n+1}x^{n+1}}{(n+1)!}.$$

Demak,

$$\sum_{n=1}^{\infty} |v_n(x)| \le F\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(LS)^n}{n!} = F(e^{LS} - 1), \qquad 0 \le x \le S.$$

Veyershtrass teoremasiga ko‘ra $\sum_{n=1}^{\infty} v_n(x)$ qator $[0,S]$ da tekis yaqinlashadi. Shuning uchun u_n ketmaketlik biror $u \in C[0,S]$ funksiyaga tekis yaqinlashadi. Tekis yaqinlashishdan $u_n([t]) \to u([t])$ ham tekis yaqinlashishi kelib chiqadi, chunki

$$|u_n([t]) - u([t])| \le \| u_n - u \|_\infty.$$

K va H chegaralangan bo‘lgani sababli (3) tenglikda limitga o‘tish mumkin va limit funksiya (1) tenglamani qanoatlantiradi.

Yagonalik uchun u va $\tilde{u}$ (1) tenglamaning ikkita yechimi bo‘lsin.

$$W(x) = \max_{0\le s\le x} |u(s) - \tilde{u}(s)|$$

deb olsak,

$$W(x) \le L\int_0^x W(t)\,dt.$$

Gronuoll tengsizligidan $W(x) \equiv 0$ kelib chiqadi. Demak, $u = \tilde{u}$. Teorema isbotlandi. (4) bahodagi faktorial ko‘paytuvchi teoremaning muhim jihatini ifodalaydi. Haqiqatan, operator normasining bevosita bahosi qisqartirish uchun $LS < 1$ shartini bajarlishi yetarli qiladi. Biroq Volterra operatorining takroriy integrallanishi natijasida hosil bo‘lgan $\frac{1}{n!}$ ko‘paytuvchi funksional qatorining har qanday chekli S uchun tekis yaqinlashishini ta’minlaydi. Shuning uchun Teorema da $LS < 1$ sharti talab qilinmaydi.

Yuqoridagi teoremadan yechimning aprior bahosi ham kelib chiqadi.

$$U(x) = \max_{0\le s\le x} |u(s)|$$

deb belgilansa, (1) dan

$$U(x) \le \| f \|_\infty + L\int_0^x U(t)\,dt$$

hosil bo‘ladi. Gronuoll tengsizligiga ko‘ra quyidagi baho o‘rinli:

$$|u(x)| \le \| f \|_\infty e^{Lx}, \qquad \| u \|_\infty \le \| f \|_\infty e^{LS}. \tag{5}$$

Xuddi shu usul yechimning ozod hadga nisbatan uzluksiz bog‘liqligini ham ta’minlaydi. Agar $f, g \in C[0,S]$ va u, v bir xil K, H, λ, μ uchun mos yechimlar bo‘lsa, u holda

$$\| u - v \|_\infty \le e^{LS} \| f - g \|_\infty. \tag{6}$$

Bo‘lakli uzluksiz argument tenglamaning konstruktiv tuzilishini ham aniqlaydi. $m = [x]$ bo‘lsin. $m \le x < m+1$ da

$$\int_0^x H(x,t)u([t])\,dt = \sum_{k=0}^{m-1} u(k)\int_k^{k+1} H(x,t)\,dt + u(m)\int_m^x H(x,t)\,dt. \tag{7}$$

Shu sababli (1) tenglama

$$u(x) = f(x) + \lambda\int_0^x K(x,t)u(t)\,dt + \mu\sum_{k=0}^{m-1} u(k)\int_k^{k+1} H(x,t)\,dt + \mu u(m)\int_m^x H(x,t)\,dt \tag{8}$$

ko‘rinishga keladi. (7)–(8) munosabatlar global yechimning birlik intervallardagi uzluksiz evolyutsiyasi tugun qiymatlari bilan bog‘langanligini ko‘rsatadi.

Natijalar va muhokama. Teorema masalaning korrektligini, aprior baholar esa yechimning golabal ekanligini ko‘rsatadi.

Misol. $f(x) \equiv 1, K(x,t) \equiv 1$ va $H(x,t) \equiv 1$ bo‘lsin. U holda

$$u(x) = 1 + \lambda\int_0^x u(t)\,dt + \mu\int_0^x u([t])\,dt, \qquad u(0) = 1. \tag{9}$$

$m \le x < m+1$ da $u([x]) = u(m)$. Shuning uchun intervalning ichki nuqtalarida

$$u'(x) = \lambda u(x) + \mu u(m).$$

$s = x - m, 0 \le s < 1$ va $\lambda \ne 0$ bo‘lganda

$$u(m+s) = u(m)\left[e^{\lambda s} + \frac{\mu}{\lambda}\left(e^{\lambda s} - 1\right)\right]. \tag{10}$$

$s \to 1 -$ da yechimning uzluksizligidan

$$u(m+1) = \rho\, u(m), \qquad \rho = e^{\lambda} + \frac{\mu}{\lambda}\left(e^{\lambda} - 1\right) \tag{11}$$

rekurrent munosabat olinadi. $u(0) = 1$ bo‘lgani uchun $u(m) = \rho^m$. $\lambda = 0$ holida esa

$$u(m+s) = u(m)(1+\mu s), \qquad u(m) = (1+\mu)^m.$$

Topilgan funksiya (9) integral tenglamani qanoatlantirishini tekshiramiz.

$$R(x) = u(x) - 1 - \lambda \int_0^x u\,(t)\,dt - \mu \int_0^x u\,([t])\,dt$$

deb belgilaymiz. Har bir $[m, m+1)$ intervalda

$$R'(x) = u'(x) - \lambda u(x) - \mu u(m) = 0.$$

Demak, R har $[m, m+1)$ intervalda o‘zgarmas. $R(0) = 0$, u uzluksiz va integral hadlar ham x bo‘yicha uzluksiz bo‘lgani sababli R butun $[0, S]$ da uzluksiz. Shuning uchun ketma-ket barcha birlik intervallarda $R(x) \equiv 0$. Topilgan funksiya haqiqatan ham (9) integral tenglamaning yechimi bo‘ladi.

Xulosa va takliflar. Bo‘lakli uzluksiz argument ishtirok etgan ikkinchi tur chiziqli Volterra integral tenglamasi uchun har qanday chekli intervalda mavjudlik va yagonalik isbotlandi. Pikard ketma-ket yaqinlashishlari ayirmasi uchun olingan faktorial majoranta mavjudlik-yagonalik natijasini parametrlarning kichiklik shartisiz asoslash imkonini berdi. Yechimning aprior bahosi va erkin hadga nisbatan uzluksiz bog‘liqligi ko‘rsatildi. Bo‘lakli uzluksiz argument ishtirok etgan integralning birlik intervallarga ajratilishi yechimning uzluksiz-diskret tuzilishini ochib berdi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gripenberg G., Londen S.-O., Staffans O. Volterra Integral and Functional Equations. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. pp. 35–44.

2. Brunner H. Collocation Methods for Volterra Integral and Related Functional Differential Equations. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. pp. 53–81.

3. Polyanin A.D., Manzhirov A.V. Handbook of Integral Equations. 2nd ed. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press, 2008. pp. 539–572.

4. Shah S.M., Wiener J. Advanced differential equations with piecewise constant argument deviations. International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences. 1983;6(4):671–703. doi:10.1155/S0161171283000599.

5. Cooke K.L., Wiener J. Retarded differential equations with piecewise constant delays. Journal of Mathematical Analysis and Applications. 1984;99(1):265–297. doi:10.1016/0022-247X(84)90248-8.

6. Wiener J., Cooke K.L. Oscillations in systems of differential equations with piecewise constant argument. Journal of Mathematical Analysis and Applications. 1989;137(1):221–239. doi:10.1016/0022-247X(89)90286-2.

7. Akhmet M.U. Integral manifolds of differential equations with piecewise constant argument of generalized type. Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications. 2007;66(2):367–383. doi:10.1016/j.na.2005.11.032.

8. Chiu K.-S. Periodic solutions for nonlinear integro-differential systems with piecewise constant argument. The Scientific World Journal. 2014;2014:514854. doi:10.1155/2014/514854.

9. Cahlon B., Nachman J., Schmidt D. Numerical solution of Volterra integral equations with delay arguments. Journal of Integral Equations. 1984;7:191–208.

10. Wiener J. Generalized Solutions of Functional Differential Equations. Singapore: World Scientific, 1993.

11. Akhmet M.U. On the reduction principle for differential equations with piecewise constant argument of generalized type. Journal of Mathematical Analysis and Applications. 2007;336(1):646–663. doi:10.1016/j.jmaa.2007.03.010.

12. Chiu K.-S. Numerical-analytic successive approximation method for the investigation of periodic solutions of nonlinear integro-differential systems with piecewise constant argument of generalized type. Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics. 2024;53(5):1272–1290. doi:10.15672/hujms.1298168.

G‘OVAK-IZOTROPIK MUHITLI SFERIK QATLAMDA NOSTATSIONAR TO‘LQIN TARQALISHI MASALASINING YECHISH ALGORITMI

Shukurov A.M.
Qarshi davlat universiteti, professor
Shukurovamon@yandex.ru
ORCID 0000-0002-5555-9149
UDK 539.6

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida konsentrik sferik sirtlar bilan chegaralangan, suyuqlik bilan to‘yingan g‘ovak-izotropik muhitli qatlamda nostatsionar bo‘ylama to‘lqin tarqalishi masalasi o‘rganilgan. Masalani yechish algoritmini ishlab chiqishda o‘lchovsiz vaqt bo‘yicha Laplas integral almashtirishlari qo‘llanilgan. Tasvirlar fazosida masala to‘rt noma’lumli tenglamalar sistemasini yechishga keltirilgan bo‘lib, bu sistemaning yechimi eksponentalar bo‘yicha cheksiz qatorlar shaklida topilgan. Qatorlar koeffitsiyentlariga nisbatan rekurrent munosabatlar hamda ular uchun boshlang‘ich shartlar aniqlangan. Tasvirlar fazosida suyuqlik bilan to‘yingan g‘ovak-izotropik muhit nuqtalarida ko‘chish vektori va kuchlanish tenzori komponentalari uchun formulalar olingan. Tasvirdan originalga o‘tish kompleks o‘zgaruvchili funksiyalar nazariyasidagi qoldiqlar yordamida amalga oshirilgan. natijalardan yerosti inshootlarining mustahkamligini o‘rganish va ularni loyihalashda foydalanish mumkin.

Kalit so‘zlar: nostatsionar to‘lqinlar, sferik qatlam, g‘ovak-elastik muhit, Laplas integral almashtirishlari, cheksiz sistema, cheksiz qator, ko‘chish vektori, kuchlanish tenzori.

AN ALGORITHM FOR SOLVING THE PROBLEM OF PROPAGATION OF NON-STATIONARY WAVES IN A SPHERICAL LAYER OF A POROUS-ISOTROPIC MEDIUM

Abstract. This paper examines the propagation of transient longitudinal waves in a fluid-saturated porous-isotropic layer bounded by concentric spherical surfaces. Laplace integral transforms with respect to dimensionless time were used to develop an algorithm for solving the problem. In image space, the problem was reduced to a system of equations with four unknowns, whose solution was found in the form of infinite exponential series. Recurrence relations for the series coefficients and their initial conditions were determined. Formulas were also obtained for the components of the displacement vector and the stress tensor. The transition from images to originals was accomplished using residues.

Key words: Nonstationary waves, spherical layer, porous-elastic medium, Laplace integral transformations, infinite system, infinite series, displacement vector, stress tensor.

Kirish. Uzluksiz tutash muhitlarda nostatsionar to‘lqin jarayonlarini matematik modellashtirish va o‘rganish to‘lqinlar dinamikasining murakkab va shu bilan birga dolzarb sohasidir. Deformatsiyalanuvchi jismlarning to‘lqin dinamikasi muammolarining dolzarbligi texnologiyaning turli sohalarining rivojlanishi, dinamik yuklar ostida ishlaydigan yangi tuzilmalarning yaratilishi, shuningdek, geofizika, seysmologiya, konchilik sanoati, fuqarolik va sanoat inshootlarini qurish muammolari bilan bog‘liq.

Masalan, monografiyada [1] yupqa devorli va qattiq deformatsiyalanuvchi sferik jismlarning elastik va akustik muhit bilan nostatsionar o‘zaro ta’siri muammosi bo‘yicha tizimli tadqiqotlar natijalari keltirilgan. [2] ishida esa elastik yarim fazoda sferik bo‘shliqdan nostatsionar to‘lqinlarining tarqalishi o‘rganilgan. [3] da suyuqlik va qattiq jismlardagi zarba to‘lqini jarayonlarini modellashtirishning ucho‘lchovli uslubiyoti, shuningdek, suyuqlik va konstruksiyalarning o‘zaro ta’sirini modellashtirish masalalari o‘rganilgan.

Cheksiz ideal siqiluvchan suyuqlikda joylashgan va boshqa akustik muhit bilan to‘ldirilgan yupqa silindrik qobiqni undagi tebranuvchi sferik jism bilan o‘zaro ta’siri haqidagi masala [4] ilmiy tadqiqot ishida o‘rganilgan. [5] da yassi seysmik to‘lqinning ko‘ndalang tushishi natijasida yuzaga kelgan yer osti quvurining statsionar tebranishlari o‘rganilgan.

[6] maqolada tekisliklar bilan chegaralangan ideal suyuqliklar qatlamida sferik bo‘shliqdan nostatsionar to‘lqin tarqalishining o‘qsimetrik masalasi qaralgan. Maqola [7] qalin devorli sferik qobiqdan elastik fazoda kososimmetrik ko‘ndalang siljish to‘lqinlarining tarqalishi masalasiga bag‘ishlangan.

[8] da esa sirtlarga normal tipdagi zarbalar paytida aylanma yupqa qobiqlarida paydo bo‘ladigan elliptik chegaraviy qatlami uchun chegara masalaning yechish usuli ishlab chiqilgan.

Ushbu maqola g‘ovak-elastik muhitli sferik qatlamning nostatsionar tebranishi haqidagi masalaning yechish algoritmini ishlab chiqishga bag‘ishlangan. Ishning maqsadi va vazifasi – g‘ovak-elastik muhitli sferik qatlamidagi nostatsionar to‘lqin jarayonini matematik tasvarlash, masalaning yechish algoritmini ishlab chiqish va muhitning ko‘chish-deformatsiya holati

xarakteristikalari uchun aniq formulalar topishdan iboratdir.

Tadqiqot metodologiyasi. Aytaylik, radiuslari a va b, ($a<b$) bo‘lgan o‘zaro konsentrik sferik sirtlar bilan chegaralangan hamda suyuqlik bilan to‘yingan g‘ovok-izotropik muhitli sferik qatlam berilgan bo‘lsin. G‘ovak-izotropik muhit harakati boshlang‘ich nuqtasi sferik qatlam markazida bo‘lgan (r, θ, ϑ) sferik koordinatalar sistemasida qaraladi.

Vaqtning $\tau=0$ boshlang‘ich momentidan boshlab ichki sferik qatlamning sirtiga o‘qsimmetrik normal tekis $p_s(t)$ sirt kuchi ta’sir etadi.

$$\sigma_{rr}\big|_{r=a}=-(1-\gamma_0)p_s(t), \qquad \sigma_m\big|_{r=a}=-\gamma_0 p_s(t) \tag{1}$$

Bu holda suyuqlik bilan to‘yingan g‘ovok-izotropik muhitda faqat ikkita bo‘ylama to‘lqin tarqaladi va natijada to‘lqinlarining chegaraviy sirtlardan sababli qatlamning nostatsionar tebranishi yuzaga keladi.

Sferik qatlamning tashqi sirti-erkin sirt, unda shartlar

$$\sigma_{rr}\big|_{r=b}=0, \qquad \sigma_m\big|_{r=b}=0 \tag{2}$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Masalaning o‘qsimmetrikligini etiborga olib, suyuqlik bilan to‘yiggan g‘ovak-izotropik muhit muhitining harakati ψ_κ potensiallarga nisbatan to‘lqin tenglamalari orqali tasvirlanadi (“0” indeks bilan qattiq qismdagi to‘lqin potensiali, “1” bilan esa suyuqlik qismidagi to‘lqin potensiali belgilangan):

$$\alpha_\kappa^2\frac{\partial^2\psi_\kappa}{\partial t^2}=\frac{\partial^2\psi_\kappa}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial\psi_\kappa}{\partial r}, \qquad \kappa=1,2, \tag{3}$$

bu yerda Δ - (r, θ, ϑ) sferik koordinatalar sistemasida Laplas operatori.

Vaqtning $\tau=0$ boshlang‘ich momentida qobiq va muhit tinch holatda bo‘ladi, ya’ni boshlang‘ich shartlar bir jinslidir

$$\psi_\kappa\big|_{t=0}=\left.\frac{\partial\psi_\kappa}{\partial t}\right|_{t=0}=0, \qquad \kappa=1,2. \tag{4}$$

(1)-(4) boshlang‘ich-chegaraviy masala g‘ovak-elastik muhitli sferik qatlamning to‘lqinlar ta’sirida nostatsionar tebranishi jarayonini matematik ifodalaydi va yni yechishga vaqt bo‘yicha Laplas integral almashirishlari qo‘llaniladi [9]. U holda tasvirlar fazosida

$$\alpha_\kappa^2 s^2\psi_\kappa^L=\frac{\partial^2\psi_\kappa^L}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial\psi_\kappa^L}{\partial r}, \qquad \kappa=1,2. \tag{5}$$

$$\sigma_{rr}^L\big|_{r=a}=-(1-\gamma_0)p_1^L(s), \qquad \sigma_m^L\big|_{r=a}=-\gamma_0 p_1^L(s), \tag{6}$$

$$\sigma_{rr}^L\big|_{r=b}=0, \qquad \sigma_m^L\big|_{r=b}=0, \tag{7}$$

masalaning qo‘yilishi ko‘rinishga keladi.

(5) tenglamada $\kappa=0,1$ bo‘lganda uning yechimini

$$\psi_1^L(r,s)=\frac{1}{r}\left[R_{00}(r\alpha_1 s)A^L(s)e^{-r\alpha_1 s}+R_{00}(-r\alpha_1 s)B^L(s)e^{r\alpha_1 s}-R_{00}(r\alpha_1 s)B^L(s)e^{-r\alpha_1 s}\right],$$
$$\psi_2^L(r,s)=\frac{1}{r}\left[R_{00}(r\alpha_2 s)E^L(s)e^{-r\alpha_2 s}+R_{00}(-r\alpha_2 s)D^L(s)e^{r\alpha_2 s}-R_{00}(r\alpha_2 s)D^L(s)e^{-r\alpha_2 s}\right] \tag{8}$$

ko‘rinishda izlaymiz, bu yerda $A^L(s)$, $B^L(s)$, $E^L(s)$ va $D^L(s)$ - Laplas almashtirishlari s parametrining noma’lum funksiyalari.

(8) dagi ψ_1^L va ψ_2^L potensialning ko‘chish vektori bilan bog‘lanishiga ko‘ra $u_1^L(r,s)$, $u_2^L(r,s)$ koeffitsiyentlar uchun

$$u_1^L = -\frac{1}{r^2}\Big[R_{10}(r\alpha_1 s)A^L(s)e^{-r\alpha_1 s} + R_{10}(-r\alpha_1 s)B^L(s)e^{r\alpha_1 s} - R_{10}(r\alpha_1 s)B^L(s)e^{-r\alpha_1 s}\Big] -$$
$$-\frac{1}{r^2}\Big[R_{10}(r\alpha_2 s)E^L(s)e^{-r\alpha_2 s} + R_{10}(-r\alpha_2 s)D^L(s)e^{r\alpha_2 s} - R_{10}(r\alpha_2 s)D^L(s)e^{-r\alpha_2 s}\Big]$$
$$u_2^L = -\frac{\beta_1}{r^2}\Big[R_{10}(r\alpha_1 s)A^L(s)e^{-r\alpha_1 s} + R_{10}(-r\alpha_1 s)B^L(s)e^{r\alpha_1 s} - R_{10}(r\alpha_1 s)B^L(s)e^{-r\alpha_1 s}\Big] - \quad (9)$$
$$-\frac{\beta_2}{r^2}\Big[R_{10}(r\alpha_2 s)E^L(s)e^{-r\alpha_2 s} + R_{10}(-r\alpha_2 s)D^L(s)e^{r\alpha_2 s} - R_{10}(r\alpha_2 s)D^L(s)e^{-r\alpha_2 s}\Big]$$

ifodalar kelib chiqadi.

Keyin esa (9) ga ko‘ra ko‘chish vektori bilan kuchlanish tenzorining bog‘lanishidan $\sigma_{rr}^L(r,s)$ va $\sigma_m^L(r,s)$ koeffitsiyentlar uchun

$$\sigma_{rr}^L = \frac{1}{r^3}\Big\{\Big[Q_{100}(r\alpha_1 s)A^L(s)e^{-r\alpha_1 s} + Q_{100}(-r\alpha_1 s)B^L(s)e^{r\alpha_1 s} - Q_{100}(r\alpha_1 s)B^L(s)e^{-r\alpha_1 s}\Big] +$$
$$+\Big[Q_{110}(r\alpha_2 s)E^L(s)e^{-r\alpha_2 s} + Q_{110}(-r\alpha_2 s)D^L(s)e^{r\alpha_2 s} - Q_{110}(r\alpha_2 s)D^L(s)e^{-r\alpha_2 s}\Big]\Big\}, \quad (10)$$
$$\sigma_m^L = \frac{1}{r^3}\Big\{\Big[Q_{300}(r\alpha_1 s)A^L(s)e^{-r\alpha_1 s} + Q_{300}(-r\alpha_1 s)B^L(s)e^{r\alpha_1 s} - Q_{300}(r\alpha_1 s)B^L(s)e^{-r\alpha_1 s}\Big] +$$
$$+\Big[Q_{310}(r\alpha_2 s)E^L(s)e^{-r\alpha_2 s} + Q_{310}(-r\alpha_2 s)D^L(s)e^{r\alpha_2 s} - Q_{310}(r\alpha_2 s)D^L(s)e^{-r\alpha_2 s}\Big]\Big\}$$

ifodalar kelib chiqadi. Bu erda

$Q_{1\kappa 0}(s) = (\eta_1 + \beta_\kappa \eta_2)R_{20}(s) - 2(\xi + \beta_\kappa \eta_2)R_{10}(s)$, $Q_{3\kappa 0}(s) = (\eta_2 + \beta_\kappa \zeta)[R_{20}(s) - 2R_{10}(s)]$.

(10) ifodalarni (6) va (7) chegaraviy shartlarga qo‘yib, Laplas almashirishlarining tasvirlar fazosida quyidagi

$$M_1(s)A^L(s)z^2 t + F_1(s)B^L(s)t - M_1(s)B^L(s)z^2 t + F_2(s)D^L(s)z = k_1(s)zt,$$
$$N_1(s)A^L(s)x^2 y + T_1(s)B^L(s)y - N_1(s)B^L(s)x^2 y + T_2(s)D^L(s)x = 0,$$
$$M_2(s)E^L(s)zt^2 + G_1(s)B^L(s)t - M_2(s)D^L(s)zt^2 + G_2(s)D^L(s)z = k_2(s)zt, \quad (11)$$
$$N_2(s)E^L(s)xy^2 + U_1(s)B^L(s)y - N_2(s)D^L(s)xy^2 + U_2(s)D^L(s)x = 0$$

to‘rt noma’lumli tenglamalar sistemasini olamiz.

Bu (11) sistemaning yechimi quyidagi eksponentalar bo‘yicha cheksiz qatorlar shaklida izlaymiz:

$$A^L(s) = \sum_{i,j,k,l=0}^{\infty} a_{ijkl}(s)x^i y^j z^{-k} t^{-l}, \qquad B^L(s) = \sum_{i,j,k,l=0}^{\infty} b_{ijkl}(s)x^i y^j z^{-k} t^{-l},$$
$$E^L(s) = \sum_{i,j,k,l=0}^{\infty} e_{ijkl}(s)x^i y^j z^{-k} t^{-l}, \qquad D^L(s) = \sum_{i,j,k,l=0}^{\infty} d_{ijkl}(s)x^i y^j z^{-k} t^{-l}. \quad (12)$$

Bu (12) qatorlarni (11) sistemaga qo‘yib, koeffitsiyentlariga nisbatan rekurrent munosabatlar hamda ular uchun boshlang‘ich shartlar olingan.

1) $b_{0,j-1,k,l}(s) = 0$, $i = 0$, $j \ge 1$, $k \ge 0$, $l \ge 0$; 2) $d_{i-1,0,k,l}(s) = 0$, $i \ge 1$, $j = 0$, $k \ge 0$, $l \ge 0$;

3) $a_{ij0,l+1}(s) = b_{ij0,l+1}(s)$, $i \ge 0$, $j \ge 0$, $k = -2$, $l \ge -1$;

4) $a_{0,0,1,0}(s) = b_{0,0,1,0}(s) + k_1(s)/M_1(s)$; 5) $a_{ij1,0}(s) = b_{ij1,0}(s)$, $i + j \ne 0$,

6) $a_{ij1,l+1}(s) = b_{ij1,l+1}(s) - F_2(s)d_{ij0,l}(s)/M_1(s)$, $i \ge 0$, $j \ge 0$, $k = -1$, $l \ge 0$;

7) $a_{ij,k+2,0}(s) = b_{ij,k+2,0}(s) - F_1(s)b_{ijk,0}(s)/M_1(s)$, $i \ge 0$, $j \ge 0$, $k \ge 0$, $l = -1$;

$$a_{ij,k+2,l+1}(s)=b_{ij,k+2,l+1}(s)-\frac{F_1(s)}{M_1(s)}b_{ijk,l+1}(s)-\frac{F_2(s)}{M_1(s)}d_{ij,k+1,l}(s),\quad i\geq 0,$$

8) $j\geq 0;\ k,l\geq 0;$

$$b_{1j-1,k,l}(s)=-\frac{T_2(s)}{T_1(s)}d_{0j,k,l}(s),\quad i=1,\ j\geq 1;\ k,l\geq 0;$$

9)

$$b_{i,j-1,k,l}(s)=\frac{N_1(s)}{T_1(s)}b_{i-2j-1,k,l}(s)-\frac{T_2(s)}{T_1(s)}d_{i-1,j,k,l}(s)-\frac{N_1(s)}{T_1(s)}a_{i-2,j-1,k,l}(s),\quad (13)$$

10) $i\geq 2,\ j\geq 1;\ k,l\geq 0;$

11) $e_{ij,k+1,0}(s)=d_{ij,k+1,0}(s),\quad i=0,\ j\geq 0,\ k\geq -1,\ l\geq -2;$

12) $e_{0,0,0,1}(s)=d_{0,0,0,1}(s)+k_2(s)/M_2(s);$ 13) $e_{ij,0,1}(s)=d_{ij,0,1}(s),\ i+j\neq 0,$

14) $e_{ij,0,l+2}(s)=d_{ij,0,l+2}(s)-G_2(s)d_{ij0,l}(s)/M_2(s),\ i\geq 0,\quad j\geq 0,\ k=-1,\ l\geq 0;$

15) $e_{ij,k+1,1}(s)=d_{ij,k+1,1}(s)-G_1(s)b_{ijk,0}(s)/M_2(s),\ i\geq 0,\quad j\geq 0,\ k\geq 0,\ l=-1;$

$$e_{ij,k+1,l+2}(s)=d_{ij,k+1,l+2}(s)-\frac{G_1(s)}{M_2(s)}b_{ijk,l+1}(s)-\frac{G_2(s)}{M_2(s)}d_{ij,k+1,l}(s),\quad i\geq 0,$$

16) $j\geq 0;\ k,l\geq 0;$

$$d_{i-1,1,k,l}(s)=-\frac{U_1(s)}{U_2(s)}b_{i,0,k,l}(s),\quad i\geq 1,\ j=1;\ k,l\geq 0;$$

17)

$$d_{i-1,j,k,l}(s)=\frac{N_2(s)}{U_2(s)}d_{i-1j-2,k,l}(s)-\frac{U_1(s)}{U_2(s)}b_{i,j-1,k,l}(s)-\frac{N_2(s)}{U_2(s)}e_{i-1,j-2,k,l}(s),$$

18) $i\geq 1,\ j\geq 2;\ k,l\geq 0;$

Bu rekurrent munosabatlar cheksiz qatorlar koeffitsiyentlarini ratsional funksiyalar ko‘rinishida aniqlashga imkon beradi.

Natijalar va muhokama. (12) qatorlarni (9) ko‘chish vektori va (10) kuchlanish tenzori komponentalari ifodalariga qo‘yib, tasvirlar fazosida suyuqlik bilan to‘yingan g‘ovak-izotropik muhitdagi ko‘chish vektori va kuchlanish tenzori komponentalari, hamda suyuqlik qismdagi bosim uchun quyidagi formulalar ega bo‘lamiz:

$$u_1^L=-\frac{1}{r^2}\sum_{ijkl=0}^{\infty}\left\{\left[R_{10}(r\alpha_1 s)a_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}+R_{10}(-r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{r\alpha_1 s}-R_{10}(r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}\right]+\right.$$
$$\left.+\left[R_{10}(r\alpha_2 s)e_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}+R_{10}(-r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{r\alpha_2 s}-R_{10}(r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}\right]\right\}x^i y^j z^{-k}t^{-l},$$

$$u_2^L=-\frac{1}{r^2}\sum_{ijkl=0}^{\infty}\left\{\beta_1\left[R_{10}(r\alpha_1 s)a_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}+R_{10}(-r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{r\alpha_1 s}-R_{10}(r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}\right]-\right.$$
$$\left.-\beta_2\left[R_{10}(r\alpha_2 s)e_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}+R_{10}(-r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{r\alpha_2 s}-R_{10}(r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}\right]\right\}x^i y^j z^{-k}t^{-l},$$

$$\sigma_{rr}^L=\frac{1}{r^3}\sum_{ijkl=0}^{\infty}\left\{\left[Q_{100}(r\alpha_1 s)a_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}+Q_{100}(-r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{r\alpha_1 s}-Q_{100}(r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}\right]+\right.$$
$$\left.+\left[Q_{110}(r\alpha_2 s)e_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}+Q_{110}(-r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{r\alpha_2 s}-Q_{110}(r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}\right]\right\}x^i y^j z^{-k}t^{-l},\quad (14)$$

$$\sigma_m^L=\frac{1}{r^3}\sum_{ijkl=0}^{\infty}\left\{\left[Q_{300}(r\alpha_1 s)a_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}+Q_{300}(-r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{r\alpha_1 s}-Q_{300}(r\alpha_1 s)b_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_1 s}\right]+\right.$$
$$\left.+\left[Q_{310}(r\alpha_2 s)e_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}+Q_{310}(-r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{r\alpha_2 s}-Q_{310}(r\alpha_2 s)d_{ijkl}(s)e^{-r\alpha_2 s}\right]\right\}x^i y^j z^{-k}t^{-l}.$$

Bu ifodalarning originallari topish kompleks o‘zgaruvchili funksiyalar nazariyasidan funksiyaning qoldiqlari yordamida aniqlanadi [10]. Bular g‘ovak-elastik muhitli sferik qatlamning nostatsionar tebranishi haqidagi masalaning analitik yechimini tashkil etadi.

Xulosa. G‘ovak-izotropik muhitli sferik qatlamning nostatsionar tebranishi masalasining yechimi uchun samarali analitik yechish algoritmi ishlab chiqilgan. Laplas integral almashtirishlarining tasvirlar fazosida masala to‘rt noma’lumli tenglamalar sistemasini yechishga keltirilib, uning yechimi cheksiz qatorlar shaklida izlanishi bilan qatorlar koeffitsiyentlari uchun rekurrent ifodalar va ular uchun boshlang‘ich shartlar olindi. Suyuqlik bilan to‘yingan g‘ovak-izotropik muhit kuchlanish-deformatsiya holati xarakteristikalari uchun analittik formulalar topildi. Ishlab chiqilgan algoritmni geofizka va seysmologiyaning amaliy masalalarini yechishda va yer osti inshoatlarni loyihalashtirishda foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gorshkov A.G., Tarlakovskiy D.V. Nestatsionarnaya aerogidrouprugost tel sfericheskoy formi. Nauka. Gl. red. fiz.–mat. lit, 1990. - 264 s.

2. Gorshkov A.G., Tarlakovskiy D.V., Shukurov A.M. Rasprostraneniye nestatsionarnix voln sdviga ot sfericheskogo vklyucheniya v uprugom poluprostranstve //Izvestiya RAN, MTT., № 6. – 2004. – S. 62–68.

3. Abuziarov M. H., Glazova E. G., Kochetkov A. V., and Krylov S. V., On New Method and 3D Codes for Shock Wave Simulation in Fluids and Solids in Euler Variables based on a Modified Godunov Scheme, WSEAS TRANSACTIONS on FLUID MECHANICS, 2023, Vol. 13, pp. 173 - 192. DOI: 10.37394/232013.2023.18.17

4. Дзюба В.В., Кубенко В.Д. Внутренняя осесимметричная задача о взаимодействии тонкой упругой цилиндрической оболочки, заполненной сжимаемой жидкостью и погруженной в безграничную сжимаемую жидкость, с осциллирующей сферой//Акустический вестник, 2002. Том 5, Н 2. - С. 33 – 42.

5. Исраилов М.Ш., Действие косой сейсмической волны на подземный трубопровод// Механика твердого тела РАН, 2022, № 5, с. 58-69. ДОИ 10.3103/C0025654422050089

6. Салиев А.А., Тарлаковский Д.В., Шукуров А.М. Распространение нестационарных волн от сферической полости в акустическом слое// Прикладная математика и механика РАН, 2008, т. 72, № 4, с. 580-587. https://doi.org/10.1016/j.jappmathmech.2008.08.013

7. Shukurov A. Propagation of skew-symmetric unsteady shear waves from thick-walled shell in elastic space, E3S Web of Conferences, 2023, Vol. 365, 01014, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336501014

8. Kirillova I.V., "Elliptic Boundary Layer in Shells of Revolution under Surface Shock Loading of Normal Type," Mech. Solids. 2024, Vol. 59, No.5, pp. 2686-2693. DOI: 10.1134/S0025654424604397

9. Dyoch G. Rukovodstvo k prakticheskomu primeneniyu preobrazovaniya Laplasa i Z – preobrazovaniya. – M.: Nauka, 1971. – 288 s.

10. Lavrentyev M.A., Shabat B.V. Metodi teorii funksii kompleksnogo peremennogo. – M.: Nauka, 1987. – 688 s.

PISTACIA VERA L. BARGLARI VA URUG‘LARIDAGI VITAMINLAR TARKIBINI HPLC USULIDA ANIQLASH

Baratov Javohir Muxitdinovich
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti tayanch doktoranti
javohirbaratov.7777@gmail.com
ORCID 0009-0004-1229-076X
UDK 582.685.4:577.16:543.544.5

Annotatsiya. Tadqiqotda *Pistacia vera* L. o‘simligining barg va urug‘lari tarkibidagi suvda eruvchi vitaminlar miqdori yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) usulida aniqlandi hamda To‘palang va Bobotog‘ hududlaridan yig‘ilgan namunalar qiyosiy baholandi. Barglarda C, B_6, B_9 va B_2 vitaminlari urug‘larga nisbatan yuqori miqdorda to‘planganligi aniqlandi. Eng yuqori ko‘rsatkich C vitamini (28,86–29,86 mkg/g) va B_6 vitamini (23,72–23,99 mkg/g) uchun qayd etildi. Hududlar bo‘yicha ayrim miqdoriy tafovutlar kuzatilgan bo‘lsa-da, vitaminlarning umumiy taqsimlanish xususiyati o‘xshash ekanligi aniqlandi. Olingan natijalar *Pistacia vera* L. barglari suvda eruvchi vitaminlarning muhim tabiiy manbayi ekanligini ko‘rsatadi va ulardan biologik faol qo‘shimchalar, fitopreparatlar hamda funksional oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishda foydalanish istiqbollarini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: *Pistacia vera* L., suvda eruvchi vitaminlar, HPLC, barg, urug‘, askorbin kislotasi, B guruhi vitaminlari, biologik faol moddalar, vitamin tarkibi.

DETERMINATION OF VITAMIN CONTENT IN THE LEAVES AND SEEDS OF PISTACIA VERA L. USING HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)

Abstract. The contents of water-soluble vitamins in the leaves and seeds of *Pistacia vera* L. were determined by high-performance liquid chromatography (HPLC), and samples from the To‘palang and Bobotog‘ regions were compared. Vitamins C, B_6, B_9 and B_2 accumulated at higher levels in the leaves than in the seeds. The highest values were recorded for vitamin C (28.86–29.86 μg/g) and vitamin B_6 (23.72–23.99 μg/g). Despite some quantitative differences between the regions, the overall distribution pattern was similar. *Pistacia vera* L. leaves are an important natural source of water-soluble vitamins with potential for use in biologically active supplements, phytopreparations and food products.

Key words: *Pistacia vera* L., water-soluble vitamins, high-performance liquid chromatography (HPLC), leaves, seeds, ascorbic acid, B-group vitamins, biologically active compounds, vitamin composition.

Kirish. So‘nggi yillarda tabiiy o‘simlik xomashyosidan biologik faol moddalarni ajratib olish, ularning kimyoviy tarkibini aniqlash hamda farmatsevtika, nutrasevtika va funksional oziq-ovqat sanoatida qo‘llash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar jadal rivojlanmoqda. Shu sababli o‘simliklarning vitamin tarkibini zamonaviy instrumental usullar yordamida aniqlash oziq-ovqat xavfsizligi, farmatsevtika va biologik faol qo‘shimchalar ishlab chiqarishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda [1,2].

Pistacia vera L. (Anacardiaceae) iqtisodiy jihatdan eng muhim yong‘oq ekinlaridan biri bo‘lib, uning urug‘lari yuqori oziqaviy qiymati, to‘yinmagan yog‘ kislotalari, oqsillar, fitosterollar, tokoferollar, karotinoidlar va boshqa biologik faol moddalarga boyligi bilan ajralib turadi [3]. So‘nggi yillarda pista urug‘larining kimyoviy tarkibi va biologik faolligi keng o‘rganilgan bo‘lsada, o‘simlikning vegetativ organlari, xususan barglarining vitamin tarkibi bo‘yicha ilmiy ma’lumotlar hali yetarli darajada shakllanmagan [4].

Pista barglari fenolik birikmalar, flavonoidlar, xlorofillar, karotinoidlar va boshqa antioksidant komponentlarning muhim manbayi hisoblanadi. Tadqiqotlar barg ekstraktlarining antioksidant, yallig‘lanishga qarshi va antimikrob faolligini tasdiqlagan bo‘lsa-da, vitaminlarning sifat va miqdoriy tarkibini kompleks baholashga bag‘ishlangan ishlar juda kam uchraydi [5,6].

Vitaminlarning miqdoriy tahlilida yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (High Performance Liquid Chromatography – HPLC) yuqori selektivligi, sezgirligi, takrorlanuvchanligi va bir vaqtning o‘zida bir nechta vitaminlarni aniqlash imkoniyati tufayli eng ishonchli analitik usullardan biri hisoblanadi [7]. Ayniqsa, fotodiodli detektor yoki UV/VIS detektori bilan jihozlangan HPLC tizimlari suvda eruvchi (C vitamini va B guruhi vitaminlari) hamda yog‘da eruvchi vitaminlarni (A, D, E va K) sifat va miqdor jihatdan yuqori aniqlik bilan baholash imkonini beradi [8].

So‘nggi yillarda oziq-ovqat va dorivor o‘simliklarning vitamin profilini aniqlash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda HPLC usuli halqaro standart analitik metod sifatida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu yondashuv namunalarni minimal yo‘qotish bilan tahlil qilish, vitaminlarning parchalanishini kamaytirish hamda yuqori aniqlikdagi natijalarni olish imkonini

beradi [2,7]. Bundan tashqari, o‘simlikning turi, vegetatsiya davri, agroiqlim sharoiti va yetishtirish hududi vitaminlarning to‘planishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan [9].

O‘zbekiston sharoitida yetishtirilayotgan *Pistacia vera* L. barglari va urug‘larining vitamin tarkibini HPLC usulida kompleks o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotlar deyarli mavjud emas. Olingan natijalar pista barglaridan biologik faol qo‘shimchalar, funksional oziq-ovqat mahsulotlari va fitopreparatlar yaratishda foydalanish imkoniyatlarini ilmiy asoslashga xizmat qiladi [10].

Tadqiqot metodlari. Tadqiqot obyekti sifatida *Pistacia vera* L. o‘simligining barg va urug‘ namunalari tanlandi. Namunalar 2025-yil vegetatsiya davrida O‘zbekiston Respublikasining Surxondaryo viloyati To‘palang va Bobotog‘ hududlarida tabiiy sharoitda o‘suvchi o‘simliklardan yig‘ib olindi. Yig‘ilgan barg va urug‘ namunalari begona aralashmalardan tozalandi, oqar suvda yuvildi va laboratoriya sharoitida 25-30 °C haroratda soyada quritildi. Quritilgan namunalar laboratoriya tegirmonida maydalanib, bir xil granulometrik tarkibga keltirildi va tahlilgacha havo o‘tkazmaydigan idishlarda 4 °C haroratda saqlandi.

Pistacia vera L. barg va urug‘lari tarkibidagi suvda eruvchi vitaminlarni aniqlash uchun ekstraksiya jarayoni Ekinci va Kadakal metodikasi asosida ayrim modifikatsiyalar bilan amalga oshirildi [11].

Buning uchun har bir namunadan 5-10 g analitik tarozida aniq tortib olinib, 300 ml hajmli tekis tubli kolbaga joylashtirildi. Namunaga 50 ml 40% (v/v) etanol eritmasi qo‘shildi. Aralashma magnit aralashtirgich va teskari sovutkich bilan jihozlangan tizimda 1 soat davomida qaynatildi, so‘ng ekstraksiya jarayoni 2 soat davomida xona haroratida davom ettirildi.

Ekstraksiya yakunlangandan so‘ng aralashma tindirildi va filtr qog‘ozi orqali filtrlandi. Qattiq qoldiqka yana 25 ml 40% etanol qo‘shilib, ekstraksiya ikki marta takrorlandi. Olingan filtratlar birlashtirilib, 100 ml o‘lchov kolbasiga o‘tkazildi va belgisigacha 40% etanol bilan yetkazildi. Tayyor eritma 7000 ayl/min tezlikda 10 daqiqa davomida sentrifugalandi. Xromatografik tahlil uchun sentrifugadan keyingi tiniq ustki qavatdan foydalanildi.

Standart eritmalarni tayyorlash

Suvda eruvchi vitaminlarni miqdoriy aniqlash uchun B_1 (tiamin), B_2 (riboflavin), B_3 (nikotin kislotasi), B_6 (piridoksin), B_9 (foliy kislotasi) va C (askorbin kislotasi) standart namunalari ishlatildi. Har bir standart moddadan 50,0 mg analitik tarozida tortib olinib, 50 ml o‘lchov kolbasida 40% etanol eritmasida eritildi va belgisigacha yetkazildi. Natijada 1 mg/ml konsentratsiyali ishchi standart eritmalar tayyorlandi [11].

HPLC tahlili

Suvda eruvchi vitaminlarning miqdoriy tahlili Agilent 1200 High Performance Liquid Chromatography (HPLC) tizimida amalga oshirildi.

Xromatografik ajratish Eclipse XDB-C18 (4,6 × 250 mm, 5 μm) teskari fazali kolonkada bajarildi. Tahlil quyidagi sharoitlarda olib borildi:

- Detektor: diod-matritsali detektor (DAD);
- Aniqlash to‘lqin uzunligi: 250 nm;
- Mobil faza oqim tezligi: 0,8 ml/min;
- Kolonka harorati: 25 °C;
- Inyeksiya hajmi: 5 μl.

Mobil faza sifatida asetatli bufer va atsetonitril aralashmasidan gradient elyutsiya rejimida foydalanildi.

Vitaminlarning identifikatsiyasi standart namunalarning ushlanish vaqti (retention time) hamda UV-spektrlarini taqqoslash orqali amalga oshirildi. Miqdoriy hisoblash tashqi standart usuli bo‘yicha tuzilgan kalibrlash grafiklari asosida bajarildi.

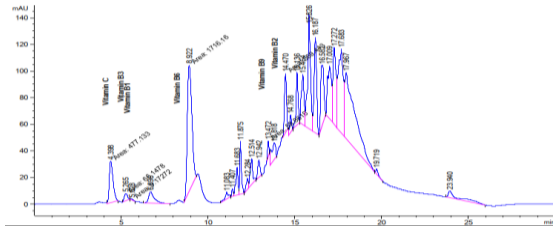
Tahlil va natijalari. Har bir tahlil uch marotaba (n = 3) takrorlandi. Olingan natijalar o‘rtacha qiymat ± standart og‘ish (Mean ± SD) ko‘rinishida ifodalandi. Statistik hisob-kitoblar Microsoft Excel 2021 dasturida amalga oshirildi va $p < 0,05$ qiymat statistik jihatdan ishonchli deb qabul qilindi.

Pistacia vera L. o‘simligining barg va urug‘lari tarkibidagi suvda eruvchi vitaminlar miqdori HPLC usulida aniqlanib, To‘palang va Bobotog‘ hududlaridan yig‘ilgan namunalar o‘rtasida qiyosiy baholandi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

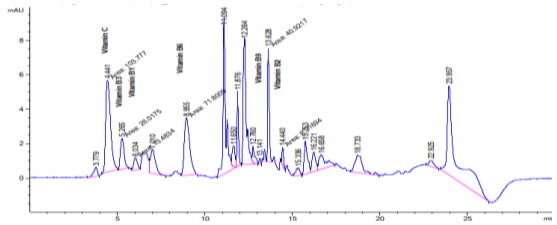
1-jadval

***Pistacia vera* L. barg va urug‘lari tarkibidagi suvda eruvchi vitaminlar miqdori** (mkg/g)

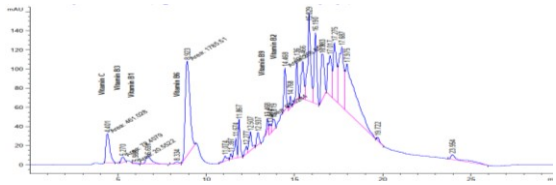
Vitaminlar	To‘palang barg	To‘palang urug‘	Bobotog‘ barg	Bobotog‘ urug‘
B_1	0,06	0,06	0,13	0,17
B_2	8,26	0,55	7,62	2,20
B_6	23,72	1,80	23,99	5,27
B_9	16,12	11,20	19,67	7,10
B_3	0,57	0,22	0,62	1,14
C	29,86	6,51	28,86	6,20



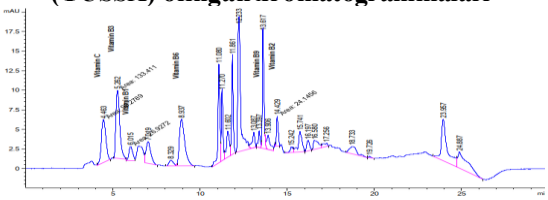
1-chizma To‘palang hududidan olingan barg namunalarining Suvda eruvchan vitaminlarni yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YUSSX) olingan xromatogrammalari



2-chizma To‘palang hududidan olingan urug‘ namunalarining Suvda eruvchan vitaminlarni yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YUSSX) olingan xromatogrammalari



3-chizma Bobotog‘hududidan olingan barg namunalarining Suvda eruvchan vitaminlarni yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YUSSX) olingan xromatogrammalari



4-chizma Bobotog‘hududidan olingan urug‘ namunalarining Suvda eruvchan vitaminlarni yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YUSSX) olingan xromatogrammalari

Jadval ma’lumotlari *Pistacia vera* L. ning barglari suvda eruvchi vitaminlar bo‘yicha urug‘larga nisbatan ancha boy ekanligini ko‘rsatdi. Barcha aniqlangan vitaminlar orasida eng yuqori miqdor C vitamini va B_6 vitamini hissasiga to‘g‘ri kelib, bu barglarning metabolik faolligi yuqori ekanligini tasdiqlaydi. Ma’lumki, barglar fotosintez va nafas olish jarayonlari intensiv kechadigan vegetativ organ hisoblanib, ularda ko‘plab fermentativ reaksiyalar sodir bo‘ladi. Ushbu jarayonlarda B guruhi vitaminlari koferment sifatida, askorbin kislotasi esa kuchli antioksidant sifatida faol ishtirok etadi. Shu sababli barglarda vitaminlarning urug‘larga nisbatan yuqori miqdorda to‘planishi o‘simlik fiziologiyasi nuqtayi nazaridan qonuniy holat hisoblanadi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, C vitamini barcha namunalarda eng yuqori konsentratsiyada aniqlangan. To‘palang hududidan yig‘ilgan barglarda uning miqdori 29,86 mkg/g, Bobotog‘ barglarida esa 28,86 mkg/g ni tashkil etdi. Urug‘larda ushbu ko‘rsatkich mos ravishda 6,51 va 6,20 mkg/g bo‘lib, barglarga nisbatan qariyb 4,6-4,8 marta kam ekanligi kuzatildi. Askorbin kislotasining barglarda yuqori miqdorda uchrashi fotosintez jarayonida hosil bo‘ladigan reaktiv kislorod shakllarini neytrallash, xloroplast membranalarini oksidlovchi shikastlanishdan himoya qilish hamda antioksidant tizimning asosiy komponenti sifatida faoliyat yuritishi bilan izohlanadi.

B guruhi vitaminlari orasida eng yuqori miqdor B_6 vitamini (piridoksin) ga to‘g‘ri keldi. To‘palang barglarida uning miqdori 23,72 mkg/g, Bobotog‘ barglarida esa 23,99 mkg/g ni tashkil etdi. Urug‘larda esa B_6 vitamini sezilarli darajada kam bo‘lib, To‘palang va Bobotog‘ namunalarida mos ravishda 1,80 va 5,27 mkg/g miqdorda aniqlandi. Piridoksin aminokislotalar almashinuvi, oqsil biosintezi, azot metabolizmi hamda stressga javob reaksiyalarida ishtirok etuvchi ko‘plab fermentlarning kofermenti hisoblanadi.

B_9 vitamini (foliy kislotasi) ham barglarda yuqori miqdorda to‘planganligi kuzatildi. Bobotog‘ hududidan yig‘ilgan barglarda uning miqdori 19,67 mkg/g, To‘palang barglarida esa 16,12 mkg/g ni tashkil etdi. Urug‘larda esa aksincha, To‘palang namunalarida (11,20 mkg/g) Bobotog‘ namunalariga (7,10 mkg/g) nisbatan yuqori qiymatlar qayd etildi.

Riboflavin (B_2 vitamini) miqdori To‘palang barglarida 8,26 mkg/g, Bobotog‘ barglarida

esa 7,62 mkg/g ni tashkil etdi. Urug‘larda ushbu ko‘rsatkich mos ravishda 0,55 va 2,20 mkg/g bo‘ldi. B_1 (tiamin) va B_3 (nikotin kislotasi) vitaminlari barcha namunalarda nisbatan past miqdorda aniqlandi. Tiamin miqdori 0,06-0,17 mkg/g, nikotin kislotasi esa 0,22-1,14 mkg/g oralig‘ida o‘zgardi. Shunga qaramay, Bobotog‘ hududidan yig‘ilgan urug‘ namunalarida ushbu vitaminlar miqdorining To‘palang namunalariga nisbatan yuqoriroq ekanligi qayd etildi. Hududlar kesimida olingan natijalar tahlili shuni ko‘rsatdiki, To‘palang hududidan yig‘ilgan barglarda C va B_2 vitaminlari yuqoriroq miqdorda aniqlangan bo‘lsa, Bobotog‘ barglarida B_1, B_3, B_6 va B_9 vitaminlari nisbatan ko‘proq to‘plangan. Urug‘larda esa Bobotog‘ namunalari B_1, B_2, B_3 va B_6 vitaminlari bo‘yicha ustunlik qilgan bo‘lsa, To‘palang namunalarida B_9 va C vitaminlari miqdori yuqoriroq bo‘ldi. Mazkur tafovutlar o‘simlikning genetik xususiyatlari bilan bir qatorda, o‘sish hududining iqlim sharoiti, quyosh radiatsiyasi, tuproqning kimyoviy tarkibi va namlik darajasiga ham bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Xulosa. Tadqiqot natijasida *Pistacia vera* L. barg va urug‘lari tarkibidagi suvda eruvchi vitaminlar HPLC usulida qiyosiy tahlil qilindi. Aniqlanishicha, barglarda C vitamini 28,86-29,86 mkg/g, B_6 vitamini 23,72-23,99 mkg/g, B_9 vitamini 16,12-19,67 mkg/g va B_2 vitamini 7,62-8,26 mkg/g miqdorda aniqlanib, ularning miqdori urug‘larga nisbatan sezilarli darajada yuqori ekanligi qayd etildi. Urug‘larda esa C vitamini 6,20-6,51 mkg/g, B_6 vitamini 1,80-5,27 mkg/g, B_9 vitamini 7,10-11,20 mkg/g va B_2 vitamini 0,55-2,20 mkg/g oralig‘ida bo‘ldi.

To‘palang va Bobotog‘ hududlaridan yig‘ilgan namunalar o‘rtasida ayrim farqlar kuzatilgan bo‘lsa-da, umumiy qonuniyat barcha namunalarda saqlanib qoldi. Olingan natijalar *Pistacia vera* L. barglari suvda eruvchi vitaminlarning, ayniqsa C, B_6 va B_9 vitaminlarining istiqbolli tabiiy manbayi ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari pista barglaridan biologik faol qo‘shimchalar, fitopreparatlar va funksional oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqishda foydalanish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ros E., Casas-Agustench P., Salas-Salvadó J. Nuts and human health outcomes: an updated review. Nutrients. 2023-yil; 15(8):18-72 bet.

2. Barreca D., Nabavi S.M., Sureda A., et al. Pistachio (*Pistacia vera* L.): Phytochemical composition, nutritional value and health-promoting properties. Food Reviews International. 2023-yil ;39(6):3324–3345-bet

3. Ahmadi-Afzadi M., Asnaashari S., Delazar A., et al. Phytochemical composition and biological activities of *Pistacia vera* L.: A comprehensive review. Plants. 2023 yil ;12(9):1847.

4. Noguera-Artiaga L., Wojdyło A., Carbonell-Barrachina Á.A. Bioactive compounds and antioxidant activity of pistachio (*Pistacia vera* L.) and its by-products. Antioxidants. 2022-yil ;11(10):2104.

5. Samaniego-Sánchez C., León-Camacho M., et al. Recent advances in chromatographic determination of vitamins in foods and plant matrices. Food Chemistry. 2024-yil ;451:463 bet.

6. Rodríguez-Bernaldo de Quirós A., Costa H.S. Analysis of vitamins in food matrices using HPLC-DAD and HPLC-MS techniques. Molecules. 2023-yil 49-62 bet.

7. Aryal S., Bhandari P., Sharma K. High-performance liquid chromatography methods for simultaneous determination of water- and fat-soluble vitamins: A review. Journal of Chromatography A. 2024 yil ;17-31 bet

8. Wojdyło A., Nowicka P., Carbonell-Barrachina Á.A. Environmental factors affecting the accumulation of vitamins and phenolic compounds in plant tissues. Scientia Horticulturae. 2024 yil 327:339-bet.

9. FAO. Pistachio Production, Nutritional Composition and Utilization. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2023 yil.

10. Ball G.F.M. Vitamins in Foods: Analysis, Bioavailability, and Stability. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2024 yil.

11. Ekinci H.N., Kadakal C. Determination of seven water-soluble vitamins in foods by high-performance liquid chromatography. Food Chemistry. 2005 yil 173–179 betlar.

SALITSIL, ANTRANIL KISLOTALAR HOSILALARI SINTEZI VA BIOLOGIK FAOLLIKLARI

Jalilov Abdikarimbek Abdixalil o‘g‘li
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Kimyo fakulteti mustaqil izlanuvchi (PhD).
Yodgorov Chinmurot G‘ulomovich
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Kimyo fakulteti, Organik va neft-gaz kimyo kafedrasi dotsenti v.b., PhD.
Xoliqov Tursunali Suyunovich
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Kimyo fakulteti, Organik va neft-gaz kimyo kafedrasi mudiri, professor.
jalilovabdukarimbek@gmail.com
ORCID 0009-0004-1152-2645
UDK 547.56:547.466:615.28

Annotatsiya. Maqolada salitsil va antranil kislotalari hamda ularning hosilalarini sintez qilish usullari, fizik-kimyoviy xossalari va biologik faolliklari bo‘yicha olib borilgan zamonaviy tadqiqotlar tahlil qilinadi. Salitsil kislotasi farmatsevtika, tibbiyot va biologiyada keng qo‘llaniladigan muhim aromatik gidroksikislota bo‘lib, yallig‘lanishga qarshi, og‘riq qoldiruvchi va antiseptik xususiyatlarga ega. Ushbu kislotalardan azo-birikmalar, Shiff asoslari, gidrazonlar, amidlar, murakkab efirlar hamda metall komplekslarini olishning samarali sintetik usullari yoritilgan. Hosil qilingan birikmalarning mikroblarga qarshi, zamburug‘larga qarshi, antioksidant, yallig‘lanishga qarshi va saratonga qarshi faolliklari haqidagi ma’lumotlar umumlashtirilgan. Olingan natijalar salitsil va antranil kislotalari hosilalarining farmakologik jihatdan istiqbolli birikmalar ekanligini hamda yangi biologik faol moddalarni yaratishda muhim ahamiyat kasb etishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: salitsil kislotasi, antranil kislotasi, hosilalar, sintez, alkil galogenid, biologik faollik, yallig‘lanishga qarshi, mikroblarga qarshi, saratonga qarshi.

SYNTHESIS AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF SALICYLIC AND ANTHRANILIC ACID DERIVATIVES

Abstract. This article analyses current research on the synthesis, physicochemical properties and biological activities of salicylic acid, anthranilic acid and their derivatives. Salicylic acid is an important aromatic hydroxy acid widely used in pharmaceuticals, medicine and biology owing to its anti-inflammatory, analgesic and antiseptic properties. Efficient synthetic approaches for obtaining azo compounds, Schiff bases, hydrazones, amides, esters and metal complexes are discussed. The antimicrobial, antifungal, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of the synthesized compounds are summarized. The findings demonstrate that salicylic and anthranilic acid derivatives are promising pharmacologically active compounds and play a role in the development of novel bioactive substances.

Key words: salicylic acid, anthranilic acid, derivatives, synthesis, alkyl halide, biological activity, anti-inflammatory, antimicrobial, anticancer.

Kirish. Orto-almashingan benzoy kislota hosilalari aromatik birikmalarning strategik jihatdan muhim sinfi bo‘lib, ularda karboksil guruhi bilan bir qatorda boshqa bir donor funksional guruh (salitsil kislotasida gidroksil –OH, antranil kislotasida esa amin –NH_2) benzol halqasining qo‘shni 1,2- (orto-) holatida joylashgan bo‘ladi [1, 2]. Ushbu o‘ziga xos strukturaviy joylashuv molekula ichida vodorod bog‘larining hosil bo‘lishiga va birikmalarning fizik-kimyoviy xususiyatlarining sezilarli o‘zgarishiga olib keladi. Kimyoviy jihatdan bu molekulalar bidentat ligandlar sifatida namoyon bo‘lib, turli metall ionlari bilan besh yoki olti a’zoli barqaror xelat komplekslarni hosil qilish qobiliyatiga ega, bu esa ko‘p hollarda erkin ligandlarga nisbatan yuqori biologik samaradorlikni ta’minlaydi. Bundan tashqari, orto-holatdagi funksional guruhlarning o‘zaro joylashuvi ularni xinazolinlar, xinolinlar, benzoksazinonlar va benzodiazepinlar kabi murakkab kondensirlangan geterotsiklik birikmalarni bir bosqichda sintez qilish uchun ideal obyektga aylantiradi [3]. Salitsil va antranil kislotalari asosidagi birikmalar farmatsevtikada keng qo‘llaniladigan farmakologik xususiyatga ega birikmalar sifatida tavsiflanadi. Salitsil kislota yoki 2-gidroksibenzoy kislota, tibbiyot tarixidagi eng qadimgi dori vositalaridan biri bo‘lib, uning manbayi tol daraxti (*Salix alba*) po‘stlog‘iga borib taqaladi [4]. Tarixan isitma va og‘riqni qoldirishda ishlatilgan ushbu kislotadan 1897-yilda aspirin (atsetilsalitsil kislotasi) sintez qilinishi farmatsevtika sanoatida inqilob yasadi [5]. Bugungi kunda salitsil kislota va uning hosilalari (diflunisal, mesalazin, olsalazin) yallig‘lanishga qarshi, og‘riq qoldiruvchi va yurak-qon tomir kasalliklarining oldini oluvchi vosita sifatida butun dunyoda keng qo‘llaniladi. Ularning asosiy ta’sir mexanizmi siklooksigenaza (COX-1 va COX-2) fermentlarini bloklash orqali

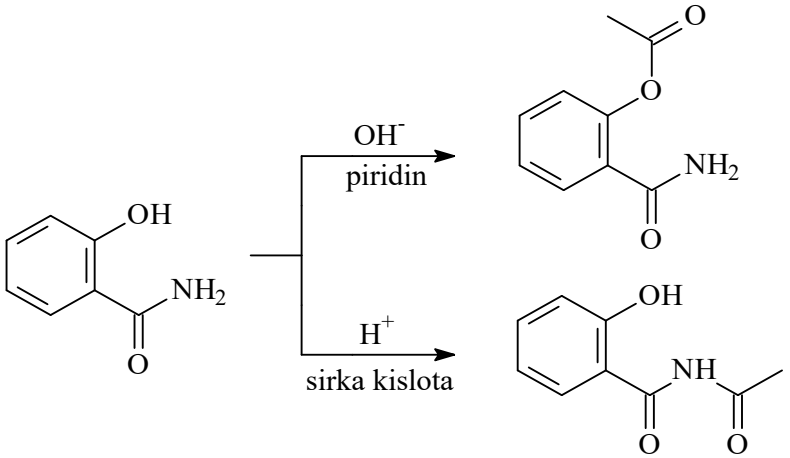
prostaglandinlar sintezini tormozlashga asoslangan [6]. Kimyoviy jihatdan salitsil kislotasining azotli analogi hisoblangan antranil kislotasi (2-aminobenzoy kislota) ham tibbiyotda o‘ziga xos muhim ahamiyatga ega [7]. Antranil kislotasi tirik organizmlarning hayot jarayonida muhim hisoblangan triptofan aminokislotasi biosintezidagi asosiy prekursor bo‘lishidan tashqari, 70 dan ortiq farmatsevtik preparatlarning tarkibiy qismini tashkil etadi. Tibbiyotda keng qo‘llaniladigan fenamatlar guruhidagi yallig‘lanishga qarshi dori vositalari (mefenam, tolfenam va flufenam kislotalari) hamda mashhur furosemid aynan antranil kislotasi hosilalari hisoblanadi [8].

Ushbu ikki kislotaning strukturaviy o‘xshashligi va ulardagi funksional guruhlarning (–OH, –NH_2, –COOH) turli xil modifikatsiyalarga moyilligi, olimlarga yanada samarali va kam toksik bo‘lgan yangi modifikatsiyalangan molekulalarni yaratish imkonini beradi. Hozirgi kunda salitsil va antranil kislotalari asosida saratonga qarshi, mikroblarga qarshi va neyroprotektor (neyronlarni himoya qiluvchi) xususiyatga ega bo‘lgan yangi birikmalarni sintez qilish ustida keng ko‘lamli tadqiqotlar olib borilmoqda [9].

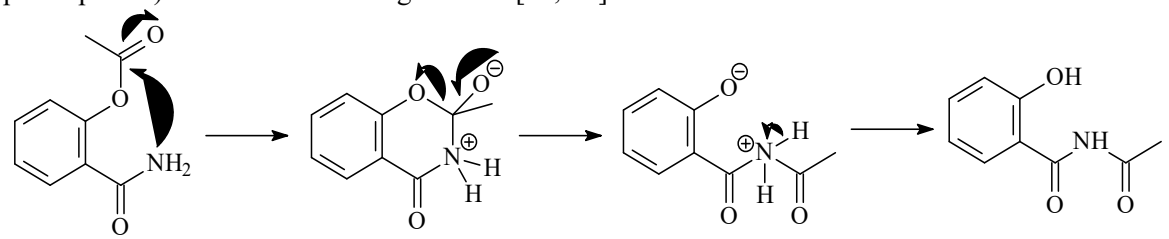
Tadqiqot metodologiyasi. Salitsil va antranil kislotalarning kimyoviy xossalari benzol halqasidagi funksional guruhlarning joylashuvi va elektron tabiatiga bog‘liq. Karboksil guruhi hamda –OH yoki –NH_2 guruhlarining orto-holatda joylashishi molekula ichida vodorod bog‘lari hosil qilib, kislotalik, eruvchanlik va reaksion qobiliyatni belgilaydi. Antranil kislotasi amfoter xususiyatga ega bo‘lib, pH ga qarab N- va O-markazlar orqali reaksiyaga kirishadi. Salitsil kislotasida esa gidroksil guruhi karboksilat ionining nukleofilligini oshirib, regioselektiv modifikatsiyalarni ta’minlaydi[10-17]. Modifikatsiya jarayonida aromatik halqadagi donor guruhlarning yo‘naltiruvchi ta’siri tufayli elektrofil almashinish reaksiyalari (masalan, azo-birikish) yuqori darajadagi regioselektivlik bilan asosan para-holatda (C-5) sodir bo‘ladi [18-20]. Bundan tashqari, orto-holatdagi donor markazlarning fazoviy yaqinligi ushbu molekulalarning bidentat yoki tridentat ligandlar sifatida metall ionlari bilan besh yoki olti a’zoli barqaror xelat halqalarni hosil qilishini ta’minlaydi, bu esa sintez qilinadigan hosilalarning (ayniqsa Shiff asoslari va metall komplekslarining) biologik samaradorligini keskin oshirishda strategik ahamiyat kasb etadi [21, 22].

Ushbu kislotalarning funksional imkoniyatlarini kengaytirishda karboksil guruhi (-COOH) muhim markaziy rol o‘ynaydi. Xususan, eterifikatsiya va amidlash reaksiyalari molekulaning lipofilligini, bioeruvchanligini hamda biologik nishonlar bilan o‘zaro ta’sir xususiyatlarini belgilovchi asosiy modifikatsiya usullari hisoblanadi[23-25].

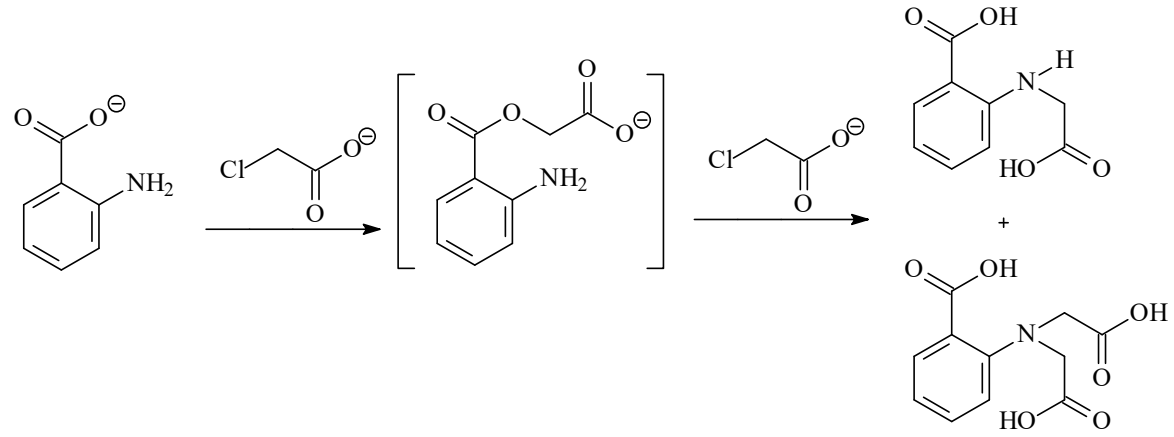
Salitsilamidlar sintezida an’anaviy katalizatorlar bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri amidlash va Shotten-Baumann reaksiyalari orqali yuqori unumlarda N-o‘rinbosarli hosilalar va ularning biologik faol tuzlarini olish mumkin [26, 27]. Salitsil kislotasi hosilasi salitsilamidning atsillanish jarayoni muhitning pH ko‘rsatkichiga kuchli bog‘liq bo‘lib, turli izomerlar hosil bo‘lishiga olib keladi. Asosli sharoitda (piridin ishtirokida): Salitsilamid sirka angidridi bilan reaksiyaga kirishganda, asosan O-atsetilsalitsilamid hosil bo‘ladi (unum 95%). Buning sababi, asosli muhitda salitsilamidning fenoksi-shaklida mavjudligi bo‘lib, bu holat N-atsillanishdan ko‘ra O-atsillanishni ko‘proq bo‘ladi. Kislotali sharoitda (sirka kislotasi muhitida) aksincha salitsilamidni atsetilxlorid yoki sirka angidridi bilan reaksiyaga kirishtirish natijasida N-atsetilsalitsilamid sintez qilinadi.



Sintez qilingan O-atsetilsalitsilamid termodinamik jihatdan unchalik barqaror emas. U qaynoq metanolda 1,5 soat davomida qizdirilganda yoki 120 °C haroratda molekulalararo qayta guruhlanish natijasida to‘liq N-atsetilsalitsilamidga aylanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bu jarayon intramolekulyar mexanizm asosida kechadi va qo‘shni guruhlarning (neighbouring group participation) ishtiroki bilan amalga oshadi [28, 29].

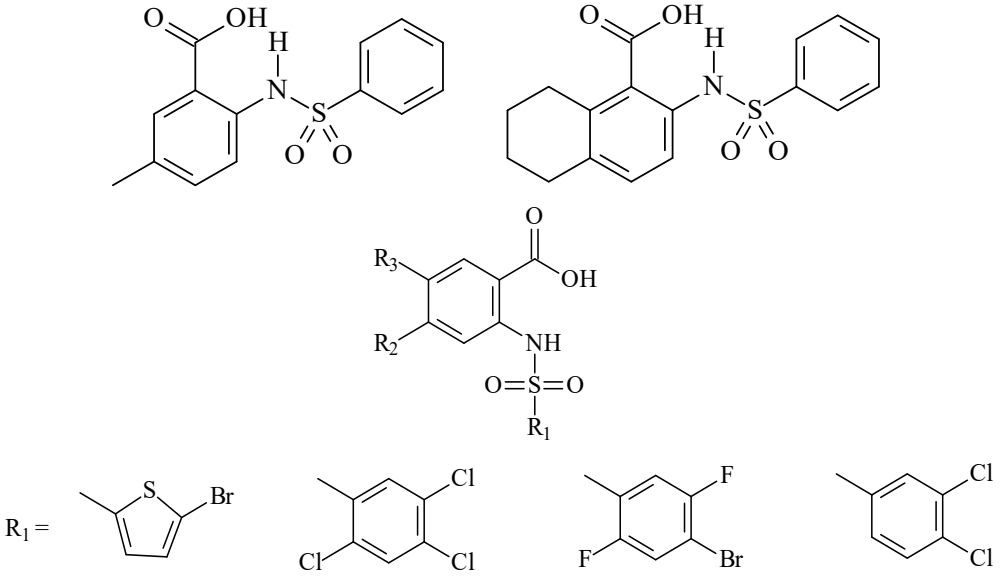


Antranil kislotasini alkillash reaksiyalari uning amfoter tabiati hamda tarkibidagi amin (-NH_2) va karboksil guruhlarining pH-ga bog‘liq holda turlicha yo‘nalishda borishi mumkin. Antranil kislotani alkilgalogenidlar bilan reaksiyalarida ikki strategik yo‘nalish markaziy o‘rin tutadi: nukleofil sifatidagi amin guruhi bo‘yicha N-alkillash (ikkilamchi va uchlamchi aminlar hamda murakkab amino kislota hosilalarini olishda) hamda karboksil guruhining halqaga ta’siriga qarab aromatik halqadagi C–H bog‘lari bo‘yicha regioselektiv C-alkillash.



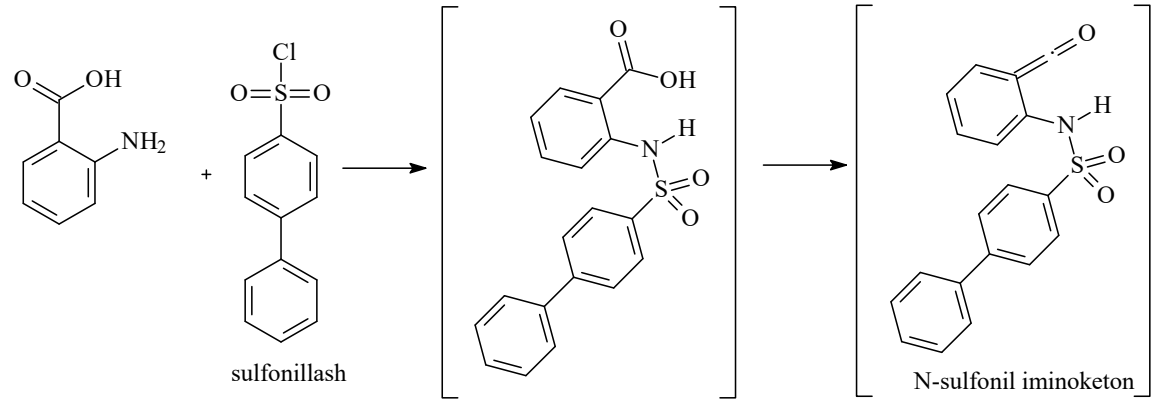
Lekin shuni ham ta’kidlab o‘tish kerakki, ishqoriy muhitda karboksil guruhining deprotonlanishi natijasida hosil bo‘ladigan karboksilat anioni amin guruhiga nisbatan yuqori nukleofillik ko‘rsatadi, bu esa birinchi navbatda O-alkillash (murakkab efir hosil bo‘lishi) reaksiyasiga olib keladi [30-31].

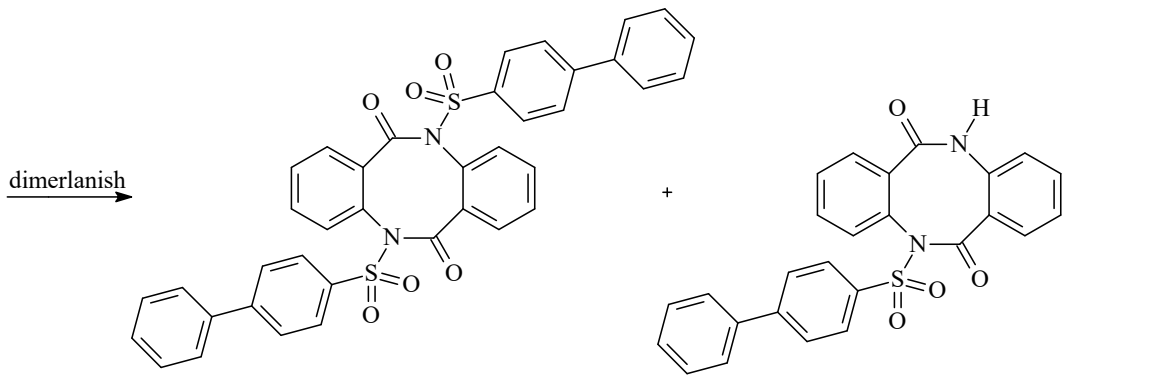
Ushbu kislotalarning strukturaviy modifikatsiyasida alkillanish jarayonlaridan tashqari, aromatik halqaga sulfoguruh kiritish imkonini beruvchi xlorsulfonlash va arilsulfonillash reaksiyalari ham muhim o‘rin tutadi.



Salitsil kislotasini ortiqcha miqdordagi (6 mol) xlorsulfon kislotasi ($ClSO_3H$) bilan reaksiyaga kirishtirish orqali yuqori unumdorlik (90%) bilan 5-xlorosulfonilsalitsil kislotasi sintez qilinadi, bu esa bakteriyalarga qarshi xususiyatga ega sulfonamidlar, azidlar va gidrazidlar olish uchun universal oraliq mahsulot hisoblanadi [28]. Antranil kislotasi (AA) va uning hosilalari esa turli arilsulfonilxloridlar bilan (masalan, pyridine yoki THF muhitida) reaksiyaga kirishib, biologik faol N-sulfonyl antranil kislotalari va ularning hosilalarini beradi [32, 33]. Zamonaviy katalitik usullar, xususan, Ir(III) katalizatori ishtirokida benzoat kislotalarni sulfonil azidlar bilan bevosita orto-holatda amidlash (sulfonillashning bir turi) orqali yuqori regioselektivlikka ega N-sulfonyl hosilalarini olish imkonini beradi [4, 34].

Shuningdek, antranil kislotani arilsulfonillash jarayoni iminoketen oraliq mahsulotlarining dimerlanishini ta'minlab, pestasulfamidlar kabi murakkab tabiiy birikmalar sintezi uchun strategik yo‘l ochishi manbalarda qayd etilgan [35]. Pestasulfamidlar sintezi one-pot usulida amalga oshirilib, bunda 4-bifenilsulfonilxlorid bir vaqtning o‘zida ham sulfonillovchi, ham degidratsiyalovchi reagent vazifasini bajaradi. Ushbu strategik yo‘l bilan sintez qilingan pestasulfamid A kuchli anti-atsetilxolinesteraza faolligini (IC_{50} = 11,94 μM) namoyon etishi aniqlangan bo‘lib, bu uni Alsgeymer kasalligiga qarshi yangi turdagi dori vositalarini yaratishda istiqbolli nomzod sifatida qo‘llash imkonini beradi.





Pestasulfamid B Pestasulfamid A

Salitsil va antranil kislota hosilalarining biologik faolliklari.

Salitsil va antranil kislotalari o‘zlarining aromatik tuzilishi va yuqori reaksion qobiliyatga ega funksional guruhlari tufayli farmatsevtik moddalar, xususan, ba'zi geterosiklik hosilalar sintezida strategik prekursorlar hisoblanadi [36]. Ularning biologik faolligi an'anaviy ravishda yallig‘lanish mediatorlari bo‘lgan siklooksigenaza (COX-1, -2) va 5-lipooksigenaza (5-LOX) fermentlarini ingibirlash bilan bog‘liq bo‘lib, bu ularni nosteroid yallig‘lanishga qarshi vositalar (NSAID) sifatida dunyo miqyosida tanilishiga sabab bo‘lgan. Xususan, salitsil kislotasining yodlangan hosilalari va uning amino guruh tutgan hosilasi bo‘lgan 4-aminosalitsil kislotasi (PAS) bakteriya tsitozolining pH gomeostazini buzish orqali yuqori silga qarshi faollik namoyon etadi [37]. Shu bilan birga, salitsil kislotasini karnozin kabi dipeptidlar bilan gibridlash natijasida aspirinning asosiy kamchiligi bartaraf etilib, oshqozon shilliq qavatini himoya qiluvchi gastroprotektiv (oshqozon shilliq qavatini himoya qiluvchi) va kuchli antioksidant xususiyatga ega yangi birikmalar olindi. Antranil kislota ham zamonaviy farmakologiyada strategik ahamiyatga

ega bo‘lib, uning hosilalari siklooksigenaza va 5-lipooksigenaza fermentlarini ingibirlash, shuningdek, albumin denaturatsiyasini va Interleykin-1 ekspressiyasini to‘xtatish orqali yallig‘lanishga qarshi, og‘riq qoldiruvchi va artritga qarshi faollik ko‘rsatadi. Ushbu aromatik tizim siklinga bog‘liq kinazalar (Cyclin-Dependent Kinases) (CDK2), MAPK kaskadi va VEGF yo‘llarini bloklash, shuningdek, apoptozni stimullash va aldo-keto reduktaza fermentlarini ingibirlash orqali saratonga qarshi hamda hujayralarning patologik (noto‘g‘ri, haddan tashqari tez) ko‘payishiga qarshi xususiyatlarni namoyon etadi. Bundan tashqari, antranil kislota hosilalari α-glukozidaza fermentini ingibirlash orqali diabetga qarshi, UppS va polimeraza yo‘llarini bloklash orqali mikrob va virus va mikroblarga qarshi, hamda neyropatologik jarayonlarni sekinlashtirish orqali neyroprotektiv agentlar sifatida biologik faollik ko‘rsatadi. Antranil kislotaning bifunksional tabiati uni silliq mushaklarni bo‘shashtiruvchi (spazmolitik), antikoagulyant va dori rezistentligini nazorat qiluvchi P-glikoprotein ingibitori kabi ko‘p maqsadli terapevtik agentlar sintezi uchun universal fundamental prekursorga aylantiradi [38].

Xulosa. Tadqiqot natijalari salitsil va antranil kislotalaridagi karboksil, gidroksil va amin guruhlari orqali amalga oshiriladigan kimyoviy modifikatsiyalar ularning strukturaviy xilma-xilligi hamda farmakologik xossalarini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Atsillash, alkillash, xlorsulfonlash va geterotsikllanish reaksiyalari natijasida olingan hosilalar yallig‘lanishga qarshi, og‘riq qoldiruvchi va isitma tushiruvchi ta’sir bilan birga COX-2 ingibitori, antioksidant va alfa-glyukozidaza ingibitori sifatida ham yuqori faollik namoyon etadi. Bundan tashqari, ularning metall komplekslari va tuzlari dori vositalarining eruvchanligi, lipofilligi hamda yangi psixotrop xususiyatlarini yaxshilaydi. Shu sababli salitsil va antranil kislotalari kam toksik va yuqori selektivlikka ega yangi avlod dori vositalarini yaratishda muhim universal prekursorlar hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ahmed A. A. et al. A comprehensive review on anthranilic acid-derived Schiff bases and their metal chelates: Structures and applications //Chemical Review and Letters. – 2023. – Vol. 6. – №. 3. – P. 350-389.

2. Oussou R. et al. Salicylic acid: a key natural foundation for next-generation plant defense stimulators //Pest Management Science. – 2026. – Vol. 82. – №. 3. – P. 2165-2176.

3. Prasher P., Sharma M. Medicinal chemistry of anthranilic acid derivatives: A mini review //Drug Development Research. – 2021. – Vol. 82. – №. 7. – P. 945-958.

4. Klessig D. F., Tian M., Choi H. W. Multiple targets of salicylic acid and its derivatives in plants and animals //Frontiers in Immunology. – 2016. – T. 7. – C. 206.

5. Olmsted III J. A. Synthesis of aspirin: A general chemistry experiment //Journal of chemical education. – 1998. – T. 75. – №. 10. – C. 1261.

6. Ekinci D., Şentürk M., Küfrevioğlu Ö. İ. Salicylic acid derivatives: synthesis, features and usage as therapeutic tools //Expert opinion on therapeutic patents. – 2011. – Vol. 21. – №. 12. – P. 1831-1841.

7. Tokalı F. S. et al. Novel hydrazones derived from anthranilic acid as potent cholinesterases and α-glycosidase inhibitors: Synthesis, characterization, and biological effects //Journal of Biochemical and Molecular Toxicology. – 2024. – T. 38. – №. 1. – C. e23521.

8. Milusheva M. et al. Novel anthranilic acid hybrids—An alternative weapon against inflammatory diseases //Pharmaceuticals. – 2023. – T. 16. – №. 12. – C. 1660.

9. Milusheva M. et al. Synthesis, molecular docking, and biological evaluation of novel anthranilic acid hybrid and its diamides as antispasmodics //International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24. – №. 18. – P. 13855.

10. Morello M. A. Studies in the acidities and mechanism of decarboxylation of substituted anthranilic and salicylic acids in monaqueous solvents. – 1967.

11. Todua N. G. et al. “Ortho Effects” in the Mass Spectra of Derivatives of hydroxy-, mercapto and aminobenzenecarboxylic acids.

12. Nugrahani I., Parwati R. D. Challenges and progress in nonsteroidal anti-inflammatory drugs co-crystal development //Molecules. – 2021. – Vol. 26. – №. 14. – P. 4185.

14. ASAKAWA H. et al. Chemistry of salicylic acid and anthranilic acid. I. Reduction of methyl salicylate, methyl anthranilate and their derivatives with sodium borohydride //Chemical and Pharmaceutical Bulletin. – 1979. – Vol. 27. – №. 2. – P. 522-527.

15. Wodnicka A. et al. Synthesis and antifungal activity of new salicylic acid derivatives //Polish Journal of Chemical Technology. – 2017. – T. 19. – №. 1. – C. 143-148.

16. Kang G. et al. Liquid chromatography-mass spectrometry study of the composition and structure of alkyl salicylate as a detergent additive in lubricants //Analytical Methods. – 2026. – Vol. 18. – №. 14. – P. 2843-2852.

17. Gichinga M. G., Striegler S. Regioselective alkylation of hydroxysalicylaldehydes //Tetrahedron. – 2009. – Vol. 65. – №. 25. – P. 4917-4922.

18. Hamad A. R. et al. Synthesis of azo compounds containing salicylic acid and its derivatives: A review //Chemical Review and Letters. – 2024. – Vol. 7. – №. 5. – P. 846-859.

19. Pichette Drapeau M., Gooßen L. J. Carboxylic acids as directing groups for C− H bond functionalization //Chemistry–A European Journal. – 2016. – Vol. 22. – №. 52. – P. 18654-18677.

20. Sumita A., Ohwada T. Friedel-crafts-type acylation and amidation reactions in strong brønsted acid: taming superelectrophiles //Molecules. – 2022. – Vol. 27. – №. 18. – P. 5984.

21. Maly K. E. Synthesis of Aromatic Compounds. – Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2022.

22. Ahmed A. A. et al. A comprehensive review on anthranilic acid-derived Schiff bases and their metal chelates: Structures and applications //Chemical Review and Letters. – 2023. – Vol. 6. – №. 3. – P. 350-389.

23. Merk D. et al. Anthranilic acid derivatives as novel ligands for farnesoid X receptor (FXR) //Bioorganic & medicinal chemistry. – 2014. – Т. 22. – №. 8. – С. 2447-2460.

24. Koca M. et al. Synthesis of new ester derivatives of salicylic acid and evaluation of their COX inhibitory potential //Chemistry & Biodiversity. – 2023. – Т. 20. – №. 1. – С. e202200509.

25. Kökten Ş., Celik I. A simple, mild, and practical method for the esterification and thioesterification of anthranilic acid utilizing N-(2-Aminobenzoyl) benzotriazole //Synthesis. – 2013. – Т. 45. – №. 18. – С. 2551-2556.

26. Lupea X. A., Padure M. Synthesis and characterization of some N-substituted amides of salicylic acid //Zbornik Matice srpske za prirodne nauke. – 2003. – №. 104. – С. 5-10.

27. Brel A. K., Lisina S. V., Budaeva Y. N. N-salicyloyl amides and their salts: synthesis, biological activity and toxicity //Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2024. – Т. 67. – №. 3. – С. 103-110.

28. Cremlyn R. et al. Some sulfonyl derivatives of salicylic acid and related compounds //Phosphorus and Sulfur and the Related Elements. – 1980. – Т. 9. – №. 2. – С. 155-164.

29. Mouad A. M. et al. Aminolysis of linoleic and salicylic acid derivatives with Candida antarctica lipase B: A solvent-free process to obtain amphiphilic amides for cosmetic application //Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. – 2016. – Т. 126. – С. 64-68.

30. Wiklund P., Bergman J. Alkylation and acylation of basic salts of anthranilic acid //Tetrahedron letters. – 2004. – Т. 45. – №. 5. – С. 969-972.

31. Andryukov K. V., Korkodinova L. M. Calculating the constants of lipophilicity in aqueous and gaseous phases and their relationship to the structure of derivatives of N-alkyl substituted anthranilic acid //Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2014. – Т. 88. – №. 8. – С. 1371-1374.

32. Allison B. D. et al. Identification and optimization of anthranilic sulfonamides as novel, selective cholecystokinin-2 receptor antagonists //Journal of medicinal chemistry. – 2006. – Т. 49. – №. 21. – С. 6371-6390.

33. Sheppard G. S. et al. Discovery and optimization of anthranilic acid sulfonamides as inhibitors of methionine aminopeptidase-2: a structural basis for the reduction of albumin binding //Journal of medicinal chemistry. – 2006. – Т. 49. – №. 13. – С. 3832-3849.

34. Das J. et al. Recent advances in external-directing-group-free C–H functionalization of carboxylic acids without decarboxylation //ACS Catalysis. – 2021. – Т. 11. – №. 7. – С. 4205-4229.

35. Kobori Y., Abe T. First Total Synthesis of Pestasulfamides A and B Through Iminoketene Dimerization of Anthranilic Acid in One-Pot Manner //Molecules. – 2025. – Т. 31. – №. 1. – С. 47

36. Djurendić E. et al. Synthesis and biological evaluation of some new 2-oxazoline and salicylic acid derivatives //ARKIVOC: Online Journal of Organic Chemistry. – 2011.

37. Kulikova O. I. et al. A new derivative of acetylsalicylic acid and carnosine: synthesis, physical and chemical properties, biological activity //DARU Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2020. – Т. 28. – №. 1. – С. 119-130.

38. Marinova P., Hristov M. Synthesis and biological activity of novel complexes with anthranilic acid and its analogues //Applied Sciences. – 2023. – Т. 13. – №. 16. – С. 9426.

SNK–2KEA–APTES ASOSIDAGI EPOKSILI ADGEZION KOMPOZITSIYALAR OLISH HAMDA ULARNING FIZIK-MEXANIK XOSSALARINI TADQIQ QILISH

[1]Tursunboyev Alisher Qurbonmurod o‘g‘li,
Qarshi davlat texnika universiteti
assistent o‘qituvchisi, Shahrisabz sh.
alishertursunboyev96@gmail.com
ORCID 0009-0008-3614-0298
[1]Maxmudov Rafiq Amanovich
Buxoro davlat texnika universiteti, t.f.d., professor
rafiqmaxmudov330@gmail.com
ORCID 0009-0007-0811-2233
[1]Ochilov Abduraxim Abdurasulovich t.f.d., dotsent
Buxoro davlat texnika universiteti,
ochilov82@gmail.ru
ORCID 0009-0006-0725-3245
UDK 678.5:66.017:620.1

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda sellyuloza nanokristallari (SNK) 2-karboksietil akrilat (2KEA) va 3-aminopropiltrietoksisilan (APTES) bilan reaksiya natijasida olingan birikmalar asosida epoksili adgezion kompozitsiyalar tayyorlandi. Olingan nanoto‘ldirgichning tuzilishi fizik-kimyoviy tahlillar yordamida tasdiqlandi va uning epoksi matritsa bilan fazalararo o‘zaro ta’siri baholandi. Tadqiqot natijalari sintez qilingan birikma tarkibidagi -OH, -CONH-, Si-O-C va Si-O-Si guruhlari epoksi matritsa bilan kuchli molekulyar ta’sir qilib, adgezion bog‘lanishni sezilarli darajada mustahkamlashini ko‘rsatdi. Natijada siljishdagi mustahkamligi, tortilish, bukilish va siqilish xossalari hamda elastiklik modullari sezilarli yaxshilandi. Funksional guruhlarning ta’sir mexanizmi kvant-kimyoviy yondashuv asosida izohlandi. Olingan natijalar SNK–2KEA–APTES asosidagi epoksili adgezion kompozitsiyalarning yuqori mustahkam konstruksion yopishtiruvchi materiallar yaratishda istiqbolli nanoto‘ldirgich ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: sellyuloza nanokristallari, 2-karboksietil akrilat, 3-aminopropiltrietoksisilan, epoksili adgezion kompozitsiya, nanoto‘ldirgich, fazalararo adgeziya, siljishdagi mustahkamlik, mexanik xossalar, kvant-kimyoviy tahlil.

PREPARATION OF EPOXY ADHESIVE COMPOSITES BASED ON CNC–2CEA–APTES AND STUDY OF THEIR PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

Abstract. Epoxy adhesive composites were prepared using a compound synthesized by the reaction of cellulose nanocrystals (CNC) with 2-carboxyethyl acrylate (2CEA) and 3-aminopropyltriethoxysilane (APTES). The nanofiller structure was confirmed by physicochemical analysis, and its interaction with the epoxy matrix was investigated. The -OH, -CONH-, Si-O-C and Si-O-Si functional groups established strong molecular interactions with the epoxy matrix, significantly enhancing interfacial adhesion. The shear strength, tensile, flexural and compressive properties and the corresponding elastic moduli were markedly improved. The interaction mechanism of the functional groups was interpreted quantum-chemically. The CNC-2CEA-APTES nanofiller is a promising reinforcing material for high-strength structural epoxy adhesive composites.

Key words: cellulose nanocrystals, 2-carboxyethyl acrylate, 3-aminopropyltriethoxysilane, epoxy adhesive composite, nanofiller, interfacial adhesion, shear strength, mechanical properties, quantum chemical analysis.

Kirish: So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi biomassa resurslari asosida yuqori samaradorlikka ega bioasosli adgezion materiallarni yaratishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarga alohida e’tibor qaratilmoqda [1–3]. Ayniqsa, sellyuloza nanokristallari (SNK) yuqori kristallik darajasi, katta solishtirma sirt maydoni, past zichligi, biologik parchalanishi va yuqori mexanik mustahkamligi tufayli polimer kompozitlar va adgezion kompozitsiyalarda istiqbolli nanoto‘ldiruvchi sifatida keng qo‘llanilmoqda [4–7]. Biroq tabiiy nanosellyulozaning ko‘p sonli gidroksil guruhlari uning gidrofilligini oshirib, epoksi kabi organik polimer matritsalari bilan o‘zaro ta’sirlari cheklangan. [8–10].

Ushbu muammoni hal qilish maqsadida nanosellyuloza sirtini kimyoviy modifikatsiyalash eng samarali usullardan biri hisoblanadi. Xususan, karboksil guruhlari bilan graftlangan nanosellyuloza keyingi kimyoviy reaksiyalar uchun faol markaz hosil qiladi hamda turli organosilan birikmalarini kovalent bog‘lash imkonini beradi. Avvalgi tadqiqotimizda [11-13] 2-karboksietilakrilat bilan modifikatsiyalangan nanosellyuloza kristallari (SNK–2KEA) 3-

aminopropiltrietoksisilan (APTES) bilan amidlanib, SNK–2KEA–APTES bioasosli funksional materiali sintez qilindi va ularning IQ, CHNS, SEM, TGA, DTG va DSC tahlillari natijalari amid bog‘lari muvaffaqiyatli hosil bo‘lganligini, birikmalning termik barqarorligi va sirt funksionalligi sezilarli darajada yaxshilanishiga olib kelgan.

Shu bilan birga, sintez qilingan SNK–2KEA–APTES kimyoviy berikmaning epoksili va poliuretan asosidagi adgezion kompozitsiyalarda faol nanoto‘ldiruvchi sifatidagi samaradorligi bo‘yicha tadqiqotlar mavjud emas. Epoksi adgezivlar yuqori mexanik mustahkamlik, kimyoviy va termik barqarorlik bilan ajralib tursa, poliuretan adgezivlar yuqori elastiklik, demormatsiyaga chidamlilik va turli substratlar bilan mustahkam yopishish xususiyatlariga ega [14–15]. Shu sababli nanosellyuloza asosidagi ko‘p funksional organosilan modifikatorlaridan foydalanish ushbu ikki turdagi adgezion sistemalarning fazalar orasida mustahkamligi, mexanik xossalari va uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligini sezilarli darajada yaxshilashi mumkin.

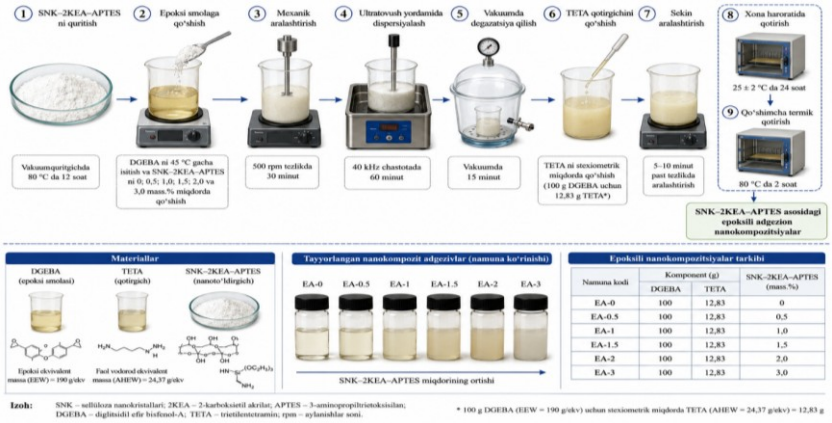
Ushbu tadqiqotning maqsadi SNK-2KEA-APTES asosida epoksili adgezion kompozitsiyalarni tayyorlash hamda nanosellyuloza modifikatorining adgeziya mustahkamligi, cho‘zilish va egilish mustahkamligi, qattiqligi, suv shimuvchanligi, termik barqarorligi va mikrostrukturaviy xususiyatlariga ta’sirini kompleks baholashdan iborat.

Materiallar va usullar: Ushbu tadqiqotda nanoto‘ldiruvchi sifatida avvalgi tadqiqotimizda sintez qilingan 2-karboksietilakrilat bilan modifikatsiyalanib, 3-aminopropiltrietoksisilan (APTES) bilan amidlangan nanosellyuloza kristallari (SNK-2KEA-APTES) ishlatildi. Ushbu birikma tarkibida amid (-CONH-), silan (-Si-O-) va gidroksil (-OH) funksional guruhlari mavjud bo‘lib, epoksi matritsasi bilan kuchli fazalar aro ta’sirlarshishini o‘rganish va SNK-2KEA-APTES namunasi avvalgi tadqiqotlarda keltirilgan usullar bilan sintez qilingan.

Epoksi matritsasi sifatida bisfenol-A diglitsidil efiri (DGEBA) asosidagi epoksi smola, qotiruvchi sifatida esa poliamin tipidagi amin qotiruvchisi ishlatildi. Dispersiyalash muhiti sifatida analitik tozalikdagi atseton qo‘llanildi.

2.2. SNK–2KEA–APTES asosidagi epoksi adgezion kompozitsiyalarni tayyorlash: Epoksili adgezion nanokompozitsiyalar diglitsidil efir bisfenol-A (DGEBA) asosidagi epoksi smolasi, trietilentetramin (TETA) qotirgichi hamda sintez qilingan SNK–2KEA–APTES nanoto‘ldirgichi asosida tayyorlandi va ularning adgezion va mexanik xossalarni yaxshilashdan iborat bo‘ldi.

Nanoto‘ldirgich yuzasidagi fizik adsorbsiyalangan namlikni yo‘qotish va epoksi matritsa bilan o‘zaro ta’sirni kuchaytirish uchun kompozitsiyani tayyorlashdan oldin SNK–2KEA–APTES vakuum quritgichida 80 °C haroratda 12 soat davomida quritildi. DGEBA epoksi smolasi 45 ± 5 °C gacha isitilib, qovushqoqligi pasaytirildi va SNK–2KEA–APTES epoksi smolasiga 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 va 3,0 mass.% miqdorlarda qo‘shildi. Hosil bo‘lgan aralashma dastlab 500 ayl/min tezlikda 30±2 minut davomida mexanik aralashtirildi va epoksi matritsasida bir tekis taqsimlanishini ta’minlash maqsadida aralashma 40 kHz chastotali ultratovush vannasida 60±5 minut davomida dispersiyalandi. Dispersiyalash jarayonida tizim harorati nazorat qilinib, epoksi qatronining muddatidan oldin qotib qolishining oldi olindi.



2.2-rasm: SNK-2KEA-APTES asosidagi epoksili adgezion kompozitsiyyalarni tayyorlash

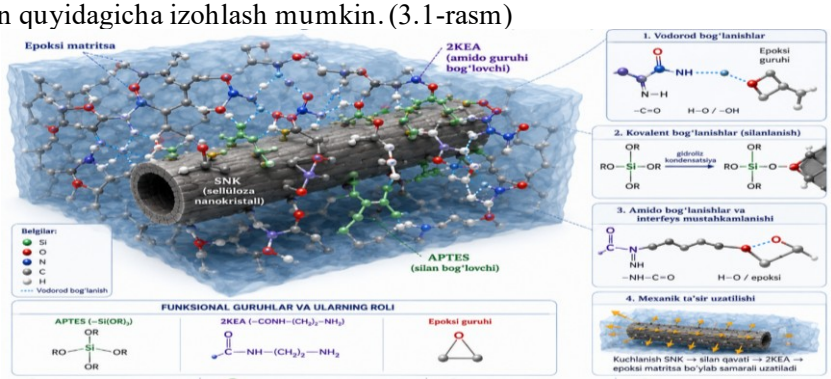
Ultratovush bilan ishlov berilgandan so‘ng aralashma vakuum kameraga joylashtirilib, 15 minut davomida degazatsiya natijasida kompozitsiya tarkibidagi havo pufakchalarini yo‘qotildi.

Shundan so‘ng kompozitsiya xona haroratigacha sovitildi va DGEBA ning epoksi ekvivalent massasi 190 g/ekv, Trietilentetramin (TETA) ning faol vodorod ekvivalent massasi esa

24,37 g/ekv bo‘lgani sababli, 100 g epoksi smolaga 12,83 g TETA qo‘shilib 10 minut davomida ehtiyotkorlik bilan aralashtirildi. Tayyorlangan kompozitsiya mexanik sinovlar uchun standart qoliplarga quyildi, adgezion sinovlar uchun esa oldindan abraziv ishlov berilgan va aseton bilan yog‘sizlantirilgan metall plastinkalar orasiga bir xil qalinlikda surildi. Namunalar dastlab 25 ± 2 °C haroratda 24 soat davomida qotirildi. Epoksi tarmog‘ining to‘liq shakllanishini ta’minlash hamda termomexanik barqarorligini oshirish maqsadida barcha namunalar 80 °C da 2 soat davomida ikki marta qotirishdan o‘tkazildi.

2.3. Fizik-mexanik va fizik-kimyoviy tahlil usullari: SNK–2KEA–APTES asosidagi epoksi adgezion kompozitsiyalarning fizik-mexanik va fizik-kimyoviy xossalari zamonaviy standart tahlil usullari yordamida baholandi. Kompozitsiyalarning adgeziya mustahkamligi ASTM D1002 standarti bo‘yicha universal sinov mashinasida aniqlanib, natijalar MPa birlikda ifodalandi. Cho‘zilish mustahkamligi va nisbiy uzayish qiymatlari ASTM D638, egilish mustahkamligi esa ASTM D790 standartlari asosida o‘rganildi. Kompozitsiyalarning sirt qattiqligi ASTM D2240 standarti bo‘yicha Shore D durometri yordamida aniqlandi. Suv shimuvchanligi ASTM D570 standarti asosida baholanib, namunalar 25 ± 2 °C haroratdagi distillangan suvda 24 soat davomida saqlangandan so‘ng massa o‘zgarishi foizlarda hisoblandi.

Natijalar va ularning muhokamasi: Sintez qilingan SNK–2KEA–APTES asosidagi epoksili adgezion kompozitsiyalarda funksional guruhlarning elektron tuzilishi va molekulyar o‘zaro ta’sirlari fazalararo adgeziyaning shakllanishida muhim ahamiyatga ega sababli,ushbu funksional guruhlarning adgezion xossalarga ko‘rsatadigan ta’siri kvant-kimyoviy nuqtayi nazardan quyidagicha izohlash mumkin. (3.1-rasm)

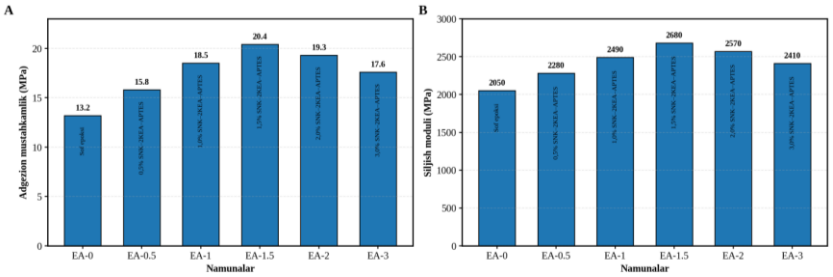


3.1-rasm: SNK-2KEA-APTES asosidagi epoksili adgezion kompozitsiyaning funkisonal guruhlar ta’sir mexanizmi

SNK–2KEA–APTES bilan modifikatsiyalangan nanoto‘ldirgich epoksili adgezion kompozitsiyada fazalararo adgeziyaning samaradorligiga asosiy omillar modifikatsiyalanayotgan birikmaning yuzasida mavjud gidroksil (–OH), amid (–CONH–), siloksan (Si–O–Si) va siloksikarbon (Si–O–C) funksional guruhlarining epoksi matritsa bilan ko‘p nuqtali molekulyar o‘zaro ta’sirlarni hosil qilishi hisoblanadi. Epoksi qatron TETA yordamida qotirilgandan so‘ng hosil bo‘ladigan gidroksil guruhlari SNK–2KEA–APTES yuzasidagi amid va qoldiq gidroksil guruhlari bilan kuchli vodorod bog‘larini hosil qilganligi sababli ko‘p markazli vodorod bog‘lari epoksi matritsa va SNK–2KEA–APTES orasidagi fazalararo energiyasini kamayiga olib keladi.

Bundan tashqari, SNK yuzasida oldindan hosil qilingan Si–O–C va Si–O–Si bog‘lari organik epoksi matritsa hamda sellyuloza nanokristallari o‘rtasida barqaror molekulyar zanjir vazifasini bajarishi bilan birga bog‘lar fazalararo zonasining kimyoviy barqarorligini oshirib, SNK–2KEA–APTES ning matritsadan ajralib chiqishini cheklashi va yuklama ta’sirida adgezion qatlamning buzilishiga qarshiligini kuchayishiga olib keladi. Shu bilan birga, amid guruhlarining yuqori qutbliligi epoksi tarmog‘i bilan dipol–dipol va vodorod bog‘lari hosil bo‘lishiga imkon yaratib, fazalararo molekulyar tortishish kuchlari ortishiga hamda –OH, –CONH–, Si–O–C va Si–O–Si funksional guruhlari sinergetik ravishda epoksi matritsa bilan kuchli fazalararo bog‘lanish hosil qilib, namlanish qobiliyatini yaxshilanishiga, fazalararo energiyasini kamaytirishiga, molekulyar adgeziyani kuchaytirishiga va tashqi yuklamaning samarali uzatilishiga olib keladi.

SNK–2KEA–APTES bilan modifikatsiyalangan epoksili adgezion nanokompozitsiyalarning adgezion samaradorligini baholash maqsadida siljitishdagi adgezion mustahkamligi hamda siljish moduli aniqlaniqlanganda, (3.2-rasm), sintez qilingan modda miqdori epoksili kompozitsiyaning mexanik va adgezion xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.



3.2-rasm: SNK-2KEA-APTES asosidagi epoksili adgezion nanikompozitsiyalarning xossalari A) adgezion mustahkamlik: B- siljish moduli

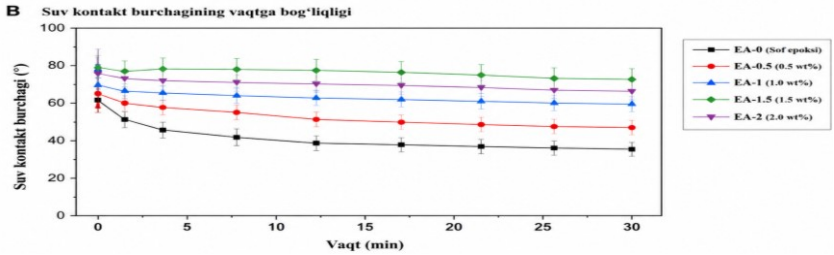
3.2A-rasmdan ko‘rinib turibdiki, epoksi (EA-0) namunasining adgezion mustahkamligi 13,2 MPa ni tashkil qilib,. kompozitsiya tarkibiga 0,5 mass.% SNK–2KEA–APTES kiritilganda ushbu ko‘rsatkich 15,8 MPa gacha 1,0 mass.% ga yetkazilganda adgezion mustahkamlik 18,5 MPa ni, 1,5 mass % SNK–2KEA–APTES qo‘llanilganda adgezion mustahkamlik 20,4 MPa o‘zgarib dastlabki epoksi smoladan 54,5 % ga ortganligi ma’lum bo‘ldi. SNK–2KEA–APTES 2,0 va 3,0 mass % ga oshirilganda adgezion mustahkamlik mos ravishda 19,3 MPa va 17,6 MPagacha pasaygan. Ushbu o‘zgarishlar sintez qilingan moddaning yuqori konsentratsiyalarda zarrachalarining qisman aglomeratsiyalanishi natijasida epoksi matritsa ichida lokal kuchlanish markazlari hosil bo‘lishi va yuklanishning bir tekis uzatilmasligi bilan borgan.

3.2B-rasmda keltirilgan siljish moduli natijalari ham adgezion mustahkamlikdagi kabi o‘sish kuzatilib, ya’ni sintez qilingan birikma epoksi matritsasida bir tekis dispersiyalanishi hamda amid va silan funksional guruhlari hisobiga kuchli fazalararo bog‘lanish hosil bo‘lishi bilan borib, epoksi aralashmasi uchun siljish moduli 2050 MPa ni tashkil qilgan bo‘lsa, SNK–2KEA–APTES miqdori 0,5–1,5 mass.% gacha oshirilganda ushbu ko‘rsatkich 2280–2680 MPa oralig‘iga yetib, maksimal qiymat 1,5 mass % tarkibda kuzatildi. SNK–2KEA–APTES miqdori 2,0 va 3,0 mass.% gacha oshirilganda zarrachalarning qisman aglomeratsiyalanishi va kuchlanishning uzatilish samaradorligi pasayishi bilan borib, siljish moduli mos ravishda 2570 va 2410 MPa gacha kamaygan.

Epoksili adgezion nanokompozitsiyalarning sirt xossalarini baholash maqsadida statik suv kontakt burchagi va kontakt burchagining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi o‘rganildi.



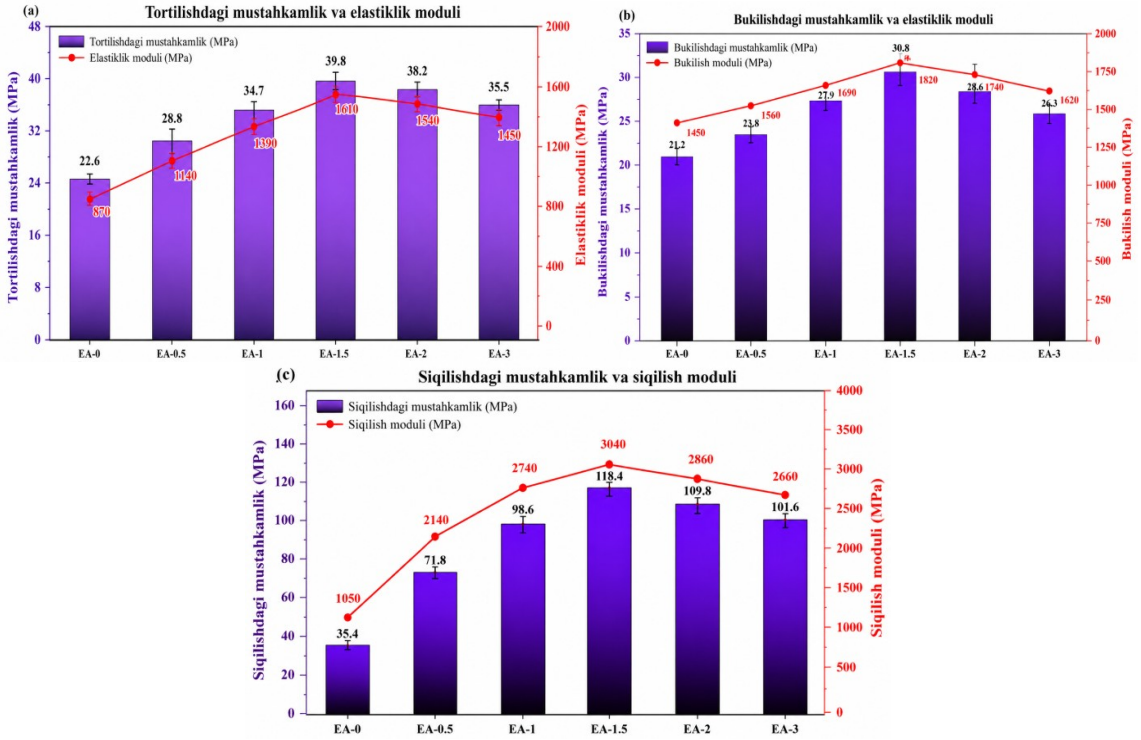
3.3A-rasmdan ko‘rinib turibdiki, epoksi (EA-0) namunasi uchun statik suv kontakt burchagi 63,2 ± 1,4° ni tashkil qilgan.. Epoksi matritsaga 0,5 mass.% SNK–2KEA–APTES qo‘shilganda kontakt burchagi 68,7 ± 1,2° gacha, 1,0 mass.% ga oshirilganda kontakt burchagi 73,1 ± 1,1° ga yetgan va 1,5 mass.% SNK–2KEA–APTES qo‘llanilganda suv kontakt burchagi 78,6 ± 1,0° ni tashkil qilib, dastlabki namunaga nisbatan 24,4 % ga yuqori bo‘lib, kompozitsiya sirtining gidrofobligi sezilarli darajada ortganligini, shunigdek, 2,0 mass.% ga oshirilganda 75,4 ± 1,3° gacha pasaygan.



3.3-rasm: Epoksi smola va turli miqdordagi SNK-2KEA-APTES qo‘shilgan epoksili adgezion kompozitsiyalarning (A) static suv kontakt burchagi (t= 0 min) va (B) suv kontakt burchagining vaqtga bog‘liqligi

3.3B-rasmda suv kontakt burchagining 30 minut davomida o‘zgarishlari keltirilgan. Dastlabki epoksi namunasida kontakt burchagi dastlab 63° atrofida bo‘lib, vaqt o‘tishi bilan 35° gacha kamaydi. Bu suv tomchisining epoksi yuzasi bo‘ylab tarqalishi va namlikning polimer

sirtiga singishi bilan o‘zgarishga olib kelgan. SNK–2KEA–APTES qo‘shilgan namunalarda kontakt burchagi vaqt davomida nisbatan barqaror saqlanib qolib, EA-1.5 namunasi uchun kontakt burchagi 78° dan 72° gacha pasayganligi, epoksi sirtining namlikka nisbatan yuqori qarshiligini va suv molekulalarining material yuzasiga adsorbsiyalanishi sezilarli darajada cheklanganligini bilan o‘zgargan.



3.4-rasm: SNK-2KEA-APTES bilan modifikatsiyalangan epoksili adgezion kompozitsiyalarning (a) tortilishdagi mustahkamlik va elastic moduli, (b) bukulishdagi mustahkamlik va bukulish moduli, (c) siqlishdagi mustahkamlik va siqilish moduli

3.4(a)-rasmda SNK–2KEA–APTES bilan modifikatsiyalangan epoksili adgezion kompozitsiyalarning tortilishdagi mexanik xossalari keltirilgan bo‘lib, tortilishdagi mustahkamlik 22,6 MPa dan 39,8 MPa gacha, elastiklik moduli esa 870 MPa dan 1610 MPa gacha oshganligi, tortilishdagi mustahkamlik 38,2 va 35,5 MPa, elastiklik moduli esa 1540 va 1450 MPa gacha kamaygan bo‘lsa-da, ularning qiymatlari dastlabki epoksi namunasiga nisbatan yuqori saqlanib qolgan bo‘lib, bu funksional guruhlar hosil qilgan ta’siri bilan belgilanadi. 3.4(b)-rasmda bukilishdagi mustahkamlik 21,2 MPa dan 30,8 MPa gacha, bukilish moduli esa 1450 MPa dan 1820 MPa gacha ortishi va bukilishdagi mustahkamlik 28,6–26,3 MPa**,** bukilish moduli esa 1740–1620 MPa va 3.4(c)-rasm natijalariga ko‘ra, siqilishdagi mustahkamlik 35,4 MPa dan 118,4 MPa gacha, siqilish moduli esa 1050 MPa dan 3040 MPa gacha oshgan hamda ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 109,8–101,6 MPa va 2860–2660 MPa qiymatlarni namoyon qilganligi –OH, –CONH–, Si–O–C va Si–O–Si funksional guruhlarining epoksi matritsa bilan hosil qilgan kuchli molekulyar o‘zaro ta’sirlari natijasida fazalararo adgeziyaning kuchayishi, yuklamaning samarali uzatilishi va deformatsiya vaqtida kuchlanishning bir tekis taqsimlanishi bilan boradi degan xulosa kelish mumkin.

Xulosa: Ushbu tadqiqotda sellyuloza nanokristallari (SNK) ketma-ket 2-karboksietil akrilat (2KEA) va 3-aminopropiltrietoksisilan (APTES) bilan sintez qilingan birikma asosida epoksili adgezion kompozitsiyalar tayyorlandi. Olingan natijalar SNK–2KEA–APTES tarkibidagi gidroksil (–OH)**,** amid (–CONH–) va silan funksional guruhlarining epoksi matritsa bilan ko‘p nuqtali vodorod bog‘lari va kuchli fazalararo o‘zaro ta’sirlar hosil qilishi natijasida adgezion xossalarining oshishiga olib kelgan. Shu bilan birga mexanik sinovlar natijasida kompozitsiyaning tortilish, bukilish va siqilish xossalari sezilarli yaxshilangani aniqlandi. Tortilishdagi mustahkamlik 22,6 MPa dan 39,8 MPa gacha, elastiklik moduli 870 MPa dan 1610 MPa gacha, bukilishdagi mustahkamlik 21,2 MPa dan 30,8 MPa gacha, bukilish moduli 1450 MPa dan 1820 MPa gacha, siqilishdagi mustahkamlik esa 35,4 MPa dan 118,4 MPa gacha, siqilish moduli esa

1050 MPa dan 3040 MPa gacha oshganligi, SNK ning epoksili adgezion kompozitsiyalarda samarali mustahkamlovchi nanoto‘ldirgich vazifasini bajarishini tasdiqlaydi.

Shunday qilib, ishlab chiqilgan SNK–2KEA–APTES optimal tarkibi epoksili adgezion kompozitsiyalarning fazalararo adgeziyasini kuchaytirish, mexanik mustahkamligini oshirish hamda yuklama uzatilish samaradorligini yaxshilash imkonini beruvchi istiqbolli adgezion kompozitsiya ekanligi hamda olingan ilmiy natijalar yuqori mustahkamlik va samaradorlikni talab etiladigan konstruksion yopishtiruvchi materiallar, kompozit buyumlar hamda sanoat adgeziv sistemalarda samarali foydalanish imkoniyatini ko‘rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Habibi Y., Lucia L.A., Rojas O.J. Cellulose nanocrystals: Chemistry, self-assembly, and applications // *Chemical Reviews*. – 2010. – Vol. 110, No. 6. – P. 3479–3500. https://doi.org/10.1021/cr900339w

2. Klemm D., Kramer F., Moritz S., et al. Nanocelluloses: A new family of nature-based materials // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2011. – Vol. 50. – P. 5438–5466. https://doi.org/10.1002/anie.201001273

3. Moon R.J., Martini A., Nairn J., Simonsen J., Youngblood J. Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites // *Chemical Society Reviews*. – 2011. – Vol. 40. – P. 3941–3994. https://doi.org/10.1039/C0CS00108B

4. Dufresne, A. *Nanocellulose: From Nature to High Performance Tailored Materials*. Berlin: De Gruyter, 2012. **460 p.**

5. Abdul Khalil H.P.S., Bhat A.H., Ireana Yusra A.F. Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review // *Carbohydrate Polymers*. – 2012. – Vol. 87. – P. 963–979.

6. Trache D., Hussin M.H., Haafiz M.K.M., Thakur V.K. Recent progress in cellulose nanocrystals: Sources and production // *Nanoscale*. – 2017. – Vol. 9. – P. 1763–1786. https://doi.org/10.1039/C6NR09494E

7. Thomas B., Raj M.C., Athira K.B., et al. Nanocellulose, a versatile green platform: From biosources to materials and applications // Chemical Reviews. – 2018. – Vol. 118, No. 24. – P. 11575–11625. DOI: 10.1021/acs.chemrev.7b00627.

8. Wei P., Luo Y., Yang K., et al. Surface modification of cellulose nanocrystals for advanced polymer nanocomposites: A review // *Journal of Materials Science*. – 2021. – Vol. 56. – P. 12999–13047.

9. Gopi S., Balakrishnan P., Chandradhara D., et al. Functionalization strategies of cellulose nanocrystals for polymer composites: Recent advances // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2019. – Vol. 137. – P. 100–113.

10. Fortunati E., Kenny J.M., Puglia D. Effect of surface modification of cellulose nanocrystals on epoxy nanocomposites // *Carbohydrate Polymers*. – 2013. – Vol. 97. – P. 825–836.

11. Da Silva L.F.M., Öchsner A., Adams R.D. Handbook of Adhesion Technology. 2nd ed. Springer, 2018. – 1805 p.

BIMETALL KOBALT–KALSIY FTALOSIANINNING SULFONLANGAN SHAKLINING TERMIK BARQARORLIGI VA PARCHALANISH XUSUSIYATLARI

Nabiyev Dilmurod Abdualiyevich
Termiz davlat universiteti, t.f.f.d., dotsent
Turayev Xayit Xudaynazarovich
Termiz davlat universiteti, k.f.d., professor
Yulchiyeva Feruza Kozimjonovna
Sariosiyo tumani Abu Ali ibn Sino nomidagi Jamoat salomatligi texnikumi,
Umumkasbiy fanlar kafedra mudiri
Gaimov Abdurahmon Abdinazarovich
Termiz davlat universiteti, mustaqil tadqiqotchi
Djalilov Abdulaxat Turapovich.
k.f.d., prof. O‘zR FA akademigi.
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti direktori
dilmurodnabiev@mail.ru
ORCID 0009-0008-4660-4412
UDK 667.287.5

Annotatsiya. Sulfonlangan kobalt-kalsiy ftalosianin pigmentining termik barqarorligi termogravimetrik va differensial termik tahlil usullari yordamida o‘rganildi. Tahlillar pigmentning yuqori termik barqarorlikka ega ekanligini hamda parchalanish jarayoni bir necha bosqichda sodir bo‘lishini ko‘rsatdi. Dastlabki harorat oralig‘ida adsorbsiyalangan namlik va uchuvchan komponentlarning ajralishi kuzatilgan bo‘lsa, keyingi bosqichlarda organik qismlarning termik parchalanishi aniqlangan. Asosiy massa yo‘qotilishi organik qismlarning degradatsiyasi bilan bog‘liqligi hamda yakuniy qoldiq mahsulot sifatida metall oksidlari hosil bo‘lishi aniqlangan. Olingan natijalar pigmentni polimer materiallar, qoplamalar va yuqori haroratga chidamli funksional kompozitsion materiallarda qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi. Pigmentning fizik-kimyoviy xususiyatlari uning sanoat miqyosida lok-bo‘yoq, plastmassa hamda yangi kompozitsion materiallar ishlab chiqarishda istiqbolli modda ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: ftalosianin pigmentlari, sulfonlash jarayoni, bimetall komplekslar, termik barqarorlik, termogravimetrik tahlil, differensial termik tahlil, termik parchalanish, kompozitsion materiallar.

THERMAL STABILITY AND DECOMPOSITION CHARACTERISTICS OF THE SULFONATED FORM OF BIMETALLIC COBALT–CALCIUM PHTHALOCYANINE

Abstract. The thermal stability of the sulfonated cobalt–calcium phthalocyanine pigment was investigated using thermogravimetric and differential thermal analysis. The results demonstrated that the pigment possesses high thermal stability and that its decomposition occurs in several stages. In the initial temperature range, the release of adsorbed moisture and volatile components was observed, whereas the subsequent stages involved thermal decomposition of the organic fragments. The principal mass loss is associated with the degradation of the organic components, while metal oxides are formed as the final residual products. The findings broaden the potential applications of this pigment in polymer materials, coatings and heat-resistant composites.

Key words: phthalocyanine pigments, sulfonation process, bimetallic complexes, thermal stability, thermogravimetric analysis, differential thermal analysis, thermal decomposition, composite materials.

Kirish. Hozirgi vaqtda ftalotsianin birikmalari tabiatda sof holda uchramaydi, bu birikmalarni hosil qilishning yagona usuli bu sintezlash hisoblanadi. Ftalotsianinlarni sintez qilish uchun bir nechta usullarni qo‘llash mumkin, ftalotsianinlar reduktiv siklotetramerizatsiya jarayoni orqali azot funksional guruhlarini o‘z ichiga olgan ftal kislota hosilalarini qizdirish orqali hosil bo‘ladi [1].

Ftalosianin kompleks hosil qiluvchi ligand sifatida deyarli barcha metallar mustahkam, barqaror komplekslarni hosil qila oladi. U asosan to‘rtta ion koordinatsiyon songa ega tekis kvadrat tuzilishdagi komplekslarni hosil qilish xususiyatlarini namoyon qiladi. Bunday xususiyat ularning universalligini namoyon etib, turli metallar bilan barqaror va funksional metall-komplekslar yaratish imkoniyatini beradi [2].

Ftalosianin komplekslari juda yuqori termik barqarorligi, kislotali-asosli sharoitda inert bo‘lishi, ko‘plab erituvchilarda erimaydigan, yuqori rang mustahkamligi va yorug‘likka chidamliligi bilan ajralib turadi. Shuning uchun ftalosianin pigmentlari to‘qimachilik, qog‘oz va

bo‘yoq sanoatida keng qo‘llaniladi. Ularning ranglari jilvadorligi va barqarorligi bilan ajralib turadi va iqtisodiy jihatdan samarali ishlab chiqarilishi sanoatda muhim ahamiyatga ega [3-4].

Oddiy ftalosianin birikmalaridan tashqari uning turli organik birikmalar bilan modifikatsiyalangan birikmalari ham sintez qilingan va turli bo‘yovchi moddalar olishda qo‘llaniladi. Bunday modifikatsiyalash natijasida kiritiladigan o‘zgarishlar katta 4 ta guruhga bo‘linadi: 1) benzol halqasiga qo‘shimcha o‘rinbosarlar kiritish; 2) benzol halqasini boshqa geterosikllarga almashtirish; 3) markaziy ionni o‘zgartirish natijasida ekstrakomplekslar olish; 4) asosiy halqalar hosil bo‘lishida boshqa organik birikmalarni qo‘llash [5].

Mis (II), kobalt (II), nikel (II) va ruxning 3,3′,3″,3‴-tetraaminoftalosianinlaridan antibakterial vosita sifatida foydalanish mumkinligi isbotlangan. To‘q ko‘k-yashil rangli tetraimino bilan almashtirilgan ftalosianin hosilalari elementar tahlil, magnit hossalari, elektron, IQ, rentgen difraksiyasi va termogravimetrik tahlil (TGA) kabi turli xil fizik-kimyoviy usullar bilan o‘rganilgan [6].

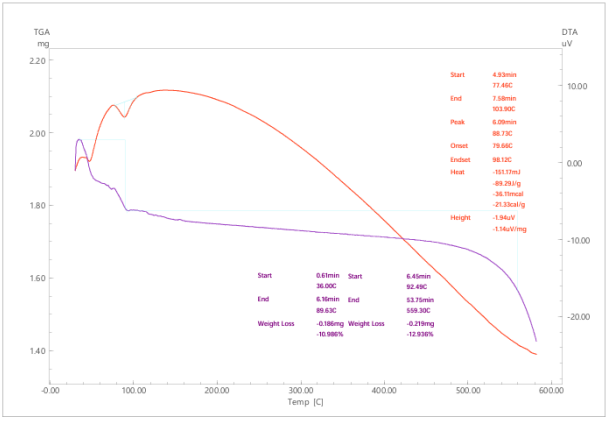
Qimmatbaho bo‘yoqlarni sintez qilish jarayoni ancha murakkab jarayon bo‘lib, ekologik talablarga to‘liq javob bermaydi. Koks zavodi chiqindilari tarkibidagi ftal angidriddan bo‘yoqlarni sintez qilish sharoitlari ham aniqlangan [7].

Ftalosianin bo‘yoqlarining nisbatan barqarorligi tabiiy muhitda turli og‘ir metallar saqlagan bo‘yoqlarning uzoq vaqt saqlanishiga olib keladi. Hozir zamburug‘larning turli vakillarining bu bo‘yoqlarni parchalash darajasi o‘rganilgan bo‘lib, yuqori samaradorlikka erishilgan. Lignosellyuloza yoki lignin hosilalarini parchalash qobiliyati bilan mashhur bo‘lgan o‘n sakkizta qo‘ziqorin shtammlari tijorat maqsadlarida ishlatiladigan reaktiv to‘qimachilik bo‘yoqlarini rangsizlantirish darajasi uchun tekshirilgan [8].

Ftalosianin birikmalarning yana bir qiziqarli va istiqbolli turi-kengaytirilgan π-elektron tuzilishga ega analoglarni mavjudligidir. Ushbu birikmalar tarkibidagi aromatik yadro o‘rniga kengroq tashqi halqa sistemalarga ega naftalin, antrasen yoki fenantren kabi aromatik guruhlari kiritilgan. Bu turdagi birikmalarning kengaygan koniyugatsiya tizimi ularning elektron va optik xususiyatlarini sezilarli darajada o‘zgartiradi [9-10].

Metodologiya. Sintez qilingan Co-Ca ftalosianinning sulfoguruh qo‘shish orqali sulfanamid hosilalarining hosil bo‘lishi bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, bu eruvchan va yuqori faollikga ega bo‘lgan bo‘yoqlarning sintezini ta’minlaydi. Ushbu tadqiqotda 1,896 mg sulfonlangan ftalosianin pigmenti namunasi 24–600°C harorat oralig‘ida tahlil qilindi. SHIMADZU DTG-60 termik analiz qurilmasida bir vaqtning o‘zida termogravimetrik tahlil (TGA) va differensial termik tahlil (DTA) yordamida tahlillar o‘tkazildi.

Natija va tahlil. Ftalosianin pigmentning termogravimetrik derivatogrammasi (TGA) va differensial termogravimetrik tahlili (DTA) quyidagi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Modifikatsiyalangan kobalt-kalsiy ftalosianin pigmentining derivotogrammasi

Sulfolangan kobalt-kalsiy ftalosianin pigmentining termogravimetrik egri chizig‘i tahlili shuni ko‘rsatadiki, TGA egri chizig‘i asosan 2 ta intensiv massa yo‘qotiladigan harorat oralig‘ida amalga oshadi. 1-massa yo‘qotiladigan oraliq 36 - 89,63°C haroratga va 2-massa yo‘qotiladigan oraliq esa 92,49 – 600°C haroratga mos keladi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, 1-massa yo‘qotiladigan oraliqda massa yo‘qotilishi 0,186 mg, ya’ni 10,9 % kuzatilgan bo‘lsa, 2-massa yo‘qotiladigan oraliqda intensiv parchalanish jarayoni sodir bo‘ladi. Bu oraliqda massa yo‘qotilishining asosiy miqdori 0,219 mg, ya’ni 12,9 % ni tashkil etadi. Bundan ko‘rinadiki, birinchi massa yo‘qotilishida ortiqcha namlik va kristallogidrat suvining yo‘qotilishi ro‘y beradi.

Ikkinchi massa yo‘qotishlarida asosiy parchalanish bosqichida is gazi, karbonat angidrid, azot kabi quyi molekulyar birikmalar holatida organik qismning parchalanishidan so‘ng asosan metall karbonatlari, oksidlari aralashmasi, shuningdek, qisman ko‘mir va metall oksidlari qoldiqlari qoladi.

Ftalosianin pigmentining differensial termogravimetrik tahlilidan ma’lum bo‘ldiki, 77,46 – 103,9°C oralig‘ida energiyaning yutilishi yuz berganini ko‘rish mumkin. Eng yuqori issiqlik yutilishi 88,73°C haroratlarda yuzaga keladi.

1-jadval

CoCaPc ftalosianin pigmentining turli haroratlarda kuzatilgan massa yo‘qotilishi va energiya sarfi

№	T,˚C	Yo‘qotilgan massa, mg (1,896mg)	Yo‘qotilgan massa,%	Sarflanadigan energiya miqdori (µV*s/mg)	Sarflangan vaqt (min)	Qoldiq massa, dw (мg)	dw/dt (mg/min)
1	100	0,101	5,32	5,86	6,1	1,795	0,016
2	200	0,147	7,75	8,508	16,1	1,749	0,009
3	300	0,166	8,75	2,86	26,1	1,73	0,006
4	400	0,183	9,65	-6,21	36,1	1,713	0,005
5	500	0,216	11,39	-16,47	46,13	1,68	0,004
6	600	0,471	24,8	-24,89	56,06	1,425	0,008

Turli haroratlarda moddaning termik parchalanish natijalarining tahlili 1-jadvalda berilgan. Jadvalga asoslanib shuni aytish mumkinki, asosiy parchalanish jarayoni 502-581°C oralig‘ida ro‘y beradi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot ishida sulfonlangan bimetallik kobalt-kalsiy ftalosianin pigmentining termik xususiyatlarini o‘rganilgan. Termogravimetrik (TGA) va differensial termik tahlil (DTA) natijalari shuni ko‘rsatdiki, pigment yuqori termik barqarorlikni namoyon etadi, bosqichma-bosqich parchalanish jarayoni mavjud. Namlik va kristallgidrad suv dastlabki bosqichda ajralib chiqishi, yuqori haroratlarda esa asosiy organik komponent parchalanishi va yakunda metall oksidlari va karbonatlarni qoldiq sifatida hosil bo‘lishi aniqlandi. Bundan tashqari, pigmentlarning strukturaviy barqarorligi va rangning mustahkamligi ularni bo‘yoq va qoplama sanoatida, polimer materiallarida, qoplamalarda, matolarni bo‘yashda va fotoelektronikada samarali qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Dumoulin, F., Durmuş, M., Ahsen, V., & Nyokong, T. (2010). Synthetic pathways to water-soluble phthalocyanines and close analogs. *Coordination Chemistry Reviews*, *254*(23-24), P. 2792-2847.

2. Yang S. et al. Recent advances in electrocatalysis with phthalocyanines //Chemical Society Reviews. – 2021. – T. 50. – №. 23. – P. 12985-13011.

3. Jo Y. M. et al. MOF-based chemiresistive gas sensors: toward new functionalities //Advanced Materials. – 2023. – T. 35. – №. 43. – S. P. 2206842.

4. Chen M. et al. CxNy-based materials as gas sensors: Structure, performance, mechanism and perspective //Coordination Chemistry Reviews. – 2024. – T. 503. – P. 215653.

5. Wöhrle D., Schnurpfeil G., Makarov S.G., Kazarin A., Suvorova O.N. Practical Applications of Phthalocyanines – from Dyes and Pigments to Materials for Optical, Electronic and Photo-electronic Devices // Macroheterocycles. Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 2012. Vol. 5, № 3. P. 191–202.

6. Nauka K. et al. Surface molecular vibrations as a tool for analyzing surface impurities in copper phthalocyanine organic nanocrystals // Materials Research Society Symposium Proceedings. Springer, 2010. Vol. 1270, № 1. P. 133–136.

7. Velichko A. V., Pavlovich L.B., Samigulina L.A. Synthesizing copper and cobalt phthalocyanines on the basis of coke-plant wastes // Coke Chem. 2012 555. Springer, 2012. Vol. 55, № 5. P. 179–183.

8. Heinfling A., Bergbauer M., Szewzyk U. Biodegradation of azo and phthalocyanine dyes by Trametes versicolor and Bjerkandera adusta // Appl. Microbiol. Biotechnol. 1997 482. Springer, 1997. Vol. 48, № 2. P. 261–266.

9. Yahya M., Nural Y., Seferoğlu Z. Recent advances in the nonlinear optical (NLO) properties of phthalocyanines: A review //Des and Pigments. – 2022. – T. 198. – S. 109960.

10. Xia D. et al. Functional supramolecular polymeric networks: the marriage of covalent polymers and macrocycle-based host–guest interactions //Chemical Reviews. – 2020. – T. 120. – №. 13. – S. 6070-6123.

SYNTHESIS OF Er AND Yb-DOPED NAYF4 QUANTUM DOTS

Zulfiya Aliyeva
PhD student at the Faculty of Chemistry of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek
Nuritdin Kattayev
Professor at the Faculty of Chemistry of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek
Khamdam Akbarov
Professor at the Faculty of Chemistry of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek
Dilmurod Ernazarov
Surgeon-Endocrinologist, Kashkadarya Branch, Republican Specialized Scientific and Practical Center of Endocrinology
zulfiyazuli91@gmail.com
ORCID 0000-0002-3225-2427
UDK 541.64:539.211

Abstract. Er and Yb-doped quantum dots based on $NaYF_4$ are interesting research objects among new chemical materials. Lanthanide-based, spectrally shifting and multi-color upconverting nanoparticles (UCNPs) have attracted much attention owing to their use in bioimaging, super-resolution microscopy, sensing, barcoding and anti-counterfeiting tags. A prerequisite for their broad application is simple, robust and upscalable synthesis protocols that yield large quantities of UCNPs of 20 nm or more with controlled physicochemical properties from low-cost reagents. We studied the reproducibility, robustness and upscalability of the synthesis of β-$NaYF_4$:Yb, Er UCNPs via thermal decomposition. The results were analysed by dynamic light scattering and light reflection.

Key words: hydrothermal method, carbon quantum dots, $NaYF_4$, dynamic refraction of light, lanthanide, upconverting nanoparticles, thermal decomposition, dynamic light scattering.

Er VA Yb BILAN LEGIRLANGAN $NaYF_4$ KVANT NUQTALARINING SINTEZI

Annotatsiya. $NaYF_4$ asosidagi Er va Yb bilan legirlangan kvant nuqtalari yangi kimyoviy materiallar orasida qiziqarli tadqiqot obyektlari hisoblanadi. Lantanidlarga asoslangan, spektral siljishli va ko‘p rangli lyuminessent upkonversiyali nanozarrachalar (UCNPlar) so‘nggi o‘n yilliklarda bioimaging, super-rezolyutsion mikroskopiya, sensorika, shuningdek, shtrix-kodlash va kontrafaktga qarshi teglar sifatida qo‘llanilishi tufayli katta e’tiborni tortdi. Ularni keng qo‘llashning zaruriy sharti arzon reagentlardan 20 nm yoki undan katta o‘lchamdagi, fizik-kimyoviy xossalari aniq boshqariladigan UCNPlarni ko‘p miqdorda olish imkonini beruvchi oddiy, mustahkam va oson miqyoslanadigan sintez protokollaridir. Termal parchalanish orqali β-$NaYF_4$:Yb, Er UCNPlar sintezining takrorlanuvchanligi, mustahkamligi va miqyoslanish imkoniyatlari o‘rganildi. Natijalar dinamik yorug‘lik sochilishi hamda yorug‘lik qaytarilishi orqali tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: gidrotermal usul, uglerod kvant nuqtalari, $NaYF_4$, yorug‘likning dinamik sinishi, lantanid, upkonversiyali nanozarrachalar, termal parchalanish, yorug‘likning dinamik sochilishi.

Introduction: The problem of counterfeit goods and documents today poses a serious threat not only to economic, but also to social and political security. The counterfeiting of fake banknotes, identity cards, passports, postage stamps, stock certificates, and various products is widespread on a global scale[1,2]. Research shows that the negative consequences of counterfeiting can, in some respects, be even more severe than the threat of terrorism, as it directly damages product quality, the financial standing of organizations and banks, public health, and the economic condition of states[3-5]. Over recent decades, advances in science and technology have also complicated counterfeiting methods. Consequently, governments and research institutions are continuously developing new-generation security technologies[6]. Traditional security methods—such as watermarks, laser holograms, digital watermarks, and structural color patterns—have become relatively well-known and can be easily forged by counterfeiters. Therefore, materials based on optical functionality are attracting great interest due to their short response time, convenience, and low cost. Security inks are inks made from special luminescent materials that are invisible under ordinary lighting conditions and only begin to emit light when exposed to specific wavelengths of radiation (ultraviolet or infrared). The main advantages of security inks include: a high level of confidentiality—the ink is invisible under normal light; multi-level security—different colors and patterns can appear at different wavelengths; durability—modern materials are resistant to temperature, humidity, and light exposure; and a wide range of applications—they can be printed on paper, fabric, glass, and other materials[7,8].

In recent years, lanthanide ion-doped fluorides (such as $NaYF_4$, $NaGdF_4$, Sr_2YbF_7, and $LiYF_4$) have become the leading materials in the production of security inks. Their popularity is explained by the following properties: excellent electronic properties—the 4f-electron configuration of lanthanide ions gives them unique optical characteristics; low toxicity—they are safe for biological environments and human health; high quantum yield—a large portion of the absorbed energy is converted into light emission; chemical stability—the fluoride matrix has low internal phonon energy (approximately 350 cm^{-1}), which increases emission efficiency; and color tunability—a wide spectrum of colors can be achieved by doping with different lanthanide ions. Fluoride matrices, especially those based on sodium fluoride ($NaLnF_4$), are considered one of the most efficient host materials for up-conversion luminescence (UCL). Down-conversion (DC) is a process in which a material is excited by high-energy photons (e.g., ultraviolet radiation) and emits lower-energy photons (visible light)[9,10]. The most commonly used lanthanide ions in DC materials are: Europium (Eu^{3+})—for red light emission; Terbium (Tb^{3+})—for green light emission; Samarium (Sm^{3+}) and Dysprosium (Dy^{3+}) are also used for various colors. An important aspect of the DC mechanism is that the material is typically excited using ultraviolet radiation at wavelengths of 254 nm, 310 nm, 365 nm, or 395 nm. For example, when Sr_2YbF_7 nanomaterial is excited by 365 nm light, it emits a sky-blue color due to vacancies created in the lattice in the presence of oxygen. Up-conversion (UC) is a process in which a material absorbs two or more low-energy photons (e.g., infrared radiation) and emits one higher-energy photon (visible light). The most efficient doped ion pairs in the UC process are Ytterbium (Yb^{3+}) with Erbium (Er^{3+}) or Thulium (Tm^{3+}): the Yb^{3+}/Er^{3+} pair emits green and red light; the Yb^{3+}/Tm^{3+} pair emits blue and violet light; and the Yb^{3+}/Ho^{3+} pair emits green light. The operating principle of the UC mechanism is based on a complex "ladder-like" energy level system. Yb^{3+} ions efficiently absorb 980 nm radiation and transfer energy to Er^{3+}, Tm^{3+}, or Ho^{3+} ions[11,12]. A significant advantage of UC materials is that they enable near-infrared to visible spectral conversion, which makes them much more difficult to replicate (counterfeit) than ultraviolet-based materials. Dual-mode security systems: One of the most promising directions in modern security technologies is the development of materials that possess both down-conversion and up-conversion properties simultaneously. Such materials exhibit different emission characteristics under different wavelengths (e.g., 365 nm UV and 980 nm NIR). For example, recent studies have developed Sr_2YbF_7 nanocomposites that, when doped with Ho^{3+} and Tm^{3+} ions, exhibit up-conversion (green and violet) at 980 nm; and when doped with Eu^{3+} and Tb^{3+} ions, exhibit down-conversion (red and green) at 365 or 395 nm[13]. When inks based on these composites are applied using screen printing, they are almost invisible in daylight, but exhibit bright, multicolor luminescence when illuminated with 365, 395, or 980 nm radiation.

Research methodology: Lanthanide-doped fluoride nanomaterials are mainly prepared by two methods: The solid-state method, in which starting materials are heated at high temperatures (typically 500–1000°C). The disadvantages of this method are the difficulty in controlling particle size and morphology, as well as the uneven distribution of dopants[14]. Precipitation from aqueous solutions (hydrothermal/coprecipitation), which is much more efficient and offers the following advantages: effective control over particle morphology and size; the ability to precisely alter doping concentrations; homogeneous distribution of lanthanide dopants; and synthesis at relatively low temperatures (100–250°C). Using the hydrothermal method, for example, Sr_2YbF_7 nanomaterials are synthesized with high crystallinity and phase purity. The coprecipitation method is widely used for synthesizing AF_3-type fluorides (A=La, Y, Gd). Another important achievement is the synthesis of core-shell nanostructures. For example, when an active shell of $NaREF_4$:Er (RE=Y, Lu, Yb) is grown around a $NaErF_4$:Tm core, the luminescence intensity can be increased by a factor of 2.44 to 4.01[15].

Required Reagents: NaCl, Re_2O_3, PAA, ethylene glycol, $NaYF_4$

Synthesis: Synthesis of NaYF4 quantum dots: The synthesis of quantum dots was carried out in two stages. In the first stage, 4.8 mmol NaCl, 0.1 mmol Re_2O_3 ($Re= Y_{0.8} B_{0.18} Er_{0.02}$), 0.6 g PAA (to prevent agglomeration). The reaction was carried out by adding 30 ml of ethylene glycol and stirring on a magnetic stirrer. After that, 10 mmol $NaYF_4$ and another 10 ml of ethylene glycol were added. The reaction was carried out on a magnetic stirrer at 40°C for 1 hour. In the second stage of the reaction, the prepared substances were transferred to a 100 ml Teflon vessel by hydrothermal method and the reaction was carried out in an autoclave muffle oven at 200°C for 12

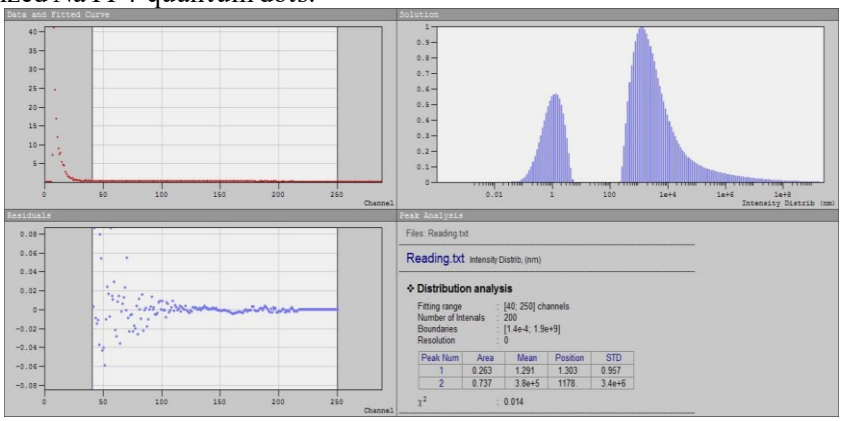
hours.



1-picture. Synthesis stages

After the synthesis process was completed, the muffle furnace was turned off and left to cool. After it cooled completely, we centrifuged it, washed it with equal volumes of water and ethanol, and dried it in a drying oven at 60 0C for 24 hours.

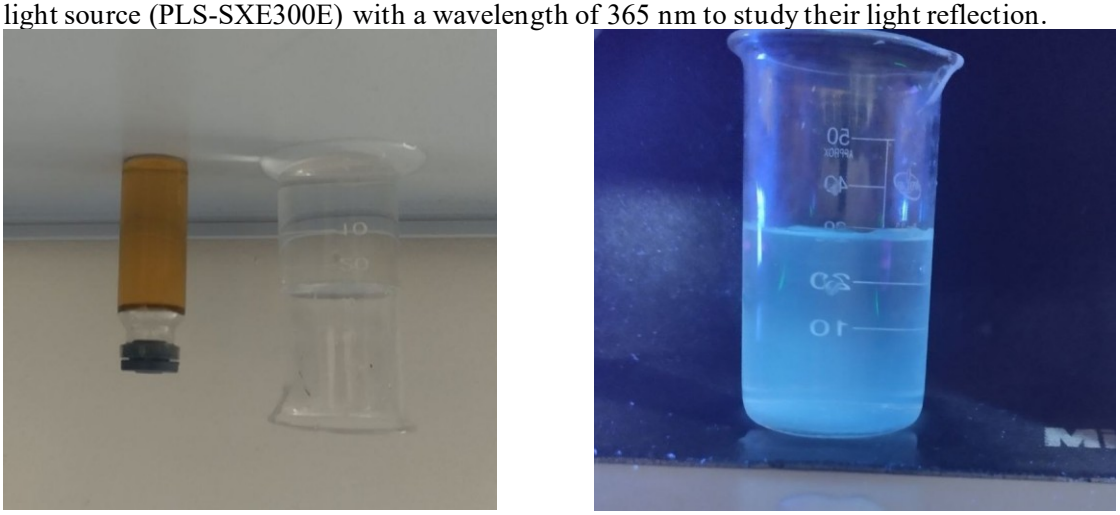
Analysis of results: We used the dynamic light refraction method to study the size of the synthesized NaYF4 quantum dots.



Picture 2: Dynamic refraction of light of NaYF4 quantum dots

According to the analysis of the dynamic refraction of light results of Er and Yb doped quantum dots, we can see that 26.3% of the particles with a size of 1.29 nm and an additional 73.7% of the particles with a size of 3.8e+5 were formed. It can be seen that our 1.29 nm particles are quantum dots and the other larger particles formed solvates.

We also studied the optical properties of the obtained quantum dots by using a xenon lamp light source (PLS-SXE300E) with a wavelength of 365 nm to study their light reflection.



Picture 3. On the left is an image of quantum dots taken in the visible region, and on the right is an image of quantum dots under 365 nm monochromatic light.

As can be seen from the images above, the synthesized quantum dots reflect blue light when they absorb light with a wavelength of 365 nm, indicating that small particles have been synthesized.

Conclusion: In conclusion, during the study, quantum dots with Er and Yb doped optical

properties were synthesized. The size was studied by dynamic light refraction. Also, to study the optical properties of the obtained quantum dots, the reflection of light was studied using a xenon lamp light source (PLS-SXE300E) with a wavelength of 365 nm. The obtained quantum dots are of great practical importance, since they are being used to create an environmentally friendly environment.

References

1. Zhou, S. F.; Jiang, N.; Miura, K.; Tanabe, S.; Shimizu, M.; Sakakura, M.; Shimotsuma, Y.; Nishi, M.; Qiu, J. R.; Hirao, K. Simultaneous tailoring of phase evolution and dopant distribution in the glassy phase for controllable luminescence. J. Am. Chem. Soc. 2010, 132, 17945−17952.

2. Jansen, F.; Stutzki, F.; Otto, H.-J.; Baumgartl, M.; Jauregui, C.; Limpert, J.; Tünnermann, A. The influence of index-depressions in core-pumped Yb-doped large pitch fibers. Opt. Express 2010, 18, 26834−26842.

3. Shan, G. B.; Demopoulos, G. P. Near-Infrared Sunlight Harvesting in Dye-Sensitized Solar Cells Via the Insertion of an Upconverter-TiO2 Nanocomposite Layer. Adv. Mater. 2010, 22, 4373−4377.

4. Lai, J.; Zhang, Y.; Pasquale, N.; Lee, K. B. An Upconversion Nanoparticle with Orthogonal Emissions Using Dual NIR Excitations for Controlled Two-Way Photoswitching. Angew. Chem., Int. Ed. 2014, 53, 14419−14423.

5. Savchuk, O. A.; Haro-Gonzalez, P.; Carvajal, J.; Jaque, D.; Massons, J.; Aguilo, M.; Diaz, F. Er: Yb: NaY2F5O up-converting nanoparticles for sub-tissue fluorescence lifetime thermal sensing. Nanoscale 2014, 6, 9727−9733.

6. Rao, L.; Lu, W.; Zeng, T. M.; Yi, Z. G.; Wang, H. B.; Liu, H. R.; Zeng, S. J. Sub-10 nm BaLaF5: Mn/Yb/Er nanoprobes for dual-modal synergistic in vivo upconversion luminescence and X-ray bioimaging. J. Mater. Chem. B 2014, 2, 6527−6533.

7. Wang, J. S.; Miao, W. R.; Li, Y. X.; Yao, H. C.; Li, Z. J. Watersoluble Ln3+-doped calcium fluoride nanocrystals: controlled synthesis and luminescence properties. Mater. Lett. 2009, 63, 1794−1796.

8. He, L.; Wang, T.; Mou, J.; Lei, F.; Jiang, N.; Zou, X.; Lam, K.; Liu, Y.; Lin, D. Fluoride Source-Induced Tuning of Morphology and Optical Properties of YF3: Eu3+, Bi3+ and Its Application for Luminescent Inks. Cryst. Growth Des. 2017, 17, 4810−4818.

9. Kramer, K. W.; Biner, D.; Frei, G.; Gu¨del, H. U.; Hehlen, M. P.; Lüthi, S. R. Hexagonal sodium yttrium fluoride based green and blue emitting upconversion phosphors. Chem. Mater. 2004, 16, 1244−1251.

10. Liu, Y.; Ruan, Y.; Song, L.; Dong, W.; Li, C. Morphologycontrolled synthesis of Y2O3: Eu3+ and the photoluminescence property. J. Alloys Compd. 2013, 581, 590−595.

11. Huang, S. H.; Xu, J.; Zhang, Z. G.; Zhang, X.; Wang, L. Z.; Gai, S.; He, F.; Niu, N.; Zhang, M.; Yang, P. Rapid, morphologically controllable, large-scale synthesis of uniform Y(OH)3 and tunable luminescent properties of Y2O3: Yb3+/Ln3+(Ln= Er, Tm and Ho). J. Mater. Chem. 2012, 22, 16136−16144.

12. Niu, N.; Yang, P.; He, F.; Zhang, X.; Gai, S.; Li, C.; Lin, J. Tunable multicolor and bright white emission of one-dimensional NaLuF4: Yb3+, Ln3+(Ln= Er, Tm, Ho, Er/Tm, Tm/Ho) microstructures. J. Mater. Chem. 2012, 22, 10889−10899.

13. Liang, X.; Wang, X.; Zhuang, J.; Peng, Q.; Li, Y. D. Synthesis of NaYF4 nanocrystals with predictable phase and shape. Adv. Funct. Mater. 2007, 17, 2757−2765.

14. Li, C. X.; Zhang, C. M.; Hou, Z. Y.; Wang, L. L.; Quan, Z. W.; Lian, H. Z.; Lin, J. β-NaYF4 and β-NaYF4 Eu3+ microstructures: morphology control and tunable luminescence properties, The J. J. Phys. Chem. C 2009, 113, 2332−2339.

15. Qian, L. W.; Zai, J. T.; Chen, Z.; Zhu, J.; Yuan, Y. P.; Qian, X. F. Control of the morphology and composition of yttrium fluoride via a salt-assisted hydrothermal method. Cryst Eng Comm 2010, 12, 199−206.

METALL SAQLAGAN URETAN OLIGOMERLARINING OLINISHI VA XOSSALARI

Qiyomov Sharifjon Nozimovich[1]
qiyomovsh@mail.ru
ORCID 0009-0007-2189-6204
T.f.d., k.i.x., Toshkent kimyo texnalogiya ilmiy tadqiqot instituti
Panjiyev Bobur Begimqul o‘g‘li[2]
Toshkent kimyo texnalogiya ilmiy tadqiqot instituti Tayanch doktorant.
boburpanjiyev2002@gmail.com
ORCID 0009-0008-0522-3939
UDK 678.664

Annotatsiya. Maqolada metall saqlagan uretan oligomerlarining olinishi, xossalari, afzalliklari, kamchiliklari hamda qo‘llanish sohalari yoritilgan. Uretan oligomerlari poliuretanlarning qurilish bloklari bo‘lib, izotsianatlar va poliollar (spirtlar) reaksiyasi natijasida hosil bo‘ladigan qisqa zanjirli polimerlardir. Ular yuqori fizik-kimyoviy xususiyatlarga, jumladan, chidamlilik, elastiklik va barqarorlikka ega. Ular epoksi qatronlar bilan birgalikda korroziyaga qarshi qoplamalar va boshqa materiallar ishlab chiqarishda qo‘llaniladi, bu esa ularning kimyoviy xususiyatlarini yaxshilaydi. Metall saqlagan poliuretanlar sintezida poliqo‘shilish reaksiyasidan foydalanilgan bo‘lib, bu metall ionlarining polimer zanjiriga mustahkam birikishini ta’minlaydi. Tadqiqotlar metall ionlari poliuretanlarning yumshoq va qattiq segmentlariga selektiv ta’sir ko‘rsatishini hamda metall–ligand koordinatsiyasi orqali polieteruretanning morfologik va termik xossalarini nazorat qilish mumkinligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: poliuretan (PU); uretan oligomerlari; metall saqlagan poliuretanlar; N,N-dimetilsiklogeksilamin (DMCHA); Furye konvertatsiya infraqizil spektroskopiyasi (FTIR); differensial skanerlash kalorimetriyasi (DSC); termogravimetrik tahlil (TGA); izosianat bo‘lmagan poliuretanlar (NIPUlar).

PREPARATION AND PROPERTIES OF METAL-CONTAINING URETHANE OLIGOMERS

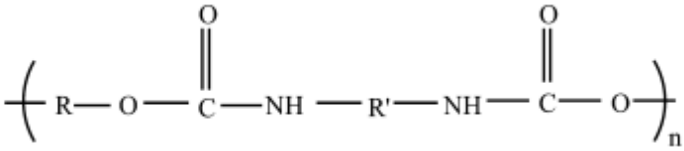
Abstract. This article discusses the preparation, properties, advantages, disadvantages and applications of metal-containing urethane oligomers. Urethane oligomers are the basic building blocks of polyurethanes: short-chain polymers formed by the reaction of isocyanates and polyols (alcohols). They are durable, elastic and stable. With epoxy resins they are used to produce anti-corrosion coatings and other materials. Metal-containing polyurethanes were synthesized by polyaddition, which ensures the strong attachment of metal ions to the polymer chain. Studies confirm that metal ions selectively affect the soft and hard segments of polyurethanes and that the morphological and thermal properties of polyetherurethane can be controlled through metal-ligand coordination.

Key words: polyurethane (PU); urethane oligomers; metal-containing polyurethanes; N,N-dimethylcyclohexylamine (DMCHA); Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR); differential scanning calorimetry (DSC); thermogravimetric analysis (TGA); non-isocyanate polyurethanes (NIPUs).

Kirish. Olib borilayotgangan ishlarda poliuretanlar o‘zlarining ajoyib ishqalanishga bardoshliligi va elastomerlar va plastmassalar sifatidagi xususiyatlari tufayli muhandislik materiallari sifatida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Metall tuzlarini o‘z ichiga olgan ion diollari metall saqlovchi poliuretanlarni sintez qilish uchun muhim boshlang‘ich materiallar sifatida ishlatiladi, bunda metall polimer asosiga mustahkam joylashtiriladi. Metallning poliuretanlarga qo‘shilishi suvli quyuqlashtiruvchilar, singdirishlar, to‘qimachilik singdirishlari, yopishtiruvchi moddalar, qo‘shimchalar, qatronlar va katalizatorlar sifatida keng qo‘llanilishiga olib keldi. Poliuretanlar (PU) termoplastik va termoset polimerlarining muhim sinfini ifodalaydi, chunki ularning mexanik, termal va kimyoviy xususiyatlari turli poliollar va poliizosianatlarning reaksiyasi orqali moslashtirilishi mumkin. Murakkab tuzilma tufayli bunday materiallarning qayta ishlanishi va utilizatsiyasi ham ma’lum darajada cheklangan bo‘lishi mumkin [1].

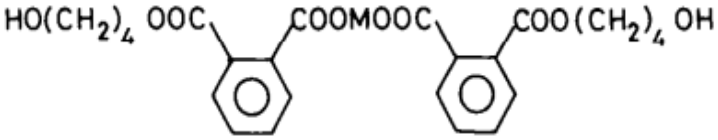
Tadqiqot metodologiyasi. Olib borgan ishlarida metall saqlovchi poliuretanlarni sintez qilishda metall tuzlarini o‘z ichiga olgan diollar muhim boshlang‘ich materiallar sifatida qo‘llanilagan, bunda metall ionlari polimer zanjirining asosiy skeletiga mustahkam tarzda joylashtiriladi. Metall komponentlarning poliuretan tarkibiga kiritilishi ushbu materiallarning funksional xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilab, ularning suvli quyuqlashtiruvchilar, singdiruvchi moddalar, to‘qimachilik qoplamalari, yopishtiruvchi moddalar, qo‘shimchalar, qatronlar hamda katalizatorlar sifatida keng qo‘llanilishiga imkon yaratadi.

Natijalar va muhokama. Metall saqlovchi poliuretanlar, kopoliuretanlar va poliuretan ionomerlarining turli ishlab chiqarish usullari, ularning fizik-kimyoviy va mexanik xususiyatlari hamda qo‘llanilish sohalari haqida umumiy va tizimli ma’lumot berishdan iboratdir. Diol (HO–R–OH) va diizosianatdan (OCN–R0–NCO) olingan chiziqli poliuretanni quyidagicha ifodalalangan;



Metall saqlovchi poliuretanlarning muhim afzalliklariga qaramay, ularni ishlab chiqish va amaliyotga tatbiq etish jarayonida bir qator cheklovchi omillar mavjud. Metall saqlovchi poliuretanlarning yana bir muhim kamchiligi ularning qayta ishlanishi va utilizatsiyasi bilan bog‘liq muammolardir. Murakkab kimyoviy tuzilma va metall ionlarining mavjudligi bunday materiallarni an’anaviy qayta ishlash usullarida qayta ishlashni qiyinlashtiradi. Natijada, ularning atrof-muhitga ta’siri, ayniqsa og‘ir metall ionlari ishtirok etgan hollarda, ekologik xavf tug‘dirishi ehtimoli mavjud [2].

Mualliflar o‘z ishlarida an’anaviy poliuretanlardan farqli ravishda **asosiy zanjirida ion bog‘lanishlarga ega bo‘lgan metall tutgan polimer tizimlarini** yaratishga alohida e’tibor qaratganlar. Poliuretanlar Geksametilen diizosianat yoki toluilen 2,4-diizosianatning mono(gidroksibutil)ftalat **va DG ning ikki valentli metall tuzlari bilan 1:1 nisbatdagi aralashmalari** orqali sintez qilingan. Shuningdek, poliuretan-karbamidlar diizosianatlarning geksametilen bis(o,N-gidroksietil-karbamid) **va M(HBP)₂** aralashmalari bilan reaksiyasi natijasida olingan. Bu yondashuv polimer zanjirida bir vaqtning o‘zida **uretan va karbamid guruhlarining mavjud bo‘lishini** ta’minlab, materialning issiqlikka chidamliligini oshiradi.



$(M = Ca^{2+}, Mn^{2+} \text{ or } Pb^{2+})$

$M(HBP)_2$

Kalsiy, marganets va qo‘rg‘oshin ionlari ishtirokida metall saqlagan poliuretan va poliuretan-karbamidlarni sintez qilish reaksiyasi quyidagicha [3].

Sharhning asosiy e’tibori **metall va metall oksidi nanopartikullari bilan modifikatsiyalangan poliuretan ko‘piklariga** qaratilgan bo‘lsa-da, mualliflar so‘nggi yillarda PU ko‘piklariga kiritilgan **boshqa turdagi antimikrobiyal nanomateriallar** bo‘yicha ham qisqacha, ammo muhim ilmiy yutuqlarni umumlashtirib berganlar. Biroq, **standartlashuv, toksikologik baholash, uzoq muddatli barqarorlik va sanoatga tatbiq etish** masalalarining yetarli darajada ochib berilmaganligi ushbu tadqiqotning asosiy cheklovlari sifatida baholanishi mumkin[4].So‘nggi bir necha o‘n yilliklarda **polimer yuzalarini kumush bilan modifikatsiyalash** tibbiy asboblar bilan bog‘liq infeksiyalarni kamaytirishning samarali usuli sifatida keng o‘rganilgan. Kumushning keng spektrli antimikrobiyal xususiyatlari uni kateterlar, implantlar va yara bog‘lovchi materiallarda istiqbolli komponentga aylantirgan. Mazkur tadqiqotda mualliflar **an’anaviy kumush qoplamalardan tubdan farq qiluvchi yangi yondashuvni** taklif etadilar. Unga ko‘ra, polimer yuzasiga metall kumushni cho‘ktirish o‘rniga, **Ag^+ ionlarini bevosita polimer matritsasiga kiritish** amalga oshiriladi. Buning uchun **Ag^+ ionlarini muvofiqlashtira oladigan karboksillangan poliuretan** sintez qilinadi. Tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligi shundan iboratki: **Ag^+ ionlari** (kumushning biologik jihatdan faol shakli) polimerning asosiy tuzilmasi bilan **koordinatsion bog‘lanishlar** orqali mustahkam bog‘lanadi va polimerlar **tibbiy asboblar uchun zarur bo‘lgan mexanik xususiyatlarni** (elastiklik, mustahkamlik, barqarorlik) saqlab qoladi. Shu bilan birga, mazkur yondashuv ayrim savollarni ham keltirib chiqaradi: kumushdan haddan tashqari foydalanish mikroorganizmlarda **kumushga nisbatan chidamlilik** rivojlanish xavfini butunlay istisno qilmaydi [5].

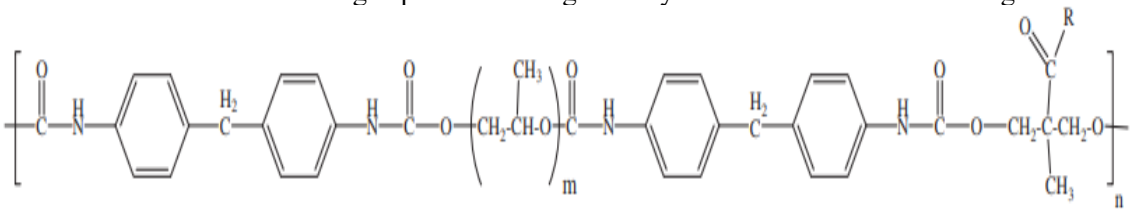
Yağmur H. K., Kaya İ. So‘nggi yillarda **implantatsiya qilinadigan tibbiy asboblar** (kateterlar, implantlar, protezlar va boshqalar)dan foydalanish keskin oshib bormoqda. Biroq, ularning qo‘llanilishi bilan bog‘liq eng jiddiy muammolardan biri — **mikrobial infeksiyalarning**

rivojlanishi hisoblanadi. Aynan shu sababli, tibbiy qurilmalarning o‘ziga **antimikrobiyal xususiyat berish** zamonaviy biomateriallar kimyosining dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. Mazkur tadqiqot ana shu muammoni hal qilishga qaratilgan bo‘lib, unda **metall ionlari asosida antimikrobiyal faollikka ega poliuretan ionomerlari** yaratishning yangi yondashuvi taklif etilgan. Tadqiqotda **karboksillangan poliuretan (PEUA)** turli valentli metall ionlari bilan neytrallash orqali **polimer anionomerlar** tayyorlangan. Xususan, quyidagi metall ionlari ishlatilgan: Ag(I) Cu(II), Zn(II), Al(III), Fe(III), Metall tutgan poliuretanlar PEUA ning natriy tuzini mos metall tuzlari ($AgNO_3$, $Cu(CH_3COO)_2$, $Zn(NO_3)_2$, $AlCl_3$ va $Fe(NO_3)_3$) bilan ekvimolyar miqdorda reaksiyaga kiritish orqali olingan. Natijada **PEUA-Ag, PEUA-Cu, PEUA-Zn, PEUA-Al va PEUA-Fe** ionomerlari sintez qilingan. O‘rganilgan ionomerlardan **Al o‘z ichiga olgan polimerdan tashqari** barcha tizimlar qoniqarli antimikrobiyal xususiyatlarni namoyon etgan. Eng yuqori antibakterial ta’sir:

- **kumush ionlarini o‘z ichiga olgan PEUA-Ag** ionomeri orqali kuzatilgan;
- bu material **Staphylococcus epidermidis** bakteriyasining o‘sishini **16 kungacha** samarali inhibe qilgan.

Bundan tashqari, **siprofloksatsin** antibiotigi ushbu ionomerlarga adsorbsiyalangan va kumush ionlari bilan birgalikda **sinergik antibakterial ta’sir** ko‘rsatgan. Ushbu kombinatsiya bakteriyalar o‘sishini **kamida 25 kun davomida** bostirib turgan.

PEUA va kumush tutgan polimerlarning takroriy birliklari 1b-rasmda keltirilgan.



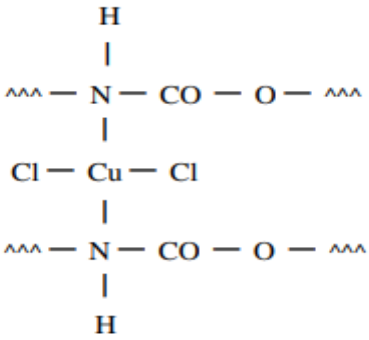
1b.rasm

Biroq, ushbu materiallarning klinik qo‘llanilishi oldidan **toksikologik, fotobarqarorlik va in vivo tadqiqotlar**ni kengaytirish zarur [6].

Poli (uretan)/kumush kompozitlarini joyida polimerizatsiya qilish orqali sintez qilish va tavsiflash nomli maqolasini quyidagicha sharxlash mumkun. Kumush ionlarining afzalligi shundaki, ular bakteriyalar metabolizmiga turli mexanizmlar orqali ta’sir ko‘rsatadi va shu bilan antibiotiklar bilan bog‘liq rezistentlik rivojlanishining oldini olishga yordam beradi. Nanoo‘lchamdagi kumush zarralari yuqori antimikrobiyal faollik va yaxshi biomoslikka ega bo‘lib, ularning elektr va issiqlik o‘tkazuvchanligi turli sanoat qo‘llanmalarida ham muhim rol o‘ynaydi. Kumush nanopartikullarini poliuretan matritsasiga kiritish jarayonida kumush nitrat eritmasi bilan tayyorlangan poliuretan aralashmasi aralashtirilgan. Aralashma uch soat davomida muntazam ravishda aralashtirilgan va kumush zarralarining hosil bo‘lish jarayoni ultrabinafsha–ko‘rinadigan sohada yutilish spektrlari yordamida nazorat qilingan. Olingan PU–kumush aralashmasi Petri idishlariga quyilib, 50 °C haroratda 24 soat davomida quritilgan. Keyinchalik qolgan erituvchini to‘liq olib tashlash maqsadida namuna 50 °C da 48 soat davomida vakuumli pechda quritilgan. Tayyor kompozitlar keyingi tahlillar uchun eksikatorda saqlangan. Kompozitlarning nomlanishi $AgNO_3$ miqdoriga qarab amalga oshirilgan bo‘lib, og‘irligi bo‘yicha 5%, 10% va 20% $AgNO_3$ tutgan namunalar mos ravishda PU5, PU10 va PU20 deb belgilangan. Ya’ni og‘irligi bo‘yicha 20% $AgNO_3$ ni o‘z ichiga olgan poliuretan asosidagi kompozit PU20 sifatida tasvirlangan [7].

Tadqiqot oligoefir diol va 2,4-toluol diizosianatdan olingan uretan prepolimerida olib borildi. Prepolimerda uretan guruhlarining dissotsiatsiyasi karbodiimidlarning hosil bo‘lishi va 2,4-toluol diizosianatning ajralib chiqishi bilan birga kelishi aniqlangan. Bundan tashqari, keyingi oksidlanish-qaytarilish o‘zaro ta’siri asosan Cu(II) ionlarini Cu(I) ga aylantirishi, izosianat guruhlarining para pozitsiyasida reaksiya jarayonlarida ishtirok etishi esa azoaromatik hosilalarning paydo bo‘lishiga olib kelishi kuzatilgan. Co(II) ionlari bilan koordinatsion bog‘lanish esa poliuretanlarning supramolekulyar tuzilishiga hamda ularning bir qator fizik-mexanik xususiyatlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi ko‘rsatilgan. Uretan guruhlarining mis ionlariga turli boshlang‘ich molyar nisbatlaridan foydalanib, 180:1 dan 12:1 gacha bo‘lgan holda turli namunalarda o‘rganilgan. Sinovlar CuMP va boshlang‘ich polimer (PU)ni atom yutilish spektrometriyasi (AAS), ultrabinafsha–ko‘rinadigan yutilish spektroskopiyasi (UV–Vis), Furye

konvertatsiya infraqizil spektroskopiyasi (FTIR), differensial skanerlash kalorimetriyasi (DSC), dinamik mexanik tahlil, termogravimetrik tahlil (TGA) hamda cho‘zilish sinovlari yordamida amalga oshirilgan. Tahlillar natijasida mis ionlari uretan guruhlarining azot atomlari bilan koordinatsion komplekslar hosil qilishi va bu molekulalararo komplekslashuv qattiq segmentlarning o‘zaro bog‘lanishiga olib kelishi aniqlangan. Natijada dastlab mavjud bo‘lgan vodorod bog‘lanishlari buzilib, qattiq segment domenlarining kristalliligi o‘zgarishi kuzatilgan.

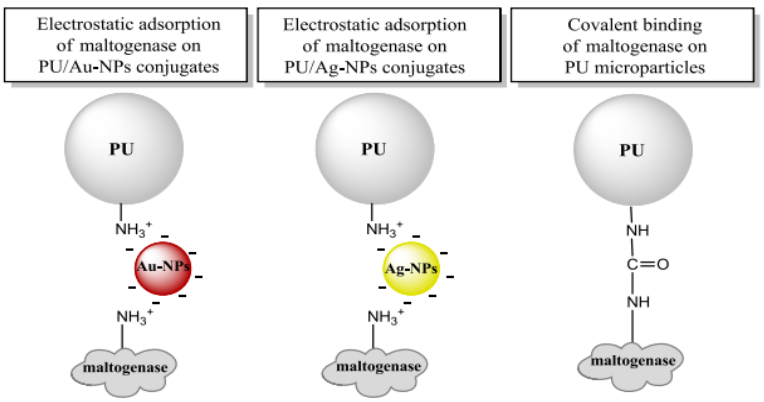


2-rasm.

Spektroskopik o‘zgarishlar mis ionlari bilan poliesteruretan uretan guruhlari o‘rtasida koordinatsion komplekslarning hosil bo‘lishi bilan bog‘langan. Tajriba natijalari va adabiyot ma’lumotlari asosida ushbu komplekslarning eng ehtimoliy ustunlik qiladigan tuzilishi taklif etilgan. Taklif qilingan modelga ko‘ra, har bir markaziy mis(II) ioniga ikkita azot atomidan koordinatali kovalent bog‘lanish orqali bog‘lanadi, bu bog‘lanish azot atomining yagona elektron juftligini berishi natijasida hosil bo‘ladi. Ushbu tuzilma 2-rasmda sxematik tarzda ko‘rsatilgan [8].

Ushbu maqolada maltogenazani immobilizatsiya qilish uchun oltin (Au-NPs) yoki kumush (Ag-NPs) nanopartikullari bilan modifikatsiyalangan poliuretan mikropartikullarini tayyorlash usuli taqdim etilgan. Poliuretan (PU) asosidagi konjugatlar ikki xil yondashuv orqali olingan: avvaldan sintez qilingan nanopartikullarni PU ga adsorbtsiya qilish yoki PU matritsasi ichida nanopartikullarni sintezlash. Oltin nanopartikullari tetrakloroaurik kislota reduksiya orqali, kumush nanopartikullari esa kumush nitratni natriy sitrat bilan qaytarish orqali sintez qilingan. Turli o‘lchamdagi Au-NPs va Ag-NPs UV spektroskopiyasi hamda dinamik yorug‘lik sochilishi (DLS) yordamida tavsiflangan.

Maltogenazani immobilizatsiya qilish bo‘yicha eng yaxshi natijalarga (immobilizatsiya rentabelligi 90,0% va samaradorlik 83,5%) oltin nanopartikullari bilan modifikatsiyalangan PU ga adsorbtsiya usuli orqali erishilgan. Immobilizatsiya qilingan maltogenaza vaqt o‘tishi bilan barqaror bo‘lib, 25 kunlik saqlashdan so‘ng dastlabki fermentativ faollikning 95,2–98,6% saqlanib qolishi kuzatilgan. Shuningdek, natijalar Au-NPs bilan modifikatsiyalangan PU/ Au-NP konjugatlarida (13 nm) immobilizatsiya qilinganda ferment barqarorligi PU ga nisbatan yaxshilanganligini ko‘rsatgan. Ferment immobilizatsiyasidan keyin fotolyuminestsensiyaning kuchayishi maltogenazaning metall nanopartikullar orqali PU/Au-NP yoki PU/Ag-NP konjugatlariga muvaffaqiyatli biriktirilganligini tasdiqlagan (3-rasm).



3-rasm.

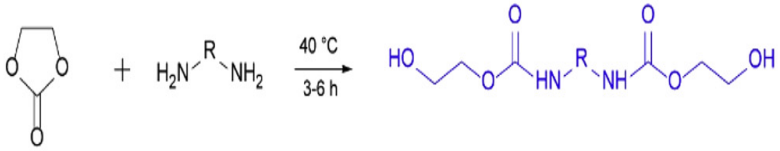
Ushbu tadqiqotning maqsadi oltin yoki kumush nanopartikullari bilan modifikatsiyalangan poliuretan mikropartikullarida fermentni immobilizatsiya qilish bo‘lgan. Poliuretan/oltin nanopartikullari yoki poliuretan/kumush nanopartikullari konjugatlarini olish uchun termik ishlov berish qo‘llanilgan. Maltogenaza poliuretan mikropartikullarining asosiy qismidagi erkin izosianat guruhlariga kovalent bog‘lanish yoki fermentni poliuretan/oltin nanopartikullari yoki poliuretan/kumush nanopartikullari konjugatlaridan to‘g‘ridan-to‘g‘ri oltin/kumush nanopartikullariga elektrostatik adsorbtsiya qilish orqali immobilizatsiya qilingan [9].

$MnCl_2$, $FeCl_3$, $CoCl_2$, $CuCl_2$ va $GaCl_3$ metall tuzlarining polieteruretan (PU) bilan o‘zaro ta’siri hamda bu o‘zaro ta’sirning PU morfologiyasi va termik xossalariga ta’siri infraqizil spektrlar (FTIR), differensial skanerlash kalorimetriyasi (DSC) va kvant-kimyoviy hisob-kitoblar yordamida o‘rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, metall–PU komplekslarida bog‘lanish energiyasining asosiy qismi (taxminan 95 %) PU ligandidagi yakka juftliklarga ega bo‘lgan atomlardan, ya’ni NH_3 guruhidagi azot va CO_3 hamda C–O–C guruhlaridagi kislorod atomlaridan metall ionlariga zaryad o‘tishi bilan bog‘liq ekanligi aniqlangan. Hisoblangan tebranish chastotalari va bog‘lanish energiyalari eksperimental FTIR natijalari bilan yaxshi mos kelgan, bu esa nazariy hisob-kitoblarning ishonchliligini tasdiqlaydi. $MnCl_2$, $CoCl_2$ va $CuCl_2$ metall tuzlari bir yoki ikkita polieter ligand bilan muvofiqlashib, asosan PU ning yumshoq segmentlarida joylashishi aniqlangan. Ushbu metall ionlarining yumshoq segmentlar bilan o‘zaro ta’siri segmentlar harakatchanligini cheklab, polieteruretaning shisha o‘tish haroratini (Tg) sezilarli darajada oshiradi. Bu holat PU zanjirlarining moslashuvchanligi kamayishi bilan izohlanadi. Bundan farqli ravishda, $GaCl_3$ va $FeCl_3$ metall tuzlari PU ning qattiq segmentlaridagi NH_3 guruhlari bilan kuchliroq o‘zaro ta’sirlashadi. Natijada qattiq segmentlarning kristall tuzilishi buziladi va polieteruretaning erish harorati (Tm) sezilarli darajada pasayadi. Bu metall ionlarining qattiq segmentlararo bog‘lanishlarga ta’siri bilan izohlanadi[10].

Izosianat bo‘lmagan poliuretanlar (NIPUlar) izosianatlarning toksik, xavfli va zararli xususiyatlarini almashtirish uchun barqaror va ekologik toza yondashuv yordamida sintez qilinadi. NIPU sintez usullari qatoriga tsiklik karbonatlarning (CC) aminolizi, transuretanizatsiya, halqa ochuvchi polimerizatsiya (ROP) va qayta tashkil etish kiradi, CClarning aminolizi esa potensial yondashuv sifatida paydo bo‘ladi. Akrilatlar, metakrilatlar, POSS va epoksi kabi funksional guruhlar kabi yaxshilangan ishlashga ega materiallarni olishning yangi yondashuvlari zarur bo‘lishi mumkin. Natijada, gibrid polihidroksiuretanlar (PHU) uchun turli yondashuvlar va NIPUlar uchun alohida prepolimerizatsiya texnikalari aniqlangan. Ushbu sharh ishi ikki qismga bo‘lingan.

Dastlabki bo‘lim butunlay izosianat asosidagi tijorat PUlarini ishlab chiqarish metodologiyalariga qaratilgan, keyingi bo‘lim esa faqat NIPUlarni sintez qilishga bag‘ishlangan. Ushbu sharh tijorat PUlari, NIPUlari va H-NIPUlarini ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan barcha usullarni qamrab oladi. Polieter, poliesterlar va polikarbonatlar yumshoq segmentlarning asosiy tarkibiy qismlari bo‘lib, ular PU tuzilishining elastiklik xususiyatlari va moslashuvchanligiga hissa qo‘shadi. Ikki yoki undan ortiq –OH guruhlariga ega PUlar poliollar tomonidan sintezlanadi, ular izosianat guruhi bilan reaksiyaga kirishib, uretan bog‘lanishini hosil qiladi.

Hozirgi kunda izosianatsiz poli uretanlar ishlab chiqarish muhum ahamiyatga ega. NIPUlar (izosianatsiz PUlarning umumiy nomiga mos keladi) - bu fosgen asosidagi izossiyanatlar kabi zaharli va xavfli kimyoviy moddalardan foydalanmasdan ekologik toza usullar bilan tayyorlangan tez o‘sadigan polimer mahsulotlar (Tryznowski va boshqalar, 2015). Izosianatsiz sintez yo‘li yashil, barqaror va yangi izossiyanatsiz poliuretanlarni (PUlar) sintez qilish uchun eng istiqbolli alternativaga aylandi. Bu PU sinteziga akademik va sanoat tadqiqotlariga e’tiborni oshirmoqda.



NIPUlar odatda kimyoviy qarshilikning kuchayishi, o‘tkazuvchanlikning pasayishi, suvni yuqori darajada singdirish va issiqlik barqarorligi, shuningdek, standart PUlarga o‘xshash o‘ziga xos mexanik xususiyatlarga ega. NIPUlar atrof-muhit namligiga befarqlikni namoyon etadi, bu ularga kimyoviy moddalarga chidamli qoplamalar, bo‘yoqlar va plomba moddalari kabi ko‘plab

mumkin bo‘lgan qo‘llanilishlarni beradi [11].

Xulosa va takliflar. Tahlil qilingan tadqiqot natijalari metall tuzlarining polieteruretan (PU) bilan koordinatsion o‘zaro ta’siri PU ning morfologik va termik xossalarini sezilarli darajada o‘zgartirishini ko‘rsatadi. Mazkur tahlillarda natijalar metall ionlari yordamida polieteruretanlarning fazaviy tuzilishi va termik xususiyatlarini boshqarishning ilmiy asoslarini ochib beradi hamda funksional va modifikatsiyalangan PU materiallarini yaratishda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi. PU ning izosianatli va izosianatsiz usullar ham o‘rganilgan bo‘lib umuman olganda, izosianatli usul hozirgi kunda sanoatda ustunlik qilayotgan bo‘lsa-da, izosianatsiz texnologiyalar barqaror va ekologik xavfsiz alternativ sifatida katta istiqbolga ega hisoblanmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Jayakumar R., Nanjundan S., Prabaharan M. Metal-containing polyurethanes, poly (urethane–urea) s and poly (urethane–ether) s: A review //Reactive and Functional Polymers. – 2006. – T. 66. – №. 3. – C. 299-314.

2. Jayakumar R., Nanjundan S., Prabaharan M. Developments in metal-containing polyurethanes, Co-polyurethanes and polyurethane ionomers //Journal of Macromolecular Science Part C: Polymer Reviews. – 2005. – T. 45. – №. 3. – C. 231-261.

3. Prasath R. A., Nanjundan S. Synthesis and characterization of metal-containing polyurethanes and polyurethane-ureas //European polymer journal. – 1999. – T. 35. – №. 11. – C. 1939-1948.

4. Fierascu R. C. et al. Metal and metal oxide nanoparticle incorporation in polyurethane foams: A solution for future antimicrobial materials? //Polymers. – 2023. – T. 15. – №. 23. – C. 4570.

5. Francolini I. et al. Novel Metal-Polyurethane Complexes with Enhanced Antimicrobial Activity //Macromolecular rapid communications. – 2006. – T. 27. – №. 4. – C. 233-237.

6. Francolini I. et al. Polyurethane anionomers containing metal ions with antimicrobial properties: thermal, mechanical and biological characterization //Acta biomaterialia. – 2010. – T. 6. – №. 9. – C. 3482-3490.

7. Yağmur H. K., Kaya İ. Synthesis and characterization of poly (urethane)/silver composites via in situ polymerization //Polymer Composites. – 2021. – T. 42. – №. 6. – C. 2704-2716.

8. Moroi G. Preparation and characterization of polyesterurethane/copper metallopolymers //Reactive and Functional Polymers. – 2008. – T. 68. – №. 1. – C. 268-283.

9. Kochane T. et al. Polyurethane-gold and polyurethane-silver nanoparticles conjugates for efficient immobilization of maltogenase //Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2017. – T. 532. – C. 436-443.

10. Wang L. F. Coordination and morphology of metal/polyetherurethane complexes //European polymer journal. – 2010. – T. 46. – №. 12. – C. 2372-2380.

11. Sharan I., Sinha S., Srivastava V. C. State-of-the-art and recent progress in the synthesis of polyurethanes //Reviews in Chemical Engineering. – 2025. – T. 41. – №. 7. – C. 667-710.

β-DIKETON VA BENZIMIDAZOL HOSILASI ASOSIDAGI Ni(II) ARALASH LIGANDLI KOMPLEKS BIRIKMASINING SINTEZI VA FIZIK-KIMYOVIY TADQIQOTI

Siddiqova Qizlarxon To‘raqulovna
Qarshi davlat texnika universiteti, Tabiiy fanlar kafedrasi v.b.dotsenti (PhD).
siddiqovaqizlarxon1@gmail.com
ORCID 0009-0009-2368-9537
UDK 546.74:547:544

Annotatsiya. Tadqiqotda β-diketon va benzimidazol hosilasi asosidagi Ni(II) aralash ligandli kompleks birikmasi sintez qilinib, uning fizik-kimyoviy xossalari zamonaviy tadqiqot usullari yordamida o‘rganildi. Kompleks birikma eritma usulida sintez qilinib, ajratib olindi va tozalandi. Uning koordinatsion tuzilishi hamda ligandlarning metall ioni bilan bog‘lanish xususiyatlari infraqizil (IQ) spektroskopiya yordamida tavsiflandi. Diffuz qaytarilish spektroskopiyasi orqali Ni(II) ionining elektron holati va koordinatsion muhiti baholandi. Termik tahlil natijasida kompleksning termik barqarorligi, qizdirish jarayonidagi massa yo‘qotish bosqichlari va termik parchalanish xususiyatlari aniqlandi. Olingan natijalar sintez qilingan aralash ligandli Ni(II) kompleks birikmasining muvaffaqiyatli hosil bo‘lganligini hamda uning tarkibi, koordinatsion tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari fizik tadqiqot usullari yordamida tavsiflanganligini ko‘rsatdi.
Kalit so‘zlar: Ni(II) kompleksi, aralash ligandli kompleks, ligand, β-diketon, benzimidazol hosilasi, infraqizil spektroskopiya (IQ), diffuz qaytarilish spektroskopiyasi (DQS), termik tahlil, sintez.

SYNTHESIS AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF A HETEROLIGAND Ni(II) COMPLEX BASED ON A β-DIKETONE AND A BENZIMIDAZOLE DERIVATIVE

Abstract. A heteroligand Ni(II) complex based on a β-diketone and a benzimidazole derivative was synthesized, and its physicochemical properties were investigated. It was obtained by a solution-phase method, isolated and purified. Its coordination structure and the interaction of the ligands with the Ni(II) ion were characterized by infrared (IR) spectroscopy. Diffuse reflectance spectroscopy (DRS) evaluated the electronic state and coordination environment of the Ni(II) ion. Thermal analysis determined the thermal stability, mass-loss stages and thermal decomposition behaviour of the complex. The results confirmed the successful formation of the complex and provided reliable information on its composition, coordination structure and physicochemical properties.
Key words: Ni(II) complex, heteroligand complex, ligand, β-diketone, benzimidazole derivative, infrared spectroscopy, diffuse reflectance spectroscopy, thermal analysis, synthesis.

Kirish. Koordinatsion kimyo sohasida olib borilayotgan zamonaviy tadqiqotlar turli metall ionlarining kompleks hosil qilish xususiyatlarini chuqur o‘rganish hamda yangi turdagi organik va noorganik ligandlardan foydalanishga qaratilganligi bilan alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, 3d-metallar asosida yangi koordinatsion birikmalarni sintez qilishda ularning tarkibi, tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni aniqlash muhim ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday birikmalar kataliz, tibbiyot, funksional materiallar, elektronika hamda boshqa zamonaviy yuqori texnologik yo‘nalishlarda keng qo‘llanilishi bilan alohida ilmiy va amaliy ahamiyatga ega [1-2].

Adabiyotlar tahlili. Keyingi vaqtlarda β-diketon hosilalari kimyoviy sintezdagi eng muhim oraliq mahsulotlardan biri bo‘lishidan tashqari, boshqa jarayonlar orasida C-C bog‘larini shakllantirishda keng qo‘llaniladi. Aslida antioksidant qobiliyat asosan enol tautomer shakl bilan bog‘liq. β-diketonlar yurak-qon tomir va jigar kasalliklari, gipertoniya, semizlik, diabet, nevrologik kasalliklar, yallig‘lanish, teri kasalliklari, fibroz yoki artrit kabi ko‘plab patologik kasalliklarni davolashda qimmatli birikmalardir. Shuning uchun bu birikmalarning sintezi kimyogarlar uchun katta qiziqish uyg‘otadigan sohadir [3-4]. Shunday bo‘lsada, β- diketonlar bilan bir xil funksionallik va strukturaviy asosga ega bo‘lgan dikarbonil birikmalar - kurkuminlar va ularning hosilalari kabi tabiiy o‘simliklarning asosiy tarkibiy qismini tashkil qiladi. Tabiiy ravishda paydo bo‘lgan kurkuminoidlar kurkumin (77%), demetoksikurkumin DMC (17%) va bismetoksikurkumin BDMC (3%) aralashmasidir [5]. Oraliq metallarining kislorodli geteroligandlar bilan kompleks birikmalarini sintez qilish va o‘rganishga qiziqish ortib bormoqda. Atsetilaseton molekulasidagi ikkita karbonil guruhi yuqori koordinatsilanish qobiliyatini ta’minlaydi. Oraliq metallarining atsetilaseton bilan o‘zaro ta’sirida hosil bo‘lgan kompleks birikmalarning tuzilishiga doir ko‘plab tadqiqotlarga bag‘ishlangan. Bu tadqiqotlarda komplekslarning strukturaviy xususiyatlari tekshirilgan, ular turli omillar, jumladan, metallning tabiati, liganddagi o‘rinbosar mavjudligi va uning turi bilan belgilanadi[6]. Atsetilasetonning bu

xususiyatlari turli tuzilishga va fizik- kimyoviy xususiyatlarga ega bo‘lgan kompleks birikmalarni sintez qilish imkonini beradi [7].

Tarkibida nikel (Ni) saqlagan kompleks birikmalarbiologik jarayonlarda va zamonaviy sanoatda muhim kasb etadi. Ular asosan metallofermentlarning faol markazlari, antioksidantlar va murakkab organik sintezlarni amalga oshiruvchi katalizatorlar sifatida namoyon bo‘ladi. Nikel (Ni) o‘tish metallari guruhiga mansub element bo‘lib, tirik organizmlar faoliyati, kimyoviy jarayonlar va tibbiyot sohalarida muhim ahamiyat kasb etadi. Organizmda juda oz miqdorda uchrashiga qaramay, u azot, uglerod va kislorodning biogeokimyoviy aylanishida ishtirok etuvchi ayrim fermentlar tarkibining zarur komponenti hisoblanadi. Nikel kompleks birikmalari antibakterial, antioksidant va antitumor faolligi bilan ajralib turadi hamda farmatsevtika va tibbiyotda istiqbolli birikmalar sifatida qaralmoqda. Shu bilan birga, nikelning ortiqcha miqdori inson salomatligi uchun xavf tug‘dirib, allergik reaksiyalar va ayrim onkologik kasalliklarning rivojlanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois nikelning biologik ahamiyati, kimyoviy xossalari hamda tibbiyotdagi qo‘llanilish istiqbollarini o‘rganish dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.[8]**.**

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu tadqiqot ishida tadqiqot obyekti sifatida β-diketon va benzimidazol hosilasi asosidagi Ni(II) aralash ligandli kompleks birikmasi tanlab olindi. Barcha kimyoviy reagentlar “t” va “kt” sinfiga mansub bo‘lib, *Merck* kompaniyasi mahsulotlari, sintez jarayonida ular qayta tozalanishsiz to‘g‘ridan- to‘g‘ri qo‘llanildi. Ushbu kompleks birikmaning sintezi uchun Ni tuzi ($NiCl_2 \cdot 6H_2O$), atsetilaseton (acac), benzimidazol hosilasi (2-amino-1-metilbenzimidazol), erituvchi sifatida esa bidistillangan suv, 96% li etanol, atseton, atsetonitril, DMFA va DMSO dan foydalanildi.

Kompleks birikma eritma usulida sintez qilindi. Reaksiya uchun Ni(II) tuzi, β-diketon va benzimidazol hosilasi stexiometrik nisbatda etanol muhitida o‘zaro ta’sir ettirildi. Hosil bo‘lgan cho‘kma filtrlanib, etanol bilan yuvildi va xona haroratida quritildi. Kompleks birikmaning IQ spektrlari 400–4000 sm^{-1} oralig‘ida olmos kristalli va ZnSe podlojkali universal NPVO pristavkadan foydalangan holda Spectrum Two (Perkin Elmer) spektrometrlarida qayd etildi. Metall komplekslarining strukturasini aniqlash uchun 400-800 nm diapazonida X-Rite (AQSh) tomonidan ishlab chiqarilgan Eye-One Pro (i1Pro) spektrofotometrda qattiq holatda metall ionlarining kompleks hosil bo‘lishi o‘rganildi. Kompleksning termik barqarorligi va parchalanish bosqichlari termik tahlil yordamida aniqlandi. Termik tahlil SDT 650 rusumli TA Instruments derivatografida (AQSh) qayd etildi.

Natijalar va muhokama. Tarkibi $[Ni(acac)_2(MAB)\cdot H_2O]\cdot C_2H_5OH]$ bo‘lgan kompeks birikmani sintezi quyidagicha amalga oshirildi. 0,1 mmol (0,0238 g) $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ ning etanoldagi eritmasiga tomchilab 0,2 mmol (0,0294 g) MAB ning etanoldagi eritmasi qo‘shilib, aralashma xona haroratida magnit aralashtirgichda 30 daqiqa davomida aralashtirildi. So‘ngra 0,2 mmol atsetilaseton (V = 0,0205 ml, ρ = 0,975 g/ml) ning etanoldagi eritmasi tomchilab qo‘shilib, aralashtirish 12 soat davom ettirildi. Reaksion aralashma bir necha kun tindirilgach, sarg‘ish-yashil rangli cho‘kma hosil bo‘ldi. Hosil bo‘lgan cho‘kma filtrlanib, etanol bilan yuvildi hamda DMFA (2:3) aralashmasida qayta kristallantirildi. Ikki hafta davomida sariq-och yashil rangli kristallar olindi. Kompleksning chiqish unumi taxminan 85 % ni tashkil etdi.

Sintez qilingan kompleks birikmaning IQ spektrlarida *C*=N va C=O tebranishlariga mos keladigan tebranish chiziqlarning xarakterli siljishi kuzatiladi, bu metall ionlarining geterohalqadagi azot atomi va acac dagi keton guruhi kislorodi bilan o‘zaro ta’sirini ko‘rsatadi. Aralash ligandli kompleks birikma $[Ni(acac)_2(MAB)\cdot H_2O]\cdot C_2H_5OH]$ IQ-spektrlari tahlil qilinganda ligandlarga xos bo‘lgan deyarli barcha tebranish chastotalar saqlanib qolingan, faqat ular o‘zlarining qiymatlari va shaklini qisman o‘zgartirgan (1-jadval). Asosiy o‘zgarish geterohalqadagi *ν(C=N)* guruhda ketib, uning qiymati 27-44 sm^{-1} ga o‘zgargan[9].

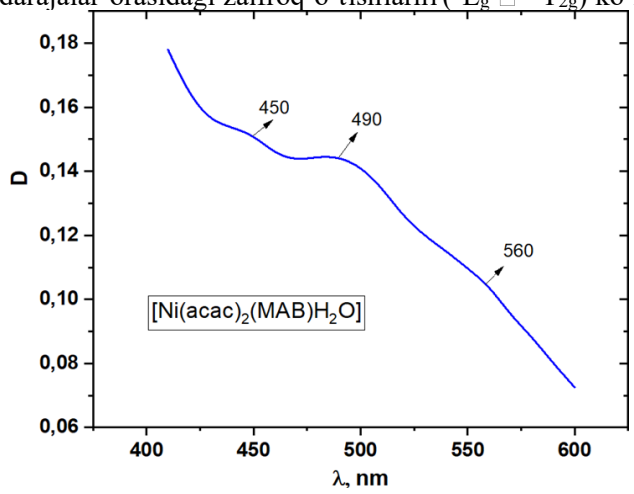
Sintez qilingan kompleks birikma va ligandlarning IQ-spektrlaridagi asosiy tebranish chastotalar (sm^{-1})

1-jadval

Modda	ν_{as}R-NH_2	ν_sNH	νCH	δNH	C=N	C=O	C-N	O-M	N-M
Acac			3005			1606			

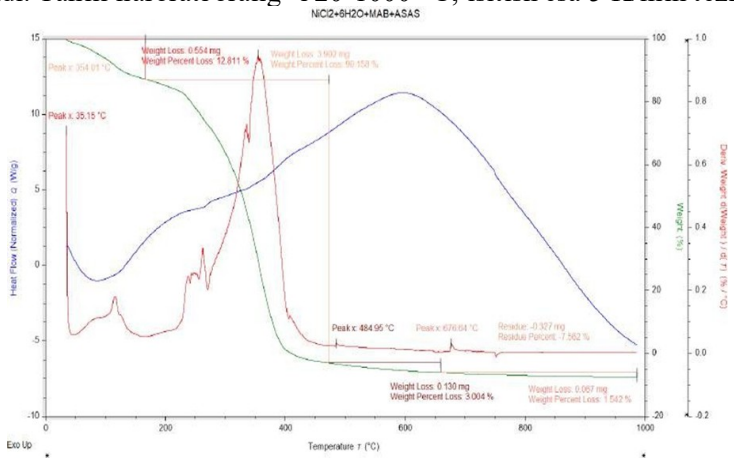
			2925						
MAB	3452	3309 3244	3087 3034	1655	1595 1546		1317 1290		
$[Ni(acac)_2(MAB)H_2O\|]\ C_2H_5OH$	3430	3322		1654	1557 1554	1591 1584		557	430

Shuningdek, olingan kompleks birikmaning diffuz qaytarilish spektri ham olindi. Diffuz qaytarilish spektrlari (DQS) kompleks birikmalarning spektral xususiyatlarini, xususan koordinatsion bog‘lanishlarning ularning elektron xususiyatlariga ta’sirini o‘rganishda keng qo‘llaniladi. Oraliq metallarning oktaedrik tuzilishli kompleks uchun d-orbital darajalarining ikki guruhga bo‘linishi mavjud: past energiyali (t_2g) va yuqori energiyali (e_g). Bu bo‘linish markaziy metall atomi atrofidagi ligandlar tomonidan yaratilgan maydon bilan bog‘liq. Bu darajalar orasidagi o‘tishlar (masalan, t_2g dan e_g ga) ko‘rinadigan spektrda yorug‘likning yutilishiga olib keladi. Bu o‘tishlar *d-d* o‘tishlari bo‘lib, ular odatda oraliq metall ionlari komplekslarining diffuz qaytarilish spektrida kuzatiladi. Komplekslarda termlar (termal darajalar) ikki turga bo‘linadi: kam energiyali va yuqori energiyali termlar. Termlar – bu oktaedr maydondagi o‘tuvchi metallari va ligandlarning elektron darajalari o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirdan kelib chiqadigan energiya holatlari. $3d^8$ konfiguratsiyaga ega $[Ni(acac)_2(MAB)\ H_2O]$ kompleksining DQS dagi 450- nmdagi pik $^3A_2 \rightarrow {}^3T_{1g}$ o‘tishiga, 490 nmdagi pik esa - $^3A_2 \rightarrow {}^3T_{2g}$ o‘tishiga mos keladi. 560 nm kamroq intensiv bo‘lib, darajalar orasidagi zaifroq o‘tishlarni ($^2E_g \rightarrow {}^3T_{2g}$) ko‘rsatadi[10].



1-rasm. [Ni(acac)2(MAB)H2O] ning diffuz qaytarilish spektri.

Olingan kompleks birikmaning termik barqarorligi va tarkibini aniqlash uchun differensial termik tahlil o‘tkazildi[11]. Barcha o‘lchovlar inert azot atmosferasida 50 ml/min tezlikda o‘tkazildi. Tahlil harorati oralig ‘i 20-1000 °C, isitish esa 5 K/min tezlikda amalga oshirildi.



2-rasm. [Ni(acac)2(MAB)H2O] derivatogrammasi.

[Ni(acac)2(MAB)H2O] kompleks birikmaning DTA egri chizig‘ida 105 ^{0}C dagi dastlabki ekzoeffekt kompleks birikmaning erishi bilan bog‘liq bo‘lib, massa o‘zgarishi kuzatilmaydi.

Kompleksning massa o‘zgarishi asosan ikkita bosqichda amalga oshgan. Birinchi bosqich – 50-170 ^{0}C, ikkinchi bosqich 180-490 ^{0}C oralig‘ida kechadi. Birinchi bosqichda 12,81% kompleks birikma parchalanadi. Ushbu harorat oralig‘ida H_2O, tashqi sferadagi spirt, CO_2 ajralib chiqadi. 2-parchalanadigan harorat oralig‘ida asosiy massa yo‘qotilishi jarayoni sodir bo‘ladi. Bu oraliqda massa kamayishi 77,35 % amalga oshadi hamda organik ligandlar, 2-aminobenzimidazol, alken ajralib chiqadi. 900 ^{0}C da kompleksning umumiy 90% ga yaqin massasining kamayishi kuzatiladi. Termolizning oxirgi mahsuloti NiO hisoblanadi.

Xulosa va takliflar: Tadqiqot davomida Ni(II) ionining 2-amino-1-metilbenzimidazol va atsetilatseton ligandlari ishtirokida geteroligand kompleks birikmasi muvaffaqiyatli sintez qilindi. Kompleksning tarkibi va koordinatsion xususiyatlari IQ-spektroskopiya natijalari asosida tasdiqlandi. IQ-spektrdagi xarakterli yutilish chiziqlarining siljishi ligandlarning metall markazi bilan koordinatsiyalanishini va kompleks hosil bo‘lganligini ko‘rsatdi.

Diffuz qaytarilish spektri (DRS) natijalari Ni(II) ioniga xos elektron o‘tishlarni aniqlash imkonini berdi hamda kompleksning elektron tuzilishi va koordinatsion muhitini tavsifladi.

Termik tahlil natijalari kompleksning bosqichma-bosqich termik parchalanishini ko‘rsatdi. Massaning kamayish bosqichlari tarkibdagi erituvchi yoki koordinatsiyalangan suv molekulalarining ajralishi, so‘ngra organik ligandlarning parchalanishi bilan izohlandi. Yakuniy qoldiq sifatida nikel oksidining hosil bo‘lishi kompleks tarkibining to‘g‘riligini tasdiqlaydi.

Olingan natijalar ushbu turdagi geteroligand komplekslarning koordinatsion kimyosini rivojlantirish va ularni funksional materiallar, kataliz hamda biologik faol birikmalar sifatida o‘rganish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Urbaniak W., Jurek K., Witt K., Goraczko A. Properties and application of diketones and their derivatives // Chemik. – 2011. – V. 65. – N. 4. – P. 273-282.

2. Hansen P. E. Structural studies of β-diketones and their implications on biological effects //Pharmaceuticals. – 2021. – V. 14. – N. 11. – P. 1189.

3. De Gonzalo de G., Alcantara A.R. Recent Developments in the Synthesis of β-Diketones //Pharmaceuticals. – 2021. – V.14. – N.10. – P. 1043.

4. Jackson K.M., Frazier M.C., Mancia M.D., Shaw R.N., Recent advances in the licorice root constituent dibenzoylmethane as a potential therapeutic option for cancer // Studies in Natural Products Chemistry. -2019. –V.63. –P. 1–19.

5. Kljun J. and Turel I. β-Diketones as Scaffolds for Anticancer Drug Design – From Organic Building Blocks to Natural Products and Metallodrug Components // European Journal of Inorganic Chemistry. -2017. -V.12. -P. 1655-1666.

6. Clegg J.K., Lindoy L.F., McMurtrie J.C., Schilter D. Dinuclear bis-β- diketonato ligand derivatives of iron (III) and copper (II) and use of the latter as components for the assembly of extended metallo-supramolecular structures // Dalton Transactions. -2005. –V.5. -P. 857-864.

7. Кокшарова Т.В. Координационные соединения ацетилацетонатов 3d- металлов с тиосемикарбазидом // Весник ОНУ. Хімія. -2014. -Т.19. -В. 2(50). -С. 105-110.

8. Shraddha Shukla. Comprehensive research on nickel: Its biological, chemical, and pharmacological roles. // Journal of Research in Chemistry 2025; 6(1): 01-03.

9. Рахманова З.А., Сиддикова К.Т. и др. Синтез и ИК-спектроскопическое исследование комплексных соединений некоторых 3D-металлов на основе 2-амино-1-метилбензимидазола. 2026.2(140). - URL:https://7universum.com/ru/nature/archive/item/21780.

10. Bols Max L., et al. In situ UV–Vis–NIR absorption spectroscopy and catalysis // Chemical reviews. -2024. -V.124. -N.5. -P.2352-2418.

11. Siddiqova K., Ziyatov D.A., Daminova Sh.Sh. Thermal properties of mixed ligand copper complex // «Proceeding of the 3rd International Conference on Energy, Earth, Environment & Engineering» December 5, 2023, Uzbek-Japan Innovation Center of Youth Tashkent, Uzbekistan, -P. 52.

POLIETILEN UCHUN FAOL METALLORGANIK QO‘SHIMCHALAR OLISH TEXNOLOGIYASINING NAZARIY ASOSLARI

Qiyomov Sharifjon Nozimovich[1]
qiyomovsh@mail.ru
ORCID 0009-0007-2189-6204
T.f.d., k.i.x., Toshkent kimyo texnalogiya ilmiy tadqiqot instituti
Iqbolov Shohruh Po‘lat o‘g‘li[2]
Toshkent kimyo texnalogiya ilmiy tadqiqot instituti Tayanch doktorant.
iqbolovshohruh1@gmail.com
ORCID 0009-0001-7989-2341
UDK 678.664

Annotatsiya. Ushbu maqolada polietilen uchun faol metallorganik qo‘shimchalarni ishlab chiqish texnologiyasining nazariy asoslari tahlil qilingan. Metall saqlovchi organik qo‘shimchalarning polimer zanjiriga, jumladan, polietilen, polipropilen va polivinilxlorid zanjirlariga biriktirilishi, ularning fizik-kimyoviy xossalari, modifikatsiyalash usullari hamda metallorganik birikmalarning polimerlar strukturasiga ta’siri yoritilgan. Metallotsen va Sigler–Natta katalizatorlari, grafting va krosslinking mexanizmlari, shuningdek, peroksid, silan va azo usullari yordamida polietilenni choklash jarayonlari ko‘rib chiqilgan. Metallorganik modifikatsiya natijasida polietilenning termik barqarorligi, mexanik mustahkamligi va dielektrik xossalarining yaxshilanishi aniqlangan. Metallorganik birikmalar saqlovchi polimerlar, xususan, polietilen va polivinilxloridning qayta ishlanishidagi ekologik xavfsizligi va barqarorligi masalalari yoritilgan. Shuningdek, metallorganik qo‘shimchalar asosidagi nanokompozitsion polietilen tizimlari istiqbolli ilmiy yo‘nalish sifatida baholangan.

Kalit so‘zlar: polietilen, metallorganik qo‘shimchalar, metallotsen, Sigler–Natta katalizatorlari, grafting, krosslinking, XLPE, polimer modifikatsiyasi, nanokompozitsion materiallar.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE TECHNOLOGY FOR OBTAINING ACTIVE ORGANOMETALLIC ADDITIVES FOR POLYETHYLENE

Abstract. This article analyses the theoretical foundations of the technology for developing active organometallic additives for polyethylene. The attachment of metal-containing organic additives to polymer chains, their physicochemical properties, modification methods and the impact of organometallic compounds on polymer structure are discussed. Metallocene and Ziegler–Natta catalysts, grafting and crosslinking mechanisms, and polyethylene crosslinking by peroxide, silane and azo methods are examined. Organometallic modification significantly enhances the thermal stability, mechanical strength and dielectric properties of polyethylene. The environmental safety and stability of polymers containing organometallic compounds are addressed. Nanocomposite polyethylene systems based on organometallic additives are evaluated as a promising research direction.

Key words: polyethylene, organometallic additives, metallocene, Ziegler–Natta catalysts, grafting, crosslinking, XLPE, polymer modification, nanocomposite materials.

Kirish. Bugungi kunda polietilen (PE) haqida gapirganda, biz uning yuqori zichlikli, past zichlikli, chiziqli past zichlikli yoki qutbli etilen kopolimeri ekanligini, qanday katalizator ishlatilganligini, zichligi va erish ko‘rsatkichi (MI) qandayligini, zichlikni nazorat qilish uchun qaysi komonomer ishlatilganligini, qanday ishlab chiqarish jarayoni qo‘llanilganligini hamda molekulyar og‘irlik va tarkibiy taqsimot kabi qanday molekulyar tuzilish hosil bo‘lganligini aniq ko‘rsatishimiz kerak.

Polietilen smolalari, odatda, ularning erish ko‘rsatkichi (MI) va zichligi bo‘yicha tasniflanadi. Erish ko‘rsatkichi (MI) smolaning molekulyar og‘irligini va uning qayta ishlanuvchanligini bildirsa, zichlik mahsulotning kristallik darajasini o‘lchaydi, bu esa ushbu PE smolalaridan tayyorlangan buyumlarning qattiqligi va zarbga chidamliligiga ta’sir qiladi.[1]

Polietilenning (PE) tarixi 1933-yilda Imperial Chemical Company (ICI) kompaniyasi tomonidan, yuqori harorat va bosimlarda etilen reaksiyalarini o‘rganish jarayonida past zichlikdagi polietilenning (LDPE) tasodifan kashf qilinishi bilan boshlangan.[2]. LDPE ishlab chiqaruvchi birinchi yuqori bosimli tijorat zavodi 1939-yilda ICI tomonidan avtoklav reaktori yordamida qurilgan.

Keyinchalik, BASF kompaniyasi bir o‘tishda etilenning yuqoriroq konversiyasiga (aylanishiga) va natijada yuqori ishlab chiqarish ko‘rsatkichlariga erishish uchun yuqori bosimli LDPE jarayoni uchun trubali (quvursimon) reaktorni ishlab chiqdi. Bugungi kunda ham LDPE o‘shanga o‘xshash kimyoviy usullar bilan, avtoklav yoki trubali reaktorlar yordamida ishlab chiqarilmoqda.

LDPE uchun asosiy xomashyo etilen monomeri hisoblanadi. LDPE ishlab chiqarish uchun

etilen juda yuqori bosim ostida siqiladi va peroksid yordamida erkin radikalli polimerizatsiya jarayoni boshlanadi.

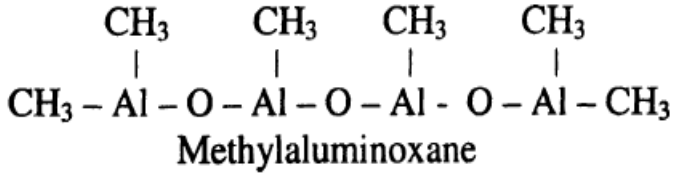
1970-yillarning oxirida, bugungi kunda chiziqli past zichlikli polietilenlar (LLDPE) deb nomlanuvchi materiallarga katta qiziqish paydo bo‘ldi. Ular o‘z xususiyatlari va tuzilishiga ko‘ra yuqori bosimli (LDPE) va past bosimli (HDPE) materiallar orasidagi oraliq o‘rinni egallaydi. LLDPE materiallari sanoatda, ayniqsa plyonkalar ishlab chiqarishda tezda qabul qilindi. 1985-yilda Union Carbide tomonidan taqdim etilgan juda past zichlikli polietilenlar (VLDPE) ham ularga yaqin turuvchi materiallar edi.[3]

Tadqiqot metodologiyasi. Oxirgi yillarda polietilenning an’anaviy xossalarini yaxshilash maqsadida turli modifikatsiya usullari taklif etilgan. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ayniqsa metallorganik qo‘shimchalar asosidagi modifikatsiya usullari polimerning termik barqarorligi, mexanik mustahkamligi va funksional faolligini oshirishda yuqori samaradorlikka ega. Polietilen eng ko‘p ishlab chiqariladigan va foydalaniladigan polimer bo‘lishiga qaramay, uni modifikatsiya qilish hali ham eng dolzarb muammolardan biri. Bunga birqancha sabablar mavjud: polietilenning yopiq zanjiriga biror birikma biriktirishning birqancha murakkabligi, termik barqaror emasligilar misol bo‘ladi. Ammo polietilen zanjiriga metalloorganik qo‘shimcha briktirish orqali uni bir qancha xususiyatlarini yaxshilash mumkin, va bunday modifikatsiyalangan polietilendan ko‘p maqsadalrda foydalanish mumkin. Ushbu maqolada polietilen uchun faol metallorganik qo‘shimchalarning sintezi, klassifikatsiyasi, modifikatsiya mexanizmlari va zamonaviy qo‘llash texnologiyalari tahlil qilinadi.

Metallorganik (*yoki orgonometall*) qo‘shimchalar polimer, jumladan polietilenning xossalarini yaxshilashda qo‘llaniladigan modifikatsion texnologiyalarda ishlatiladigan muhim funksional guruhlardandir. Bu kabi qo‘shimchalar tarkibida bevosita yoki bilvosita Metall-C o‘zaro ta’siri mavjud bo‘lib, ular polimer tizimlarida yuqori katalitik va barqarorlashtiruvchi faollikni namoyon etadi. Kimyoviy tuzilishi va ta’sir mexanizmiga qarab, metallorganik qo‘shimchalar polietilen materiallarning termik barqarorligini, mexanik mustahkamligini, UB (ultrabinafsha) nurlarga chidamliligini va qayta ishlash xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashi mumkin.

Eng keng tarqalgan metallorganik tizimlar qatoriga metallotsen katalizatorlari, Sigler–Natta (Ziegler–Natta) katalizatorlari, alyuminiy-organik birikmalar va o‘tish metallari komplekslari kiradi.

Metallotsen katalizatorlari Sigler (Ziegler) tizimlaridan farqli o‘laroq, faqat bir turdagi faol markazga ega (bir markazli katalizatorlar). Ular uglevodorodlarda yoki suyuq propenda eriydi. Ularning katalitik faolligi klassik Sigler-Natta tizimlariga qaraganda 10–100 marta yuqoridir. Metallotsenlarning tuzilishi — ya’ni π-bog‘langan metall atomi ikkita aromatik halqa tizimi orasida joylashgan “sendvich birikmalar” ekanligi Fisher hamda Uilkinson va Birmitgem tomonidan kashf etilgan. Sigler tizimlarida qo‘llaniladigan an’anaviy alyuminiyalkil kokatalizatorlari bilan birgalikda metallotsenlar haqiqatan ham etenni polimerlashga qodir, ammo juda past faollik bilan. Faqatgina 1977-yilda Gamburgdagi institutda metilalyumoksan (MAO) kashf etilishi va qo‘llanilishi natijasida faollikni, hayratlanarli darajada, 10 000 baravarga oshirish imkoni tug‘ilgan. Metilalyuminoksan shunday birikmadirki unda alyuminiy va kislorod atomlari navbatma-navbat joylashgan bo‘lib, bo‘sh valentliklar metil o‘rinbosarlari bilan to‘yingan. U trimetilalyuminiyni ehtiyotkorlik bilan qisman gidroliz qilish orqali olinadi va Sinn, Barron va boshqalar, Ystenes va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarga ko‘ra,



Methylaluminoxane

u asosan $[Al_4O_3Me_6]$ asosiy tuzilish birliklaridan iborat bo‘lib, o‘z ichiga to‘rtta alyuminiy, uchta kislorod atomi va oltita etil guruhini oladi. Ushbu tuzilishdagi alyuminiy atomlari koordinatsion jihatdan to‘yinmaganligi sababli, asosiy birliklar (asosan to‘rtta yoki uchta) o‘zaro birlashib, klasterlar va “qafas” simon tuzilmalarni hosil qiladi. Ularning molyar massasi 1200 dan 1600 gacha bo‘lib, uglevodorodlarda eriydi.

Cp_2MX_2 birikmalaridagi yordamchi siklopentadienil ligandlarining o‘zgarishi

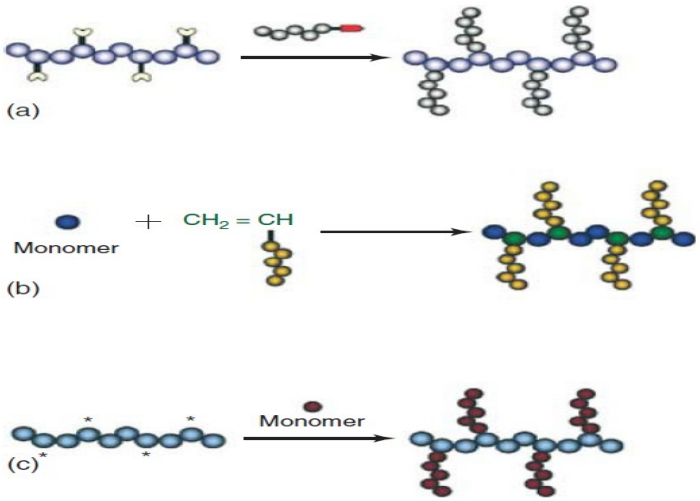
polimerlanish faolligiga va polimer xossalariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Etilen va laktid polimerizatsiyasi uchun katalizator sifatida permetilindenil ligandi ($C_9Me_7^-$,Ind*, I*) asosidagi simmetrik bo‘lmagan ansa-ko‘priksimon sirkonotsenlarning yangi oilasi haqida ma’lumot berilgan. [5]

Yana bir misol bu Zigler-Natta tizimidir. Bir qancha tadqiqotchilar tomonidan yozilgan maqolada [6], izotaktik polipropilen (*i-PP*) ishlab chiqarish uchun mo‘ljallangan, $MgCl_2$ (magniy xlorid) asosidagi sanoat Sigler-Natta (ZN) katalizatorlarining so‘nggi uchta avlodiga xos polimerlanish xatti-harakatlarini kompleks va integratsiyalashgan yuqori unumdorlikdagi eksperiment (*HTE)* yondashuvi yordamida qayta ko‘rib chiqilgan. Qat’iy nazorat qilingan tajriba sharoitida shakllantirilgan keng ko‘lamli tuzilish–xossa” ma’lumotlar bazasi katalizatorlarning xatti-harakatlarini misli ko‘rilmagan darajada batafsil tahlil qilish va solishtirish imkonini bergan. Vittoria va hammualliflar [6] stereoselektivlikning katalizator markazlari tabiatiga bog‘liqligini ko‘rsatgan.

Kaminsky va Laban [4] metallotsen katalizatorlarining asosiy afzalligi sifatida ularning bir markazli faol tuzilishini ko‘rsatgan. Boggioni va Tritto [13] esa ushbu katalizatorlar yordamida polimer mikrostrukturasi ustidan yanada aniq nazorat o‘rnatish mumkinligini qayd etgan.

Natijalar va muhokama Polietilen (PE) kimyoviy jihatdan nisbatan inert polimer bo‘lib, uning molekulyar zanjiri asosan vodorod va uglerod atomlaridan tashkil topgan bo‘ladi. Biroq metallorganik birikmalar qo‘llanilganda polietilenning fizik-kimyoviy xossalarini sezilarli darajada o‘zgartirish mumkin. Metallorganik qo‘shimchalar PE bilan turli mexanizmlar orqali o‘zaro ta’sirlashadi va natijada polimerning termik barqarorligi, mexanik mustahkamligi, reologik xossalari hamda funksional imkoniyatlari yaxshilanadi.

Polimer asosiga (makromolekula zanjiriga) funksional kimyoviy guruhlar yoki gomopolimerlar yohud kopolimerlar zanjiri payvandlangan tuzilmalarni olishning bir qancha usullari mavjud. Umuman olganda, ushbu turdagi kopolimerlarni sintez qilishning uchta keng tarqalgan usuli bor: "grafting-onto" (ustiga payvandlash), "grafting-from" (asosdan o‘stirish) va "grafting-through" (orqali polimerlash). 1-rasm payvandlangan kopolimerlar (graft-kopolimerlar) sintezini sxematik tarzda ko‘rsatadi.



1-rasm. (a) grafting-onto (ustiga payvandlash), (b) grafting-through (orqali polimerlash) va (c) grafting-from (asosdan o‘stirish) usullarining sxematik tasviri.

Birinchi usul — “grafting-onto” (shuningdek, “grafting-to” deb ham ataladi), oldindan sintez qilingan va zanjir oxirida funksional guruhi bo‘lgan tuzilmaning polimer asosida (magistral zanjirida) mavjud bo‘lgan mos keluvchi (komplementar) funksional monomer bo‘g‘ini bilan reaksiyaga kirishishini o‘z ichiga oladi.

“Grafting-through” usulida esa uchlarida polimerlanish reaksiyasini amalga oshirishga qodir bo‘lgan guruhlarni (xususan, vinil guruhlarini) saqlovchi makromonomerlardan (juda kichik molekulyar og‘irlikka ega polimer zanjirlari yoki oligomerlardan) foydalaniladi.

Nihoyat, “grafting-from” payvand polimerlarni olishda eng keng tarqalgan usul bo‘lib, u o‘zining asosiy zanjiri bo‘ylab reaktiv guruhlar, funksional zarrachalar yoki inisiator qismlarini saqlaydigan polimerni talab qiladi; bular monomerlar ishtirokida substrat (asos) sirtidan payvand zanjirlarning o‘sib chiqishini ta’minlaydi.

Bonilla-Cruz va hammualliflar [7] grafting-onto, grafting-from va grafting-through usullarining o‘ziga xos xususiyatlarini tavsiflagan. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, grafting-from usuli graft-zanjirlarning uzunligini samaraliroq nazorat qilish imkonini beradi, grafting-onto usuli esa texnologik jihatdan sodda bo‘lishiga qaramay, sterik to‘siqlar tufayli cheklanishlarga ega.

Peroksid yordamida tikish yondashuvi sanoatda joriy etish va nazorat qilish uchun eng oson yo‘l bo‘lib qolmoqda. Dikumil peroksid (DCP) samarali inisiator sifatida tanilgan, chunki u PE (polietilen) ni qayta ishlashning odatdagi haroratlarida yuqori parchalanish tezligiga ega. Peroksid yordamida amalga oshiriladigan tikishning asosiy kamchiliklaridan biri bu nojo‘ya mahsulotlarning (byproducts) hosil bo‘lishidir, ular tayyor mahsulot tarkibida ma’lum darajada qolib ketishi mumkin. Ushbu mahsulotlarning aksariyati keton turiga mansub bo‘lib, yakuniy buyumlarda kuchli hidni keltirib chiqaradi. Bundan tashqari, ushbu nojo‘ya mahsulotlar polimerda eriydi va uning erkin hajmi bo‘ylab taqsimlanadi, bu esa, ayniqsa, kabel sanoatida jiddiy muammolarni keltirib chiqarishi mumkin.

PE ning yuqori dielektrik mustahkamligi va o‘ta past elektr o‘tkazuvchanligi kabi g‘ayrioddiy elektr xususiyatlari ushbu materialni elektr simlari va kuch kabellari uchun ajoyib izolyatorga aylantiradi. Shunga qaramay, PE bilan izolyatsiyalangan kabel faqat 70 ^{o}C gacha bo‘lgan haroratlarda ishlashi mumkin, tikilgan polietilen (XLPE) esa 90 ^{o}C o‘tkazgich haroratida izolyator sifatida ishlay oladi va 250 ^{o}C qisqa tutashuv darajasiga ega. Shunday qilib, yuqori mexanik mustahkamlik va yetarli darajadagi issiqlikka chidamlilikni kafolatlash uchun izolyatsiya tizimlari moki-shokisimon tikilgan (crosslinked) bo‘lishi shart.

Sahyoun va hammualliflar [8] peroksidli choklash jarayonida hosil bo‘ladigan nojo‘ya mahsulotlar material sifatiga ta’sir qilishi mumkinligini ko‘rsatgan.

Polietilenni choklashning yana bir mashhur usullaridan biri Silan yordamida choklash, yoki silannli choklash ham deyiladi. Ushbu tikish usulida PE (polietilen) uchun vinilsilan kabi silan birikmalaridan foydalaniladi. Ularning qo‘shbog‘i va tez tikilish qobiliyati tufayli, ular kremniy (Si) atomidagi metoksi yoki etoksi guruhlari (vinilmetildimetoksisilan, viniltrietoksisilan va viniltrimetoksisilan) bilan birgalikda qo‘llaniladi. Peroksid tizimlariga o‘xshash tarzda, silan yordamida tikish ham 4-rasmda ko‘rsatilganidek ikki xil usulda amalga oshirilishi mumkin: monosil (bir bosqichli usul) va sioplas (ikki bosqichli usul). Silan guruhlari qutbli (polyar) bo‘lganligi sababli, ular PE asosidagi aralashmalarning qutbsiz PE bilan moslashuvchanligini (kompatibilligini) ta’minlaydi. Payvandlash jarayoni polimer hali suyuqlanma holatida bo‘lganida amalga oshirilishi mumkin, biroq tikish bosqichi odatda payvandlangan polimer yakuniy mahsulot shakliga keltirilganidan va u boshqa deformatsiyalanmaydigan (shakli o‘zgarmaydigan) holatga kelganidan keyin bajariladi.

Ahmad va Rodrigue [9] silanli texnologiyaning asosiy afzalligi sifatida uning iqtisodiy samaradorligi va ishlab chiqarish qulayligini ko‘rsatgan. Morshedian va Hosseinpour [10] esa ikki bosqichli silan usulining sanoat miqyosida muvaffaqiyatli qo‘llanilishini ta’kidlagan. Choklashning uchinchi mashxur usullaridan biri bu Azo metodidir.

Ushbu ikki bosqichli usulda polietilenda choklangan (crosslinked) tarmoq hosil qilish uchun azo birikmalar, ya’ni tarkibida -N=N- guruhi tutgan moddalar initiator sifatida qo‘llaniladi. Bunday birikmalarga alifatik azoefirlar, masalan 2,2′-azobis(2-etoksipropan) kiradi

Shuni ta’kidlash kerakki, azo initsiatorlarning parchalanish temperaturasi termik jihatdan eng barqaror peroksidlarning parchalanish temperaturasidan ham yuqori bo‘ladi. Azo birikmalar parchalanganda azot, metan, uglerod monoksid, ketonlar, alkil asetatlar hamda erkin radikallar hosil bo‘ladi. Ushbu radikallar polietilen zanjiridan vodorod atomini ajratib olib, uglerod-uglerod bog‘lari orqali choklangan struktura hosil bo‘lishiga olib keladi.

Azo birikmalar peroksidlarga nisbatan barqarorroq hisoblanadi. Masalan, 2,2′-azobis(2-etoksipropan) parchalanganda etoksipropan radikallari hosil bo‘ladi va ular polietilen zanjiridagi vodorod atomlari bilan reaksiyaga kirishib ikkita alkil makroradikal hosil qiladi.[10]

Busico va boshqalar [14] esa katalizator faol markazlarini chuqurroq o‘rganish orqali polimerlash jarayonini optimallashtirish mumkinligini ta’kidlagan.

Payvandlanish (grafting) darajasining ortishi cho‘zilishdagi mustahkamlik va nisbiy uzayish ko‘rsatkichlarining yuksalishiga olib keladi. Bu holat silan payvandlangan polietilenning cho‘zilishi jarayonida yanada samaraliroq deformatsion mustahkamlanish sodir bo‘lishi bilan izohlanishi mumkin.. Buning sababi shundaki, tikilgan polietilen kamroq qayishqoq (elastik) bo‘ladi va uning deformatsion mustahkamlanish imkoniyati cheklanganroqdir. Gel-fazaning

o‘rtacha miqdorida nisbiy uzayish qiymatining biroz ortishi kristallik darajasining pasayishi va zanjirlar harakatchanligi (makromolekulalar mobilligi) ehtimoli mavjudligining natijasi bo‘lishi mumkin; ammo gel-faza miqdori yuqoriroq bo‘lganda, zanjirlar harakatchanligi cheklanadi va shu sababli nisbiy uzayish ko‘rsatkichi ham pasayadi. Morshedian va Hosseinpour [10] hamda Alagar va hammualliflar [11] ma’lumotlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, grafting darajasining ortishi mexanik mustahkamlikni oshirsa-da, haddan tashqari yuqori choklanish darajasi materialning elastikligini kamaytirishi mumkin. Shu sababli amaliy qo‘llanishlarda graftlash va choklash darajalarini optimallashtirish muhim hisoblanadi.

Payvandlanish (grafting) darajasi va gel-faza miqdori (gel content) ortishi bilan suyuqlanish harorati hamda kristallik foizi kamayadi. DSX (DSC) ma’lumotlari shuni ko‘rsatadiki, LDPE (past zichlikdagi polietilen) molekulalaridagi silan payvandlari namlik bo‘lmagan taqdirda, silan payvandlangan LDPE qayta ishlanishi yoki utilizatsiya qilinishi (retsirkulyatsiya) mumkin bo‘lgan 130 ^{0}C standart haroratda termik jihatdan barqarordir. Silan yordamida tikilgan LDPE ning ko‘p bosqichli suyuqlanish xulq-atvori boshqa adabiyotlarda ham qayd etilgan bo‘lib, bu holat LDPE ning suv bilan tikilishi jarayonidagi faza ajralishi tufayli sodir bo‘lishi ta’kidlangan. Silan payvandlanishi miqdorini oshirish orqali LDPE ning (shuningdek, LLDPE uchun ham qayd etilgan) termik barqarorligi yuksaladi. Shuni ta’kidlash joizki, tikilgan polietilenlarda (Si-O) va (Si-C) bog‘larining uzilishi (dissotsiatsiyasi) uchun talab qilinadigan energiya mos ravishda 191.1 va 107.9kcal/molni tashkil etadi. Bundan tashqari, silan payvandlanishi reaksiyalari davomida peroksid ta’sirida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan qo‘shimcha tikilish reaksiyalari ham parchalanish (dekompozitsiya) haroratining ko‘tarilishiga sababchi bo‘lishi mumkin. [11]

Metallorganik modifikatorlarning polietilen bilan o‘zaro ta’siri natijasida hosil bo‘ladigan strukturaviy o‘zgarishlar nafaqat polimerning asosiy xossalarini yaxshilaydi, balki yangi avlod funksional kompozit materiallarini yaratishga ham imkon beradi. Shu sababli hozirgi vaqtda metallorganik birikmalar asosidagi nanokompozitsion polietilen tizimlarini ishlab chiqish polimer kimyosining istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ngo va hammualliflar [15] metall zarralar asosidagi nanokompozitsiyalar polietilenning antibakterial va ekspluatatsion xossalarini yaxshilashini ko‘rsatgan. Shu bilan birga, nanoto‘ldirgichlarning polimer matritsasida bir tekis taqsimlanishi kompozitsion materiallarning xossalarini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, metallorganik modifikatorlar nanoto‘ldirgichlarning disperslanish darajasini yaxshilashi va fazalararo adgeziyani kuchaytirishi mumkin.

Yuqoridagi barcha ilmiy asoslardan kelib chiqib shuni aytish mumkinki, metall saqlagan qo‘shimchalar yordamida polietilen makromalekulasining bir qancha xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashga erishsa bo‘ladi. Bunday modifikatorlar polimer matritsasida strukturaviy tartiblanishni oshirish, kristallanish jarayonlarini boshqarish hamda dispers fazaning bir tekis taqsimlanishini ta’minlash imkonini beradi.

Xulosa va takliflar. Xulosa qilib aytganda, polietilenni metallorganik qo‘shimchalar yordamida modifikatsiyalash zamonaviy polimer kimyosining eng muhim va istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Metallotsen va Sigler–Natta kabi katalitik tizimlar yordamida polietilenning molekulyar tuzilishi va xossalarini samarali boshqarish mumkinligi aniqlangan. Ayniqsa metallotsen katalizatorlari bir markazli yuqori faol tizim sifatida polimerlarning bir jinsli tuzilishda hosil bo‘lishini ta’minlaydi.

Polietilen bilan metallorganik birikmalarning koordinatsion, radikal va choklanish mexanizmlari orqali o‘zaro ta’sirlashuvi natijasida materialning termik barqarorligi, mexanik mustahkamligi, dielektrik xossalari va kimyoviy chidamliligi sezilarli darajada yaxshilanadi.

Peroksid, silan va azo usullari polietilenni choklashning samarali texnologiyalari hisoblanadi. Ushbu usullar asosida olingan XLPE materiallari kabel sanoati, elektrotexnika hamda yuqori ekspluatatsion xususiyatlarni talab qiladigan boshqa sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Shu bilan birga, ayrim usullarda nojo‘ya mahsulotlarning hosil bo‘lishi va texnologik jarayonlarning murakkabligi mazkur yo‘nalishda qo‘shimcha ilmiy tadqiqotlar olib borishni taqozo etadi.

Tahlil qilingan adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, metallorganik qo‘shimchalar asosidagi modifikatsiya usullari polietilenning strukturasi va xossalarini maqsadli boshqarish imkonini beradi. Kelgusida ekologik xavfsiz, yuqori samarali va nanokompozitsion tizimlarga asoslangan modifikatsiya texnologiyalarini ishlab chiqish ushbu yo‘nalishning ustuvor ilmiy vazifalaridan biri bo‘lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Patel R.M. Polyethylene // Multilayer Flexible Packaging (Second Edition). – Plastics Design Library, 2016. – P. 17–34.

2. Patel R.M., Jain P., Story B., Chum S. Polyethylene: An Account of Scientific Discovery and Industrial Innovations // Innovations in Industrial and Engineering Chemistry: A Century of Achievements and Prospects for the New Millennium. – ACS Symposium Series, Vol. 1000. – American Chemical Society, 2008. – P. 71–102.

3. Ronca S. Polyethylene // Brydson's Plastics Materials (8th Edition) / Ed. M. Gilbert. – Butterworth-Heinemann, 2017. – P. 247–278.

4. Kaminsky W., Laban A. Metallocene Catalysis // Applied Catalysis A: General. – 2001. – Vol. 222, No. 1–2. – P. 47–61.

5. Wang W., Chen X., Zhang Y., Zhang X., Zhu J., et al. Synthesis and Properties of Long-Chain Branched Polyethylene Prepared with α-Diimine Nickel Catalysts // Macromolecules. – 2020. – Vol. 53, No. 14. – P. 5980–5991.

6. Vittoria A. et al. Demystifying Ziegler–Natta catalysts: The origin of stereoselectivity //ACS Catalysis. – 2017. – T. 7. – №. 7. – C. 4509-4518.

7. Bonilla-Cruz J., Dehonor M., Saldivar-Guerra E., Gonzalez-Montiel A. Polymer Modification: Functionalization and Grafting // Handbook of Polymer Synthesis, Characterization, and Processing / Eds. E. Saldivar-Guerra, E. Vivaldo-Lima. – John Wiley & Sons, 2013. – P. 205–223.

8. Sahyoun J., Crepet A., Gouanvé F., Keromnes L., Espuche E. Diffusion Mechanism of Byproducts Resulting from the Peroxide Crosslinking of Polyethylene // Journal of Applied Polymer Science. – 2017. – Vol. 134, No. 9. – P. 1–11.

9. Ahmad H., Rodrigue D. Crosslinked Polyethylene: A Review on the Crosslinking Techniques, Manufacturing Methods, Applications, and Recycling // Polymer Engineering & Science. – 2022. – Vol. 62, No. 8. – P. 2376–2401.

10. Morshedian, Jalil, and HOSSEINPOUR P. MOHAMMAD. Polyethylene cross-linking by two-step silane method: a review. (2009): 103-128.

11. Bartczak Z., Argon A.S., Cohen R.E. Deformation mechanisms and plastic resistance in single-crystal-textured high-density polyethylene // European Polymer Journal. – 2005. – Vol. 41, No. 7. – P. 1484–1492.

12. Ronca S. Polyethylene // Brydson's Plastics Materials (8th ed.) / Ed. M. Gilbert. – Elsevier, 2017. – P. 247–278.

13. Zhang W.B., Cheng S.Z.D., Yaszemski M.J. Polymeric Biomaterials: A History of Use in Musculoskeletal Regenerative and Reconstructive Medicine // 100+ Years of Plastics: Leo Baekeland and Beyond. – ACS Symposium Series, Vol. 1080. – American Chemical Society, 2011. – P. 165–182.

14. Busico V., Cipullo R. Accelerating the Research Approach to Ziegler–Natta Catalysts // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2016. – Vol. 55, No. 10. – P. 2686–2695.

15. Ngo T.D. et al. Antibacterial Nanocomposites Based on Fe_3O_4–Ag Hybrid Nanoparticles and Natural Rubber–Polyethylene Blends // International Journal of Polymer Science. – 2016. – Article ID 7478161. – 1–9.

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ЧАСТИЧНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА GTL С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FEOX/AL2O3. МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ КАТАЛИЗАТОРА И ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННОГО ПРОДУКТА

Турсунов А.
ООО «Uzbekistan GTL», ведущий инженер
Эшмуродов Х.
Термезский государственный университет, DSc, доцент
adham.tursunov1306@gmail.com
ORCID 0009-0001-1900-3346
УДК 661.6:543.42

Аннотация. В работе изучен процесс каталитического частичного окисления дизельного топлива GTL в присутствии катализатора FeO_x/Al_2O_3 с целью улучшения его смазывающих свойств без применения внешних присадок. Катализатор получен методом влажной пропитки носителя Al_2O_3 раствором $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ с последующей сушкой и ступенчатым прокаливанием. Окисление проводили в стеклянном реакторе при атмосферном давлении в потоке кислорода. Катализатор после реакции и окисленный продукт исследованы методом FTIR-спектроскопии. Полосы поглощения в области 2950-2850 $см^{-1}$ (алифатические C-H-связи), 1465-1375 $см^{-1}$ (деформационные колебания групп $-CH_2$ и $-CH_3$) и 1100-1000 $см^{-1}$ (C-O-связи) подтверждают образование кислородсодержащих функциональных групп. Результаты показывают, что катализатор FeO_x/Al_2O_3 обеспечивает селективную функционализацию углеводородов GTL-дизельного топлива без глубокого разрушения парафиновой структуры.

Ключевые слова: катализатор FeO_x/Al_2O_3; дизельное топливо GTL; каталитическое частичное окисление; ИК-спектроскопия; метод пропитки; катализаторы на основе оксидов металлов; смазывающие свойства; кислородсодержащие функциональные группы.

GTL DIZEL YOQILG‘ISINI FeO_x/Al_2O_3 ISHTIROKIDA KATALITIK QISMAN OKSIDLASH. KATALIZATOR SIRTINI MODIFIKATSIYALASH VA OLINGAN MAHSULOTNING IQ-SPEKTROSKOPIK TAHLILI

Annotatsiya. Ishda GTL dizel yoqilg‘isining moylash xossalarini tashqi qo‘shimchalarsiz yaxshilash maqsadida uni FeO_x/Al_2O_3 katalizatori ishtirokida katalitik qisman oksidlash jarayoni o‘rganildi. Katalizator Al_2O_3 tashuvchisini $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ eritmasi bilan nam shimdirish, so‘ngra quritish va bosqichma-bosqich qizdirish usulida olindi. Oksidlash laboratoriya shisha reaktorida atmosfera bosimida kislorod oqimida o‘tkazildi. Reaksiyadan keyingi katalizator va oksidlangan mahsulot FTIR-spektroskopiya usulida tadqiq etildi. 2950-2850 sm^{-1} (alifatik C-H bog‘lari), 1465-1375 sm^{-1} ($-CH_2$ va $-CH_3$ guruhlarining deformatsion tebranishlari) hamda 1100-1000 sm^{-1} (C-O bog‘lari) sohalaridagi yutilish polosalari kislorodli funksional guruhlar hosil bo‘lganini tasdiqlaydi. Natijalar FeO_x/Al_2O_3 katalizatori GTL dizel yoqilg‘isi uglevodorodlarini parafin tuzilmasini chuqur parchalamasdan selektiv funksionallashtirishini ko‘rsatadi. Usul tashqi moylovchi qo‘shimchalarga ehtiyojni kamaytiradi.

Kalit so‘zlar: FeO_x/Al_2O_3 katalizatori; GTL dizel yoqilg‘isi; katalitik qisman oksidlash; IQ-spektroskopiya; shimdirish usuli; metall oksidlari asosidagi katalizatorlar; moylash xossalari; kislorodli funksional guruhlar.

Введение. Дизельное топливо GTL представляет собой высокочистое синтетическое топливо, получаемое по процессу Фишера-Тропша и характеризующееся, как правило, высоким цетановым числом, низким содержанием серы и минимальным содержанием ароматических углеводородов [1]. Несмотря на экологические преимущества такого состава, отсутствие в топливе природных полярных компонентов приводит к снижению его смазывающих свойств. Ухудшение смазывающих свойств низкосернистого дизельного топлива часто связывают с уменьшением содержания природных кислород-, азот- и других полярных соединений [2].

Anastopoulos и соавт. показали, что добавление кислород- и азотсодержащих соединений к низко сернистому дизельному топливу способствует снижению диаметра пятна износа по методу HFRR. Это создает научную основу для улучшения смазывающих свойств GTL-дизельного топлива путем введения в его состав кислородсодержащих функциональных групп [2].

Оксиды металлов играют важную роль в каталитическом окислении углеводородов, поскольку способны активировать C-H-связи за счет окислительно-восстановительных циклов, участия кислорода кристаллической решетки, поверхностно-адсорбированного кислорода и кислородных вакансий [3-5]. Vedrine показал, что процессы частичного

окисления на оксидах металлов тесно связаны с окислительно-восстановительными свойствами катализатора и активностью поверхностного кислорода [3]. Согласно механизму Mars-van Krevelen, молекула углеводорода взаимодействует с кислородом кристаллической решетки катализатора, в результате чего катализатор восстанавливается, а затем повторно окисляется молекулярным кислородом газовой фазы [3-5]. Данная модель является наиболее обоснованной теоретической основой для объяснения мягкого частичного окисления GTL-дизельного топлива в присутствии катализаторов MnO_x или FeO_x в потоке O_2.

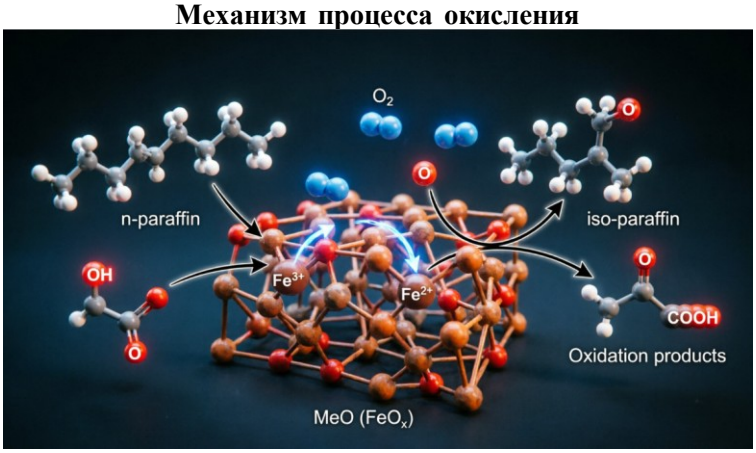
Катализаторы MnO_x относятся к числу наиболее активных оксидных систем, применяемых для окисления углеводородов, летучих органических соединений (ЛОС) и ароматических соединений [6-10]. В обзоре Xu et al. отмечено, что оксиды марганца широко используются в процессах окисления ЛОС, CO, сажи и других газофазных реакциях благодаря высокой каталитической активности, низкой стоимости и экологической безопасности [6]. Dey и Mehta, в свою очередь, указывают, что каталитическая эффективность систем MnO_x определяется валентным состоянием марганца, содержанием поверхностного активного кислорода, площадью поверхности и окислительно-восстановительной активностью [7]. Zeng et al. установили, что наличие кислородных вакансий ослабляет связь Mn-O, увеличивает количество поверхностно-адсорбированного активного кислорода и повышает подвижность кислорода в кристаллической решетке, что способствует увеличению активности окисления толуола [8].

Yang et al. сравнили фазы α-, β-, γ- и δ-MnO_2 в реакции окисления толуола и показали, что кислородные вакансии и промежуточные соединения существенно влияют на механизм и ход реакции [9]. Liu et al. синтезировали катализаторы MnO_2 на основе различных соединений Mn(II) и установили, что природа исходного прекурсора оказывает влияние на структуру катализатора и путь протекания окисления [10].

Катализаторы на основе Fe_2O_3 широко исследуются в процессах окисления летучих органических соединений (ЛОС), особенно толуола, благодаря их низкой стоимости, относительно высокой окислительно-восстановительной активности и способности формировать кислородные вакансии [11-13]. В обзоре Zhang et al. (2024) подробно рассмотрены процессы окисления толуола, структура катализаторов, роль кислородных вакансий и взаимосвязь между структурой и каталитической активностью Fe_2O_3-содержащих систем [11]. Ma et al. показали, что FeO_x-катализаторы, полученные из MOF-derived структур, характеризуются высокой удельной поверхностью, малым размером кристаллитов, высокой дисперсностью активных центров, а также наличием поверхностного и решеточного кислорода, что способствует интенсификации низкотемпературного окисления толуола [12].

Рисунок 1

Механизм процесса окисления



В системах FeO_x окислительно-восстановительный цикл преимущественно реализуется через пару Fe^{3+}/Fe^{2+}. При этом Fe^{3+} принимает электрон с образованием Fe^{2+}, а Fe^{2+} в присутствии O_2 повторно окисляется до Fe^{3+}. Данный цикл сопровождается образованием активных поверхностных кислородных форм, инициирующих процессы окисления углеводородов [11–13]. Khedulkar et al. исследовали процесс окисления толуола на Mn, Cu-co-doped Fe_2O_3-катализаторе в реакторе с неподвижным слоем (fixed-bed reactor)

и оценили особенности каталитического механизма с использованием кинетического моделирования, анализа реакционных условий, а также методов исследования поверхности XANES/EXAFS [13]. Авторы показали, что введение дополнительных металлов в Fe_2O_3-системы способствует улучшению окислительно-восстановительных процессов и повышению эффективности кислородного обмена.

Однако катализаторы FeO_x требуют особенно тщательной оценки при использовании в процессах частичного окисления GTL-дизельного топлива. Несмотря на то, что оксиды железа способны эффективно активировать процессы окисления углеводородов, их высокая окислительно-восстановительная активность и способность интенсифицировать радикально-цепные реакции могут повышать вероятность переокисления продуктов реакции [11,13,14]. Исследования, посвящённые окислению толуола, также показывают, что процесс может протекать по двум основным направлениям: селективное окисление с образованием кислородсодержащих промежуточных соединений либо глубокое окисление с образованием CO_2 [14].

В целом анализ литературных данных показывает, что катализаторы MnOx являются перспективными системами для процессов частичного окисления благодаря высокой подвижности кислорода, наличию кислородных вакансий и эффективному окислительно-восстановительному циклу Mn^{3+}/Mn^{4+} [6-10]. Системы FeO_x, в свою очередь, представляют интерес благодаря наличию редокс-пары Fe^{3+}/Fe^{2+}, относительно низкой стоимости и высокой каталитической активности, однако проблемы селективности и риск переокисления требуют их детального исследования и оптимизации [11-14].

В этой связи научно и практически обоснованным представляется сравнительное исследование катализаторов MnO_x и FeO_x в процессах каталитического частичного окисления GTL-дизельного топлива с целью определения оптимального соотношения между улучшением смазывающих свойств и сохранением окислительной стабильности топлива.

Материалы и методы.

Материалы

В исследовании использовалось дизельное топливо GTL, полученное по технологии Фишера–Тропша. В качестве окислителя использовался высокочистый кислород. В качестве носителя катализатора использовался гранулированный оксид алюминия (Al_2O_3). Для образования активной фазы железа использовался $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$.

Приготовление катализатора FeO_x/Al_2O_3

Катализатор FeO_x/Al_2O_3 был приготовлен методом влажной пропитки. Первоначально 8,2 г $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ растворяли в 6 мл дистиллированной воды. Полученный раствор наносили по каплям на поверхность 20,0 г предварительно высушенных гранул Al_2O_3.

Пропитанный образец выдерживали в течение 20-30 мин, а затем сушили при 105 °C в течение 3 ч.

Высушенный образец прокаливали в ступенчатом температурном режиме на воздухе: от 25 °C до 120 °C со скоростью 2 °C/мин в течение 30 мин, от 120 °C до 300 °C со скоростью 2 °C/мин в течение 1,5 ч и от 300 °C до 500 °C со скоростью 2 °C/мин в течение 3 ч.

После прокаливания катализатор охлаждали примерно до 150 °C в печи и хранили в эксикаторе для защиты от влаги.

Каталитическое окисление

Каталитическое окисление проводили в лабораторном стеклянном реакторе при атмосферном давлении. Система реакции состояла из линии подачи кислорода, конденсатора, термометра и устройства регулирования потока газа.

В реактор загружали дизельное топливо GTL и катализатор, после чего процесс проводили в потоке кислорода.

После завершения реакции катализатор отфильтровывали, а окисленный продукт анализировали с помощью ИК-спектроскопии.

ИК-спектроскопический анализ

ИК-спектроскопический анализ проводили на ИК-спектрометре Shimadzu. Спектры регистрировали в диапазоне 4000-450 $см^{-1}$.

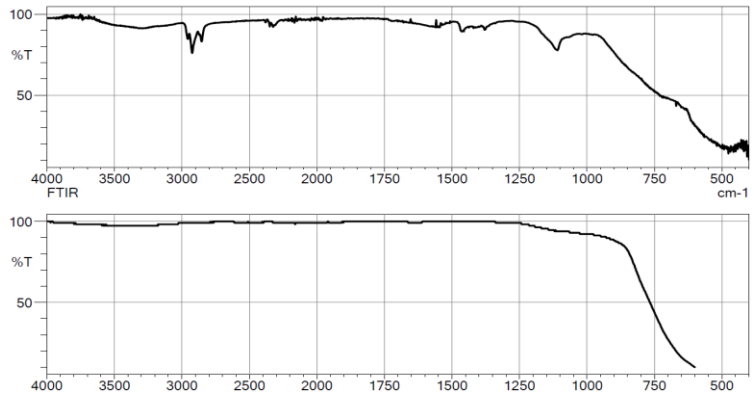
Результаты и обсуждение.

ИК-спектроскопический анализ катализатора FeO_x/Al_2O_3 после реакции

ИК-спектр катализатора FeO_x/Al_2O_3, полученный после реакции, показал, что на поверхности катализатора произошли значительные структурные изменения.

Рисунок 2

ИК-спектроскопический анализ катализатора FeO_x/Al_2O_3



Интенсивные линии поглощения, наблюдаемые в диапазоне 2950-2850 $см^{-1}$, соответствуют валентным колебаниям алифатических групп $-CH_2$ и $-CH_3$. Это указывает на адсорбцию парафиновых углеводородных фрагментов дизельного топлива GTL на поверхности катализатора.

Сигналы в диапазоне 1460-1370 $см^{-1}$ соответствуют деформационным колебаниям алифатических углеводородов, подтверждая удерживание промежуточных органических фрагментов, образующихся в ходе реакции, на поверхности катализатора.

Широкая область поглощения, наблюдаемая в диапазоне 1100-1000 $см^{-1}$, соответствует связям C-O, что указывает на образование кислородсодержащих функциональных групп в результате окисления. Это свидетельствует о частичном окислении углеводородов.

Сильные линии поглощения в диапазоне 800-500 $см^{-1}$ соответствуют связям Fe-O и Al-O, подтверждая формирование активной фазы FeO_x. Увеличение интенсивности данного сигнала указывает на образование структуры оксида металла в результате прокаливания.

ИК-спектроскопический анализ окисленного продукта

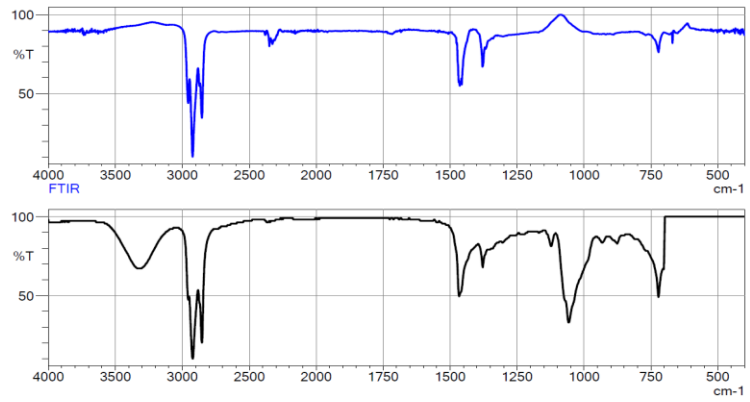
ИК-спектр окисленного продукта показал интенсивные колебания растяжения C-H в диапазоне 2950-2850 $см^{-1}$. Это указывает на сохранение основной парафиновой структуры дизельного топлива GTL.

Линии поглощения около 1465 $см^{-1}$ и 1375 $см^{-1}$ соответствуют деформационным колебаниям групп $-CH_2$ и $-CH_3$.

Область поглощения около 1100 $см^{-1}$ указывает на образование кислородсодержащих функциональных групп. Этот сигнал относится к связям C-O и указывает на образование спиртов, эфиров или других кислородсодержащих соединений в процессе каталитического окисления.

Рисунок 3

ИК-спектроскопический анализ окисленного продукта



Сохранение в спектре интенсивных сигналов, соответствующих углеводородному

скелету, указывает на то, что процесс окисления представляет собой не глубокое деструктивное разложение, а скорее процесс селективной функционализации.

Заключение. Катализатор FeO_x/Al_2O_3 был успешно получен методом влажной пропитки и ступенчатого прокаливания. Результаты ИК-спектроскопии показали, что на поверхности катализатора образовались углеводородные фрагменты и кислородсодержащие функциональные группы.

Спектры окисленного продукта показали образование кислородсодержащих функциональных групп при сохранении парафинового углеводородного скелета. Это указывает на способность катализатора FeO_x/Al_2O_3 осуществлять селективное частичное окисление углеводородов GTL-дизельного топлива.

Список использованной литературы

1. Ismael, M.A.; Rosli, M.A.F.; Aziz, A.R.A.; Mohammed, S.E.; Opatola, R.A.; El-Adawy, M. Gas to liquid (GTL) role in diesel engine: Fuel characteristics and emission: A review. Cleaner Energy Systems, 2024, 6, 100706. https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100706

2. Anastopoulos, G.; Lois, E.; Karonis, D.; Kalligeros, S.; Zannikos, F. Impact of oxygen and nitrogen compounds on the lubrication properties of low sulfur diesel fuels. Energy, 2005, 30(2-4), 415-426. https://doi.org/10.1016/j.energy.2004.04.026

3. Vedrine, J.C. Heterogeneous catalytic partial oxidation of lower alkanes (C1-C6) on mixed metal oxides. Journal of Energy Chemistry, 2016, 25(6), 936-946. https://doi.org/10.1016/j.jechem.2016.10.007

4. Vedrine, J.C. Metal Oxides in Heterogeneous Oxidation Catalysis: State of the Art and Challenges for a More Sustainable World. ChemSusChem, 2019, 12(3), 577-588. https://doi.org/10.1002/cssc.201802248

5. Banares, M.A. Operando methodology: combination of in situ spectroscopy and simultaneous activity measurements under catalytic reaction conditions. Catalysis Today, October 2005, Pages 41-46. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2005.07.146

6. Xu, H.; Yan, N.; Qu, Z.; Liu, W.; Mei, J.; Huang, W.; Zhao, S. Gaseous Heterogeneous Catalytic Reactions over Mn-Based Oxides for Environmental Applications: A Critical Review. Environmental Science & Technology, 2017, 51(16), 8879–8892. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06079

7. Dey, S.; Mehta, N.S. Selection of manganese oxide catalysts for catalytic oxidation of CO. Materials Today: Proceedings/related Elsevier indexed source, 2020. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2020.100003

8. Zeng, J.; Xie, H.; Liu, Z.; Liu, X.; Zhou, G.; Jiang, Y. Oxygen vacancy induced MnO_2 catalysts for efficient toluene catalytic oxidation. Catalysis Science & Technology, 2021, 11, 6708-6723. https://doi.org/10.1039/D1CY01274F

9. Yang, W.; Su, Z.; Xu, Z.; et al. Comparative study of α-, β-, γ- and δ-MnO_2 on toluene oxidation: Oxygen vacancies and reaction intermediates. Applied Catalysis B: Environmental, 2020, 260, 118150. https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.118150

10. Lyu, Y.; Li, C.; Du, X.; et al. Catalytic oxidation of toluene over MnO_2 catalysts with different Mn(II) precursors and the study of reaction pathway. Fuel, 2020, 262, 116610. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116610

11. Zhang, R.; He, H.; Tang, Y.; Zhang, Z.; Zhou, H.; Yu, J.; Zhang, L.; Dai, B. A Review on Fe_2O_3-Based Catalysts for Toluene Oxidation: Catalysts Design and Optimization with the Formation of Abundant Oxygen Vacancies. ChemCatChem, 2024, 16(18), e202400396. https://doi.org/10.1002/cctc.202400396

12. Ma, Z.; Wang, Y.; Liu, X.; et al. MOF-derived FeO_x with highly dispersed active sites as an efficient catalyst for enhancing catalytic oxidation of VOCs. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2024, 12, 111966. https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.111966

13. Dang, V.D.; Khedulkar, A.P.; et al. Kinetics of the catalytic oxidation of toluene over Mn,Cu co-doped Fe_2O_3: Ex situ XANES and EXAFS studies to investigate mechanism. Journal of King Saud University - Science, 2023, 35, 102812. doi:10.1016/j.jksus.2023.102812

6-BROM-4-GIDROKSI-2,3-TETRAMETILEN-3,4-DIGIDROXINAZOLIN-4-ONNING SINTEZI

Xakimova Zuxra Mallayevna
Qarshi davlat universiteti k.f.n dotsent
zuxraxakimova1968@gmail.com
ORCID 0009-0004-1495-4267
Bozorova Gulzoda Baxrom qizi
Qarshi davlat universiteti magistrant
gulzodaxon2203@gmail.com
ORCID 0009-0002-5273-5714
UDK 547.735,854

Annotatsiya. Xinazolinon birikmalari geterosiklik birikmalar sinfiga mansub bo‘lib, farmakologiya va tibbiyotda yuqori samaradorlikka ega “imtiyozli asos” (privileged scaffold) deb tan olingan. Ular tabiatda alkaloidlar tarkibida keng tarqalgan, sintetik hosilalari esa dorivor preparatlar yaratishda faol qo‘llaniladi. Xinazolonlar antibakterial, yallig‘lanishga qarshi va nerv sistemasini tinchlantiruvchi xususiyatlarga ega bo‘lib, turli dorivor preparatlar va o‘simliklarni himoya qiluvchi vositalar asosi hisoblanadi. Ajratish jarayonida oson oksidlanuvchi 2,3-polimetilen-3,4-digidroxinazolinlarni barqaror gidroxlorid holida ajratib olish hamda reaksiyada 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-on hosil bo‘lishi o‘rganildi. Dastlabki birikma N-bromsuksinimid bilan bromlanib, 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-on hosil bo‘lishi o‘rganildi. Bromlash reaksiyalari mahsulotlari YuSYuQX usulida tahlil qilindi. Sintez qilingan yangi birikmalar tuzilishi IQ-spektrlari, mass-spektrlari hamda ^{1}H YAMR yordamida to‘liq tasdiqlandi.

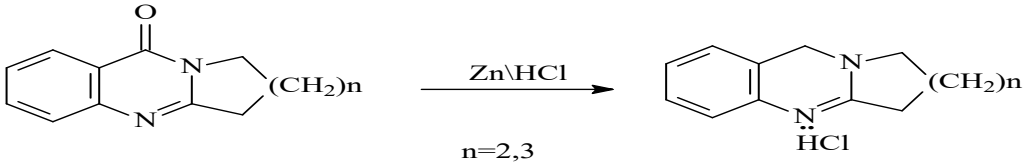
Kalit so‘zlar: 2,3-tri(tetra-, penta)metilen; xinazolin; xinazolin-4-on; bromlash; N-bromsuksinimid; digidropirimidin; yupqa qatlam xromatografiyasi (YuSYuQX); Zn/HCl.

SYNTHESIS OF 6-BROMO-4-HYDROXY-2,3-TETRAMETHYLENE-3,4-DIHYDROQUINAZOLIN-4-ONE

Abstract. Quinazolinones are heterocyclic compounds recognized as a “privileged scaffold” in pharmacology and medicine. They occur widely in alkaloids, and their synthetic derivatives are widely used in drug development. Quinazolones have antibacterial, anti-inflammatory and sedative properties and underlie various medicines and plant protection agents. The isolation of 2,3-polymethylene-3,4-dihydroquinazolines, which are very easily oxidized during separation, as stable hydrochlorides and the formation of 2,3-tetramethylene-3,4-dihydroquinazolin-4-one were studied. Its bromination with N-bromosuccinimide to form 6-bromo-4-hydroxy-2,3-tetramethylene-3,4-dihydroquinazolin-4-one was investigated. The bromination products were analysed by high-performance thin-layer chromatography (HPTLC). The structures of the new compounds were fully confirmed by IR spectra, mass spectra and ^{1}H NMR.

Key words: 2,3-tri(tetra-, penta)methylene; quinazoline; quinazolin-4-one; bromination; N-bromosuccinimide; dihydropyrimidine; high-performance thin-layer chromatography (HPTLC); Zn/HCl.

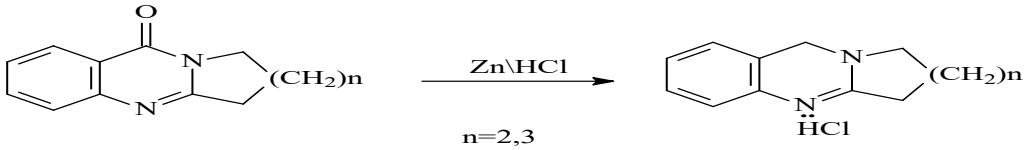
Tadqiqot metodologiyasi; 2,3-Polimetilen-3,4-digidroxinazolinlar sintezi tegishli xinazolin-4-onni rux kukuni bilan kislotali sharoitda qaytarish orqali amalga oshirilgan [1]. Biz ishimiz uchun boshlang‘ich modda bo‘lgan birikmalarning sintezini ta’sirida qaytarish usulini muqobillashtirib olib bordik. 2,3-Tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-onlar 10 % li xlorid kislota eritmasida rux bilan qaytarilib, 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxloridlar olindi. Sintez qlingan 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxloridning tozaligi YuSYuQX usulida tekshirildi[1, 2, 3] :



Shuni ta’kidlab o‘tish kerakki, 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolinlar asos holida ancha beqaror birikmalar bo‘lib, havo kislorodi ta’sirida asta-sekin oksidlanib 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-onlarga o‘tadi va natijada toza holda ajratilgan modda quritilguncha oksidlangan shakl bilan aralash holga kelib qoladi. Bu esa ularni toza holda ajratishda birmuncha qiyinchilik tug‘diradi. Shuning uchun biz reaksion aralashmani reaksiya tamom bo‘lgach sovutilganda tushgan cho‘kma -2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolinlarning gidroxloridlari holida ajratib oldik. Reaksiya mahsulotlari (58, 79 %) unumlar bilan olindi.

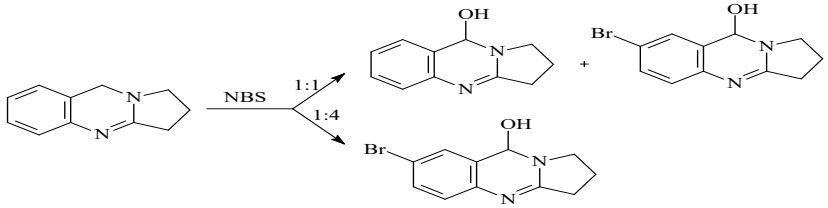
Tajriba qismi. Bromlash reaksiyasi. Reaksiya uchun 13,6 g (0,1 mol) Antranil kislotasi 250 ml li kolbaga solinib ustiga 14,4 g (0,15 mol) δ-valerolaktam solindi, aralashmaga 30 ml

$POCl_C$ qo‘yilib 1,5 soat davomida suv hammomida qizdirildi. Reaksion aralashma muz bo‘lakchalari bilan shiddatli reaksiya to‘gaguncha suyultirildi. Reaksion aralashma muz hammomida sovutib turilgan holda 10% li NaOH eritmasi bilan ishqoriy muhitga (pH=8) o‘tkazildi. Tushgan cho‘kma filtrlab olindi, cho‘kmani yana 165 ml 3 % li HCl eritmasida eritib, yana ammiak bilan kuchsiz ishqoriy muhitgacha o‘tkazildi va cho‘kma filtrlab olindi. Unum 16,2 g. (81%). Sistema (a) R_f=0,71. T.=98-99 oC



Qaytarilish mahsulotlarining spektrlari ham xlorgidrat holida o‘rganildi. 2,3-Tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-onlarning qaytarilish mahsulotlarining 1H YAMR -spektrida 4,88 m.u. da proton signali paydo bo‘lishi 4-holatda qaytarilish sodir bo‘lganligi ko‘rsatadi. IQ-spektrida esa C=O guruhining valent tebranishlariga tegishli bo‘lgan dastlabki moddalar uchun 1695 sm-1 dagi yutilish sohalarining yo‘qolishi C=O guruhining to‘liq qaytarilganligini ko‘rsatib beradi.

Shu bilan bir qatorda, avvalgi tadqiqotlarda 2,3-trimetilen-3,4-digidroxinazolin va uning gidroxloridining xloroform hamda suvli eritmalardagi BSI bilan bromlanish reaksiyalari o‘rganilib, batafsil tahlil qilingan. [4,5,6]. 2,3-Trimetilen-3,4-digidroxinazolinni BSI bilan xloroform eritmasida o‘zaro ta’sirlashishi 1:1 va 1:4 nisbatlarda olib borilgan. Reaksiya 1:1 nisbatda olib borilganda peganol (68 % 4-gidroksi-2,3-trimetilen-3,4-digidroxinazolin,) va 6-brompeganol (6-brom-4-gidroksi-2,3-trimetilen-3,4-digidroxinazolin, 32%) aralashmalari, 1:4 nibatda olib borilganda esa faqat 6-brompeganol hosil bo‘lishi ko‘rsatilgan [7, 8, 9]:

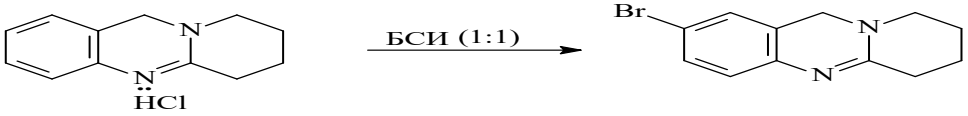


2,3-Trimetilen-3,4-digidroxinazolin-4-onni suvli eritmada BSI bilan bromlash reaksiyasi 1:1 nisbatda olib borilganda 6-bromdezoksipeganin, (6-brom-2,3-trimetilen-3,4-digidroxinazolin) 1:4 nisbatda olib borilganda esa 6-bromdezoksivazitsinon (6-brom-2,3-trimetilen-3,4-digidroxinazolin-4-on) hosil bo‘lishi aniqlangan.

Shu ishlarni davom ettirib, bromlash reaksiyasini dastlab 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxloridni N-BSI bilan suvli eritmada 1:1 nisbatda olib bordik. Reaksiya 0,444 g (0,002 mol) 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxlorid va 0,36 g (0,002 mol) N-bromsuksinimid bilan yuqoridagi sharoitda olib borildi va 0,24 g (45 %) unum bilan mahsulot ajratib olindi. Sistema (г) R_f=0,27. Tsuyyq=172-175 ^{0}C.

IQ-Spektri: (ν,см-^{1})817(C-Br), 1660(N=C)

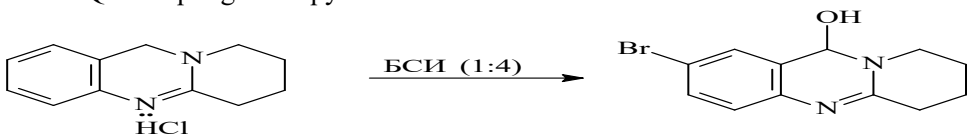
Reaksiya natijasida ikki xil modda hosil bo‘lganligi aniqlandi. Reaksiyani 1:1 nisbatda olib borilib, olingan moddalarning 1H YAMR -spektri o‘rganilganda (δ,м.х.,J/Гц) 4,70 (2H, с ,4-CH_2), 3.39 (2H, т, J=6,0. α-CH_2), 1.80-2.00 (4H, м, β-CH_2,γ-CH_2), 2,68 (2H,т, J=6.0,δ-CH_2), 6.89 (1H, д, J=8.0,H-8), 7.32 (1H,д,J=2.0,H-5), 7,41 (1H, д.д ,J=8.0, J=2.0,H-7). C4 uglerod atomiga 4,70 (2H, c., 4-CH_2) ikkita vodorod atomi borligi hamda aromatik halqaga tegishli C6 uglerod atomidagi protonning yo‘qligi 6-brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin hosil bo‘lganidan darak beradi. Olingan birikmaning 6-brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolinning tuzilishini yana bir bor tasdiqlaydi.

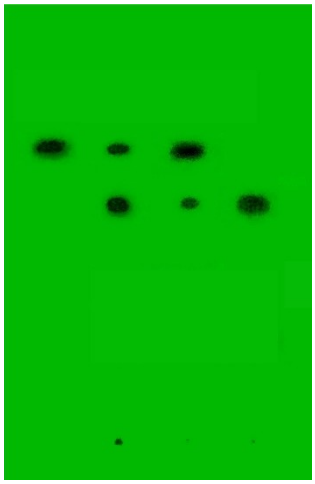


Natijalar va muhokama. Sintez jarayonida ikkala reaksiyaning mahsulotlari ham Y_USY_UQX yordamida tahlil qilindi. Reaksiyani 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxlorid bilan BSI ni suvli eritmada 1:4 nisbatda ham olib bordik va hosil bo‘lgan yangi moddani 1:1 nisbatda olib borilgan reaksiya mahsuloti bilan Y_USY_UQX uslubi yordamida taqqoslanganimizda bir-biridan farq qilishi aniqlandi. Reaksiyani 1:4 nisbatda olib borilganda hosil bo‘lgan mahsulotning 1H YAMR-spektri o‘rganilganda 4.40 (1H, s., 4-OH) C4 uglerod atomidagi

gidroksil guruhiga va 5.80 (1H, s., 4-H) vodorod atomiga tegishli signallarning mavjudligi, hamda aromatik halqaga tegishli C6 uglerod atomidagi protonning yo‘qligi olingan va boshqa protonlarni mos kelishi birikmaning 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin ekanligidan dalolat beradi:

Olingan 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin turli nisbatlarda hosil bo‘lgan YuSYuQX aniqlangan Rf qiymatlari 2-rasm.

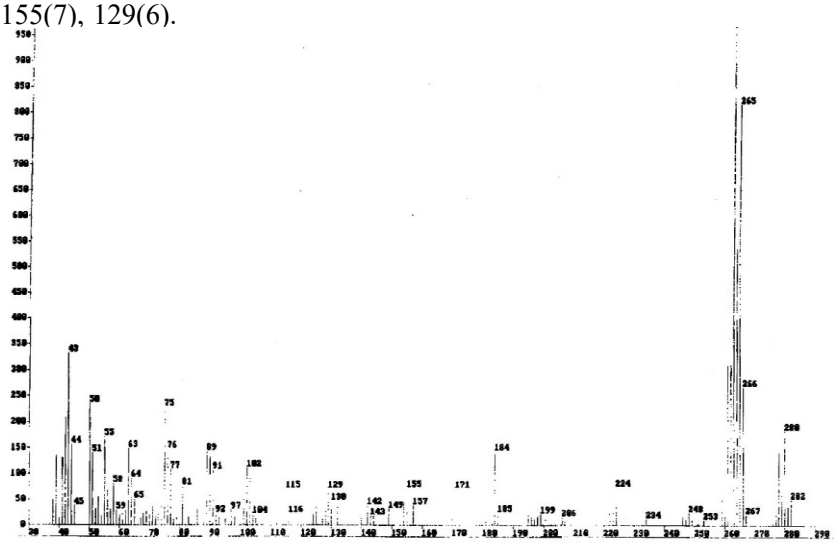




2-Rasm. 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxloridni bromlash reaksiyasining YUSYUQX usulida tahlili: 1-Trek (chapdan) 6-brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-on 2-trek 1:1 nisbatdagi, 3-trek 1:4 nisbatdagi reaksiya mahsulotlari, 4-trek 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-on .

Yangi sintez qilingan 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolinning mass-spektri ham uning tuzilishini tasdiqlaydi.

Mass-spektr, m/z(%): 281(5), 279(19), 265(27), 262(100), 247(3), 224(8), 184(14), 171(7), 155(7), 129(6).



6-Brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin Mass- spektr

Hosil bo‘lgan 6-brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-on ning monokristalli olindi va uning rentgen tuzilishi tahlili amalga oshirildi. RTT natijasiga ko‘ra molekulaning xinazolin qismi va C9, C12 atomlari bir tekislikda, C10, C11 uglerod atomlari esa turli tomonga burilgan yarim kreslo holatdagi konformatsiyani tashkil etadi. [10,11,12]

6-Brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-on (29) ning kristall tuzilishi o‘rganildi. Reaksiya reagentlarining turli nisbatlarida jarayonning turli yo‘nalishlarda borishi, avvalo, olingan boshlang‘ich moddaning aromatik elektrofil almashinish reaksiyasiga kirishishini ko‘rsatadi.

Reagentlarning 1:4 nisbatida hosil bo‘lgan 6-brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin keyinchalik to‘rtinchi holatda bromlanadi va natijada ishqor bilan ishlov berilgandan so‘ng 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin hosil bo‘ladi.

Mazkur taxminni tasdiqlash maqsadida 6-brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolinning BSI bilan o‘zaro ta’siri o‘rganildi va natijada 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin olindi. Olingan natijalar taklif etilgan reaksiyaning borish yo‘nalishini tasdiqladi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin va 6-brom-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin-4-onning sintezi, ularning turli nisbatlarda hosil bo‘lish jarayonlari va xossalari o‘rganildi. Olingan birikmalarning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari adabiyotlarda keltirilgan ma’lumotlar bilan solishtirildi va ularning xossalari batafsil o‘rganildi.

Bromlash reaksiyasi dastlab 2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxloridning N-BSI bilan suvli eritmada 1:1 nisbatda o‘zaro ta’sirlashuvi orqali olib borildi va mahsulot 45 % unum bilan ajratib olindi. Reagentlar nisbati 1:4 ga o‘zgartirilganda esa reaksiya 68 % unum bilan borib, 6-brom-4-gidroksi-2,3-tetrametilen-3,4-digidroxinazolin gidroxlorid ajratib olindi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, sintez jarayonida hosil bo‘lgan birikmaning kimyoviy tarkibi va tuzilishi spektroskopik usullar yordamida to‘liq tasdiqlandi. Shuningdek, IQ-spektroskopiya, mass-spektrometriya va 1H YAMR -spektroskopiyasi usullari yordamida olingan birikmalarning tuzilishi to‘liq tasdiqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Абдуразаков А.Ш, Элмурадов Б.Ж., Шахидоятов Х.М. Взаимодействие 6-бром-2,3-триметилен-3,4-дигидрохиназолин-4-она с ароматическими альдегидами // Узб. хим. журн.-Ташкент, 2007. -№1. -С. 46-50.

2. Самаров З.У., Хакимова З.М., Окманов Р., Ташходжаев Б., Шахидоятов Х.М. Особенности поведения хиназолиновых алкалоидов и их производных при взаимодействии с электрофильными реагентами // Химия природ. соедин. –Ташкент, 2008.-№4. –С 387-393.

3. Хакимова З.М., Мукаррамов Н.И., Шахидоятов Х.М.. Окисление 2,3-пентаметилен-3,4-дигидрохиназолина гидрохлорида // Химия и химическая технология.-Ташкент, 2010. -№3.-С. 23-25.

4. Ataqulova D., Bobomurodov U., Oripova L., Ismatov Sh., Kurbanov M., Kodirov A. A new highly effective inhibitor based on 2,7-dimethyl-2,7-diciano-3,6-diazaoctan // Journal of Pharmaceutical Negative Results. -2023. -Vol.14. -Issue 02. -P.883-889

5. A.A Kodirov, Z.M. Khakimova, N.I. Mukarramov, K.K Turgunov. Synthes and X ray analyse of N,N’-bis-(α-cyanisopropyl) ethylenediamine O‘zbekiston biologiya jurnali 4-son 2017 y.-P. 675-679

6. Самаров З.У., Хакимова З.М., Окманов Р., Ташходжаев Б., Шахидоятов Х.М. Особенности поведения хина-золиновых алкалоидов и их производных при взаимодействии с электрофильными реагентами // Химия при-род. соедин. –Ташкент, 2008. -№4. –С 387-393.

7. Хакимова З.М., Мукаррамов Н.И., Шахидоятов Х.М.. Окисление 2,3-пентаметилен-3,4-дигидрохиназолина гидрохлорида // Химия и химическая технология.-Ташкент, 2010. -№3.-С. 23-25.

8. Макаров В.К. Алкоголь, HBV-инфекция и состояние биологических мембран // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2006. – №1. – С 33–35.

9. Малявина В.В. Применение программных средств визуализации и обработки данных ТСХ-анализа при производстве фосфолипидных продуктов // Фармация. – 2003. – № 2. – С. 26–30.

10. Шахидоятов Х.М., Мукаррамов Н.И., Утаева Ф.Р. Исследование направления бромирования и нитрования дезоксипеганина и его гидрохлорида с помощью ВЭТСХ. Синтез 6-бром(нитро-), 6,8-динитродезоксивазицинонов, 6-нитро(бром)-6,8-динитродезокси-пеганинов, 6Н(бром)пеганолов // Химия природ. соедин.- Ташкент, 2008, -№5. -С. 505-509.

11. Хакимова З.М., Мукаррамов Н.И., Шахидоятов Х.М.. Синтез и бромирование N-бромсукцинимидом 2,3-пентаметилен-3,4-дигидро-хиназолин гидрохлорида, анализ продуктов реакции с помощью ВЭТСХ//. Химия и химическая технология.-Ташкент, 2010. -№2.-С. 23-26.

SYNTHESIS AND SINGLE-CRYSTAL X-RAY STRUCTURAL ANALYSIS OF A NEW COPPER(I) COMPLEX WITH 1,10-PHENANTHROLINE AND CHLORIDE

Toirova Gulshoda Xushbak qizi
Termiz davlat universiteti huzuridagi doktorant
ORCID 0009-0005-6412-3389
gulshodatoirova0202@mail.ru
To‘rayev Hayit Xudaynazarovich
Termiz davlat universiteti professori
ORCID 0000-0002-0627-5449
hhturaev@rambler.ru
Ibragimov Aziz Baxtiyorovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti professori
ORCID 0000-0002-2709-7979
aziz_ibragimov@mail.ru
Bozorov Lutfulla Ubaydullaevich
Termiz davlat pedagogika instituti, texnika fanlari doktori, dotsent
lutfullob15@gmail.com
Saidov Dilmurod Khursan ugli
Doctoral student of Termez State University
saidovdilmurod514@gmail.com

Abstract. Chloridobis(1,10-phenanthroline-κ²N,N′)copper(I), [CuCl(phen)$_2$], was synthesized by solution-based crystallization and structurally characterized. Single crystals were grown from a DMF-ethanol solution of CuCl and 1,10-phenanthroline monohydrate (1:2) by slow evaporation. Single-crystal X-ray diffraction showed that it crystallizes in the orthorhombic space group $P2_12_12_1$. The asymmetric unit contains two independent [CuCl(phen)$_2$] units; each Cu(I) is coordinated by four nitrogen atoms of two phenanthroline ligands and one chloride ion, forming a five-coordinate [CuN$_4$Cl] environment. A directional C-H···Cl contact (H···Cl 2.800 Å, angle 162.0°) was identified in the crystal packing. Molecular docking was also used to evaluate potential binding of the complex to selected biological targets.

Key words: copper(I) complex; 1,10-phenanthroline; single-crystal X-ray diffraction; crystal structure; chloride ligand; five-coordinate environment; orthorhombic system; molecular docking.

1,10-FENANTROLIN VA XLORID SAQLAGAN YANGI MIS(I) KOMPLEKSINING SINTEZI VA MONOKRISTALLI RENTGEN-STRUKTURAVIY TAHLILI

Annotatsiya. Tadqiqotda chloridobis(1,10-phenanthroline-κ²N,N′)copper(I), [CuCl(phen)$_2$], kompleksi eritmadan kristallanish usulida sintez qilinib, uning kristall tuzilishi o‘rganildi. Monokristallar CuCl va 1,10-fenantrolin monogidratni 1:2 molyar nisbatda DMF-etanol aralashmasida eritib, erituvchini sekin bug‘latish natijasida olindi. Monokristalli rentgen-difraksion tahlil kompleksning ortorombik sistemada, $P2_12_12_1$ fazoviy guruhida kristallanishini ko‘rsatdi. Asimmetrik birlikda ikkita mustaqil [CuCl(phen)$_2$] birligi mavjud bo‘lib, har bir Cu(I) markazi ikkita fenantrolin ligandining to‘rtta azot atomi va bitta xlorid ioni bilan koordinatsiyalanib, [CuN$_4$Cl] besh koordinatsiyali muhitni hosil qiladi. Cu-N bog‘ uzunliklari 1,979-2,138 Å, Cu-Cl masofalari esa 2,298-2,309 Å oralig‘ida. Kristall qadoqlanishida yo‘nalgan C-H···Cl kontakti (H···Cl 2,800 Å) aniqlandi. Kompleksning tanlangan biologik nishonlar bilan bog‘lanishi molekulyar docking orqali baholandi.

Kalit so‘zlar: mis(I) kompleksi; 1,10-fenantrolin; monokristalli rentgen-difraksion tahlil; kristall tuzilish; xlorid ligand; besh koordinatsiyali muhit; ortorombik sistema; molekulyar docking.

Introduction: Transition-metal complexes have attracted sustained attention in coordination chemistry because their structural diversity, electronic properties, and supramolecular organisation can be controlled through the choice of metal ions and organic ligands [1]. In particular, copper (II) complexes occupy an important position owing to the versatile coordination behaviour of Cu (II) and the wide range of geometries that can be generated by different donor environments [2]. Among nitrogen-donor ligands, 1,10-phenanthroline (phen) is especially valuable because of its rigid, planar aromatic framework, strong chelating ability, and extensive π-electron delocalisation [3]. The two nitrogen donor atoms of phen readily form stable five- or six-membered chelate environments around transition-metal centres, while its aromatic surface can participate in π-π stacking and other non-covalent interactions that contribute to crystal packing and supramolecular stabilisation

[4]. Copper (II)-phen compounds have consequently been investigated for structural, photophysical, electrochemical, and biological properties [5]. Previous studies have demonstrated that phen-containing Cu (II) complexes may exhibit DNA-binding, cytotoxic, and antimicrobial behaviour, with their activity influenced by the oxidation state, coordination geometry, and ligand environment of the metal centre [6]. Crystallographic investigations have also established chlorido-phenanthroline copper(II) species in which Cu (II) is coordinated by one chloride ion and four nitrogen atoms from two phen ligands, producing a five-coordinate molecular unit [7]. Such [CuCl(phen)2] units can serve as structurally well-defined models for examining the relationship between metal coordination, molecular geometry, and intermolecular interactions within the crystalline solid-state environment [8].

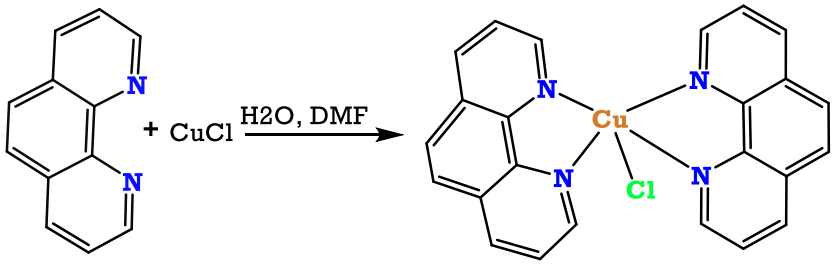
The coordination environment of copper (II) is highly dependent on the steric and electronic characteristics of the ligands, and 1,10-phenanthroline provides an effective platform for generating well-defined molecular architectures [9]. Previous crystallographic studies of copper–phenanthroline systems have reported mononuclear, binuclear, and higher-order assemblies, demonstrating that modification of the ancillary ligand can substantially alter the coordination geometry and supramolecular organisation [10]. In particular, the $[CuCl(phen)_2]^+$ fragment represents a useful structural motif in which two phen ligands chelate the Cu (II) centre through their nitrogen donor atoms, while chloride occupies the remaining coordination site [11]. Such an arrangement generally produces a five-coordinate environment that may be described as distorted trigonal-bipyramidal, depending on the individual bond lengths and angular parameters obtained from single-crystal X-ray diffraction [12]. The aromatic phenanthroline rings additionally provide opportunities for intermolecular π-π contacts, C-H•••Cl interactions and other weak forces that contribute to the stabilisation and packing of the crystal lattice [13].

In this context, the present study focuses on the crystal structure of **chloridobis(1,10-phenanthroline-κ^2N,N')copper(I), $[CuCl(phen)_2]$**, a molecular Cu(II) complex containing a chloride ligand and two chelating 1,10-phenanthroline molecules. Single-crystal X-ray diffraction provides detailed information on the coordination environment of the copper center, molecular geometry, bond distances, and crystal packing. The structural analysis is particularly relevant because related $[CuCl(phen)_2]^+$ species have been reported with distorted five-coordinate geometries and characteristic intermolecular hydrogen-bonding or aromatic stacking interactions.

Research Methodology. The $[CuCl(phen)_2]$ copper(I) complex was synthesized by a solution-based crystallization method using CuCl and 1,10-phenanthroline monohydrate in a 1:2 molar ratio in a DMF-ethanol solvent mixture. Its structural features were investigated by single-crystal X-ray diffraction (SCXRD) to determine the crystal structure, coordination environment, molecular geometry, and crystal packing. These approaches provided detailed structural insights into the coordination characteristics and crystal structure of the title Cu(I) complex.

Experimental:

Single crystals of $[CuCl(phen)_2]$, were prepared by a solution-based crystallization method. Copper(I) chloride, CuCl (0.099 g, 1.00 mmol), and 1,10-phenanthroline monohydrate (0.396 g, 2.00 mmol) were used in a 1:2 molar ratio and dissolved in a DMF-ethanol solvent mixture (1:1, v/v). The reaction mixture was continuously stirred at room temperature (298 K) using a magnetic stirrer for 3-4 h to ensure complete homogenization of the solution and facilitate coordination of the phenanthroline ligand to the metal center. The resulting clear solution was filtered to remove any undissolved impurities and subsequently transferred into a clean crystallization vessel. Crystallization was carried out by slow evaporation of the solvent. The solution was maintained in a thermostatic environment at 40-45 °C and left undisturbed to allow gradual crystal growth. After approximately 20-25 days, slow evaporation of the solvent afforded blue-green single crystals suitable for X-ray diffraction analysis. The crystals were isolated by filtration, washed carefully with a small amount of cold ethanol, and dried in air at room temperature. The obtained crystalline material was subsequently used for single-crystal X-ray structural investigation.



Results and Discussion.

Single-crystal XRD analysis, Crystal Structure Description:

The crystal structure of chloridobis(1,10-phenanthroline-κ²N,N′)copper(I), [CuCl(phen)₂], was determined by single-crystal X-ray diffraction. The crystallographic data and structure-refinement parameters are summarized in Table 1. The compound crystallizes in the orthorhombic crystal system with the non-centrosymmetric $P2_12_12_1$ space group. The unit-cell parameters are a = 7.5368(1) Å, b = 23.4588(5) Å, and c = 30.1260(5) Å, with α = β = γ = 90° and a unit-cell volume of 5326.41(16) Å³. The value of Z = 4 indicates four formula units per unit cell. The empirical formula is $C_{24}H_{16}ClCuN_4$, with a formula weight of 918.79. The asymmetric unit contains two crystallographically independent [CuCl(phen)₂] molecular units, represented by the Cu1 and Cu2 centers in Fig. 1. In each molecular unit, the Cu(I) center is coordinated by four nitrogen donor atoms from two bidentate 1,10-phenanthroline ligands and one chloride ion, resulting in a five-coordinate CuN_4Cl coordination environment. The ORTEP representation clearly illustrates the coordination arrangement and atom-numbering scheme, while the crystal packing diagram demonstrates the spatial organization of the independent molecular units within the unit cell (Fig. 1). The structure was refined using 10,920 independent reflections with Rint = 0.082. The final refinement converged to R1 = 0.0565, wR2 = 0.1617, and goodness-of-fit S = 0.90. The maximum and minimum residual electron densities were +0.20 and -0.28 e Å^{-3}, respectively. The refined Flack parameter of 0.039(14) provides additional evidence for the reliable determination of the absolute structure. Overall, the crystallographic parameters and refinement statistics indicate a satisfactory quality of the refined structural model.

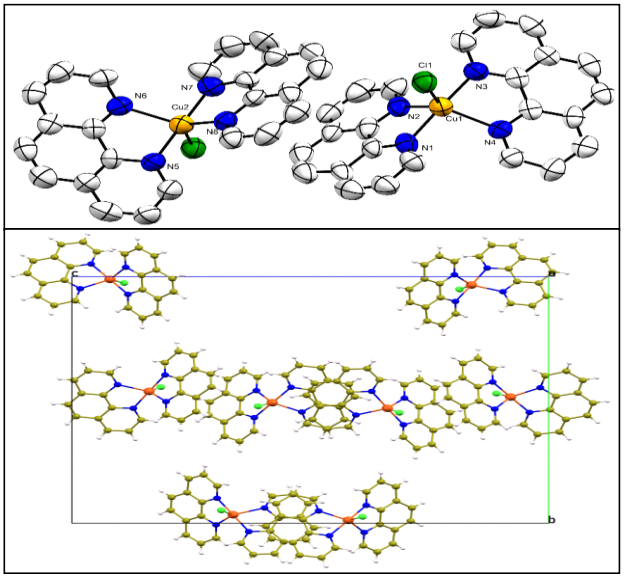


Fig. 1 (a) ORTEP of the asymmetric unit of [CuCl(phen)₂], showing the atom-numbering scheme with displacement ellipsoids drawn at the 35% probability level. (b) Crystal packing diagram.

Coordination environment and geometric distortion:

The crystal structure of chloridobis(1,10-phenanthroline-κ²N,N′)copper(I), [CuCl(phen)₂], contains two crystallographically independent Cu(I) centers, Cu1 and Cu2. Each copper center is coordinated by four nitrogen donor atoms from two bidentate 1,10-phenanthroline ligands and one chloride ligand, giving a five-coordinate $[CuN_4Cl]$ donor set (Fig. 2). The selected coordination bond lengths and geometrical parameters are summarized in Table 2.

For Cu1, the Cu-N bond lengths are 1.988(7), 2.119(6), 1.989(7), and 2.114(7) Å, while

the Cu-Cl bond length is 2.309(3) Å. At Cu2, the corresponding Cu-N distances are 2.071(7), 2.138(6), 1.986(7), and 1.979(7) Å, with a Cu-Cl distance of 2.298(3) Å. The Cu-Cl distances are therefore slightly longer than the Cu-N contacts at both copper sites, contributing to the non-uniform distribution of donor atoms within the coordination spheres. The mean coordination bond lengths are 2.1037 Å for Cu(1) and 2.0943 Å for Cu(2), demonstrating that the two crystallographically independent copper sites possess closely comparable coordination environments. The Cu-N distances fall within the range of 1.979-2.138 Å, whereas the Cu-Cl contacts are 2.298-2.309 Å. The close similarity of these parameters indicates that the two Cu(I) centers experience essentially comparable ligand environments despite their crystallographic independence. The bond-length distortion indices are 0.04381 for Cu(1) and 0.04717 for Cu(2). These values indicate measurable deviations from an idealized five-coordinate environment, with Cu(2) exhibiting a slightly greater degree of bond-length distortion. The corresponding polyhedral volumes are 8.0670 $Å^3$ for Cu1 and 7.9311 $Å^3$ for Cu(2). The close values of these volumes further support the structural similarity of the two coordination sites, while the slightly smaller polyhedral volume and higher distortion index at Cu(2) indicate a somewhat more compact and less uniform coordination environment. The observed five-coordinate geometry is consistent with the coordination requirements of Cu(I) and the rigid bidentate 1,10-phenanthroline ligands. Because Cu(I) has a d^{10} electronic configuration, its coordination geometry is not governed predominantly by conventional ligand-field stabilization effects. Instead, the arrangement of the donor atoms is strongly influenced by the chelating nature and conformational rigidity of 1,10-phenanthroline together with chloride coordination. The comparatively longer Cu-Cl contacts relative to the Cu-N bonds therefore contribute to the observed distortion of the $[CuN_4Cl]$ coordination spheres.

The structural parameters support assignment of both Cu(1) and Cu(2) as distorted five-coordinate $[CuN_4Cl]$ environments. A more specific assignment as square-pyramidal or trigonal-bipyramidal should not be made solely from the bond-length data; such a distinction requires the corresponding N-Cu-N and N-Cu-Cl bond angles or an appropriate angular distortion parameter. Accordingly, the crystallographic data demonstrate closely related but measurably distorted five-coordinate environments around the two independent Cu(I) centers.

Table 2.

Polyhedral parameters for $[CuCl(phen)_2]$

Bond	Distance (Å)	Bond	Distance (Å)
Cu(1)-N(3)	1.988(7)	Cu(2)-N(8)	2.071(7)
Cu(1)-C(l1)	2.309(3) Å	Cu(2)-N(6)	2.138(6)
Cu(1)-N(4)	2.119(6) Å	Cu(2)-N(7)	1.986(7)
Cu(1)-N(1)	1.989(7) Å	Cu(2)-N(5)	1.979(7)
Cu(1)-N(2)	2.114(7) Å	Cu(2)-C(l2)	2.298(3)
Average bond length (Å)	2.1037		2.0943
Polyhedral volume ($Å^3$)	8.0670		7.9311
Distortion index (bond length)	0.04381		0.04717
Effective coordination number	**4.4218**		**4.4185**

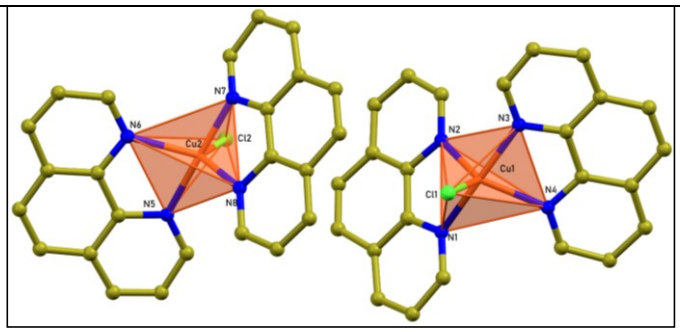


Fig. 2. (a) Coordination polyhedron of Cu1 and (b) coordination polyhedron of Cu2 in the

[CuCl(phen)$_2$] complex.

C-H···Cl contact

The crystal structure also reveals a directional C-H···Cl contact involving the coordinated chloride ligand. As shown in Fig. 3, the C(6)-H(6) group approaches Cl(2) with an H(6)···Cl(2) distance of 2.800 Å, a C(6)···Cl(2) distance of 3.699(10) Å, and a C(6)-H(6)···Cl(2) angle of 162.0°. The corresponding geometric parameters are listed in Table 3.

The relatively large C-H···Cl angle indicates that the contact has a well-defined directional geometry. However, the C···Cl separation of 3.699(10) Å, together with the weakly polarized aromatic C-H donor, does not support describing this interaction as a strong conventional hydrogen bond. It is therefore more appropriately classified as a weak, directional C-H···Cl contact. The H···Cl separation of 2.800 Å indicates a close approach between the aromatic hydrogen atom and the coordinated chloride ligand. In combination with the nearly linear C-H···Cl geometry, this contact may contribute to the supramolecular arrangement of the molecules in the crystal. Nevertheless, its contribution should be regarded as secondary compared with the primary Cu-N and Cu-Cl coordination interactions.

Thus, the structural data demonstrate that the coordinated chloride ligand participates not only in the primary coordination environment of Cu(I) but also in a geometrically defined secondary C-H···Cl contact. The combination of the 2.800 Å H···Cl distance and 162.0° C-H···Cl angle provides crystallographic evidence for the directional nature of this weak interaction.

Table 1.

Crystal data and details of the structure determination for [CuCl(phen)$_2$]

Crystal Data	
Formula	2(C24 H16 Cl Cu N4)
Formula Weight	918.79
Crystal System	orthorhombic
Space group	P212121 (No. 19)
a, b, c [Å]	7.5368(1) 23.4588(5) 30.1260(5)
α, β, γ (°)	5326.41(16)
V [Å^3]	4
Z	1.146
D (calc) [g/cm^3]	2.188
Mu [mm^{-1}]	1872
F(000)	0.10 x 0.12 x 0.16
Data Collection	
Temperature (K)	293
Radiation [Å]	CuKa 1.54184
Theta Min-Max [°]	4.8, 76.1
Dataset	-9: 7; -27: 29; -37: 35
Tot., Uniq. Data, $R_{(int)}$	40083, 10920, 0.082
Observed Data [I > 0.0 sigma(I)]	5833
Refinement	
N_{ref}, N_{par}	10920, 541
R, wR2, S	0.0565, 0.1617, 0.90
Max. and Av. Shift/Error	0.01, 0.00
Flack x	0.039(14)
Min. and Max. Resd. Dens. [e/Ang^3]	-0.28, 0.20

Table 3.

Hydrogen bonds for [CuCl(phen)$_2$] [Å and °].

D-H•••A	d(D-H)	d(H•••A)	d(D•••A)	<(DHA)
C(6)-H(6)•••Cl2	0.9300	2.8000	3.699(10)	162.00

Symmetry transformations used to generate equivalent atoms

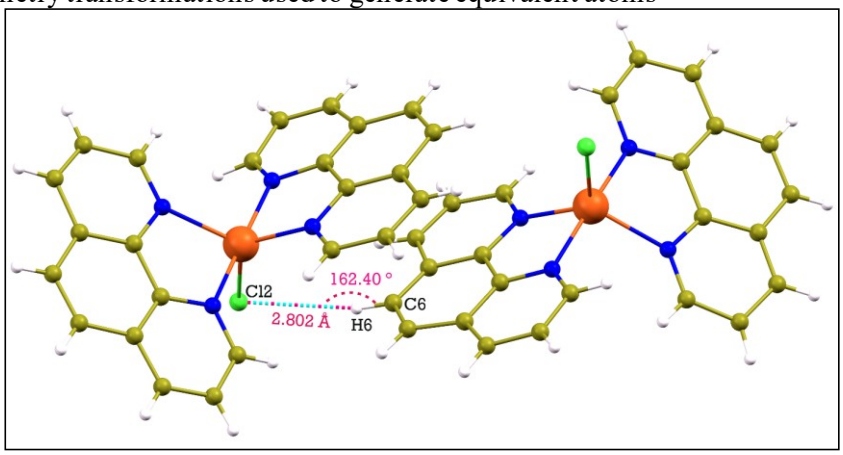


Fig. 3. The structural details of [CuCl(phen)$_2$]: Molecular packing interaction involving a C-H···Cl contact (C6-H6···Cl2).

Conclusion. In conclusion, the [CuCl(phen)$_2$] copper(I) complex was successfully synthesized by a solution-based crystallization method using CuCl and 1,10-phenanthroline in a 1:2 molar ratio. Single-crystal X-ray diffraction analysis established that the complex crystallizes in the orthorhombic $P2_12_12_1$ space group and contains two crystallographically independent [CuCl(phen)$_2$] molecular units. Both Cu(I) centers exhibit a five-coordinate [CuN$_4$Cl] environment formed by two bidentate 1,10-phenanthroline ligands and one chloride ligand. The crystallographic analysis also revealed a directional C-H···Cl contact, which contributes to the supramolecular organization of the crystal. The satisfactory refinement parameters confirm the reliability of the determined crystal structure. Overall, the obtained results provide detailed structural information on the coordination environment and crystal packing of the title Cu(I) complex.

References

1. Sui, A.X., Zhu, G. and Tang, Z.X., 2006. Chlorobis (1, 10-phenanthroline-κ2N, N′) copper (II) 4-aminobenzenesulfonate trihydrate. *Structure Reports*, *62*(7), pp.m1592-m1594. http://dx.doi.org/10.1107/S1600536806022203

2. Yang, J., Ma, J.F., Wu, D.M., Guo, L.P. and Liu, J.F., 2003. Syntheses, crystal structures and characterization of divalent transition metal sulfonate complexes with o-phenanthroline. *Journal of molecular structure*, *657*(1-3), pp.333-341. http://dx.doi.org/10.1080/00958970310001642573

3. Robert, F., Naik, A.D., Tinant, B. and Garcia, Y., 2012. N-Salicylidene anil anions as thermo-sensitive components of organic–inorganic hybrid materials. *Inorganica Chimica Acta*, *380*, pp. http://dx.doi.org/104-113.10.1016/j.ica.2011.08.040

4. ugli Saidov, D.K., Turaev, K.K., Kumar, A., Kenjayevna, S.Z., ugli Kholturaev, K.B., ugli Ruziev, U.U., Normamatov, A.S., Ibragimov, A.B., Adizov, B.Z., ugli Atakhanov, A.A. and Gao, J., 2026. Structural elucidation, supramolecular interactions, and antifungal activity of a one-dimensional Cu (II) coordination polymer based on 1, 10-phenanthroline and isonicotinate. *Journal of Solid State Chemistry*, p.126074. https://doi.org/10.1016/j.jssc.2026.126074

5. Lu, Y., Li, X., Bing, Y., Zha, M.Q. and Li, Y.X., 2011. Bis (1, 10-phenanthroline-κ2N, N′)[2-(4-sulfonatoanilino) acetato-κO] copper (II) dihydrate. *Structure Reports*, *67*(4), pp.m402-m403. https://doi.org/10.1107/S160053681100746X

6. Yu, Y., Wei, Y., Broer, R., Sa, R. and Wu, K., 2008. Mononuclear, trinuclear, and hetero-trinuclear supramolecular complexes containing a new tri-sulfonate ligand and cobalt (II)/copper (II)-(1, 10-phenanthroline) 2 building blocks. *Journal of Solid State Chemistry*, *181*(3), pp.539-551. https://doi.org/10.1016/j.jssc.2007.12.028

7. Hussein, M.A. and Yaseen, A.A., 2024. New binuclear Cu (II) complex: synthesis, structural elucidation, cytotoxic and DNA-binding evaluation. *Transition Metal Chemistry*, *49*(1), pp.53-62. https://doi.org/10.1007/s11243-023-00561-8

8. ugli Saidov, D.K., Turaev, K.K., Kumar, A., Kasimov, S.A., Adizov, B.Z., Yakubov, Y.Y., Tassibekov, K.S., Chellakarungu, B., Normamatov, A.S., Ubaidullah, M. and Al-Enizi, A.M., 2026. Synthesis, structural characterization, and antimicrobial activity of cadmium (II) coordination polymer derived from 1, 10-

phenanthroline and tartaric acid. *Journal of Molecular Structure*, p.146200. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.146200

9. ugli Saidov, D.K., Turaev, K.K., Kasimov, S.A., Kumar, A., Adizov, B.Z., Yakubov, Y.Y., Ibragimov, B.T., Lakshmanan, A., Normamatov, A.S., ugli Mamatkodirov, B.D. and Gao, J., 2025. Cd (II)-Based 2D coordination polymer with hydroxynaphthoate: Synthesis, DFT insights & surface analysis. *Journal of Molecular Structure*, p.145225. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2025.145225

10. Toirova, G.K., Turaev, K.K., Prasad, A.A., ugli Kholturaev, K.B., Normamatov, A.S., Ibragimov, A.B., Salimovich, T.A., Sultanovich, S.Z., Yusupbaevich, Y.Y., Ruzmetov, A.K. and Ibragimov, A.B., 2026. Proton-transfer-driven crystal engineering of 1, 10-phenanthrolinium sulfanilate monohydrate: supramolecular interactions, electronic structure and antibacterial activity. *Journal of Molecular Structure*, p.147114. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.147114

11. Toirova, G.K., Turaev, K.K., Karimova, K.B., Prasad, A.A., ugli Kholturaev, K.B., Ruzmetov, A.K., Musurmonov, M., Normamatov, A.S., Ibragimov, A.B., Nazarov, Y.E. and kizi Ochildieva, Y.B., 2026. Structural insights, Hirshfeld surface analysis and antimicrobial activity of a supramolecular bis (1, 10-phenanthroline) cobalt (II) complex containing sulfate and sulfanilate species. *Journal of Molecular Structure*, p.146809. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.146809

12. Toirova, G.K., Turaev, K.K., Ibragimov, A.B., Prasad, A.A., Ruzmetov, A.K., Yakubov, D.R., Turgunaliev, E., Togasharov, A.S., Shukurov, Z.S., Ibragimov, A.B. and Chellakarungu, B., 2026. Polymorphic packing hierarchy in dichlorido-bis (1, 10-phenanthroline) manganese (II): interplay of π–π stacking and C-H···Cl interactions and consequences for lattice stabilization and crystal morphology. *Journal of the Indian Chemical Society*, p.102783. https://doi.org/10.1016/j.jics.2026.102783

1,10-FENANTROLINIY NITRAT MONOGIDRATINING PROTON-TRANSFER ORQALI SUPRAMOLEKULYAR TASHKIL TOPISHI: KRISTALL TUZILISHI, MORFOLOGIYASI VA SPEKTROSKOPIK TAVSIFI

Toirova Gulshoda Xushbak qizi
Termiz davlat universiteti huzuridagi doktorant
ORCID 0009-0005-6412-3389
gulshodatoirova0202@mail.ru
To‘rayev Hayit Xudaynazarovich
Termiz davlat universiteti professori
ORCID 0000-0002-0627-5449
hhturaev@rambler.ru
Ibragimov Aziz Baxtiyorovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti professori
ORCID 0000-0002-2709-7979
aziz_ibragimov@mail.ru
Bozorov Lutfulla Ubaydullaevich
Termiz davlat pedagogika instituti, texnika fanlari doktori, dotsent
lutfullob15@gmail.com

Annotatsiya. Tadqiqotda 1,10-fenantrolinning nitrat monogidrati, (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$, proton-transfer asosida shakllangan molekulyar kristall sifatida strukturaviy va spektroskopik jihatdan o‘rganildi. Kristall tarkibida protonlangan 1,10-fenantrolinium kationi, neytral 1,10-fenantrolin molekulasi, nitrat anioni va kristallanish suvi aniqlandi. Protonlangan va neytral fenantrolin komponentlari orasidagi N-H···N, shuningdek, suv va nitrat anioni orasidagi O-H···O kontaktlarining geometrik parametrlari baholandi. O‘rtacha D···A masofa N-H···N kontakti uchun 2,91 Å, O-H···O kontaktlari uchun 2,92-2,97 Å ga teng. Kristall morfologiyasi bir nechta Miller tekisliklari bilan chegaralangan ko‘pyoqlik shaklga ega. FT-IR spektrida O-H, N-H, aromatik C-H va NO_3^- guruhlariga xos tebranish polosalari kuzatildi. natijalar proton-transfer va vodorod bog‘lanishlarining ushbu kristallning strukturaviy tashkil topishidagi o‘zaro bog‘liqligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: 1,10-fenantrolin; proton-transfer kristalli; nitrat anioni; vodorod bog‘lanishi; kristall morfologiyasi; FT-IR; molekulyar kristall; Miller tekisliklari.

SUPRAMOLECULAR ORGANIZATION OF 1,10-PHENANTHROLINIUM NITRATE MONOHYDRATE VIA PROTON TRANSFER: CRYSTAL STRUCTURE, MORPHOLOGY AND SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION

Abstract. This study investigates 1,10-phenanthrolinium nitrate monohydrate, (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$, as a proton-transfer molecular crystal structurally and spectroscopically. The crystal contains a protonated 1,10-phenanthrolinium cation, a neutral 1,10-phenanthroline molecule, a nitrate anion and a crystallization water molecule. The geometry of the N-H···N and O-H···O contacts was evaluated. The mean D···A distance is 2.91 Å for the N-H···N contact and 2.92-2.97 Å for the O-H···O interactions. The crystal exhibits a polyhedral morphology defined by several Miller planes. The FT-IR spectrum shows vibrational bands of O-H, N-H, aromatic C-H and NO_3^- groups. The results show how proton transfer and hydrogen bonding organize this molecular crystal.

Key words: 1,10-phenanthroline; proton-transfer crystal; nitrate anion; hydrogen bonding; crystal morphology; FT-IR; molecular crystal; Miller planes.

KIRISH. ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYASI.

1,10-Fenantrolin (phen) ikkita piridin tipidagi azot atomini saqlagan tekis geteroaromatik tizim bo‘lib, uning strukturaviy xususiyatlari protonlanish, vodorod bog‘lanishi va boshqa supramolekulyar o‘zaro ta’sirlarni shakllantirish uchun qulay imkoniyat yaratadi. So‘nggi yillarda 1,10-fenantrolin asosidagi birikmalarni o‘rganish koordinatsion komplekslar bilan cheklanmay, proton-transfer jarayonlari va molekulyar kristallarning tashkil topish qonuniyatlarini aniqlash yo‘nalishiga ham kengaymoqda. Xususan, azot atomining protonlanishi neytral phen molekulasini fenantrolinium kationiga aylantirib, uning elektron tuzilishi va molekulalararo o‘zaro ta’sirlarini o‘zgartiradi. Yoshikawa va hammualliflar protonlangan 1,10-fenantrolin hosilalarini o‘rganib, protonlanishning molekulyar xususiyatlarga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatgan [1]. Proton-transfer asosidagi molekulyar tuzlarda ushbu jarayon kristall tuzilish darajasida yanada aniq namoyon bo‘ladi. 1,10-phenanthrolinium-2-carboxy-6-nitrobenzoate kristalli bo‘yicha 2020-yilda

olib borilgan tadqiqotda yagona kristall rentgen difraksiyasi, spektroskopik, termik va hisoblash usullaridan birgalikda foydalanilgan [2]. Bunday kompleks yondashuv protonlangan fenantrolin komponentining kristall panjarasidagi o‘rnini molekulyar tuzilish bilan bir qatorda spektroskopik xususiyatlar orqali ham baholash imkonini beradi. Ayniqsa, protonlangan azot markazining mavjudligi kristall ichidagi donor-akseptor o‘zaro ta’sirlarining yo‘nalishini o‘zgartirishi mumkin.

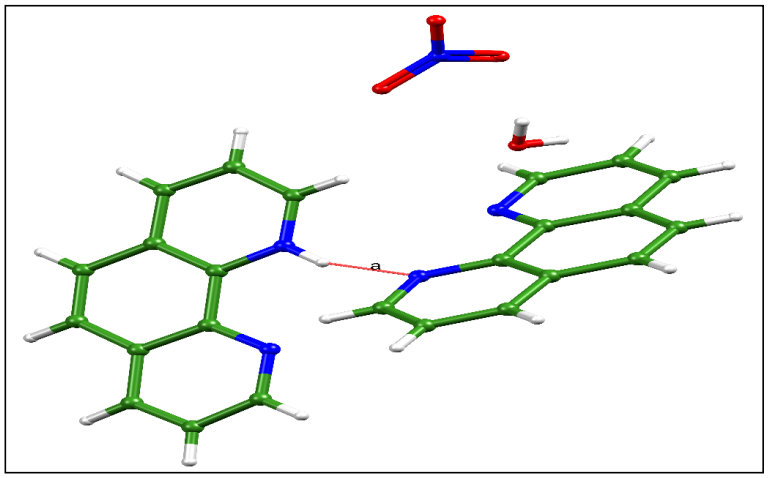
So‘nggi zamonaviy tadqiqotlar proton-transfer jarayonini bevosita kristall muhandisligi konsepsiyasi bilan bog‘lash imkonini bermoqda. 2026-yilda 1,10-phenanthrolinium sulfanilate monohydrate kristallini tadqiq etib, proton-transfer asosida shakllangan kristallning supramolekulyar o‘zaro ta’sirlari va elektron tuzilishini kompleks ravishda o‘rgangan [3]. Ushbu ish protonlangan 1,10-fenantrolin komponentining kristall panjarasidagi roli oddiy ion-ion o‘zaro ta’siri bilan cheklanmasligini, balki kristall arxitekturasining shakllanishida muhim strukturaviy birlik sifatida qaralishi mumkinligini ko‘rsatadi. 1,10-fenantrolin tutuvchi supramolekulyar tizimlarda kristall panjarasining tashkil topishi odatda bitta kontakt turi bilan belgilanmaydi. Bis(1,10-fenantrolin)kobalt(II) kompleksi bo‘yicha tadqiqotida sulfat va sulfanilat komponentlari bilan bir qatorda vodorod bog‘lanishlari va boshqa supramolekulyar kontaktlarning kristall packingidagi roli o‘rganilgan [4]. Tadqiqotda strukturaviy ma’lumotlarni Hirshfeld sirt tahlili bilan birgalikda baholash kristall ichidagi turli kontaktlarning o‘zaro nisbatini aniqlash uchun samarali yondashuv ekanligi ko‘rsatilgan. Kristall morfologiyasi esa molekulyar va supramolekulyar tashkil topishning tashqi geometrik ifodasini baholash uchun muhim parametr hisoblanadi. Dichlorido-bis(1,10-phenanthroline)manganese(II) polimorflari bo‘yicha olib borgan tadqiqotida kristall packingdagi π-π stacking va C-H···Cl o‘zaro ta’sirlarining kristall panjarasini barqarorlashtirishdagi o‘rni hamda polimorf shakllarning kristall morfologiyasi bilan bog‘liqligi ko‘rib chiqilgan [5]. Mazkur natijalar kristallning tashqi shaklini uning ichki strukturaviy tashkil topishidan ajratib qarash yetarli emasligini ko‘rsatadi. Kristall panjarasidagi molekulalararo kontaktlarni miqdoriy jihatdan baholash uchun Hirshfeld sirt tahlili samarali metodlardan biridir. Spackman va hammualliflar tomonidan CrystalExplorer dasturining takomillashtirilgan imkoniyatlari taqdim etilib, Hirshfeld sirtlari va ikki o‘lchamli fingerprint diagrammalari yordamida molekulyar kristallardagi intermolekulyar kontaktlarni vizual va miqdoriy tahlil qilish imkoniyati ko‘rsatilgan [6]. Ushbu metod ayniqsa bir kristall tarkibida bir nechta donor-akseptor juftliklari mavjud bo‘lganda ularning geometrik taqsimotini farqlash uchun muhimdir. 1,10-Fenantrolin asosidagi koordinatsion tizimlarda supramolekulyar kontaktlarning strukturaviy ahamiyati so‘nggi tadqiqotlarda ham tasdiqlanmoqda. 1,10-fenantrolin va isonikotinat asosidagi bir o‘lchamli Cu(II) koordinatsion polimerni o‘rganib, kristall tuzilishining vodorod bog‘lanishlari va π-π supramolekulyar o‘zaro ta’sirlar bilan barqarorlashishini ko‘rsatgan. Tadqiqotda strukturaviy tavsif bilan bir qatorda spektroskopik, termik va morfologik tahlillar ham qo‘llangan [7]. Bu natija 1,10-fenantrolin tutuvchi kristall tizimlarda strukturaviy va fizik-kimyoviy ma’lumotlarni birgalikda talqin qilishning afzalligini ko‘rsatadi. 1,10-Fenantrolinning kristall muhitidagi o‘zaro ta’sirlarini baholash bo‘yicha 2024-yildagi organotin(IV) birikmasi ham muhim taqqoslash imkonini beradi. Ushbu kristallning tuzilishida C-H···Cl vodorod bog‘lanishlari, π-stacking va boshqa nokovalent kontaktlar aniqlangan. Hirshfeld sirt va ikki o‘lchamli fingerprint diagrammalari orqali H···H, Cl···H/H···Cl va C···H/H···C kontaktlarining kristall packingiga qo‘shgan hissasi miqdoriy baholangan [8].

1,10-fenantrolin asosidagi zamonaviy kristallografik tadqiqotlar protonlanish holati, qarshi ion tabiati, suv molekulalarining mavjudligi, vodorod bog‘lanishlari va π-π o‘zaro ta’sirlarining kristall arxitekturasiga o‘zaro bog‘liq holda ta’sir qilishini ko‘rsatmoqda. Biroq protonlangan $(Hphen)^+$, neytral phen, NO_3^- va H_2O komponentlarining bir kristall tizimida birgalikda mavjudligi alohida strukturaviy muhitni yuzaga keltiradi. Bunday tizimda protonlangan va neytral fenantrolin komponentlari orasidagi N-H···N, shuningdek kristallanish suvi va nitrat anioni orasidagi O-H···O kontaktlarini birgalikda ko‘rib chiqish muhimdir. Shu sababli $(Hphen)(phen)NO_3 \cdot H_2O$ kristallining SCXRD asosidagi tuzilishi, kristall morfologiyasi, vodorod bog‘lanishlarining geometrik-statistik parametrlari va FT-IR spektrining kompleks tahlili proton-transfer molekulyar kristallining strukturaviy tashkil topishini izchil tushuntirish uchun zarur yondashuvni ta’minlaydi.

2.1. PROTON-TRANSFER O‘ZARO TA’SIRI VA KRISTALL TUZILISHINING SHAKLLANISHI

1-rasmda 1,10-fenantrolinning nitrat monogidrati, $(Hphen)(phen)NO_3 \cdot H_2O$ kristallining molekulyar tuzilishi tasvirlangan. Kristall tarkibida protonlangan 1,10-fenantrolinium kationi

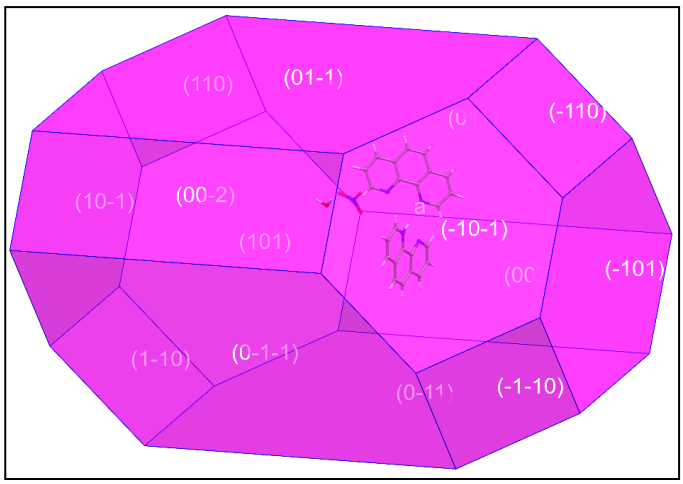
$(Hphen)^+$, neytral 1,10-fenantrolin molekulasi (phen), nitrat anioni va kristallanish suvi mavjud. Tuzilmaning muhim xususiyati protonlangan va neytral fenantrolin molekulalari orasida shakllangan N-H···N vodorod bog‘lanishidir. Rasmda “a” bilan belgilangan qizil uzilgan chiziq ushbu o‘zaro ta’sirni ko‘rsatadi. Mazkur kontakt proton-transfer asosida hosil bo‘lgan molekulyar kristallning strukturaviy xususiyatini aks ettiradi. Nitrat anioni va kristallanish suvining mavjudligi kristall panjarasidagi komponentlararo o‘zaro ta’sirlarni to‘ldirib, tuzilmaning yaxlitligini ta’minlaydi.



1-rasm. $(Hphen)(phen)NO_3 \cdot H_2O$ kristallining molekulyar tuzilishi va N-H···N vodorod bog‘lanishi.

2.2. KRISTALL MORFOLOGIYASINING TAHLILI

2-rasmda $(Hphen)(phen)NO_3 \cdot H_2O$ kristallining morfologik modeli va uning tashqi yuzalarini belgilovchi asosiy kristallografik tekisliklar keltirilgan. Model kristallning aniq qirralar va ko‘pyoqlik yuzalar bilan chegaralangan tartibli geometrik shaklga ega ekanligini ko‘rsatadi. Kristall yuzalarida (110), (01-1), (-110), (10-1), (00-2), (101), (-10-1), (-101), (1-10), (0-1-1) va (-1-10) kabi Miller indekslari bilan belgilangan tekisliklar aniqlangan. Ushbu tekisliklarning fazoviy joylashuvi kristallning turli kristallografik yo‘nalishlarda rivojlangan yuzalardan tashkil topganini ko‘rsatadi.



2-rasm. $(Hphen)(phen)NO_3 \cdot H_2O$ kristallining morfologik modeli va asosiy kristallografik yuzalarining Miller indekslari.

Modelda ayrim tekisliklar nisbatan katta yuzalar ko‘rinishida namoyon bo‘lsa, boshqalari kristall qirralari va uchki qismlarida kichikroq yuzalarni hosil qiladi. Bunday geometrik farqlar kristall morfologiyasining yo‘nalishga bog‘liq xususiyatini ifodalaydi. Ayniqsa, (00-2), (101), (-10-1) va (10-1) tekisliklarining markaziy qism atrofida aniq ajralib turishi kristall tashqi shaklining shakllanishida ularning geometrik hissasi mavjudligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, qarama-qarshi indeksli tekisliklarning mavjudligi kristall yuzalarining uch o‘lchamli fazoda o‘zaro muvozanatlangan joylashuvini aks ettiradi. Kristallning markaziy qismida fenantrolin fragmentlarining joylashuvi uning tashqi morfologik modeli bilan ichki kristall tuzilishi o‘rtasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatadi. Biroq morfologik modelning o‘zi molekulalararo o‘zaro ta’sirlarning

energetik qiymatlarini aniqlash imkonini bermaydi; shu sababli mazkur natija asosan kristall yuzalarining geometrik taqsimoti nuqtayi nazaridan talqin qilinadi. (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ kristallining rivojlangan, aniq chegaralangan ko‘pyoqlik morfologiyaga ega ekanligini hamda uning tashqi shakli bir nechta kristallografik tekisliklarning birgalikdagi geometrik joylashuvi bilan belgilanayotganini ko‘rsatadi.

2.3. VODOROD BOG‘LANISHLARINING GEOMETRIK VA STATISTIK TAHLILI

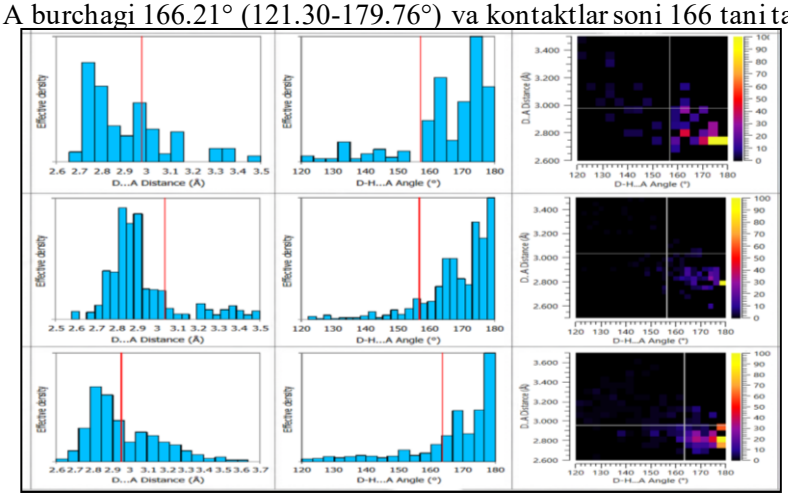
3-rasm va 1-jadvalda (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ kristallidagi asosiy N-H···N va O-H···O vodorod bog‘lanishlarining geometrik hamda statistik parametrlari berilgan. Jadval ma’lumotlari uch xil donor-akseptor juftligini qamrab oladi: N1(arNH)···N3(arN), O4(water)···O2(nitrate ion) va O4(water)···O3(nitrate ion). Har bir kontakt uchun D···A masofa, uning diapazoni, D-H···A burchagi, burchaklar oralig‘i va aniqlangan o‘zaro ta’sirlar soni keltirilgan.

1-jadval.

(Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ kompleksining tuzilishidagi vodorod bog‘lanish o‘zaro ta’sirlarining statistik tahlili

Donor	Acceptor	D···A distance, Å	D···A range, Å	Mean ∠D-H···A,°	Angle range, °	N
N1 (arNH)	N3 (arN)	2.91	2.66-3.48	163.12	120.84-178.90	47
O4 (water)	O3 (nitrate ion)	2.97	2.63-3.62	166.21	121.30-179.76	166
O4 (water)	O2 (nitrate ion)	2.92	2.59-3.50	167.47	124.55-179.79	102

N1(arNH)···N3(arN) kontaktida o‘rtacha D···A masofa 2.91 Å bo‘lib, qiymatlar 2.66-3.48 Å oralig‘ida taqsimlangan. O‘rtacha D-H···A burchagi 163.12°, burchaklar diapazoni esa 120.84-178.90°ni tashkil qiladi. Jadvalda ushbu kontakt uchun 47 ta o‘zaro ta’sir qayd etilgan. D···A masofasining nisbatan tor asosiy taqsimoti va o‘rtacha burchakning 180° ga yaqinligi N-H···N kontaktlarining ma’lum darajada yo‘naltirilgan geometriyada shakllanganini ko‘rsatadi. [x-rasm]dagi D···A masofa va D-H···A burchaklari histogrammalari ushbu statistik ko‘rsatkichlarning taqsimlanishini bevosita aks ettiradi. Suv molekulasi va nitrat anioni orasidagi O4(water)···O2(nitrate ion) kontaktida o‘rtacha D···A masofa 2.92 Å, diapazon 2.59-3.50 Å, o‘rtacha D-H···A burchagi 167.47°, uning oralig‘i esa 124.55-179.79°ni tashkil etadi. Kontaktlar soni 102 ta bo‘lib, bu N-H···N juftligiga nisbatan yuqoriroq statistik takrorlanishni ko‘rsatadi. Ikkinchi O-H···O juftligi O4(water)···O3(nitrate ion) uchun D···A masofasi 2.97 Å (2.63-3.62 Å), o‘rtacha D-H···A burchagi 166.21° (121.30-179.76°) va kontaktlar soni 166 tani tashkil qiladi.



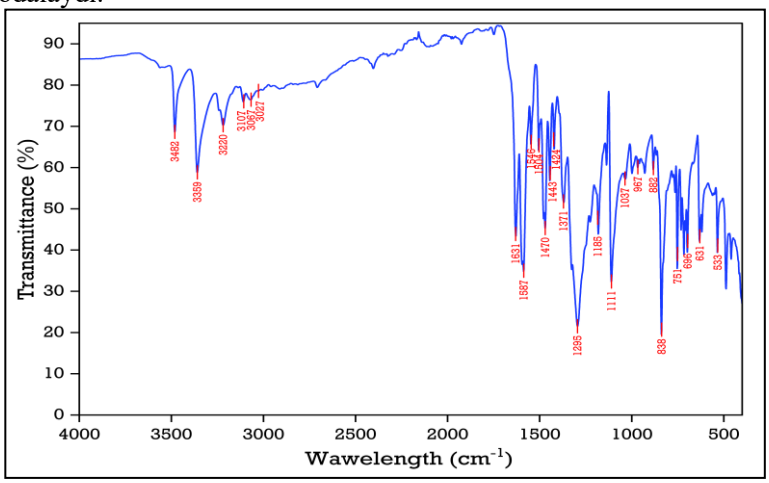
3-rasm. (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ kristallidagi N-H···N va O-H···O vodorod bog‘lanishlarining geometrik parametrlari, 2D fingerprint diagrammalari va statistik ko‘rsatkichlari.

Jadvalda kontaktlar soni 47→102→166 tarzida farqlanadi, biroq o‘rtacha D···A masofalari 2.91-2.97 Å, o‘rtacha burchaklar esa 163.12-167.47° oralig‘ida saqlanadi. 2D fingerprint diagrammalarida ham ushbu kontaktlarning xarakterli (d_i) va (d_e) qiymatlari atrofida zichlik maksimumlari kuzatiladi. N-H···N kontakti uchun signalning asosiy qismi nisbatan torroq sohada joylashgan bo‘lsa, O-H···O kontaktlarida zichlik sohasi kengroq taqsimlangan. Bu farq jadvalda keltirilgan masofa va burchak diapazonlari bilan mos keladi. Ayniqsa, O4(water)···O3(nitrate ion) kontaktining 2.63-3.62 Å diapazoni boshqa ikki kontaktga qaraganda kengroq bo‘lib, uning fingerprint diagrammasida ham kontaktlarning kengroq geometrik

taqsimlanishi kuzatiladi. Jadvaldagi “Not unusual” belgisi esa ushbu kontaktlarning CrystalExplorer mezonlari bo‘yicha noodatiy geometrik xususiyat namoyon qilmasligini ko‘rsatadi. Kontaktlar sonining farqlanishi ularning kristall panjarasida takrorlanish darajasini ifodalaydi va alohida holda vodorod bog‘lanish kuchining bevosita ko‘rsatkichi sifatida talqin qilinmaydi.

2.4. FT-IR SPEKTRAL TAHLILI

4-rasmda (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ birikmasining 4000-400 cm^{-1} oralig‘idagi FT-IR spektri keltirilgan. Spektrdagi xarakterli yutilish polosalarining joylashuvi kristall tarkibidagi protonlangan va neytral 1,10-fenantrolin komponentlari, nitrat anioni hamda kristallanish suvining mavjudligi bilan bog‘liq tebranishlarni kuzatish imkonini beradi. Yuqori chastotali sohada 3482 va 3359 cm^{-1} da kuzatilgan polosalar O-H guruhining valent tebranishlariga mos keladi. Ularning keng ko‘rinishda namoyon bo‘lishi kristallanish suvi va vodorod bog‘lanishlari mavjudligi bilan mos keladi. 3220 cm^{-1} dagi yutilish protonlangan fenantrolin fragmentidagi N-H guruhining valent tebranishi bilan bog‘liq. 3107, 3067 va 3027 cm^{-1} dagi signallar aromatik C-H bog‘larining valent tebranishlarini ifodalaydi.



4-rasm. (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ birikmasining FT-IR spektri.

O‘rta chastotali sohada 1631 cm^{-1} dagi polosa suv molekulasining H-O-H deformatsion tebranishi bilan mos keladi. 1587, 1546, 1504, 1470 va 1443 cm^{-1} oralig‘idagi signallar 1,10-fenantrolin aromatik skeletining C-C/C-N bilan bog‘liq valent va deformatsion tebranishlarini aks ettiradi. Nitrat anioniga xos polosalar 1371, 1295, 1037, 838 va 751 cm^{-1} sohalarida kuzatiladi. Xususan, 1371 cm^{-1} dagi intensiv signal NO_3^- guruhining assimetrik valent tebranishi bilan, 1037 cm^{-1} dagi polosa esa nitrat guruhining simmetrik valent tebranishi bilan mos keladi. 838 va 751 cm^{-1} dagi yutilishlar nitrat guruhining deformatsion tebranishlari hamda fenantrolin skeletining tekislikdan tashqari tebranishlari bilan bog‘liqligini ko‘rish mumkin. Past chastotali 696, 631 va 533 cm^{-1} polosalar asosan molekulyar skeletning deformatsion tebranishlarini aks ettiradi. Umuman, spektrda O-H, N-H, aromatik C-H va NO_3^- guruhlariga tegishli xarakterli tebranishlarning birgalikda kuzatilishi kristall tarkibidagi asosiy strukturaviy komponentlarning mavjudligini spektroskopik jihatdan qo‘llab-quvvatlaydi. FT-IR natijalari SCXRD orqali aniqlangan kristall tuzilmani to‘ldiruvchi mustaqil spektroskopik dalil sifatida xizmat qiladi.

Xulosa. (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ kristallining strukturaviy va spektroskopik tahlili proton-transfer asosida shakllangan molekulyar kristallning o‘ziga xos tashkil topishini ko‘rsatdi. Kristall tarkibida protonlangan 1,10-fenantrolinium kationi, neytral 1,10-fenantrolin molekulasi, nitrat anioni va kristallanish suvi birgalikda mavjud. Protonlangan va neytral fenantrolin komponentlari orasidagi N-H···N kontakti, shuningdek suv va nitrat anioni orasidagi O-H···O kontaktlari kristall panjarasidagi asosiy yo‘naltirilgan o‘zaro ta’sirlarni tashkil etadi. Ularning o‘rtacha D···A masofalari mos ravishda 2,91 Å va 2,92-2,97 Å oralig‘ida bo‘lib, kontaktlarning aniq geometrik tashkil topganligini ko‘rsatadi. Kristall morfologiyasining ko‘pyoqlik shakli turli Miller tekisliklarining fazoviy joylashuvi bilan tavsiflanadi. FT-IR spektrida O-H, N-H, aromatik C-H va NO_3^- guruhlariga tegishli xarakterli polosalar aniqlanib, kristallografik modelda belgilangan asosiy strukturaviy komponentlarning mavjudligini qo‘llab-quvvatladi. Shu tariqa, olingan natijalar proton-transfer jarayoni va komponentlararo vodorod bog‘lanishlarining (Hphen)(phen)$NO_3 \cdot H_2O$ kristallining strukturaviy tashkil topishi bilan bevosita bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yoshikawa, N., Yamazaki, S., Kakimoto, Y., Eguchi, S., Yokoyama, R., Kanehisa, N., Tohnai, N., Nakata, E. and Takashima, H., 2021. Emission properties of 1, 10-phenanthroline derivatives induced by protonation of a nitrogen atom. *Journal of Molecular Structure*, *1242*, p.130728. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130728

2. Rani, T.D., Rajkumar, M. and Chandramohan, A., 2020. Synthesis, crystal structure, photoluminescence, thermal, laser damage threshold and DFT calculations of 1, 10-phenanthrolinium-2-carboxy-6-nitrobenzoate. *Optical Materials*, *100*, p.109614. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2019.109614

3. Toirova, G.K., Turaev, K.K., Prasad, A.A., ugli Kholturaev, K.B., Normamatov, A.S., Ibragimov, A.B., Salimovich, T.A., Sultanovich, S.Z., Yusupbaevich, Y.Y., Ruzmetov, A.K. and Ibragimov, A.B., 2026. Proton-transfer-driven crystal engineering of 1, 10-phenanthrolinium sulfanilate monohydrate: supramolecular interactions, electronic structure and antibacterial activity. *Journal of Molecular Structure*, p.147114. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.147114

4. Toirova, G.K., Turaev, K.K., Karimova, K.B., Prasad, A.A., ugli Kholturaev, K.B., Ruzmetov, A.K., Musurmonov, M., Normamatov, A.S., Ibragimov, A.B., Nazarov, Y.E. and kizi Ochildieva, Y.B., 2026. Structural insights, Hirshfeld surface analysis and antimicrobial activity of a supramolecular bis (1, 10-phenanthroline) cobalt (II) complex containing sulfate and sulfanilate species. *Journal of Molecular Structure*, p.146809. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.146809

5. Toirova, G.K., Turaev, K.K., Ibragimov, A.B., Prasad, A.A., Ruzmetov, A.K., Yakubov, D.R., Turgunaliev, E., Togasharov, A.S., Shukurov, Z.S., Ibragimov, A.B. and Chellakarungu, B., 2026. Polymorphic packing hierarchy in dichlorido-bis (1, 10-phenanthroline) manganese (II): interplay of π–π stacking and C–H⋯ Cl interactions and consequences for lattice stabilization and crystal morphology. *Journal of the Indian Chemical Society*, p.102783. https://doi.org/10.1016/j.jics.2026.102783

6. Spackman, P.R., Turner, M.J., McKinnon, J.J., Wolff, S.K., Grimwood, D.J., Jayatilaka, D. and Spackman, M.A., 2021. CrystalExplorer: a program for Hirshfeld surface analysis, visualization and quantitative analysis of molecular crystals. *Applied Crystallography*, *54*(3), pp.1006-1011. https://doi.org/10.1107/S1600576721002910

7. Saidov, D.K., Turaev, K.K., Kumar, A., Kenjayevna, S.Z., ugli Kholturaev, K.B., ugli Ruziev, U.U., Normamatov, A.S., Ibragimov, A.B., Adizov, B.Z., ugli Atakhanov, A.A. and Gao, J., 2026. Structural elucidation, supramolecular interactions, and antifungal activity of a one-dimensional Cu (II) coordination polymer based on 1, 10-phenanthroline and isonicotinate. *Journal of Solid State Chemistry*, p.126074. https://doi.org/10.1016/j.jssc.2026.126074

8. Benlatreche T, Bensegueni MA, Dénes G, Golhen S, Merazig H. Crystal structure and Hirshfeld surface analysis of trichlorido (1, 10-phenanthroline-κ2N, N′) phenyltin (IV). Structure Reports. 2024 Sep 1;80(10):1039-43. https://doi.org/10.1107/S2056989024009150

MAHALLIY XOMASHYOLAR ASOSIDA QATTIQ SOVUN OLISH VA UNING SIRT-FAOL XOSSALARINI BAHOLASH

Qurbonov Azizjon Rustamovich
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti kichik ilmiy xodimi
chemist.0104@gmail.com
ORCID 0009-0005-1896-8081
Kucharov Azizbek Alisher o‘g‘li
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti doktoranti (DSc)
sciuzb@mail.ru
ORCID 0009-0005-5619-8700
Yusupov Farxod Maxkamovich
Texnika fanlari doktori, professor, O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti
chemist.0104@gmail.com
ORCID 0000-0003-2281-5131
Normahmat Yodgorov
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti bosh ilmiy xodimi
normuhammad1947@gmail.com
ORCID 0009-0000-9810-4067
Maxkamov Ravshan Rahimovich
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti yetakchi ilmiy xodimi
chemist.0104@gmail.com
ORCID 0000-0002-5834-3917
Sultonov Sadulla Baxriddinovich
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti kichik ilmiy xodimi
sadullaSSB@gmail.com
ORCID 0000-0003-1996-1744
Xalilov Sanjar Usmonovich
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti kichik ilmiy xodimi
sanjar3697171@gmail.com
ORCID 0009-0007-9458-3268
UDK 622.765/666.171

Annotatsiya. Maqolada ekologik xavfsiz yuvish mahsulotlarini yaratish maqsadida *Vitellaria paradoxa* (shea) yog‘i asosida qattiq sovun olish texnologiyasi ishlab chiqildi. Xomashyoning yog‘ kislotalari tarkibi gaz xromatografiyasi bilan aniqlandi, tayyor mahsulotning fizik-kimyoviy va sirt-faol ko‘rsatkichlari titrimetrik, tensiometrik hamda Ross–Miles usullarida baholandi. Shea yog‘ida olein (50,12 %) va stearin (37,00 %) kislotalarining ustunligi natriy oleat hamda natriy stearat hosil bo‘lishini ta’minlab, sovunning funksional xossalarini belgilaydi. Olingan sovun pH qiymati 10,12, erkin ishqor 0,06 %, sirt tarangligi 30,8 mN/m, ko‘pik balandligi 168 mm, ko‘pik barqarorligi 92,3 % va emulsifikatsiya indeksi 84,6 % bilan tavsiflandi. Natijalar shea yog‘ini sovunlar ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo sifatida asoslaydi.

Kalit so‘zlar: shea yog‘i; *Vitellaria paradoxa*; qattiq sovun; yog‘ kislotalari tarkibi; natriy stearat; natriy oleat; sirt tarangligi; ko‘pik barqarorligi; emulsifikatsiya indeksi.

PRODUCTION OF SOLID SOAP BASED ON LOCAL RAW MATERIALS AND EVALUATION OF ITS SURFACE-ACTIVE PROPERTIES

Abstract. A technology for producing solid soap from *Vitellaria paradoxa* (shea) butter was developed. The fatty acid composition of the raw material was determined by gas chromatography; the physicochemical and surface-active properties of the product were evaluated by titrimetric, tensiometric and Ross–Miles methods. Oleic (50.12%) and stearic (37.00%) acids predominate, forming sodium oleate and sodium stearate, which determine the soap’s functional properties. The soap had pH 10.12, free alkali 0.06%, surface tension 30.8 mN/m, foam height 168 mm, foam stability 92.3% and emulsification index 84.6%. The results establish shea butter as a promising raw material for household and cosmetic soap production.

Key words: shea butter; *Vitellaria paradoxa*; solid soap; fatty acid composition; sodium stearate; sodium oleate; surface tension; foam stability; emulsification index.

Kirish. So‘nggi yillarda tabiiy va qayta tiklanuvchi xomashyolardan foydalanish asosida ekologik xavfsiz mahsulotlar ishlab chiqarishga bo‘lgan qiziqish jahon miqyosida sezilarli darajada ortib bormoqda. Shu sababli tabiiy yog‘lar asosida olinadigan sovunlar sintetik yuvish

vositalariga ekologik jihatdan maqbul alternativa sifatida keng o‘rganilmoqda [1-2].

Tadqiqotning maqsadi mahalliy xomashyolar asosida qattiq sovun olish texnologiyasini ishlab chiqish, tayyor mahsulotning fizik-kimyoviy va sirt-faol xossalarini kompleks o‘rganish hamda texnologik parametrlarning mahsulot sifatiga ta’sirini ilmiy asoslashdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Qattiq sovun yog‘ kislotalarining natriy tuzlaridan tashkil topgan anion sirt-faol modda bo‘lib, u yog‘larning ishqoriy gidrolizi, ya’ni sovunlanish reaksiyasi natijasida hosil bo‘ladi. Sovun molekulalarining gidrofil va gidrofob qismlarga ega bo‘lishi ularning suv va yog‘ fazalari chegarasida adsorbsiyalanishiga, sirt tarangligini kamaytirishiga hamda yog‘li ifloslanishlarni emulsifikatsiyalashiga imkon beradi [3].

Qattiq sovunning sifati va funksional xossalari ishlatiladigan yog‘larning yog‘ kislotalari tarkibi, sovunlanish jarayonining texnologik parametrlari hamda tayyor mahsulotning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlariga bevosita bog‘liq [4]. Shu sababli ushbu ko‘rsatkichlarni kompleks baholash yangi sovun retsepturalarini ishlab chiqishda asosiy ilmiy mezonlardan biri hisoblanadi [5-6].

Bugungi kunga qadar tabiiy yog‘lar asosida sovun ishlab chiqarish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar amalga oshirilgan bo‘lsa-da, mahalliy xomashyolar asosida olingan sovunlarning fizik-kimyoviy va sirt-faol xossalarini kompleks baholash, texnologik parametrlarning tayyor mahsulot sifatiga ta’sirini tizimli tahlil qilish hamda ularning amaliy qo‘llanish istiqbollarini asoslash bo‘yicha tadqiqotlar hali ham dolzarb ilmiy masalalardan biri bo‘lib qolmoqda [7].

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda asosiy xomashyo sifatida mahalliy ishlab chiqarilgan rafinatsiyalangan paxta yog‘idan foydalanildi. Sovunlanish reaksiyasini amalga oshirish uchun natriy gidroksid (NaOH, ≥98 %) qo‘llanildi. Ishqor eritmasini tayyorlashda distillangan suvdan, fizik-kimyoviy tahlillarni bajarishda esa analitik tozalikdagi etil spirti, fenolftalein indikatori, xlorid kislota va boshqa laboratoriya reaktivlaridan foydalanildi [8].

Qattiq sovun paxta yog‘ini natriy gidroksid eritmasi bilan sovunlash usuli orqali olindi. Buning uchun paxta yog‘i 55–60 °C haroratgacha qizdirilib, oldindan tayyorlangan natriy gidroksid eritmasi doimiy aralashtirish sharoitida asta-sekin qo‘shildi. Ishqor miqdori paxta yog‘ining sovunlanish soni asosida hisoblandi. Reaksiya davomida aralashma bir jinsli quyuq massa hosil bo‘lguncha aralashtirildi. So‘ngra hosil bo‘lgan massa qoliplarga quyilib, xona haroratida 24 soat davomida qotirish uchun qoldirildi [9]. Keyinchalik sovun namunalari qolipdan olinib, 25 ± 2 °C haroratda va nisbiy namligi 50–60 % bo‘lgan shamollatiladigan xonada 28 kun davomida pishitildi. Shu davr mobaynida ortiqcha namlik bug‘lanishi hamda sovunlanish reaksiyasining yakunlanishi natijasida tayyor mahsulotning mexanik mustahkamligi shakllandi.

Olingan sovun namunalarining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari standart laboratoriya usullari asosida baholandi. pH qiymati 1 % li sovun eritmasida pH-metr yordamida, namlik miqdori gravimetrik usulda, erkin ishqor miqdori kislota-asos titrlash usuli bilan, kislota soni va sovunlanish soni titrimetrik usullar asosida aniqlandi [10]. Tayyor sovunning qattiqligi penetrometr yordamida baholandi.

Sovunning sirt-faol xossalarini aniqlash maqsadida ko‘pik hosil qilish qobiliyati, ko‘pik barqarorligi, sirt tarangligi hamda emulsifikatsiyalash xususiyatlari o‘rganildi. Ko‘pik hosil qilish qobiliyati 1 % li sovun eritmasini standart sharoitda chayqatish orqali baholanib, hosil bo‘lgan ko‘pik balandligi darhol va 5 minutdan keyin o‘lchandi. Emulsifikatsiya qobiliyati sovun eritmasi va o‘simlik moyi aralashmasi asosida aniqlanib, hosil bo‘lgan emulsiyaning barqarorligi kuzatildi. Sirt tarangligi esa sovun eritmalarida tensiometr yordamida o‘lchanib, natijalar mN/m birlikda ifodalandi.

Barcha tajribalar bir xil laboratoriya sharoitida uch martadan takrorlandi. Olingan eksperimental ma’lumotlar statistik usullar yordamida qayta ishlanib, natijalar o‘rtacha qiymat ± standart og‘ish (Mean ± SD) ko‘rinishida ifodalandi. Grafiklar va eksperimental ma’lumotlarni qayta ishlash OriginPro dasturi yordamida amalga oshirildi [11-12].

Natijalar va muhokama. Qattiq sovunning sifati va ekspluatatsion xossalari, avvalo, ishlatiladigan xomashyoning yog‘ kislotalari tarkibiga bog‘liq. Shu sababli tadqiqotning dastlabki bosqichida shea yog‘ining yog‘ kislotalari tarkibi gaz xromatografiyasi usulida tahlil qilindi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Shea yog‘ining yog‘ kislotalari tarkibi

№	Yog‘ kislotasi	Belgilanishi	Miqdori, %
1	Palmitin kislotasi	C16:0	4,20 ± 0,18
2	**Stearin kislotasi**	**C18:0**	**37,00 ± 0,54**
3	Olein kislotasi	C18:1	50,12 ± 0,72
4	Linol kislotasi	C18:2	6,10 ± 0,21
5	Linolen kislotasi	C18:3	0,25 ± 0,02
6	Araxin kislotasi	C20:0	0,95 ± 0,05

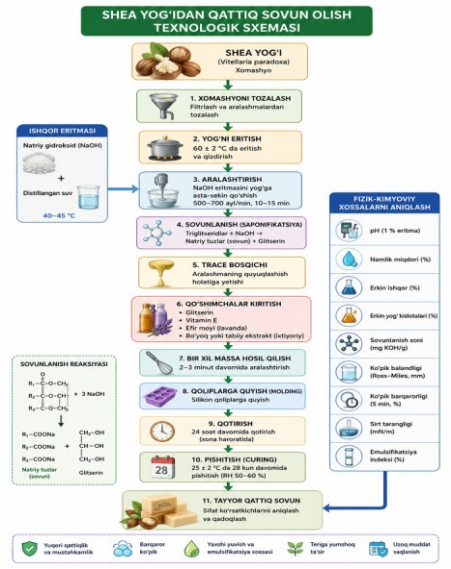
Jadval ma’lumotlariga ko‘ra, shea yog‘i tarkibida olein kislotasi (50,12 ± 0,72 %) va stearin kislotasi (37,00 ± 0,54 %) asosiy ulushni tashkil etdi. Shuningdek, palmitin, linol, araxin va linolen kislotalari nisbatan kam miqdorda aniqlandi. Stearin va olein kislotalarining umumiy ulushi 87 % dan ortiq bo‘lishi shea yog‘ining qattiq sovun ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo ekanligini tasdiqlaydi.

Stearin kislotasining yuqori miqdori natriy gidroksid bilan sovunlanish jarayonida natriy stearat hosil bo‘lishini ta’minlaydi. Natriy stearat tayyor sovunning qattiqligi, mexanik mustahkamligi va ko‘pik barqarorligini oshiradi. Olein kislotasi esa natriy oleat hosil qilib, sovunning suvda eruvchanligi, namlash va yuvish xususiyatlarini yaxshilaydi.

2-jadval.

Shea yog‘i asosida qattiq sovun olish retsepturasi

Komponent	Miqdori
Shea yog‘i (Vitellaria paradoxa)	100 g
Natriy gidroksid (NaOH)	13,8 g
Distillangan suv	35 g
Glitserin	2 g
Lavanda efir moyi	1 g
Vitamin E	0,5 g



1-rasm. Shea yog‘idan qattiq sovun olishning texnologik sxemasi
Manba: muallif(lar) tomonidan ishlab chiqilgan

Yog‘ kislotalari tarkibi tahlili natijalariga asoslanib, shea yog‘i asosida qattiq sovun olishning laboratoriya texnologiyasi ishlab chiqildi. Oqartirilgan va rafinatsiyalangan shea yog‘i asosiy xomashyo sifatida tanlanib, natriy gidroksid sovunlovchi reagent sifatida qo‘llanildi. Oqartirilgan yog‘dan foydalanish tayyor mahsulotning rang ko‘rsatkichlarini yaxshilash va bir xil tuzilishga ega sovun olish imkonini berdi. 100 g shea yog‘i uchun tanlangan retseptura 2-jadvalda

keltirilgan.

Retseptura tarkibida qo‘llanilgan natriy gidroksid miqdori shea yog‘ining sovunlanish soni hisobga olingan holda aniq hisoblab tanlandi.

Sovun tayyorlash texnologiyasida yog‘ va natriy gidroksid eritmalarining haroratini o‘zaro muvofiqlashtirish, aralashtirish tezligi hamda reaksiya davomiyligini nazorat qilish muhim texnologik omillar sifatida belgilandi. Ishlab chiqilgan texnologiya asosida olingan qattiq sovunning fizik-kimyoviy hamda sirt-faol ko‘rsatkichlari laboratoriya sharoitida aniqlandi va adabiyotlarda keltirilgan ma’lumotlar bilan taqqoslandi. Natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

Shea yog‘i asosidagi qattiq sovunning fizik-kimyoviy va sirt-faol ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Olingan tahlil natijalari	Adabiyotlarda uchraydigan qiymatlar
pH (1 % eritma)	10,12 ± 0,08	9,5–10,8
Namlik (%)	10,34 ± 0,21	8,0–12,0
Erkin ishqor (%)	0,06 ± 0,01	0,03–0,10
Kislota soni (mg KOH/g)	1,25 ± 0,07	0,8–2,0
Sovunlanish soni (mg KOH/g)	182,6 ± 1,4	170–190
Ko‘pik balandligi (Ross–Miles, mm)	168 ± 5	150–185
Ko‘pik barqarorligi (5 min, %)	92,3 ± 1,6	88–95
Sirt tarangligi (mN/m)	30,8 ± 0,6	28–34
Emulsifikatsiya indeksi (%)	84,6 ± 2,1	75–90

3-jadval natijalariga ko‘ra, tayyor sovunning pH qiymati, namlik miqdori, erkin ishqor va sovunlanish soni tavsiya etilgan me’yoriy qiymatlar doirasida ekanligi aniqlandi. Bu sovunlanish reaksiyasining to‘liq kechganligini hamda tayyor mahsulotning sifat ko‘rsatkichlari barqaror ekanligini ko‘rsatadi.

Ross–Miles usuli bo‘yicha aniqlangan ko‘pik hosil qilish qobiliyati va ko‘pik barqarorligi shea yog‘i asosidagi sovunning yaxshi yuvish xususiyatiga ega ekanligini tasdiqladi. Sirt tarangligi ko‘rsatkichining pasayishi sovun molekulalarining suv–havo chegarasida adsorbsiyalanishi natijasida yuzaga kelib, eritmaning namlash qobiliyatini oshiradi. Emulsifikatsiya indeksining yuqori qiymati esa yog‘li ifloslanishlarni suv muhitida samarali dispersiyalash imkonini beradi.

Shu bilan birga, sovunning sirt tarangligini kamaytirish, barqaror ko‘pik hosil qilish va yog‘li ifloslanishlarni emulsifikatsiyalash xususiyatlari uning maishiy hamda kosmetik maqsadlarda qo‘llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Xulosa va takliflar. Mazkur tadqiqotda stearin kislotasiga boy Vitellaria paradoxa (shea) yog‘i asosida qattiq sovun olish texnologiyasi ishlab chiqildi hamda tayyor mahsulotning fizik-kimyoviy va sirt-faol xossalari kompleks ravishda baholandi. Ushbu yog‘ kislotalarining yuqori ulushi sovunlanish jarayonida natriy stearat va natriy oleat hosil bo‘lishi uchun qulay sharoit yaratib, tayyor mahsulotning qattiqligi, mexanik mustahkamligi hamda yuvish xususiyatlarini shakllantirdi.

Ishlab chiqilgan texnologiya asosida olingan qattiq sovunning fizik-kimyoviy

ko‘rsatkichlari, jumladan pH qiymati, namlik miqdori, erkin ishqor va sovunlanish soni tavsiya etilgan me’yoriy qiymatlar doirasida ekanligi aniqlandi.

Sirt-faol xossalar tahlili natijasida tayyor sovun suvning sirt tarangligini samarali kamaytirishi, barqaror ko‘pik hosil qilishi va yog‘li ifloslanishlarni emulsifikatsiyalash qobiliyatiga ega ekanligi aniqlandi.

Olingan natijalar shea yog‘ining ekologik xavfsiz, biologik parchalanadigan va yuqori funksional xossalarga ega qattiq sovun ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo ekanligini ko‘rsatadi. Ishlab chiqilgan texnologiya tabiiy xomashyo asosida yuqori sifatli maishiy va kosmetik sovunlar ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yishda amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ying G.G. Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment // Environment International. 2006. Vol. 32. No. 3. P. 417–431.

2. Warra A.A., Hassan L.G., Gunu S.Y., Jega S.A. Soap production from plant oils // Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences. 2011. Vol. 19. No. 1. P. 120–123.

3. Spitz L. Soap Manufacturing Technology. 2nd ed. Urbana: AOCS Press, 2016. 320 p.

4. Kucharov A., Xalilov S., Xonzoda T.R. Results of scientific analysis of coal processing products // Journal of Experimental Studies. 2024. Vol. 2. No. 3. P. 9–16.

5. Holmberg K., Jönsson B., Kronberg B., Lindman B. Surfactants and Polymers in Aqueous Solution. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2003. 545 p.

6. Eshmetov R., Salikhanova D., Jumaeva D., Eshmetov I., Sagdullaeva D. Influence of ultrasonic impact on oil preparation processes // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2022. Vol. 57. No. 4. P. 1–15.

7. Kucharov A., Xalilov S., Qurbonov A., Yaxshiyeva Y., Yuldashev R. Development of technology for water concentration of brown coal without use and use of red waste in this process as a raw material for colored glass in the glass industry // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 264. Art. 01050.

8. Honfo F.G., Hell K., Akissoe N., Linnemann A.R. Effect of processing on the quality characteristics of shea butter // Journal of Food Science and Technology. 2012. Vol. 49. No. 1. P. 19–27.

9. Kucharov A., Yusupov F., Xalilov S., Qurbonov A., Toshboboyeva R. Investigation of surfactants and flocculation processes in coal beneficiation // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2026. No. 3–4. P. 32-38.

10. ISO 12966-2:2017. Animal and vegetable fats and oils — Gas chromatography of fatty acid methyl esters — Part 2. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.

11. ISO 685:2020. Analysis of soaps — Determination of total alkali content and total fatty matter content. Geneva: International Organization for Standardization, 2020.

12. Kucharov A., Xalilov S., Yusupov F., Toshboboyeva R.N., Bekturdiyev G., Turayeva K., Golib T. A comprehensive technological approach for the selective recovery of aluminum oxide and rare earth elements from coal processing // EUREKA: Physics and Engineering. 2026. No. 2. P. 13–24.

(2E)-3-(4-METOKSIFENIL)PROP-2-ENALNING IMINO HOSILALARI SINTEZI

M.Q.Saidova[1], N.M.Yo‘ldosheva[2], A.J.Djurayev[3], R.S.Esanov[2,4]

[1]Qarshi davlat universiteti, Qarshi shahri, Qashqadaryo viloyati
saidovamaftuna2400@gmail.com
ORCID 0009-0007-9314-500

[2]O‘zbekiston milliy universiteti, Toshkent shahri, Olmazor tumani, Universitet ko‘chasi, 4.
yoldoshevanilufar72@gmail.com
ORCID 0009-0006-9595-8116

[3]Guliston davlat universiteti.120100, Guliston shahri, 4-kichik tuman.
alex26111972@gmail.com
ORCID 0009-0007-8304-6838

[4]O‘zR FA akademik A.S. Sodiqov nomidagi Bioorganik kimyo instituti. 100125, Toshkent shahri, Mirzo Ulug‘bek shoh ko‘chasi, 83.
esanovrahmat2836@gmail.com
ORCID 0000-0002-5741-2570

UDK 547.9+547.84+543.42

Annotatsiya. Maqolada metoksidolchin aldegidi ((2E)-3-(4-metoksifenil)prop-2-enal, MDA) bilan ayrim aminobirikmalarning kondensatsiya reaksiyasi orqali yangi Shiff asoslari sintez qilindi. Reaksiyalar metanol muhitida sirka kislotasi ishtirokida olib borildi, hosil bo‘lgan birikmalar yuqori unum bilan ajratib olindi va ularning fizik-kimyoviy kattaliklari aniqlandi. Birikmalarning kimyoviy tuzilishi IQ-, UB- va mass-spektrometriya usullari asosida tasdiqlandi. IQ-spektrlarda azometin guruhi uchun xarakterli C=N tebranish chastotalarining paydo bo‘lishi Shiff asoslari hosil bo‘lganligini ko‘rsatdi. UB-spektrlarda π→π* va n→π* elektron o‘tishlarga mos yutilish maksimumlari kuzatildi. Mass-spektrometrik tahlilda protonlangan molekulyar ionlar $[M+H]^+$ aniqlanib, ularning nazariy molekulyar massalarga mos kelishi tasdiqlandi. Olingan natijalar ushbu birikmalar istiqbolli biologik faol moddalar sifatida amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: dolchin aldegidi, Shiff asoslari, sintez, aminobirikmalar, biologik faollik, cinnamomum oilasi, ultrabinafsha(UB), infraqizil(IQ), mass spektrometriya.

SYNTHESIS OF IMINO DERIVATIVES OF (2E)-3-(4 METHOXYPHENYL)PROP-2-ENAL

Abstract. New Schiff bases were synthesized by condensation of methoxycinnamaldehyde ((2E)-3-(4-methoxyphenyl)prop-2-enal, MCA) with several amino compounds. The reactions were carried out in methanol in the presence of acetic acid; the products were isolated in high yields. Their structures were confirmed by IR, UV and mass spectrometry. In the IR spectra, characteristic C=N stretching vibrations of the azomethine group confirmed the formation of Schiff bases. In the UV spectra, absorption maxima corresponding to π→π* and n→π* electronic transitions were observed. Mass spectrometric analysis revealed protonated molecular ions $[M+H]^+$ consistent with the calculated molecular masses. The compounds may serve as biologically active substances.

Key words: cinnamaldehyde, Schiff bases, synthesis, amino compounds, biological activity, Cinnamomum family, ultraviolet (UV) spectroscopy, infrared (IR) spectroscopy, mass spectrometry.

Kirish. Metoksidolchin aldegidi ((2E)-3-(4-metoksifenil)prop-2-enal)) tabiiy fenilpropanoidlar sinfiga mansub aromatik birikma bo‘lib, ayrim efir moyli o‘simliklar tarkibida uchraydi hamda biologik faolligi bilan ilmiy tadqiqotlarda katta qiziqish uyg‘otmoqda. Ushbu modda molekulasidagi metoksi guruhi va to‘yinmagan aldegid fragmentining mavjudligi uning kimyoviy faolligini oshirib, turli organik reaksiyalarda samarali ishtirok etishiga imkon yaratadi. Ayniqsa, metoksidolchin aldegidi amino birikmalari bilan kondensatsiyalanib, azometin (C=N) bog‘ini saqlovchi Shiff asoslarini hosil qilishi bilan ahamiyatlidir. Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, metoksidolchin aldegidi asosida olingan hosilalar antimikrob, antioksidant, yallig‘lanishga qarshi va sitotoksik faolliklarni namoyon qilishi mumkin. Bundan tashqari, aromatik halqadagi metoksi guruxi elektron zichlikka ta’sir ko‘rsatib, hosil bo‘ladigan Shiff asoslarining fizik-kimyoviy hamda biologik xossalarini o‘zgartirishi mumkin.

Bizga ma’lumki kimyoviy tuzilishi nuqtayi nazaridan (2E)-3-(4-metoksifenil) prop-2-enal bu 3-fenilprop-2-enal (trans-dolchinaldegid-TDA) moddasining hosilasi hisoblanadi ularning molekulasida ikkita muhim funksional fragment mavjud bo‘lib, ular aldegid guruhi hamda uglerod–uglerod qo‘sh bog‘idan iborat [1], [2]. Shu sababli ushbu birikma tarkibida ikkita elektrofil markaz shakllangan: birinchisi karbonil guruhidagi uglerod atomi, ikkinchisi esa

kon'yugirlangan tizimdagi β-holatdagi uglerod atomidir [3]. Adabiyot ma'lumotlariga ko'ra, TDA ning biologik faolligi ko'p jihatdan uning Maykl akseptori sifatidagi xossalari bilan bog'liq. Molekuladagi elektron tanqis markazlar nukleofil zarrachalar bilan oson ta'sirlashadi va natijada turli biokimyoviy jarayonlarga ta'sir ko'rsatadi. Aynan shu reaksiyon faollik tufayli TDA hujayra ichidagi signal uzatish tizimlarini modulyatsiya qilish qobiliyatiga ega. Tadqiqotlarda aniqlanishicha, u melanoma hujayralarining ko'payishini cheklaydi, invaziv faolligini pasaytiradi hamda NF-κB transkripsion omilining faollashuvini ingibirlaydi. Shu jihatdan, TDA ning ushbu signal yo'liga ta'siri uning saratonga qarshi faolligini tushuntirishda muhim omillardan biri sifatida qaraladi [4]. Dolchin aldegidi (DA) asosida sintez qilingan Shiff asoslari, shuningdek imin yoki azometin hosilalari keng qo'llanilishi sababli kimyo va biologiyada katta e'tibor qozongan. Ushbu birikmalar pigmentlar va bo'yoqlar, katalizatorlar, polimer stabilizatorlari, luminesensiyaviy sensorlar, korroziyaga qarshi ingibitorlar, organik sintez vositalari hamda yangi dori preparatlarini ishlab chiqishda keng qo'llaniladi[5], [6], [7].

Azometin bog'idagi elektron donor nitrogen atomining mavjudligi Shiff asoslarini ligand sifatida ishlatish imkonini beradi, ular deyarli har qanday metall bilan kompleks hosil qilish qobiliyatiga ega [8], [9]. Shu bilan birga, mikroto'lqinli sintez, erituvchisiz sintez yoki katalizator sifatida Lewis yoki Bronsted–Lowry kislotalari (masalan, $ZnCl_2$, $TiCl_4$, alyumina, P_2O_5/Al_2O_3 yoki $Er(OTf)_3$) qo'llanilishi kabi yangi metodologiyalar ham ishlab chiqilgan [10]. Shiff asoslari keng spektrdagi biologik faolliklarga ega ekanligi ko'rsatilgan [11], jumladan: antileishmanial [12], og'riq qoldiruvchi [13], yallig'lanishga qarshi [14], antioksidant [15], virusga [16], zamburug'ga qarshi [17] va antibakterial faollik [18].

Antibiotiklarga qarshi mikroblarning rivojlanishi natijasida yuzaga kelgan antimikrob qarshilik (AMR) dunyo miqyosida jiddiy sog'liqni saqlash muammosi hisoblanadi. So'nggi ma'lumotlarga ko'ra, 2019-yilda AMR bilan bog'liq kasalliklar natijasida taxminan 4,95 million odam vafot etgan [18], [19]. Shu bilan birga, dunyo bo'ylab ko'p qarshilikka ega bakteriyalarning tez tarqalishi dolzarb muammo bo'lib, zudlik bilan samarali choralarni talab qiladi [20]. Klinik shtammlar va oziq-ovqat bilan bog'liq kasalliklarga sabab bo'luvchi bakteriyalar, inson sog'lig'i va chorvachilikda antibiotiklarning keng va nazoratsiz qo'llanilishi natijasida yanada xavfli bo'lib, ularning tarqalishini kuchaytiradi [21], [22], [23].

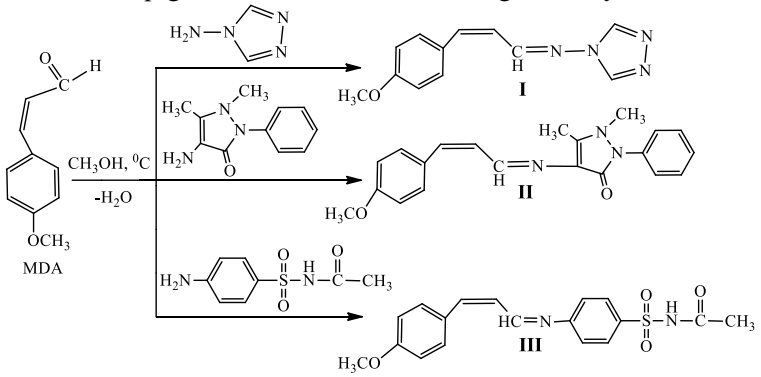
Adabiyotlarda qayd etilishicha, Shiff asoslari turli xildagi saraton hujayralariga qarshi standart kimyoterapevtik dorilarga, masalan, sisplatin va doksorubitsin bilan solishtirganda yaxshiroq saratonga qarshi xususiyatlarni namoyon qilishi mumkin [24].

Tadqiqot metodologiyasi. Namunalarning IQ-spektrlari IR-WQF-530A FTIR spektrometrida 4000-400 cm^{-1} oraliqda yozib olindi. UB-spektrlari Shimadzu UV-1280 UV-VIS spektrofotometer qurilmasida 200-500 nm oraliqda qalingligi 1 sm bo'lgan kvarts kyuvetalari yordamida yozib olindi (erituvchi: suv:etanol, namunalar konsentratsiyasi: 10^{-5}-10^{-6} M). Moddalarning suyuqlanish harorati Melting-Point apparatus with microscope MP-M4A qurilmasida aniqlandi. Mass spektrometrik tahlillari teskari fazali nano-LC-MS/MS tahlili Agilent 1200 nano-oqim LC tizimi yordamida amalga oshirildi va u Agilent Technologies 6520B seriyali CHIP-Q-TOF mass-spektrometri bilan ulangan holda ishlatildi. Mobil faza sifatida A eritma — 0,1% chumoli kislotasi eritmasi va 5% asetonitril aralashmasi, B eritma esa — asetonitril, 0,1% chumoli kislotasi va 10% deionizatsiyalangan suv aralashmasidan iborat bo'ldi. Namunani tizimga kiritish Agilent Technologies 1260 Cap Pump qurilmasida 4 µl/min oqim tezligida amalga oshirildi. Elutsiya esa Agilent Technologies 1260 Nano Pump yordamida 0,6 µl/min oqim tezligida olib borildi. Gradient rejimi quyidagicha belgilandi: B eritma ulushi 0 daqiqa — 0%, 12–18 daqiqalarda — 60%, 20 daqiqada esa yana 0% ga qaytarildi. Eritmalar Agilent Technologies 1260 µ-degasser qurilmasida gazsizlantirildi. Namunalar qurilmaga Agilent Technologies Micro WPS avtomatik injektori orqali 2 µl hajmda yuborildi. Ajratilgan fraksiyalar mass-spektrometrik tahlil qilindi. Ionlash manbayi sifatida ESI (+) usuli qo'llanildi. Qurituvchi gaz oqimi 4 L/min, qurituvchi gaz harorati 350°C ni tashkil etdi. Skaner konusidagi kuchlanish 65 V, fragmentorda esa 175 V ga teng.

Natijalar va muhokama. Mazkur tadqiqotda dolchin aldegidining ayrim aromatik aminlar bilan kondensatsiya reaksiyalari asosida yangi Shiff asoslarini sintez qilish maqsad qilib olindi.

Shiff asoslarini sintez qilish uchun 1 mmol dolchin aldegidi va 1 mmol gaterohalqali aminobirikmaning 20 ml metanoldagi eritmasi 6 soat davomida erituvchining qaynash haroratida

qizdirildi. Reaksiya muhitiga katalizator sifatida 100–200 mkl sirka kislotasi qo‘shildi. Reaksiya borishi yupqa qatlamli xromatografiya (YuQX) usulida (geksan:atseton = 2:1(A), 1:1(B); Rf qiymatlari: 0.40 (I, B), 0.38 (II, A), 0.72 (III, B)) nazorat qilindi. Reaksiya tugagach, aralashma xona haroratigacha sovutildi va hosil bo‘lgan cho‘kma filtrlab olinib, sovuq metanol bilan yuvildi. Quyida dolchin aldegidining ayrim aminobirikmalar (4-amino-4H-1,2,4-triazol, 4-aminoantipirin va sulfatsetamid) bilan hosil qilgan Shiff asoslari sintezining umumiy sxemasi keltirilgan.



1-sxema. MDAning Shiff asoslari sintezi umumiy sxemasi

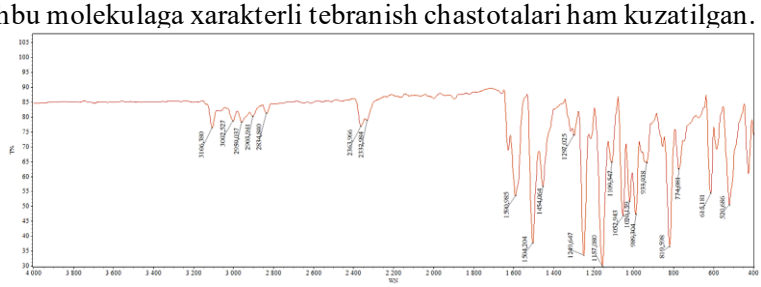
Sintez qilingan moddalarning ayrim fizik-kimyoviy kattaliklari aniqlandi hamda ularning kimyoviy tuzilishlari IQ va UB spektrlari asosida tahlil qilindi.

1-jadval

Sintez qilingan Shiff asoslarining ayrim fizik-kimyoviy kattaliklari

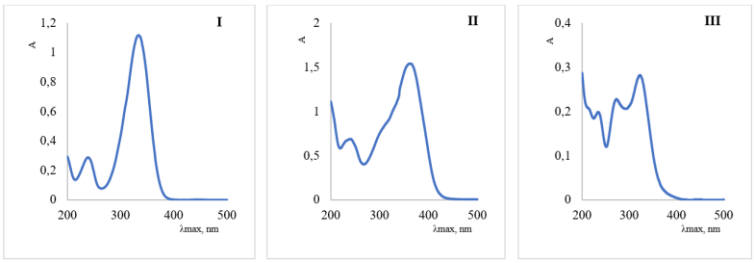
№	Shifr	Unum, %	T.s. ^{0}C	UB spektr, λmax, nm	IQ spektr ma’lumotlari, sm^{-1}(ν, δ)
1	I (RS3)	85	170±1	240, 336	3106, 3000, 2959, 2903, 2834 (OH, CH, Ar), 1630(C=N), 1590 (C=C), 1504, 1454, (C=C yoki C-N), 1157(C-N), 1052 (C-H, Ar), 989 (=C-H), 819, 744 (Ar), 615 (N-N triazol), 520 (triazol), 487 (triazol halqa)
2	II (RS6)	83	162±1	243, 364	3061(CH, Ar), 2960, 2836(CH_3), 1637(C=N, C=O), 1600, 1567 1495 (C=C), 1452, 1414(C=C, C-N), 1250, 1295 (CH) 1130(C-N), 1028(C-H, Ar), 978 (=C-H,), 760, 699 (Ar)
3	III (RS16)	79	204±1	236, 274, 326	3082 (CH, Ar), 2931, 2854(CH_3), 1628(C=N), 1605, 1566 1491 (C=C), 1453(C=C, C-N), 1362(SO_2), 1251, 1297(CH) 1129(C-N), 1030(C-H, Ar), 981 (=C-H,), 754, 689 (Ar).

Sintez qilingan Shiff asosining IQ-spektri tahlili natijasida modda tuzilishini tasdiqlovchi bir qator xarakterli tebranish chastotalari aniqlandi. Jumladan, boshlang‘ich MDAga xos karbonil guruhining (C=O) tebranish chastotasi kuzatilmadi hamda uning o‘rnida 1630.00 sm^{-1} da azometin guruhi (-CH=N-) ga tegishli yangi intensiv tebranish chastotasi paydo bo‘ldi. Spektrning yuqori chastotali qismida 3106.38 sm^{-1} da kuzatilgan keng shakldagi tebranish chastotasi fenol gidroksil guruhining (-OH) valent tebranishlariga mos keladi. Bundan tashqari, 1590.98 va 1504,20 sm^{-1} sohalarda qayd etilgan tebranish chastotalari aromatik halqadagi C=C bog‘larining valent tebranishlari bilan izohlanadi. MDA fragmentiga qo‘shbog‘ning deformatsion tebranishlari esa 989.30 sm^{-1} sohada namoyon bo‘ldi. Shu bilan birga 615 (N-N), 520, 487(triazol halqa) sm^{-1} larda ham ushbu molekulaga xarakterli tebranish chastotalari ham kuzatilgan.



1-rasm. I moddaning IQ spektri

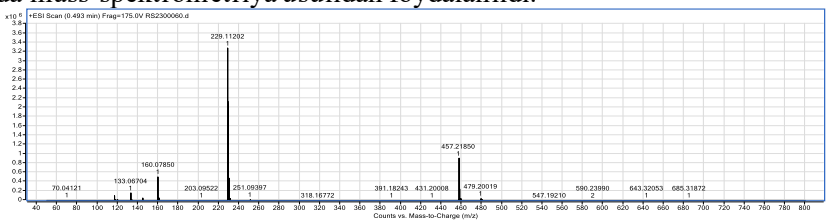
Sintez qilingan Shiff asoslarning UB spektrlarida 2, 3 ta yutilish maksimumlari kuzatildi.



-rasm. Sintez qilib olingan moddalarning (I, II, III) UB spektrlari

Jumladan, metoksidolchin aldegidining 4-amino-4H-1,2,4-triazol bilan olingan Shiff asosining UB spektrida 240 nmda π→π* elektron o‘tishlarga hos yutilish maksimimu va 336 nmda n→π* elektron o‘tishlarga hos yutilish maksimumi namoyon bo‘ldi.

Sintez qilingan birikmaning molekulyar massasi hamda element tarkibini tasdiqlash maqsadida mass-spektrometriya usulidan foydalanildi.



3-rasm. I moddaning mass spektri

Olingan mass-spektr tahlili (3-rasm) natijasida spektrda asosiy va eng intensiv cho‘qqi m/z 229.11 qiymatda kuzatildi. Mazkur cho‘qqi birikmaning protonlangan molekulyar ioni $[M+H]^+$ ga mos keladi. Sintez qilingan Shiff asosining nazariy hisoblangan molekulyar massasi 228.25 g/mol ni tashkil etadi. Tajribada aniqlangan m/z 229.11 qiymatining nazariy natijaga juda yaqinligi kondensatsiya reaksiyasi muvaffaqiyatli kechganligini hamda kutilgan modda hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi. Shuningdek, mass-spektrda yot aralashmalar yoki parchalanish mahsulotlariga xos yuqori intensivlikdagi qo‘shimcha cho‘qqilarning kuzatilmasligi moddaning yetarli darajada sof holda olinganligini ko‘rsatadi. Ushbu natijalar dolchin aldegidi va p-aminofenol o‘rtasidagi kondensatsiya reaksiyasi natijasida tegishli Shiff asosi muvaffaqiyatli sintez qilinganligini to‘liq tasdiqlaydi. Shuningdek, sintez qilingan boshqa Shiff asoslarining ham mass-spektrometrik ko‘rsatkichlari o‘rganildi va ular uchun xarakterli protonlangan molekulyar ionlar $[M+H]^+$ aniqlandi. Jumladan, II birikma uchun m/z 348.17 hamda III birikma uchun m/z 359.10 qiymatlar kuzatildi.

Xulosa va takliflar. Xulosa qilib aytganda, MDA asosida ayrim aromatik va geterohalqali aminlar bilan kondensatsiya reaksiyalari olib borilib, yangi Shiff asoslari muvaffaqiyatli sintez qilindi. Reaksiya jarayoni katalizator-sirka kislotasi ishtirokida metanol muhitida olib borildi va hosil bo‘lgan birikmalar yuqori unum bilan ajratib olindi. Sintez qilingan moddalarning kimyoviy tuzilishi IQ-, UB- spektroskopiya hamda mass-spektrometriya usullari yordamida tahlil qilindi. IQ-spektrlarda boshlang‘ich aldegid guruhiga xos C=O tebranish chastotasining yo‘qolishi va 1628–1637 sm^{-1} oralig‘ida azometin bog‘iga tegishli yangi C=N tebranish chastotalarining paydo bo‘lishi Shiff asoslari hosil bo‘lganligini tasdiqladi. UB-spektrlarda kuzatilgan π→π* va n→π* elektron o‘tishlar molekulalarda kon’yugirlangan tizim mavjudligini ko‘rsatdi. Mass-spektrometrik tahlillar natijasida barcha birikmalar uchun protonlangan molekulyar ionlar $[M+H]^+$ aniqlanib, ularning nazariy qiymatlarga mos kelishi sintez muvaffaqiyatli amalga oshganligini tasdiqladi. Olingan natijalar metoksidolchin aldegidi asosidagi Shiff asoslari biologik faol birikmalar sinfiga mansub istiqbolli moddalar ekanligini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zhu R., Liu H., Liu C., Wang L., Ma R., Chen B., Li L., Niu J., Fu M., Zhang D., “Cinnamaldehyde in diabetes: A review of pharmacology, pharmacokinetics and safety”, Pharmacological Research, 2017, Vol. 122, pp. 78–89.

2. Klosterman L.J., “A research school of chemistry in the nineteenth century: Jean Baptiste Dumas and his research students”, Annals of Science, 1985, Vol. 42, pp. 41–80.

3. Friedman M., “Chemistry, antimicrobial mechanisms, and antibiotic activities of cinnamaldehyde against pathogenic bacteria in animal feeds and human foods”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, Vol. 65, pp. 10406–10423.

4. Cabello C.M., Bair W.B. III, Lamore S.D., Ley S., Bause A.S., Azimian S., Wondrak G.T., “The

cinnamon-derived Michael acceptor cinnamic aldehyde impairs melanoma cell proliferation, invasiveness, and tumor growth", Free Radical Biology and Medicine, 2009, Vol. 46, pp. 220–231.

5. Okey N.C., Obasi N.L., Ejikeme P.M., Ndinteh D.T., Ramasami P., Sherif E.-S.M., Akpan E.D., Ebenso E.E., "Evaluation of some amino benzoic acid and 4-aminoantipyrine derived Schiff bases as corrosion inhibitors for mild steel in acidic medium: Synthesis, experimental and computational studies", Journal of Molecular Liquids, 2020, Vol. 315, Article 113773.

6. Raczuk E., Dmochowska B., Samaszko-Fiertek J., Madaj J., "Different Schiff Bases—Structure, Importance and Classification", Molecules, 2022, Vol. 27, Article 787.

7. Ceramella J., Iacopetta D., Catalano A., Cirillo F., Lappano R., Sinicropi M.S., "A Review on the Antimicrobial Activity of Schiff Bases: Data Collection and Recent Studies", Antibiotics, 2022, Vol. 11, Article 191.

8. Catalano A., Sinicropi M.S., Iacopetta D., Ceramella J., Mariconda A., Rosano C., Scali E., Saturnino C., Longo P., "A Review on the Advancements in the Field of Metal Complexes with Schiff Bases as Antiproliferative Agents", Applied Sciences, 2021, Vol. 11, Article 6027.

9. Matela G., "Schiff Bases and Complexes: A Review on Anti-Cancer Activity", Anticancer Agents in Medicinal Chemistry, 2020, Vol. 20, pp. 1908–1917.

10. Murtaza G., Mumtaz A., Khan F.A., Ahmad S., Azhar S., Najam-Ul-Haq M., Atif M., Khan S.A., Maalik A., Alam F., et al., "Recent pharmacological advancements in Schiff bases: A Review", Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research, 2014, Vol. 71, pp. 531–535.

11. Kajal A., Bala S., Kamboj S., Sharma N., Saini V., "Schiff Bases: A Versatile Pharmacophore", Journal of Catalysts, 2013, Vol. 2013, Article 893512.

12. Teran R., Guevara R., Mora J., Dobronski L., Barreiro-Costa O., Beske T., Pérez-Barrera J., Araya-Maturana R., Rojas-Silva P., Poveda A., et al., "Characterization of Antimicrobial, Antioxidant, and Leishmanicidal Activities of Schiff Base Derivatives of 4-Aminoantipyrine", Molecules, 2019, Vol. 24, Article 2696.

13. Afridi H.H., Shoaib M., Al-Joufi F.A., Shah S.W.A., Hussain H., Ullah A., Zahoor M., Mughal E.U., "Synthesis and Investigation of the Analgesic Potential of Enantiomerically Pure Schiff Bases: A Mechanistic Approach", Molecules, 2022, Vol. 27, Article 5206.

14. Shawky A.M., Abourehab M.A.S., Abdalla A.N., Gouda A.M., "Optimization of pyrrolizine-based Schiff bases with 4-thiazolidinone motif: Design, synthesis and investigation of cytotoxicity and anti-inflammatory potency", European Journal of Medicinal Chemistry, 2020, Vol. 185, Article 111780.

15. Mermer A., Demirbas N., Uslu H., Demirbas A., Ceylan S., Sirin Y., "Synthesis of novel Schiff bases using green chemistry techniques; antimicrobial, antioxidant, antiurease activity screening and molecular docking studies", Journal of Molecular Structure, 2019, Vol. 1181, pp. 412–422.

16. Wang Y.-Y., Xu F.-Z., Zhu Y.-Y., Song B., Luo D., Yu G., Chen S., Xue W., Wu J., "Pyrazolo[3,4-d]pyrimidine derivatives containing a Schiff base moiety as potential antiviral agents", Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters, 2018, Vol. 28, pp. 2979–2984.

17. Wang C., Fan L., Pan Z., Fan S., Shi L., Li X., Zhao J., Wu L., Yang G., Xu C., "Synthesis of Novel Indole Schiff Base Compounds and Their Antifungal Activities", Molecules, 2022, Vol. 27, Article 6858.

18. Laxminarayan R., "The overlooked pandemic of antimicrobial resistance", The Lancet, 2022, Vol. 399, pp. 606–607.

19. Nadimpalli M.L., Chan C.W., Doron S., "Antibiotic resistance: A call to action to prevent the next epidemic of inequality", Nature Medicine, 2021, Vol. 27, pp. 187–188.

20. World Health Organization, Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) Report: Early Implementation 2020, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2020, p. 180.

21. Cohen T.L., "The Next Pandemic: A pragmatic and ethical discussion about the looming threat of antibiotic resistance", Voices in Bioethics, 2022, Vol. 8.

22. Vaughn V.M., Gandhi T.N., Petty L.A., Patel P.K., Prescott H.C., Malani A.N., Ratz D., McLaughlin E., Chopra V., Flanders S.A., "Empiric Antibacterial Therapy and Community-onset Bacterial Coinfection in Patients Hospitalized with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Multi-hospital Cohort Study", Clinical Infectious Diseases, 2021, Vol. 72, pp. 533–541.

23. Ghimpeteanu O.M., Pogurschi E.N., Popa D.C., Dragomir N., Dragotoiu T., Mihai O.D., Petcu C.D., "Antibiotic Use in Livestock and Residues in Food—A Public Health Threat: A Review", Foods, 2022, Vol. 11, Article 1430.

24. Iacopetta D., Ceramella J., Catalano A., Saturnino C., Bonomo M.G., Franchini C., Sinicropi M.S., "Schiff Bases: Interesting Scaffolds with Promising Antitumoral Properties", Applied Sciences, 2021, Vol. 11, Article 1877.

CHIQINDI POLIETILENNI MODIFIKATSIYALASH ASOSIDA OLINGAN POLIMER MATERIALLARINING XOSSALARINI O‘RGANISH

Mamatova Shahnoza Berdiqobilovna
Qarshi davlat universiteti v.b. dotsenti, t.f.f.d. (PhD)
shahnoza.mamatova.88@gmail.com
ORCID 0009-0007-5423-7694
Qurbanov Mingniqul Jumag‘ulovich
Qarshi davlat universiteti, kimyo fanlari doktori, dotsent
qurbanovmeyliqul@gmail.com
ORCID 0000-0001-7867-4185
Hayitova Dilorom Qahramon qizi
Qarshi davlat texnika universiteti tayanch doktoranti
hayitovadilorom6@gmail.com
UDK 66(045)

Annotatsiya. Maqolada past bosimli yuqori zichlikli polietilen chiqindilarini ikkilamchi qayta ishlash asosida polimer materiallar olish va ularning xossalarini o‘rganish natijalari keltirilgan. Yangi turdagi polimer materiallar olishda kimyoviy bog‘lovchi sifatida melamindan foydalanildi. Namunalarning yonuvchanligi “Olovli truba” usulida, kislorod indeksi ISO 4589-1, oquvchanlik ko‘rsatkichi esa DavST 11645-2021 standarti bo‘yicha aniqlandi. Ikkilamchi polietilen tarkibiga qo‘shilgan melamin kislorod indeksini 23,4 % dan 25,1 % gacha oshirib, materialning yonuvchanligini kamaytirdi. Melaminli namunalarda oquvchanlik koeffitsiyenti 0,878 g dan 0,820 g gacha pasaydi. Bu o‘zgarish qo‘shilgan komponentning kimyoviy tabiati, tarkibi va tuzilishi bilan bog‘liq. Olingan polimer material qurilish sohasida yonuvchanligi kamaytirilgan mahsulot sifatida qo‘llash uchun istiqbolli deb baholandi.

Kalit so‘zlar: ikkilamchi polietilen, polimer material, yonuvchanlik, kislorod indeksi, olovli truba, modifikatsiyalash, oquvchanlik, bog‘lovchi, melamin.

STUDY OF THE PROPERTIES OF POLYMER MATERIALS OBTAINED BASED ON THE MODIFICATION OF WASTE POLYETHYLENE

Abstract. The article presents the results of obtaining polymer materials by recycling low-pressure high-density polyethylene waste and studying their properties. Melamine was used as a chemical binder. Flammability was determined by the “Fire tube” method, the oxygen index according to ISO 4589-1, and the melt flow index according to State Standard 11645-2021. Melamine increased the oxygen index of recycled polyethylene from 23.4% to 25.1% and reduced its flammability. The melt flow coefficient decreased from 0.878 g to 0.820 g. This change depends on the chemical nature, composition and structure of the added component. The obtained material is considered promising for construction.

Key words: recycled polyethylene, polymer material, flammability, oxygen index, fire tube, modification, melt flow index, binder, melamine.

Kirish. Plastmassalar arzon, yengil va bardoshli bo‘lib, turli xil mahsulotlarga, shakllarga va o‘lchamlarga osongina qoliplanishi mumkin, shuning uchun ularning global miqyosda keng qo‘llanilishi ishlab chiqarish va foydalanishni ko‘paytirishga olib keladi. Plastmassa iste’moli va ishlab chiqarish 1950-yillardagi birinchi ishlab chiqarishdan beri o‘sib bormoqda. Jahon neft va gaz ishlab chiqarishining taxminan 4 % plastmassa uchun xom-ashyo sifatida ishlatiladi va 3-4 % ularni ishlab chiqarish uchun energiya bilan ta’minlash uchun ishlatiladi. Plastmassalar keng ko‘lamli iste’mol yo‘nalishlariga ega, chunki ular ko‘p qirrali va nisbatan arzon material hisoblanadi.

Kishilik jamiyatining bugungi kundagi talabini qondirish uchun xizmat qiluvchi korxona va ishlab chiqarish sanoatlarining yuksalishi oqibatida ishlab chiqarish sanoati chiqindilari va boshqa turdagi chiqindilar ko‘p miqdorda hosil bo‘lmoqda. Hozirgi kunda chiqindilarni qayta ishlash bo‘yicha bir qator amaliy ishlar olib borilmoqda va ularni qayta ishlash muhim ahamiyat kasb etadi.

Kimyoviy qayta ishlash usuli global plastik chiqindilar muammosi uchun eng rivojlangan yechimlardan biridir. Ushbu keng qamrovli atama ya’ni kimyoviy qayta ishlash turli xil mahsulotlarga olib keladigan bir nechta texnologiyalarni o‘z ichiga oladi. Polietilen va polipropilenni kimyoviy qayta ishlashga so‘nggi yillarda plastik chiqindilar muammosi ortib borayotganligi sababli katta e’tibor qaratilmoqda. [1,2,3].

Polimer materiallarni utilizatsiya qilish va uni ikkilamchi qayta ishlash eng dolzarb masalalardan biri bo‘lib, uni ishlab chiqarishga yana qaytarish iqtisodiy jihatdan muhimdir. Polimerlarni ikkilamchi qayta ishlash texnologiyasi bir qancha bosqichlardan iborat bo‘lib,

saralash va identifikatsiyalash, maydalash, aralash chiqindilarni ajratish, yuvish va quritishdan iborat [4,5].

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu tadqiqot ishlarida polietilendan tayyorlangan va xizmat muddatini o‘tagan turli xil chiqindi polietilen plyonkalari saralab olindi, mexanik qo‘shimchalardan birlamchi tozalandi va maydalandi. Maydalangan ikkilamchi polietilen chiqindisi metall zarrachalaridan tozalanib, issiq suvda bir necha bor yuvib olindi. Yuvib olingan polietilen mahsulotlari sentrafugalash orqali quritildi. Tadqiqot davomida yangi turdagi polimer material olish uchun komponentlar 50:1 nisbatida (polietilen chiqindisi:melamin) gomogen aralashma olish maqsadida 115-140 °C haroratda 60 ayl/daqiqadagi ekstruderga joylandi. Olingan issiq aralashma sovitildi va granulyatordan o‘tkazildi.

Ikkilamchi polietilen asosidagi polimer materiallarning kislorod indeksini aniqlash. Tadqiqot uchun olingan ikkilamchi polietilen asosidagi polimer material namunalarining yonuvchanligini aniqlash DavST 21793-76 muvofiq va ISO 4589-1 ga muvofiq o‘rganildi. Namunalarning yonuvchanligini aniqlashda “Olovli truba” usulidan foydalanildi. Ushbu usul *Extrusion Plastomer* qurilmasida olib borildi [6].

Ikkilamchi polietilen asosidagi polimer material namunalarining oquvchanligini aniqlash. Ikkilamchi polietilen asosidagi polimer namunalarning oquvchanligini aniqlash DavST 11645-2021 «Termoplastlar suyuqlanmasi oquvchanligi ko‘rsatkichini aniqlash usuli» (ISO 1133-1:2011, NEQ) bo‘yicha aniqlandi [7]. Termoplastik polimerlarda oquvchanlik koeffitsiyenti “suyuqlanma indeksi” deb ataluvchi shartli termin bilan yuritiladi. Ushbu usulda yuqori harorat ta’sirida polimer eritmasi oquvchanlik holatiga o‘tadi va bosim ostida maxsus asbobning standart teshigi orqali 10 minut ichida oqib tushadigan grammlar hisobidagi polimer massasini aniqlashga asoslangan. Suyuqlanma indeksini topish uchun g/10 daqiqa orqali ifodalanadi.

Natijalar va muhokama. Polimer materiallaridan tayyorlangan chiqindilarni utilizatsiya qilishning eng yaxshi usullaridan biri - bu ularni ikkilamchi qayta ishlash usuli bo‘lib, u eng muhim va foydali usullardan biri bo‘lib hisoblanadi. Polimer mahsulotlarining katta qismi qurilish sohasida ishlatiladi. Ayni shu mahsulotlarga bo‘lgan talabni qondirishda foydalanib bo‘lingan polimer mahsulotlarini yanada xossalarini saqlagan holda ikkilamchi qayta ishlash muhim masalalardan biridir.

Ushbu tadqiqot ishidan ko‘zlangan asosiy maqsad yangi tipdagi azot saqlovchi modifikatsiyalangan polimer mahsulotlari olishga qaratilgan. Polietilen materiallarini qayta ishlashda yonuvchanligini pasaytirish eng asosiy ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Yonish - bu materialning umumiy kompleks tavsifi bo‘lib, materialning yonuvchanligi, yong‘inni saqlash va uni tarqatish tavsiflari bilan aniqlanadi. Hozirgi kunda yaxshi himoyalangan va dekorativ xossaga ega bo‘lgan, yonuvchanligi past, hamda xizmat muddati uzoq bo‘lgan polimer materiallariga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Shuni inobatga olib, past bosimli ikkilamchi polietilenning yonuvchanligini pasaytirish maqsadida bir qancha amaliy-eksperimental tadqiqotlar olib borildi.

Polimer materiallarining yonuvchanligini aniqlash bo‘yicha keng tarqalgan usullardan biri bu - kislorod indeksidir. Ushbu usul plastmassalarning yonuvchanlik qobiliyatini baholashga asoslangan. Usulning mohiyati tadqiq qilinayotgan namunalarning qisqa vaqt ichida ochiq alanga ustida yonish yoki tutab yonish vaqtini (yoki yo‘qotgan massasini) aniqlashga asoslangan. Tadqiqotlar DavST 21793-76 va ISO 4589-1 talablari asosida amalga oshirildi. Namunalarning yonuvchanligini aniqlashda “Olovli truba” usulidan foydalanildi. Tadqiqot uchun tanlangan kompozitsion namunalarning olovga chidamliligi 23 ±2 °C harorat atrofida, plastinka shaklidagi uzunligi 150 mm, eni 35 mm, qalinligi 2 mm va og‘irligi 10 g bo‘lgan namunalarda olib borildi. Tadqiqot natijalariga asosan namunaning mustaqil yonishi vaqti yoki tutab yonish vaqti, har bir namunani yoqish uchun sarflangan vaqtga asosan aniqlandi. Tadqiqotda namunalarning yo‘qotgan massasini topish uchun namunalar xona haroratigacha sovitildi va analitik tarozida 0,01 g aniqlik bilan o‘lchandi. Namunaning sinashdan oldingi va sinovdan keyingi massalari o‘rtasidagi farqni inobatga olib, namunaning yo‘qotgan massasi foizlarda quyidagi formulaga muvofiq topildi:

$$G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \text{ x } 100$$

bu yerda: G_1-namunaning dastlabki massasi, g; G_2- namunaning yongandan keyingi massasi, g.

Tadqiqot natijasida hosil qilingan polimer materiallarning ISO 4589-1 bo‘yicha kislorod indeksi quyidagi 1-jadvalda umumlashtirildi. Jadval ma’lumotlariga ko‘ra, ikkilamchi polietilenning kislorod indeksi 23,4 % ni tashkil etgan bo‘lsa, ikkilamchi polietilen + melamin asosidagi namunaning kislorod indeksi 25,1 % ni tashkil etadi. Yonish uchun sarflangan vaqt esa ikkilamchi polietilenda 133,4 soniyani tashkil etgan bo‘lsa, ikkilamchi polietilen + melamin asosidagi namunada 148,3 soniyani tashkil etganligi aniqlandi [8].

1-jadval

Past bosimli ikkilamchi polietilen asosidagi polimer materiallarning kislorod indeksi

№	Polimer material tarkibi	Tarkibi (polietilen: modifikator), (g)	ISO 4589-1 KI%	Yonish uchun ketgan vaqti (sekund)
1	Ikkilamchi polietilen	–	23,4	133,4
2	Ikkilamchi polietilen + melamin	50:1	25,1	148,3

Tadqiqot davomida polimer materiallarini qayta ishlanish qobiliyatini ifodalovchi asosiy ko‘rsatkichlaridan biri bo‘lgan oquvchanlik ko‘rsatkichi ham o‘rganildi. Namunalarning oquvchanligini aniqlash uchun dastlab polimer material granulalaridan 3 g miqdorda o‘lchab olindi va u metall ekstruzion kameraga joylandi. Tadqiqot uchun olingan namunalar zichlovchi moslama yordamida mexanik tarzda presslandi va uning ustidan 2160 g og‘irlikdagi yuklama joylashtirildi. Sinalayotgan namunalarning ishchi harorati 190 ºC etib belgilandi.

Tadqiqot uchun olingan namunalarning oquvchanligi natijalari quyidagi 2-jadvalda keltirilgan [9-10].

2-jadval

Ikkilamchi polietilen namunalarining oquvchanlik koeffitsiyenti

№	Polimer material tarkibi	Tarkibi (polietilen: modifikator), (g)	DavST-11645 bo‘yicha polimer materiallarning oquvchanlik koeffitsiyenti 190°C/2,16 kg, (g/10 min)
1	Ikkilamchi polietilen	–	0,878
2	Ikkilamchi polietilen+melamin	50:1	0,820

Yuqoridagi 2-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, ikkilamchi polietilenning oquvchanlik koeffitsiyenti 190 °C harorat va 10 daqiqa davomida 0,878 g ni tashkil etgan bo‘lsa, past bosimli ikkilamchi polietilenning melamin bilan 50:1 nisbatda hosil qilgan materialining 190 °C harorat va 10 daqiqa davomidagi oquvchanligi 0,820 g ekanligi aniqlandi.

Xulosa va takliflar. Yuqoridagi natijalar asosida shu narsani aytish mumkinki, ikkilamchi polietilen tarkibiga qo‘shilgan melamin olingan materialning yonuvchanligini kamaytiradi. Polimer tarkibidagi melamin hisobiga yonganda koks hosil bo‘lish jarayoni tezlashadi. Koks hosil bo‘lishining birinchi muhim vazifasi gaz fazasiga yonuvchan mahsulot chiqishini kamaytirishi hisoblanadi. Bunda hosil bo‘lgan koks yonuvchan gaz oqimlarini alanga tomon kamaytiradi. Ikkilamchi polietilen sirtida hosil bo‘lgan koks yonuvchi material va alanga orasida materialni issiqlik oqimidan to‘sib qo‘yadi va issiqlikni o‘zgartiradi. Hosil bo‘lgan koks past issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega va u asosiy materialni alanganing issiqlik oqimidan ma’lum bir vaqtlarda himoya qiladi va yonuvchanligini pasaytiradi. Bu esa olingan mahsulotning qurilish sohasida ishlatilish samaradorligini oshiradi.

Polimer namunalarining oquvchanlik ko‘rsatkichi natijalaridan shuni xulosa qilish mumkinki, toza holatdagi polietilen namunalariga nisbatan komponent qo‘shilgan namunalardagi oquvchanlik koeffitsiyentining past bo‘lishligiga asosiy sabab, namuna tarkibiga qo‘shilgan komponentning kimyoviy tabiati, tarkibi, tuzilishiga uzviy bog‘liq ekanligi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Daria Fraczak “Chemical Recycling of Polyolefins (PE, PP): Modern Technologies and Products” Waste Material Recycling in the Circular Economy - Challenges and Developments. 2021. P.: 1-17. DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.99084

2. Бекназаров Э.М., Лутфуллаев С.Ш., Сайдалов Ф.М. Исследование ИК-спектры при переработке вторичных полимеров. Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 5(86). С.: 24-29. URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11716

3. Мухиддинов Б.Ф., Негматов С.С., Тилавова Л.И. Исследование технологических и термических характеристик композиций полученных на основе отходов полиэтилентерефталата с полиэтиленом. Universum: технические науки: электрон. научный журнал 2021. 11(92). С.: 57-62. URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12664.

4. Супрун Л.В., Романенко С.В., Цыганкова Т.С. Анализ и решение проблемы утилизации и вторичной переработки полиэтилентерефталат (ПЭТ) отходов в городе Томске. Вестник науки Сибири. 2012. № 4 (5) с. 107-112. http://sjs.tpu.ru

5. Залещенок А.С. Анализ эффективности логистической функции производства полиэтилена из вторичного сырья. Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28, № 10. – С. 90-93.

6. ГОСТ 15139-69. Методы определения плотности (объёмной массы). Государственный комитет СССР по стандартам Москва 1985. С 4-6.

7. ГОСТ 11645-2021. Методы определения показателя текучести расплава термопластов. ISO 1133-1:2011. Москва Российский институт стандартизации 2021. С 8.

8. Маматова Ш.Б., Қурбанов М.Ж. “Иккиламчи қайта ишлаш асосида полиэтилен чиқиндиларидан қурилиш материаллари олиш” ҚарДУ хабарлари 2022 (5/1)55. 71 б.

9. Маматова Ш.Б., Қурбанов М.Ж. “Полиэтилен чиқиндиларини қайта ишлаш асосида қурилиш материаллари олиш” Тошкент кимё-технология институти Янгиер филиали “Замонавий кимёвий ва физикавий технологияларда парадигмалар: анъаналар ва инновацион ёндашувларни ўзаро таъсири” халқаро илмий-техникавий анжуманининг мақолалари тўплами. 2022-йил. 50-б.

10. Маматова Ш.Б., Қурбанов М.Ж. “Иккиламчи полиэтилен ва модификацияланган олтингугурт асосида полимер композицион материал олиш” Navoiy davlat pedagogika instituti “Kimyo va kimyoviy texnologiyaning dolzarb muammolari va yechimlari” ilmiy-amaliy konferensiyasi 2023-yil. 398-b.

BEL-BO‘Y NISBATI BOLALAR VA O‘SMIRLARDA MARKAZIY SEMIZLIK VA KARDIOMETABOLIK XAVF INDIKATORI

Qurbonov Abdulaziz Shoniyozovich,
Qarshi davlat universiteti, b.f.n, dots,
Odam va hayvonlar fiziologiyasi kafedrasi mudiri
abdulazizshk@mail.ru
Mingishova Zarina Akmaljon qizi,
Qarshi davlat universiteti tayanch doktoranti
mingishovazarina@gmail.com
ORCID 0009-0009-9182-5473
UDK 616/616.-053.2

Annotatsiya. Bolalarda ortiqcha vazn va semizlik erta metabolik kasalliklar xavfini oshiradi. Tadqiqotning maqsadi Buxoro viloyati maktablarining 7–8 va 12–13 yoshli o‘quvchilarida bel-bo‘y nisbati, tana massasi indeksi (TMI) va teri yog‘ qavati o‘rtasidagi munosabatlarni jins-yosh kesimida baholash hamda ularning yurak-qon tomir kasalliklari va qandli diabet xavfini prognozlashdagi ahamiyatini o‘rganishdir. Kesishma antropometrik tadqiqot to‘rt guruhda o‘tkazildi. 12–13 yoshli bolalarda TMI, bel-bo‘y nisbati va teriosti yog‘ qavati ko‘rsatkichlari 7–8 yosh guruhiga nisbatan yuqori bo‘ldi. Bel-bo‘y nisbati va teriosti yog‘ qavati TMI Z-skori bilan kuchli ijobiy korrelyatsiya ko‘rsatdi. Bel-bo‘y nisbati ≥0,5 bo‘lgan bolalarda yurak-qon tomir xavfi yuqori bo‘lib, kombinatsiyalangan model yuqori prediktiv aniqlikni namoyon etdi.

Kalit so‘zlar: Bel-bo‘y nisbati, Ketle indeksi, TMI, teri yog‘ qavati, markaziy semizlik, bolalar, o‘smirlar, yurak-qon tomir kasalliklari, qandli diabet.

BODY MASS INDEX, CENTRAL OBESITY, AND CARDIOMETABOLIC RISK INDICATORS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

Abstract. Excess weight and obesity in children increase the risk of early metabolic diseases. The study evaluates the relationships between the waist-to-height ratio (WHtR), body mass index (BMI) and skinfold thickness in schoolchildren aged 7–8 and 12–13 years in Bukhara region by sex and age and their importance in predicting cardiovascular diseases and diabetes. BMI, WHtR and skinfold thickness were significantly higher in the 12–13-year-old group than in the 7–8-year-old group. WHtR and skinfold thickness showed a strong positive correlation with the BMI Z-score. Children with WHtR ≥0.5 had a higher cardiovascular risk, and the combined model demonstrated high predictive accuracy.

Key words: waist-to-height ratio, Quetelet index, BMI, subcutaneous fat layer, central obesity, children, adolescents, cardiovascular diseases, diabetes.

Kirish. Bolalik davridagi ortiqcha vazn va semizlik erta metabolik buzilishlar va ularning uzoq muddatli asoratlari — o‘rta va katta yoshda yurak-qon tomir kasalliklari hamda 2-toifa qandli diabet rivojlanish xavfini oshiradi [5,9]. Ketle indeksi (TMI — Tana massasi indeksi) umumiy tana massasi va bo‘yga nisbatan vaznni baholashda keng qo‘llaniladi, ammo u yog‘ taqsimoti va visseral (ichki) yog‘ning to‘planishini aniq aks ettirmaydi, bu esa kardiometabolik xavfni baholashda cheklov hisoblanadi.[9,12] Bel-bo‘y nisbati (Bel-bo‘y nisbati — waist-to-height ratio) markaziy semizlikni (abdominal/visseral yog‘) o‘lchash uchun oddiy va samarali indikator bo‘lib, kattalar va bolalarda kardiometabolik xavfni prognozlashda yuqori prediktiv qiymatga ega ekanligi bir qator tadqiqotlar va amaliy qo‘llanmalar tomonidan tasdiqlangan.[3,8,10]

Teriosti yog‘ qavati (subkutan fat) kaliper yoki ultratovush yordamida o‘lchanishi mumkin va u yog‘ning boshqa jihatini — teriosti to‘planishini — aks ettiradi, bu esa organizmda yog‘ taqsimotining kompleks bahosini olish uchun muhimdir.[4,13] Ushbu uch indikatorni birgalikda tahlil qilish metabolik xavfni aniqlashda qo‘shimcha foyda beradi, chunki bu har biri organizmdagi yog‘ va metabolik holatning turli jihatlarini o‘lchaydi.[9]

O‘zbekiston, xususan Buxoro viloyatida Bel-bo‘y nisbati, TMI va teri yog‘ qavati o‘rtasidagi munosabatlarni va ularning yurak-qon tomir hamda qandli diabet xavfi bilan sabab-aloqa jarayonini aniqlovchi empirik tadqiqotlar cheklangan; mahalliy va mintaqaviy tadqiqotlar soni chegaralanganligi va ularning ko‘pligi asosan umumiy antropometrik ko‘rsatkichlarga qaratilgani qayd etilgan.[5,6] Mintaqaviy tadqiqotlarda bolalar orasida ortiqcha vazn va semizlikning tarqalishi hamda metabolik sindrom xavf omillari o‘rganilgan bo‘lsa-da, Bel-bo‘y nisbati va teri yog‘ qavati kabi markaziy semizlikni o‘lchovchi indikatorlarning 7–8 hamda 12–13 yosh guruhlarida jins va yosh bo‘yicha solishtirilgan tahlili yetarli darajada mavjud emasligi ko‘rsatildi.[8,9,10]

Ushbu tadqiqot 7–8 va 12–13 yoshdagi bolalar orasida TMI, Bel-bo‘y nisbati va teriosti yog‘ qavati (kaliper bilan o‘lchandi) ko‘rsatkichlarini jins va yosh bo‘yicha taqqoslab, ulardagi kardiometabolik xavfni baholashni maqsad qilgan.

Tadqiqotda asosiy antropometrik o‘lchovlar — bo‘y, tana massasi (TMI hisoblash uchun), bel aylanasi (Bel-bo‘y nisbati uchun), va subkutan yog‘ qavati (kaliper/ultratovush) olinadi va jins hamda yosh bo‘yicha guruhlararo farqlar statistik usullar orqali tahlil qilinadi. Mahalliy sog‘liqni saqlash xizmatlari va maktab sog‘liq markazlari uchun bolalarda Bel-bo‘y nisbati hamda teriosti yog‘ qavatini monitoring qilishni joriy etish tavsiya etiladi, chunki ular erta aniqlash va profilaktika choralarini samaraliroq yo‘lga qo‘yishda yordam beradi.[15]

Tadqiqot metodologiyasi. Kesishma antropometrik tadqiqot Buxoro viloyatining tasodifiy tanlangan shahar va qishloq maktablarida amalga oshirildi. Ishtirokchilar: 7–13 yoshli maktab o‘quvchilari. To‘rt guruh: 7–8 yosh erkak, 7–8 yosh ayol, 12–13 yosh erkak, 12–13 yosh ayol. Tanlov stratifikatsiyalangan tasodifiy usulda bajarildi.Tekshirishlar bolalar va ularning ota onalarining roziligi aso asosida o‘tkazilgan.

Bo‘y uzunligi to‘g‘ri turgan holatda rostomer (shtativ antropomet) da o‘lchandi. Vertex (tepa nuqta) gorizontal holatda belgilab, bo‘y smda o‘qib olindi. Xatoni kamaytirish uchun har bir bolaning bo‘yi ikki marta o‘lchab, farq ≤ 0.5 sm bo‘lsa o‘rtacha qiymat qabul qilindi.

Tana massasi elektron tibbiy tarozida (kalibratsiyalangan, 0.1 kg aniqlik) yengil kiyimda, oyoqlar markazda turgan holatda o‘lchandi. Farq ≤ 0.2 kg bo‘lsa, o‘rtacha qiymat ishlatildi.

Bel aylanasi cho‘zilmaydigan elektron ruletka (tibbiy antropolentka, 0.1 sm aniqlik) bilan iliak krista va processus xiphoideus oralig‘idagi midpoint (o‘rta nuqta) da o‘lchandi. Nafas chiqarish oxirida, mushaklar relaks (bo‘shashgan) holatda, ruletka tana bilan perpendikulyar cho‘zilmaydigan holatda o‘rnatildi. Farq ≤ 0.5 sm bo‘lsa o‘rtacha qiymat qabul qilindi.

Tana massasi indeksi og‘irlik(kg) / bo‘y²(m) formula orqali hisoblandi. Bola uchun TMI Z-skor WHO (World Health Organization — Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti) standartlariga mos hisoblandi va pediatrik kategoriya tavsiyalari asosida norma, ortiqcha vazn, semizlik kategoriyalari belgilandi.[1,2]

Markaziy semizlik markeri bel (sm) / bo‘y (sm) orqali hisoblanadi. Markaziy semizlik me’yori Bel-bo‘y nisbati ≥ 0.5.

Teri yog‘ qavati kaliper (0.1 mm aniqlik) bilan o‘lchandi. O‘lchov joylari: tritseps (yelka orqa taraf), qorinning pastki qismi (bel laterali), sonning oldingi yuzasi. Har bir joyda teri yog‘ 2–3 marta o‘lchab, farq ≤ 0.5 mm bo‘lsa o‘rtacha qiymat (mm) qabul qilindi. Teri yog‘ norma va yuqori kategoriyalariga belgilangan kesimlar asosida ajratildi.

Natijalar va muhokama. Barcha guruhlarning o‘rtacha bo‘y va tana massasi me’yoriy qiymatlardan past. Bu holat 12–13 yosh guruhlarida aniqroq ko‘zga tashlanadi, ya’ni o‘sish va og‘irlik yig‘ish me’yoridan ortda qolmoqda

Ko‘rsatkichlar		7-8 yosh		12-13 yosh	
		O‘g‘il bolalar, n=107	Qizlar, n=110	O‘g‘il bolalar, n=97	Qizlar, n=84
Bo‘y uzunligi (sm)	Olingan natija	127,14±0,05	125,3±0,05	147,7±0,06	148,98±0,07
	Me’yor	132,1±0,6	131,9±0,6	162,6±0,6	159,6±0,5
	Me’yorga nisbatan holat, %	96.2±0.47%	95±0.47%	90.8±0.37%	93.35±0.34%
Tana massasi (kg)	Olingan natija	26,9±0,06	25,5±0,5	40,76±0,9	40,8±0,9
	Me’yor	29,2±0,5	29±0,5	49,5±0,7	51±0,5
	Me’yorga nisbatan holat, %	92.12±1.78%	96.2±0.47%	87.93±3.24%	80±2.55%

Yosh bo‘yicha farq: 7–8 yoshdagi bolalarda bo‘y va tana massasi me’yoridan chekinishlar nisbatan kichik (bo‘y uchun taxminan 4–5%, tana massasi uchun 4–8%). 12–13 yoshda esa pastlik kattalashadi — bo‘y uchun o‘g‘il bolalarda ~9.2%, qizlarda ~6.65%; tana massasi uchun o‘g‘il bolalarda ~12%, qizlarda ~20%.

Jinslar bo‘yicha farq: 7–8 yoshda o‘g‘il va qizlar orasidagi me’yordan chekinish darajasi o‘xshash (bo‘yda ~95–96%, tana massasida 92–96%). 12–13 yoshda qizlarning tana massasi

me’yorga nisbatan eng past (80%), bu jinsiy dimorfizm va o‘sish bosqichlaridagi farqlardan dalolat berishi mumkin.

Barcha yog‘ qavatlari ko‘rsatkichlari 12–13 yoshga o‘tishda oshadi, bu pubertal o‘sish va umumiy tana hajmining ortishini ko‘rsatadi. Ayniqsa STYQ va QTYQ tomonidan ifodalangan son va qorin hududidagi subkutan yog‘ sezilarli darajada ortadi.

Ko‘rsatkichlar	7-**8** yosh		12-**13** yosh	
	O‘g‘il bolalar, n=107	Qizlar, n=81	O‘g‘il bolalar, n=97	Qizlar, n=84
KTYQ	0,37±0,003	0,39±0,16	0,48±0,004	0.54±0.004
YTYQ	0,44±0,004	0,58±0,003	0,7±0,005	0.76±0.005
QTYQ	0,3±0,005	0,34±0,004	0,5±0,005	0.6±0.006
STYQ	0,77±0,008	0,98±0,004	1,17±0,008	1.4±0.01
TMI	16,5±0,03	16,15±0,02	18,6±0,04	18,3±0,03
Bel/bo‘y	0,45±0,0004	0,44±0,0005	0,4±0,0005	0,43±0,0005

Har ikki yosh guruhida qizlar KTYQ, YTYQ, QTYQ va STYQ bo‘yicha yuqori qiymatlarga ega, ya’ni qizlarda subkutan yog‘ to‘planishi ko‘proq. 7–8 yoshda bu farq YTYQ va STYQda aniq (0.58 vs 0.44; 0.98 vs 0.77). 12–13 yoshda qizlardagi STYQ (1.40) o‘g‘ilardagidan (1.17) yuqori.

TMI 7–8 yoshda taxminan 16, 12–13 yoshda esa ~18 — bu yoshga qarab TMI oshishini ko‘rsatadi; o‘g‘illar biroz yuqoriroq TMI ga ega. Bel/bo‘y nisbati o‘g‘illarda 7–8 dan 12–13 yoshga o‘tishda kamayadi (0.45 → 0.40), qizlarda esa barqaror yoki biroz oshadi (0.44 → 0.43). Bu qizlarda markaziy tana va abdominal proporsiyalarning saqlanishi yoki ortishi; o‘g‘illarda esa bo‘yning nisbatan tez o‘sishi bilan tushishini ko‘rsatadi.

Birinchi jadvalga ko‘ra, har ikkala yosh guruhida bo‘y va tana massasi me’yoriy qiymatlardan past; shu bilan birga subkutan yog‘ qavatlari (ayniqsa qizlarda) o‘sish ko‘rsatmoqda. Bu shuni ko‘rsatadiki:

- Tana massasi past bo‘lishiga qaramay, yog‘ taqsimoti qorin va son hududlarida ortishi metabolik sog‘liq xavfini oshirishi mumkin (masalan, insulin qarshiligi), ayniqsa TMI va qorin yog‘i ortishi kuzatilsa.[7]
- O‘g‘illarda bo‘y pastligi va bel/bo‘y kamayishi o‘sish fazasidagi kechikish yoki demografik me’yorlardan farqlanishga ishora qilishi mumkin.

Xulosa va takliflar. Tadqiqot natijalari Buxoro viloyatidagi 7–8 va 12–13 yoshli maktab o‘quvchilari orasida TMI, Bel-bo‘y nisbati va teriosti yog‘ qavati 12–13 yosh guruhida sezilarli darajada yuqori ekanligini ko‘rsatdi; ayniqsa subkutan yog‘ qavatlarining (son va qorin hududlari) o‘sishi pubertal bosqich bilan bog‘liq.

Bel-bo‘y nisbati va teriosti yog‘ qavati TMI Z-skorga kuchli musbat korelyatsiya ko‘rsatdi, ya’ni markaziy va subkutan yog‘ to‘planishi umumiy vazn ortishi bilan birga ko‘payadi.

Bel-bo‘y nisbati ≥ 0.5 bo‘lgan bolaning yurak–qon tomir kasalliklari xavfi (OR) yuqori ekanligi aniqlangan; kombinatsiyalangan model (TMI, Bel-bo‘y nisbati va teri yog‘ qavati) AUC tomonidan yuqori prediktiv qobiliyatni namoyon etdi.[3,5]

Qizlarda subkutan yog‘ qavatlari (tritseps, qorin, son) 7–8 va 12–13 yosh guruhlarida o‘g‘illarga nisbatan yuqori bo‘lib, jinsiy dimorfizm va pubertal o‘zgarishlar bilan bog‘liq metabolic risk profillarini ko‘rsatadi.

Umumiy tana massasi va bo‘y me’yoriy qiymatlardan past bo‘lishiga qaramay, ayrim bolalarda abdominal va subkutan yog‘ to‘planishining ortishi kuzatiladi; bu esa “normal vaznli semizlik” yoki yog‘ taqsimoti buzilishi tufayli kardiometabolik xavf mavjud bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.[12]

Pediatrik monitoring dasturlarida TMI, Bel-bo‘y nisbati va teriosti yog‘ qavatini (kaliper bilan) birgalikda o‘lchashni tavsiya qilamiz.

Bel-bo‘y nisbati ≥ 0.5 ni markaziy semizlik va kardiometabolik xavf signali sifatida maktab sog‘liq markazlari va birlamchi tibbiyot amaliyotida tan oling.

TMI normal bo‘lgan, ammo Bel-bo‘y nisbati yoki subkutan yog‘ qavati yuqori bolalarga qo‘shimcha baholash (metabolik biomarkerlar: glukoza, insulin, HbA1c, lipid profili) tavsiya etiladi.

Profilaktika va davolash choralarini rejalashtirishda jinsiy farqlarni hisobga olish lozim: qizlarda subkutan yog‘ to‘planishi yuqori bo‘lgani uchun ularning jismoniy faollik va parhez bo‘yicha maxsus ko‘rsatmalari ishlab chiqilishi kerak.

Fizik faollikni oshirish (haftasiga kamida 60 daqiqa umummilliy tavsiyalar darajasida), sog‘lom ovqatlanish dasturlari, maktab menyularining optimallashtirilishi va oilaviy ta’lim kampaniyalarini amalga oshirish.[11]

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization (WHO — Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti). WHO Child Growth Standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. Geneva: WHO; 2006.

2. Ashwell M, Cole DJ, Lewington A. The relationship between waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati) and cardiovascular risk in children. International Journal of Pediatric Obesity. 2012;7(3):225-233.

3. Nahm DK, Lee JH, Kim YJ. Measurement of subcutaneous fat thickness using caliper: validation study. Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism. 2019;24(2):94-100.

4. Freedman DS, Ketel AE, Ogden CL, et al. Body mass index (TMI — Tana massasi indeksi) and waist circumference as indicators of cardiovascular risk in children. Pediatrics. 2007;119(3):e628-e636.

5. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy. The Lancet. 2004;363(9403):157-163.

6. Goran MI, Gower BA. Longitudinal study of obesity and insulin resistance in children. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2001;86(10):4899-4905.

7. Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Evaluation of waist circumference (bel aylanasi), waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati), and TMI (Body Mass Index — Tana massasi indeksi) as indicators of fatness in children. American Journal of Clinical Nutrition. 2000;72(2):363-369.

8. Lee SS, Dyson DG. Waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati) as a predictor of metabolic risk in children. Journal of Pediatrics. 2015;166(4):923-929.

9. McCarthy HD, Ashwell M. A review of waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati) and its use in children. Annals of Human Biology. 2010;37(3):301-310.

10. World Health Organization (WHO — Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti). Global strategy on diet, physical activity and health. Geneva: WHO; 2004.

11. Wang Y, Ataksha G. Waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati) compared with body mass index (TMI — Tana massasi indeksi) for identifying cardiovascular risk in Chinese children. Obesity Reviews. 2013;20(5):e145-e152.

12. Janssen I, Katzmarz P, Shaw M. Body mass index (TMI — Tana massasi indeksi), waist circumference (bel aylanasi), and waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati) as predictors of cardiovascular disease risk factors in adolescents. American Journal of Epidemiology. 2005;162(4):311-319.

13. Pervin S, Singh GM, Danaei G. Subcutaneous fat thickness measured by caliper (kaliper orqali o‘lchangan subkutan yog‘ qavati) and its association with metabolic syndrome in children. Journal of Pediatric Metabolism. 2017;31(6):521-529.

14. Hirschler V, Maccallini G, Aranda C. Waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati) is a better predictor of type 2 diabetes (2-toifa qandli diabet) than body mass index (TMI — Tana massasi indeksi) in Argentine children. Journal of Diabetes Research. 2016;2016:1-8.

15. Wells JC, Viljoen T. Comparative evaluation of body mass index (TMI — Tana massasi indeksi), waist-to-height ratio (Bel-bo‘y nisbati — bel–bo‘y nisbati), and subcutaneous fat (subkutan yog‘) for screening obesity (semizlikni screening) in children from different ethnic groups. International Journal of Obesity. 2018;42(3):512-521.

HOMILADOR AYOLLAR OVQATLANISHIDA MA'DANLI MODDALARNING TUTGAN O'RNI

Samadova Nozima Negmat qizi
Qarshi davlat universiteti Fiziologiya kafedrasi o'qituvchisi
nozimanegmatovna094@gmail.com
ORCID 0009-0008-5004-311X
UDK 613.2:618.2

Annotatsiya. Tadqiqot Qashqadaryo viloyati Kitob tumanining Iskana qishlog'ida yashovchi 56 nafar homilador ayol o'rtasida o'tkazildi. Ishtirokchilar yoshiga ko'ra ikki guruhga ajratildi: 18–29 yoshdagi 24 nafar ayol (1-guruh) va 30–39 yoshdagi 32 nafar ayol (2-guruh). Ularning kunlik ratsionidagi mineral moddalar miqdori aniqlandi hamda natijalar me'yoriy ko'rsatkichlar (SanPiN №0347-17) bilan taqqoslandi. 1-guruhda kunlik ratsiondagi temir va fosfor miqdori me'yor ko'rsatkichlaridan ancha uzoq (mos ravishda 63,2 va 69,5 %) ekanligi, 2-guruhda ham shunga o'xshash holat (temir 74,4 %, fosfor 76,6 %) aniqlandi. Natijalar qishloqda yashovchi homilador ayollar orasida mineral moddalar yetishmovchiligi mavjudligini ko'rsatib, ovqatlanishni ratsionallashtirish va mikronutriyentlar bilan boyitilgan mahsulotlarni joriy etish muhimligini asoslaydi.

Kalit so'zlar: Homilador ayollar, mineral moddalar, makroelementlar, mikroelementlar, temir tanqisligi, kalsiy, anemiya, perinatal salomatlik, sog'lom ovqatlanish.

THE ROLE OF MINERALS IN THE NUTRITION OF PREGNANT WOMEN

Abstract. The study was conducted among 56 pregnant women in Iskana village, Kitab district, Kashkadarya region. They were divided into two groups: 24 women aged 18–29 (group 1) and 32 women aged 30–39 (group 2). The mineral content of their daily diet was determined and compared with the standard values (SanPiN No. 0347-17). In group 1, dietary iron and phosphorus fell far short of the standards (63.2 and 69.5%); a similar situation was found in group 2 (iron 74.4%, phosphorus 76.6%). The results indicate mineral deficiency among rural pregnant women and substantiate the importance of rationalizing nutrition and introducing micronutrient-fortified foods.

Key words: Pregnant women, mineral products, macroelements, microelements, iron deficiency, anemia, perinatal health, healthy eating.

Kirish. Homiladorlik davrida ayol organizmida moddalar almashinuvi jarayonlari jadallashib, vitamin va mineral moddalarga bo'lgan ehtiyoj ortadi. Ayniqsa, temir, kalsiy, yod, magniy va rux kabi ma'danli moddalar homilaning sog'lom rivojlanishi, ona organizmining fiziologik holatini saqlash hamda homiladorlikning me'yoriy kechishida muhim o'rin tutadi. Ushbu moddalar yetishmovchiligi homilador ayollarda kamqonlik, suyak to'qimasi zaiflashuvi, arterial bosim o'zgarishlari, immunitet pasayishi va homila rivojlanishining sustlashuviga sabab bo'lishi mumkin.

Bugungi kunda dunyo miqyosida homilador ayollarda mineral moddalar tanqisligi dolzarb tibbiy-ijtimoiy muammolardan biri hisoblanadi. Xususan, temir tanqisligi anemiyasi homilador ayollar orasida keng tarqalgan bo'lib, ona va bola salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

O'zbekiston Respublikasida ham ona va bola salomatligini muhofaza qilish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida belgilangan. Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-noyabrdagi PQ–4513-sonli "Reproduktiv yoshdagi ayollar, homiladorlar va bolalarga ko'rsatiladigan tibbiy yordam sifatini oshirish va ko'lamini yanada kengaytirish to'g'risida"gi qarorida homilador ayollar o'rtasida kamqonlik va mikroelementlar tanqisligining oldini olish, ularni temir preparatlari, yod va foliy kislotasi bilan ta'minlash masalalariga alohida e'tibor qaratilgan. [1]

Shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-noyabrdagi PQ–4887-sonli "Aholining sog'lom ovqatlanishini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorida aholi, ayniqsa, homilador va emizikli ayollarning sog'lom ovqatlanishini yaxshilash, oziq-ovqat mahsulotlarini vitamin va mineral moddalar bilan boyitish orqali mikroelementlar tanqisligini kamaytirish vazifalari belgilangan. [2]

Qishloq sharoitida istiqomat qiluvchi aholi vakillari uchun mikronutriyentlarga bo'lgan fiziologik talab masalasi alohida ahamiyat kasb etadi. Bu holat qishloq joylarda yashovchi aholining ovqatlanish ratsionining bir xilligi ayrim oziq-ovqat mahsulotlarining mavsumga mos ravishda cheklanganligi bilan bog'liq. Natijada kalsiy, temir, fosfor, rux kabi minerallarga bo'lgan ehtiyoj yetarlicha qondirilmasligi mumkin. Ushbu maqolaning maqsadi qishloq sharoitida istiqomat qiluvchi homilador ayollarning kunlik ratsion tarkibidagi ayrim mikronutriyentlarga bo'lgan fiziologik ehtiyojini tahlil qilish va ularni mavjud me'yorlarga nisbatan taqqoslab o'rganishdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotlarimizda Qashqadaryo viloyati Kitob tumani Iskana

qishlog‘ida istiqomat qiladigan 56 nafar homilador ayollar qatnashishdi. Respondentlarning amaldagi ovqatlanish holati anketa-so‘rov hamda so‘rov usullari yordamida o‘rganildi. Tekshiriluvchilar 18-29 (1-guruh) hamda 30-39 yoshlilar guruhidan (2-guruh) iborat bo‘lib, ularning barchasi Iskana QFY atrofida joylashgan mahallalarda istiqomat qilishadi. Anketa-so‘rov usuliga binoan respondentlar bir hafta mobaynida (yakshanba kuni ham) iste’mol qilgan barcha oziq-ovqat mahsulotlarini maxsus anketada qayd qilib borishdi. Anketalarda keltirilgan mahsulotlar tarkibidagi ayrim mikronutriyentlar miqdori aniqlandi. Bunda oziq-ovqat mahsulotlarining kimyoviy tarkibi maxsus jadvallar yordamida hisoblab chiqildi [4]. Anketalardagi ma’lumotlarni matematik hisoblash [7] va statistik qayta ishlashda Windows Microsoft Excel 2010 hamda Windows Origin 6.1 dasturlaridan foydalanildi. Olingan natijalar aholining turli guruhlari uchun belgilangan me’yor ko‘rsatkichlari bilan taqqoslab o‘rganildi [3] va tegishli xulosalar chiqarildi.

Olingan natijalar va ularning tahlili.

1-jadval.

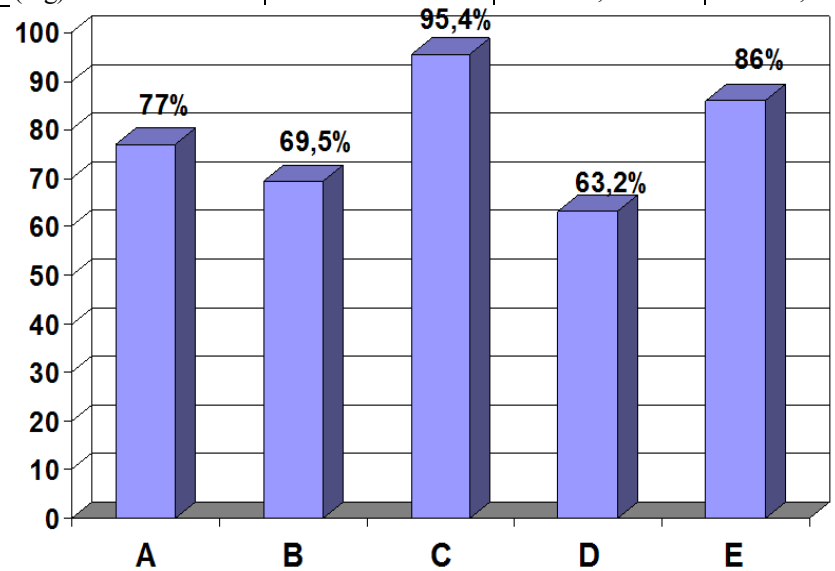
Homilador ayollarning ayrim ma’danli moddalar bilan ta’minlanishi (18-29 yosh)

Ma’danli moddalar	Me’yor [4]	Olingan natija	Me’yorga nisbatan farq	
			raqam-larda	foizda
Kalsiy, Ca (mg)	1800	1386	- 414	77
Fosfor, P (mg)	650	452	- 198	69,5
Magniy, Mg (mg)	300	286,4	- 13,6	95,4
Temir, Fe (mg)	25	15,8	- 9,2	63,2
Rux, Zn (mg)	10	8,6	- 1,4	86

2-jadval.

Homilador ayollarning ayrim ma’danli moddalar bilan ta’minlanishi (30-39 yosh)

Ma’danli moddalar	Me’yor [4]	Olingan natija	Me’yorga nisbatan farq	
			raqam-larda	Foizda
Kalsiy, Ca (mg)	1800	1482	- 318	82,3
Fosfor, P (mg)	650	498,4	- 151,6	76,6
Magniy, Mg (mg)	300	255,5	- 44,5	85
Temir, Fe (mg)	25	18,6	- 6,4	74,4
Rux, Zn (mg)	10	8,2	- 1,8	82



1-chizma. Homilador ayollarning ma’danli moddalar bilan ta’minlanishi (18-29 yosh)

A – kalsiy B – fosfor C – magniy D – temir E – rux

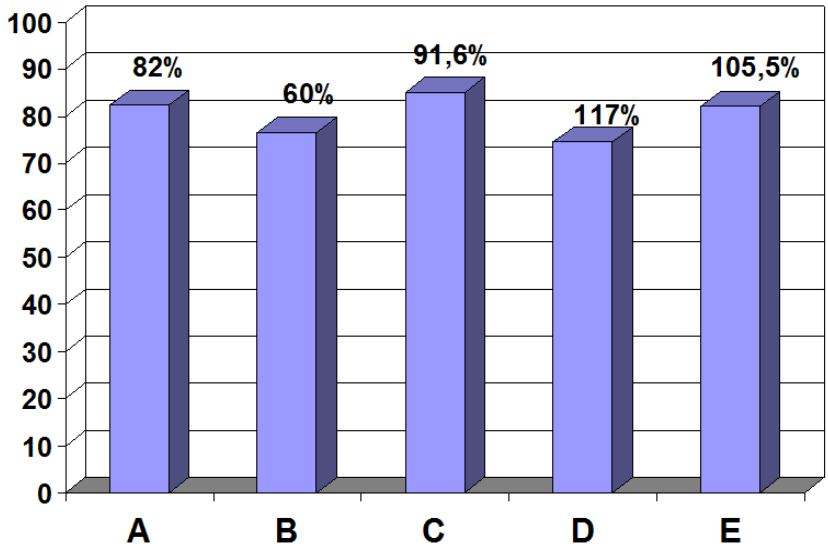
1-guruhda kunlik ratsion tarkibidagi temir va fosfor miqdori me’yor ko‘rsatkichlaridan

ancha uzoq (mos ravishda 63,2 va 69,5%). Xuddi shunga o‘xshash holat 2-guruh uchun ham tegishli (temir miqdori 74,4 hamda fosfor miqdori 76,6%).

1-guruhda kalsiy miqdori ham me’yoridan sezilarli darajada past (77%). Ushbu guruhda magniy miqdori deyarli me’yor darajasida bo‘lib, (95,4%), rux elementi 86% ga ta’minlangan.

Ikkinchi guruhda esa kalsiy, magniy hamda rux elementlari miqdori me’yor darjasiga biroz yaqinlashgan (mos ravishda 82,3%, 85% hamda 82%).

Xususan, kalsiy hamda fosfor sut va sut mahsulotlarida, kunjut, kungaboqar va turli donlar tarkibida, magniy va rux esa tuxum, bug‘doy yormasi, undirilayotgan maysalar, jigar, kartoshka, shuningdek, ayrim dukkaklilarda ko‘p uchraydi.



2-chizma. Homilador ayollarning ma’danli moddalar bilan ta’minlanishi (30-39 yosh)

A – kalsiy B – fosfor C – magniy D – temir E – rux

Shunga muvofiq tekshiriluvchilar ovqatida aytib o‘tilgan elementlar jiddiy taqchillikka uchramagan. Biroq homilador ayollarning ovqatlanishida temir elementiga alohida to‘xtalib o‘tish shart. Uning ratsionda yetishmasligi homiladorlik jarayoniga kuchli salbiy ta’sir qilishi bilan ajralib turadi.

Temir odam organizmida qon hosil bo‘lishida birlamchi ahamiyatga ega element bo‘lib, uning asosiy qismi gemoglobin tarkibida uchraydi. Unga boy mahsulotlar birinchi navbatda go‘sht va go‘sht mahsulotlari, kalla-poycha mahsulotlari, qolaversa, bug‘doy yormasi, qora non, ayrim dukkaklilar, petrushka, shivit kabi ko‘katlar, ayrim sabzavotlar (qovoq, lavlagi va b.), turshak, mayiz kabilardir. Temir elementiga bo‘lgan talabni yetarlicha qondirishda go‘sht va go‘sht mahsulotlarini sabzvaotlar bilan birga iste’mol qilish samarali ekani turli tadqiqotlarda o‘z isbotini topgan [8, 12, 10, 19].

Ayni bizning mintaqamizda homilador ayollar orasida temir yetishmasligi bilan bog‘liq kamqonlik (yoki anemiya) kasalligi juda ko‘p holatlarda kuzatilmoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi hamda BMT bolalar fondi (UNISEF) hamkorligida 2017 yilda o‘tkazilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, rsepublikamizda homilador ayollar orasida kamqonlik 32,7%ni, reproduktiv yoshdagi ayollar orasida 20,3% ni tashkil etgan [16-18].

Bunday holatning, ya’ni temir tanqisligi va uning oqibatida kelib chiqadigan xavfli kamqonlikning asl sabablaridan biri – aholi turli guruhlari orasida ovqatlanish madaniyatining yetarlicha shakllanmaganligi bilan bog‘liq.

Shuni ham alohida ta’kidlash lozimki, kamqonlik bilan bog‘liq salbiy o‘zgarishlar va kasalliklarda temir elementidan tashqari folat kislota (B_9 vitamin), siankobalamin (B_{12} vitamin), rux, mis, kobalt kabi ma’danli moddalar ham o‘ziga xos o‘rin tutadi. Shunga muvofiq, homilador ayollarda uchraydigan kamqonlikni ovqatlanish bilan bog‘liq holda tekshirish uchun yuqoridagi vitaminlar, ma’danli moddalar kompleks holda o‘rganilishi maqsadga muvofiq. Bundan tashqari odam organizmidagi kamqonlik ovqat tarkibidagi oqsil, xususan, hayvon oqsillari miqdoriga chambarchas bog‘liq.

Xulosa va takliflar. Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tekshiriluvchilarning kunlik ratsionidagi ma’danli moddalar miqdori quyidagi ko‘rinishda: 1-guruhda eng past ko‘rsatkich temir, fosfor va kalsiy elementlariga tegishli (mos ravishda 63,2%,

69,5% va 77%). 2-guruhda ham temir hamda fosfor elementlari me'yoridan ancha kam (74,4% hamda 76,6%). Boshqa ma'danli moddalar miqdori esa 82-85% atrofida.

Fosfor elementini sut mahsulotlari, dukkaklilar, qolaversa, hayvon mahsulotlaridan olish mumkin.

O'tkazilgan kuzatuv natijalaridan kelib chiqib aytish mumkinki, homilador ayollarning ovqatlanish xususiyatlari ularda ovqatlanish madaniyatining yetarlicha shakllanmaganligi, qishloq sharoitida ayrim oziq-ovqat mahsulotlarining ancha kam, boshqalarining esa ko'proq iste'mol qilinishi, shuningdek, boshqa turli iqtisodiy-ijtimoiy omillar bilan chambarchas bog'liq. Bunday salbiy holatlarning oldini olish maqsadida qishloq sharoitida istiqomat qiladigan homilador ayollar orasida targ'ibot-tashviqot ishlarini olib borish, oilalarda tushuntirish tadbirlarini o'tkazish katta ahamiyatga ega.

Tadqiqot natijasi va xulosadan kelib chiqib, qishloq sharoitida istiqomat qiladigan homilador ayollar ovqatlanish ratsionini temir va fosfor bilan boyitish hamda ratsional ovqatlanish tamoyillarini keng targ'ib etish zarur hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-noyabrdagi PQ–4513-son Qarori.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil10-noyabrdagi PQ–4887-son Qarori.
3. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения Узбекистана: СанПиН №0035-95. – Ташкент, 1995. – 23 с.
4. Baxritdinov N. Xudayberganov A.S. // Nutritsiologiya. Toshkent, Ibn Sino, 2000. – 326 bet
5. Boboxo'jayev N.K. Respublika aholisining ovqatlanishiga oid dolzarb gigiyenik muammolar // Aktual. prob. gigiyen. nauki v svete reformi sistemi zdrovox. Uzb-na: Materiali nauch.prak. konf. - Tashkent, 1999. – S.152-155.
6. Вахлова И.В. Клиническое значение дефицита микронутриентов для здоровья матери и ребёнка в Уральском регионе. Принципы профилактики и коррекции. Автореф. дисс. канд. мед.наук. Екатеринбург, 2005. – 45 с.
7. Скурихина И.М., Волгарёва М.Н. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. – Москва: Агропромиздат, 1987. - 350 с.
8. Джаминаева К.Б. //Патогенетические механизмы развития анемии беременных // Акушерство, гинекология и перинатология. 2000, №4. стр. 24–28.
9. Воронсов И.М. Питание женщины и будуший ребёнок / Мир медитсини. 1998, 1-2. – С. 31-34.
10. Хорошилов И.Е., Тиканадзе А.Д., Марчак А.А. Лечебное питание беременных и кормящих женщин: нутриционная поддержка. Петразаводск, 2001. – 16 с.
11. Karimov O.R., Qurbonov Sh.Q., Qurbonov A.SH. Vitaminlar va ma'danli moddalarning ovqatlanishdagi o'rni. – Qarshi: Nasaf, 2004.
12. Касабулатов Н.М. // Железодефицитная анемия беременных // Русский медицинский журнал. 2003; 11(1): 18-21.
13. Қурбонов Ш.Қ., Дўстчанов Б.О., Қурбонов А.Ш., Каримов О.Р. Соғлом овқатланиш физиологияси. – Қарши, 2018. – 436 б.
14. Ovqatlanish gigiyenasi: Tibbiyot yo'nalishidagi talabalar uchun darslik / G.Shayxova. –T.: "Cho'lpon" NMIU, "Tafakkur-bo'stoni", 2012. – 432 b.
15. http://uzshifo.info/category/ona-va-bola/homiladorlik
16. https://www.unicef.org/uzbekistan/media/2026 - Oziqlanish bo'yicha 2019 yilda O'zbekistonda o'tkazilgan tadqiqot natijalari.
17. www.dnk.uz
18. http://www.ohsu.edu/mooreinstitute - Surunkali kasalliklarning oldini olishda ovqatlanishning ahamiyati bo'yicha tadqiqot natijalari
19. http://www.medinfo.ru - Народные средства, применяемые при анемии.

YARIM TAYYOR OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARIDA OG‘IR METALLARNING MIQDORI VA ULARNING INSON ORGANIZMIGA TA’SIRI

Avliyoqulova Musharraf Baxtiyorovna.
Qarshi davlat universiteti o‘qituvchisi.
musharrafavliyoqulova5@gmail.com
ORCID 0009-0005-0586-7927
Raxmatullayev Yorqin Shokirovich
Qarshi davlat universiteti professori.
rakhmatullaev.e@mail.ru
ORCID 0000-0001-8214-7396
Shodmonova Rayxona Furqat qizi.
Qarshi davlat universiteti talabasi.
shodmonovarayhona52@gmail.com
UDK 574/577+572.79+613.2

Annotatsiya. Ishda yarim tayyor oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi ayrim og‘ir metallar miqdori hamda ularning inson organizmiga ta’siri o‘rganildi. Qo‘rg‘oshin (Pb), kadmiy (Cd) kabi og‘ir metallarning oziq-ovqat namunalaridagi konsentratsiyasi laboratoriya usullarida aniqlanib, natijalar amaldagi sanitariya-gigiyena me’yorlari bilan qiyosiy baholandi. Og‘ir metallarning mavjudligi atrof-muhitning ekologik holati, ishlab chiqarish jarayonining xususiyatlari, texnologik jihozlarning holati hamda xomashyo sifatiga bog‘liq ekanligi ko‘rsatildi. Og‘ir metallarning me’yordan ortiq to‘planishi inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi, ayniqsa, uzoq vaqt muntazam iste’mol qilinganda turli kasalliklarning rivojlanish xavfini oshirishi mumkinligi aniqlandi. Natijalar oziq-ovqat mahsulotlari xavfsizligini ta’minlash, korxonalarda sanitariya-gigiyena talablariga rioya etilishini nazorat qilish, ekologik monitoringni kuchaytirish hamda aholi salomatligini muhofaza qilishda ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: og‘ir metallar, qo‘rg‘oshin, kadmiy, rux, mis, oziq-ovqat xavfsizligi, ekologik nazorat, yarim tayyor mahsulotlar.

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SEMI-FINISHED FOOD PRODUCTS AND THEIR EFFECT ON THE HUMAN ORGANISM.

Abstract. The study investigates the levels of certain heavy metals in semi-finished food products and their impact on the human body. The concentrations of lead (Pb) and cadmium (Cd) in food samples were determined by laboratory methods and compared with sanitary standards. Their presence depends on the state of the environment, the production process, the equipment and raw material quality. Accumulation of heavy metals above permissible limits can harm human health, especially with regular long-term consumption, increasing the risk of various diseases. The results matter for ensuring food safety, monitoring compliance with sanitary requirements, strengthening environmental monitoring and protecting public health.

Key words: Heavy metals, lead, cadmium, zinc, copper, food safety, environmental monitoring, semi-finished products.

Kirish: Hozirgi davrda inson faoliyati natijasida atrof-muhitning ifloslanishi global miqyosdagi eng dolzarb ekologik muammolardan biri sifatida ko‘rilmoqda. Sanoat ishlab chiqarish hajmining ortishi, transport infratuzilmasining rivojlanishi hamda qishloq xo‘jaligi faoliyatining intensivlashuvi natijasida turli kimyoviy birikmalar atrof-muhitga tarqalmoqda. Shu moddalar orasida og‘ir metallar ekologik va gigiyenik nuqtayi nazardan alohida ahamiyatga ega, chunki ular tuproq, suv va atmosfera orqali oziq-ovqat zanjiriga kirib, inson organizmiga ta’sir etishi mumkin [8].

Og‘ir metallar yuqori atom massasi va zichlikka ega elementlar guruhiga kiradi. Ularning ba’zilari tirik organizmlar uchun zarur mikroelement sifatida muhim rol o‘ynaydi. Masalan, temir, rux va mis organizmdagi ferment tizimlarining normal ishlashida ishtirok etib, moddalar almashinuvining me’yoriy jarayonini ta’minlaydi. Biroq kadmiy va qo‘rg‘oshin kabi elementlar yuqori darajadagi toksiklikka ega bo‘lib, organizmda to‘planishi turli kasalliklarning paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin [2].

Shu sababli oziq-ovqat mahsulotlarida og‘ir metallarning mavjudligini aniqlash va nazorat qilish oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarida og‘ir metallarning paydo bo‘lishi ko‘pincha tuproq va suvning ifloslanishi, sanoat korxonalarining chiqindilari, transport vositalarining zararli gazlari hamda qishloq xo‘jaligida qo‘llaniladigan mineral o‘g‘itlar va pestitsidlar bilan bog‘liq bo‘ladi. Shu bois, ekologik monitoring tizimini takomillashtirish hamda oziq-ovqat mahsulotlarini muntazam laboratoriya tekshiruvlaridan o‘tkazish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi [1].

Tadqiqot metodologiyasi: Mazkur tadqiqot davomida yarim tayyor oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi og‘ir metallarning miqdorini aniqlash maqsadida laboratoriya tahlillari amalga oshirildi. Tadqiqot obyekti sifatida quyidagi mahsulot guruhlari tanlab olindi: go‘sht mahsulotlari, tuxum oqi, sut va sut mahsulotlari, smetana, tvorog, muzqaymoq, don mahsulotlari, dukkakli ekinlar, yormalar hamda non mahsulotlari.

Olingan namunalarda qo‘rg‘oshin (Pb) va kadmiy (Cd) elementlarining konsentratsiyasi zamonaviy laboratoriya tahlil metodlari orqali aniqlanib, natijalar sanitariya-gigiyena me’yorlari bilan qiyosiy tahlil qilindi [6].

Tadqiqot natijalari va muhokama: Tadqiqot davomida turli xil oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi og‘ir metallar, jumladan qo‘rg‘oshin (Pb) va kadmiy (Cd) miqdori aniqlanib, olingan natijalar №0366–19 sanitariya-gigiyena me’yorlari bilan solishtirilib baholandi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, tekshirilgan oziq-ovqat mahsulotlarining aksariyatida og‘ir metallar miqdori belgilangan sanitariya me’yorlaridan oshmagan. Yarim tayyor oziq-ovqat mahsulotlaridagi og‘ir metallarning konsentratsiyasi quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Mahsulotlar	Pb		Cd	
	Me’yor №0366- 19	Natija	Me’yor №0366- 19	Natija
Go‘sht mahsulotlari	0,5	0,42	0,05	0,03
Tuxum oqsili	0,5	0,3	-	-
Sut	0,1	0,07	0,03	
Smetana 25%	0,1	0,06	0,4	0,02
Tvorog (qatiq pishlog‘i)	O,3	0,3	0,1	0,01
Pishloq	0,5	-	0,2	-
Muzqaymoq	0,1	-	0,03	-
Don mahsulotlari	0,5	-	0,1	-
Dukkaklilar	0,1	-	0,1	-
Yormalar	0,5	-	0,1	-
Non	0,35	-	0,2	-

Olingan natijalarga ko‘ra, go‘sht mahsulotlari tarkibida qo‘rg‘oshin miqdori 0,42 mg/kg ni tashkil etdi. Mazkur ko‘rsatkich ruxsat etilgan 0,5 mg/kg me’yoriy chegaradan past ekani aniqlandi. Kadmiy miqdori esa 0,03 mg/kg bo‘lib, belgilangan 0,05 mg/kg me’yoriy darajadan oshmagan. Bu natijalar go‘sht mahsulotlarining og‘ir metallar bilan ifloslanish darajasi sanitariya talablariga mos kelishini ko‘rsatadi. Ayrim tadqiqotlarda hayvon organizmi oziq-ovqat zanjirida toksik elementlarning migratsiyasini qisman cheklovchi biologik to‘siq vazifasini bajarishi mumkinligi ham ta’kidlangan [5]. Boshqa ilmiy manbalarda esa go‘sht mahsulotlarida og‘ir metallarning miqdori ko‘pincha yem-xashak sifati hamda hayvonlarni boqish sharoitlariga bog‘liqligi qayd etilgan [3].

Tuxum oqi namunalarida qo‘rg‘oshin miqdori 0,3 mg/kg ni tashkil etib, bu ko‘rsatkich ham ruxsat etilgan 0,5 mg/kg me’yoriy qiymatdan past ekanligi kuzatildi. Kadmiy miqdori aniqlanmadi yoki aniqlash chegarasidan past bo‘lgani sababli jadvalda aks ettirilmadi. Parranda mahsulotlarida og‘ir metallarning to‘planishi ko‘p jihatdan yem tarkibi hamda parrandalarni parvarishlash sharoitlariga bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Sut va sut mahsulotlari tarkibida aniqlangan og‘ir metallar miqdori ham sanitariya me’yorlari bilan qiyoslab baholandi. Sut namunalarida qo‘rg‘oshin miqdori 0,07 mg/kg ni tashkil etib, bu ko‘rsatkich ruxsat etilgan 0,1 mg/kg me’yoriy darajadan past ekanligi aniqlandi. 25 % li smetana namunalarida qo‘rg‘oshin miqdori 0,06 mg/kg bo‘lib, u ham sanitariya talablariga mos

keladi. Kadmiy miqdori esa 0,02 mg/kg ni tashkil etib, ruxsat etilgan 0,4 mg/kg me'yoriy chegaradan ancha past ekanligi qayd etildi. Sut mahsulotlarida mikroelementlarning taqsimlanishi va konsentratsiyasi boshqa ilmiy tadqiqotlarda ham o'rganilgan bo'lib, ularning miqdori ko'p jihatdan hayvonlarning oziqlanishi hamda ekologik sharoitlarga bog'liq ekanligi ta'kidlangan [4].

Tvorog (qatiq pishlog'i) namunalarida qo'rg'oshin miqdori 0,3 mg/kg ni tashkil etib, bu qiymat ruxsat etilgan me'yoriy chegaraga teng ekanligi qayd etildi. Kadmiy miqdori esa 0,01 mg/kg bo'lib, ruxsat etilgan 0,1 mg/kg me'yoridan ancha past darajada ekanligi aniqlangan. Ilmiy adabiyotlarda sut mahsulotlarini qayta ishlash jarayonida ayrim elementlarning konsentratsiyasi o'zgarishi mumkinligi ham ta'kidlanadi [4].

Don mahsulotlari, dukkaklilar, yormalar hamda non mahsulotlarida ham og'ir metallarning mavjudligi baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ushbu mahsulotlarda qo'rg'oshin va kadmiy miqdori ruxsat etilgan sanitariya me'yorlaridan oshmagan yoki aniqlash chegarasidan past bo'lgan. Biroq o'simlik mahsulotlarida og'ir metallarning to'planishi ko'pincha tuproq tarkibi hamda sug'orish suvining sifatiga bog'liq bo'lishi mumkin. Ayrim tadqiqotlarda tuproqning og'ir metallar bilan ifloslanishi o'simliklarda ushbu elementlarning to'planishiga olib kelishi mumkinligi qayd etilgan [2; 6].

Og'ir metallarning muhim xususiyatlaridan biri ularning bioakkumulyatsiya qobiliyatiga ega ekanligidir. Ya'ni bu elementlar organizmga uzoq vaqt davomida kirib borishi natijasida asta-sekin to'planib boradi va turli fiziologik jarayonlarning buzilishiga sabab bo'lishi mumkin. Masalan, qo'rg'oshin markaziy asab tizimiga salbiy ta'sir ko'rsatib, ayniqsa bolalarda intellektual rivojlanishning sekinlashishiga olib kelishi mumkin. Kadmiy esa buyrak faoliyatining buzilishi hamda suyak to'qimalarining mineral tarkibi o'zgarishiga sabab bo'ladi [7]. Shu bois oziq-ovqat mahsulotlarida ushbu elementlarning miqdorini muntazam nazorat qilib borish muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, o'tkazilgan tadqiqot natijalari o'rganilgan oziq-ovqat mahsulotlarining aksariyatida qo'rg'oshin va kadmiy miqdori amaldagi sanitariya-gigiyena me'yorlariga mos kelishini ko'rsatdi. Shu bilan birga, atrof-muhitning texnogen ifloslanishi, sanoat chiqindilari, transport vositalaridan ajraladigan zararli gazlar hamda qishloq xo'jaligida mineral o'g'itlar va pestitsidlarning qo'llanilishi natijasida og'ir metallar oziq-ovqat zanjiriga kirib borishi mumkin. Shu sababli oziq-ovqat mahsulotlarini muntazam laboratoriya nazoratidan o'tkazish hamda ekologik monitoring tizimini takomillashtirish oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi [1; 8].

Bundan tashqari, oziq-ovqat mahsulotlarida og'ir metallarning to'planish darajasi ko'p jihatdan ekologik sharoitlarga bog'liq bo'lib, ayniqsa sanoat hududlariga yaqin joylarda yetishtirilgan qishloq xo'jaligi mahsulotlarida ushbu elementlarning konsentratsiyasi nisbatan yuqori bo'lishi mumkin. Shu bois kelgusida turli hududlarda yetishtiriladigan oziq-ovqat mahsulotlarining ekologik holatini chuqur o'rganish hamda og'ir metallarning oziq-ovqat zanjiridagi migratsiyasini aniqlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Xulosa va takliflar. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, tekshirilgan oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida og'ir metallarning ma'lum miqdori uchrashi mumkin. Biroq ularning konsentratsiyasi sanitariya-gigiyena me'yorlari chegarasidan oshmaganligi aniqlangan.

Shu bilan birga, og'ir metallarning bioakkumulyatsiya xususiyati mavjudligini inobatga olgan holda oziq-ovqat mahsulotlari ustidan muntazam ekologik va gigiyenik nazoratni amalga oshirish zarur hisoblanadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarida og'ir metallarning miqdorini kamaytirish maqsadida quyidagi choralarni qo'llash tavsiya etiladi: ekologik monitoring tizimini takomillashtirish, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirish jarayonida ekologik talablarga rioya qilish, oziq-ovqat mahsulotlarini muntazam ravishda laboratoriya tekshiruvlaridan o'tkazish, sanoat chiqindilarining atrof-muhitga salbiy ta'sirini kamaytirish hamda oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyalarini modernizatsiya qilish.

Mazkur chora-tadbirlar oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash va aholi salomatligini muhofaza qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Chernikov V.A., Chekeres A.I. Agroekologiya: spravochnik. – M.: Kolos, 2000. – 563 s.

2. Амирджанян Дж.А. Содержание тяжёлых металлов в загрязнённых почвах // Химия в сельском хозяйстве. – 1994. – №1. – С. 26.

3. Бакунин В.В., Шестакова С.В. Содержание тяжёлых металлов в мясе // Животноводство. – 1987. – №11. – С. 12.

4. Барабанщиков Н.В., Хрисанова Л.П. Распределение и концентрация микроэлементов в молоке и молочных продуктах // Молочная промышленность. – 1983. – №10. – С. 23–25.

5. Васильев А.В., Кудрявцев В.Н., Морозов И.А. Сельскохозяйственные животные – естественный барьер миграции токсикантов в трофической цепи человека // Аграрная наука. – 1998. – №7. – С. 19–21.

6. Волошин Е.И. Аккумуляция кадмия и свинца в почвах и растениях // Агрохимический вестник. – 2000. – №3. – С. 23–24.

7. Вяйзенен Г.Н., Савин В.А., Гуляев В.А. Ускорение выведения тяжёлых металлов из организма животных. – Новгород, 1997. – С. 45–52.

8. Новиков Ю.А. Экология, окружающая среда и человек. – М.: FAIR PRESS, 2000. – С. 112–118.

9. Самохин В.Т. Обмен кадмия у жвачных // Сельское хозяйство за рубежом. Животноводство. – 1972. – №3. – С. 27–30.

10. Кудряшов В.И., Максимов А.В. Анализ смертельных отравлений в Московской области в период 2005–2015 гг. // Судебная медицина. – 2016. – №4. – С. 32–35.

11. Mamasaliev M.M. Main directions of the influence of modern civilization on the spiritual image of the individual // Vestnik nauki. – 2020. – №3(11). – P. 5–8.

ZARAFSHON VODIYSI SHAROITIDA SABZAVOT EKINLARI RIZOSFERASIDAGI NEMATODALARNING TUPROQ XOSSALARIGA TA'SIRI VA POPULYATSIYA DINAMIKASI

[1]Mirzayev U.N., [1]Narzullayev S.N.
Samarqand davlat pedagogika instituti, Tabiiy fanlar fakulteti uktam1486@gmail.com
snarzullayev684@gmail.com
ORCID 0000-0001-2345-6789
ORCID 0009-0004-3928-72-45
UDK 595.132:635

Annotatsiya. Maqolada Zarafshon vodiysi sharoitida sabzavot ekinlari, xususan, bodring rizosferasida uchraydigan nematodalar faunasining tarkibi, ularning tuproq xossalariga ta'siri hamda populyatsiya dinamikasi o'rganilgan. Nematodalar Baermann hamda flotatsiya usullarida ajratib olinib, taksonomik identifikatsiya qilindi. Tuproqning pH muhiti, sho'rlanishi, gumus va oziq elementlari (N, P, K) miqdori tahlil qilindi. Bodring agrotsenozlari rizosferasida *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* va *Pratylenchus pratensis* eng zararli fitoparazit turlar sifatida qayd etildi. Kuchsiz ishqoriy muhit (pH 7,24–8,21), gumus miqdorining pastligi (0,51–1,4 %) hamda fosfor kamligi parazit nematodalarning rivojlanishi va ommaviy ko'payishi uchun qulay sharoit yaratishi aniqlandi. Sho'rlanishning ortishi yirtqich va erkin yashovchi nematodalar sonini kamaytirib, fitoparazit turlar ko'payishiga olib keldi.

Kalit so'zlar: nematoda, rizosfera, Zarafshon vodiysi, bodring, tuproq xossalari, gumus, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, taksonomik tarkib.

INFLUENCE OF RHIZOSPHERE NEMATODES OF VEGETABLE CROPS ON SOIL PROPERTIES AND POPULATION DYNAMICS IN THE ZARAFSHAN VALLEY

Abstract. This study investigates the composition of nematode communities in the rhizosphere of vegetable crops, particularly cucumber, in the Zarafshan Valley, their influence on soil properties and population dynamics. Nematodes were extracted by the Baermann and flotation methods and identified taxonomically. Soil pH, salinity, humus content and major nutrients (N, P, K) were analysed. The plant-parasitic species *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus pratensis* were the most damaging taxa. Weakly alkaline soil (pH 7.24–8.21), low humus content (0.51–1.4%) and phosphorus deficiency favour parasitic nematodes. Increased salinity reduced the abundance of beneficial predatory and free-living nematodes, enhancing the spread of phytoparasitic species.

Key words: nematodes, rhizosphere, Zarafshan Valley, cucumber, soil properties, humus, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, taxonomic composition.

Kirish: Zarafshon vodiysi o'zining qulay iqlimi, unumdor tuproqlari va rivojlangan sug'oriladigan dehqonchilik madaniyati bilan mamlakatimiz aholisini sabzavot mahsulotlari bilan ta'minlashda muhim o'rin tutadi. Biroq keyingi yillarda sabzavot ekinlarini bir maydonda intensiv va uzluksiz yetishtirish (monokultura) hamda issiqxonalarda sun'iy mikroiqlimning yaratilishi tuproq mikrofaunasi balansining buzilishiga va parazit fitonematodalarning keskin ko'payishiga olib kelmoqda [2,4]. Nematodalar gidrobiont organizmlar bo'lib, ularning hayot faoliyati, jamoa tarkibi va tuproq qatlamlari bo'ylab vertikal migratsiyasi ildiz atrofidagi tor hudud, rizosfera tuproq muhitining fizik-kimyoviy ko'rsatgichlari bilan to'g'ridan-to'g'ri boshqariladi [1]. O'z navbatida, fitoparazit turlar o'simlik ildiz tizimini jarohatlab, bo'rtmalar va nekroz hosil qiladi, bu esa ildiz ajratmalari tarkibini o'zgartirib, tuproq oziq elementlari dinamikasiga kuchli ta'sir ko'rsatadi [5,9]. Shu sababli, nematodalarni tuproqning sho'rlanish darajasi, pH ko'rsatkichi va makroelementlar bilan bog'liq holda faunistik tahlil qilish fitogelmintologiyaning eng dolzarb masalalaridan biridir [2,10].

Tadqiqotning material va metodlari: Zarafshon vodiysining sabzavotchilikka ixtisoslashgan hududlaridagi (Olmazoz, Paxtakor, Zarbdor va boshqa hududlar) fermer xo'jaliklari maydonlarida olib borildi. Tuproq va ildiz namunalari o'simliklarning vegetatsiya davrida, ildiz tizimi eng faol rivojlangan 0–20 sm, 20–30 sm va qisman 30–40 sm chuqurlikdagi rizosfera qatlamlaridan ajratib olindi.

Nematodalarni tuproq va o'simlik to'qimalaridan ajratib olishda fitogelmintologiyada keng qo'llaniladigan klassik Baermann (Berman) vorkalari usuli hamda tuproq fraksiyalarini ajratish uchun flotatsiya (suvda suzdirish) usullaridan foydalanildi [8]. Ajratilgan nematodalar 4% li formalin eritmasida fiksatsiya qilinib, yorug'lik mikroskopi ostida taksonomik jihatdan identifikatsiya qilindi [3].

Tuproqning agrokimyoviy va tuz rejimi xususiyatlari laboratoriya sharoitida quyidagi standart metodlar orqali aniqlandi: pH muhiti: potensiometrik usulda [7]; Umumiy erigan tuzlar

massasi: Konduktometr (EC, mkS/sm) yordamida [7]; Quruq qoldiq, Xlor ionlari (Cl), Natriy (Na_2O) va Karbonatlar ($CaCO_3$): suvli so‘rim tahlili asosida [7]; Gumus miqdori: Tyurin usulida [6]; Harakatchan oziq moddalari: azot ($N\text{-}NH_4$) kolorimetrik, fosfor (P_2O_5) Machigin usulida, almashinuvchan kaliy (K_2O) olovli fotometrda [6].

Tadqiqot natijalari: Olib borilgan fitogelmintologik tadqiqotlar natijasida Zarafshon vodiysining agrotizimlari sharoitida bodring ekinining rizosfera tuprog‘i va ildiz to‘qimalarida o‘ziga xos mikromuhit talablariga moslashgan, murakkab trofik tuzilishga ega nematodalar majmuasi shakllangani aniqlandi.

Yirtqich nematodalar (Mononchida avlodi) muhim funksional vazifani bajaradi. Ushbu guruhga mansub bo‘lgan *Clarcus parvus*, *Mylonchulus cavensis* va *Mylonchulus sigmaturus* kabi turlar tuproq mikrofaunasi zanjirida yuqori trofik darajani egallaydi. Ular tuproq eritmasida boshqa parazit nematodalarning lichinkalari hamda tuxumlari bilan oziqlanishi orqali parazit guruhlar populyatsiyasini tabiiy ravishda nazorat qiladi. Ular bilan birga faoliyat ko‘rsatuvchi erkin yashovchi (Dorylaimida avlodi), xususan, *Mesodorylaimus bastiani* va *Nygolaimus brachyuris* turlari tuproq qatlamlarida gumus moddalarining parchalanish bosqichlarida va mikroflora bilan trofik aloqalarda ishtirok etadi. Mazkur avlodining eng serpusht guruhini *Eudorylaimus* avlodi vakillari (*Eudorylaimus dogielli*, *E. kirjanovae*, *E. labiatus*, *E. monhystera*, *E. muchabbatae*, *E. sulphasae*, *E. skrjabini*, *E. uzbekistanicus*) tashkil etadi. Bu turlar ildiz atrofidagi biokimyoviy o‘zgarishlarga chidamli bo‘lib, organik qoldiqlarning dastlabki gumifikatsiya jarayonlarida bilvosita biokimyoviy agent sifatida qatnashadi. Ushbu guruhga kiruvchi *Diphtherophora communis*, *Anaplectus granulosus*, *Plectus cirratus*, *Plectus assimilis*, *Rhabdolaimus aquaticus*, *Monhystera similis*, *Monhystera simplex* va *Monhystera paludicola* kabi turlar asosan gidrofil organizmlar bo‘lib, ildiz tizimi atrofidagi yupqa suv pardalarida yashaydi. Ularning mavjudligi tuproqning aeratsiya holati va namlik me’yorda ekanligidan dalolat beruvchi bioindikatorlik xususiyatiga ega.

Bodring ildiz tizimining faol ildiz shirasi ajratish hududlarida hamda chiriyotgan organik qoldiqlar mikromuhitida haqiqiy va saprobiontlar (Rhabditida avlodi) jamoasi uchradi. Bu guruhga mansub *Rhabditis brevispina*, *Rhabditis filiformis*, *Rhabditis intermedius*, *Pelodera cylindrica*, *Mesorhabditis monhystera*, *Diploscapter rhizophilus* va *Panagrolaimus rigidus* kabi turlar tuproq moddalari va bakterial floraning faol parchalovchilari hisoblanadi. Shuningdek, Cephalobidae va Zeldidae oilalari vakillari (*Cephalobus parvus*, *Cephalobus persegnis*, *Eucephalobus oxyuroides*, *Eucephalobus filiformis*, *Eucephalobus striatus*, *Heterocephalobus elongatus*, *Acrobeles ciliatus*, *Acrobeloides bütschli*, *Acrobeloides emarginatus*, *Acrobeloides nanus*, *Chiloplacus lentus*, *Chiloplacus symmetricus*, *Zeldia punctata*, *Diplogaster rivalis*) ildiz sirtidagi o‘lik to‘qimalarni va undagi parchalangan oqsilli birikmalarni detritofag sifatida o‘zlashtirib, tuproqning mineral va azot balansini boyitishda xizmat qiladi. Mikroskopik zamburug‘larning mitseliylari bilan oziqlanishga ixtisoslashgan mikofaglar va yarim parazitlar (Aphelenchida avlodidi) guruhining (*Aphelenchus avenae*, *Paraphelenchus pseudoparietinus*, *Seinura demani*) populyatsiyasi ham ajratib olingan. Ayniqsa, *Aphelenchoides* avlodi tarkibidagi *Aphelenchoides bicaudatus*, *A. cyrtus*, *A. helophilus*, *A. kühnii*, *A. parietinus*, *A. saprophilus*, *A. subparietinus*, *A. subtenuis* va *A. zeravschanicus* kabi turlar ildiz atrofida fitopatogen zamburug‘lar (Fusarium, Verticillium) ko‘paygan davrda ularning mitseliylari hisobiga o‘z zichligini keskin oshiradi. Ular o‘simlikning parenxima to‘qimalariga kirib, mexanik shikast yetkazishi oqibatida zamburug‘li va bakterial infeksiyalarning o‘simlik ichiga kirishini osonlashtiradi va murakkab patogenezni (mikofitoinvaziyani) keltirib chiqaradi.

Bodring agrotsenozlarida hosildorlikni to‘g‘ridan-to‘g‘ri pasaytirib, eng yuqori iqtisodiy zarar keltiruvchi guruh - bu chin fitoparazit nematodalar (Tylenchida avlodi) va bo‘rtma nematodalari (Meloidogyne) vakillaridir. Ektoparazit va yarim endoparazit hayot kechiruvchi *Aglenchus agricola*, *Aglenchus bryophilus*, *Tylenchus davainei*, *Tylenchus filiformis*, *Ditylenchus destructor*, *Ditylenchus dipsaci*, *Neotylenchus abulbosus*, *Nothotylenchus acris*, *Pratylenchus pratensis*, *Pratylenchus tumidiceps*, *Hoplolaimus tylenchiformis*, *Helicotylenchus erythrinae*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Tylenchorhynchus bucharica*, *Tylenchorhynchus tener*, *Merlinius dubius*, *Rotylenchus robustus*, *Paratylenchus amblycephalus* va *Paratylenchus macrophallus* kabi turlar o‘simlik ildiz tukchalarini o‘zlarining stiletlari (nayzalari) yordamida teshib, hujayra shirasini so‘radi va o‘z navbatida to‘qimaga fermentlar ajratadi. Mazkur jarayonning eng yuqori nuqtasi o‘ta xavfli ildiz endoparazitlari) bo‘lgan *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita* va *Meloidogyne javanica* faoliyatida namoyon bo‘ladi.

Ushbu turlarning ikkinchi yoshdagi invazion lichinkalari (J2) bodring ildizining o‘sish nuqtasidan kirib, o‘tkazuvchi bog‘lamlar ksilema va floema atrofida katta hujayralar hosil qiladi. Buning natijasida ildiz tizimida shishlar yuzaga kelib, o‘simlikning suv va mineral oziq moddalarni qabul qilish funksiyasi to‘liq yopiladi, bu esa poya va barglarning yalpi so‘lishiga olib keladi (1-rasm).



1-rasm. Bodring ildiz tizimida Meloidogyne spp. tomonidan hosil qilingan bo‘rtmalar (shishlar) va ildiz deformatsiyalari

Laboratoriya kimyoviy tahlillari natijalari negizida tuproq muhiti va oziq elementlari miqdorining nematodalar dinamikasiga ta’siri aniqlandi va tizimli ravishda tahlil qilindi: pH muhiti va sho‘rlanish ta’siri - Tahlil qilingan namunalarda tuproq muhiti reaksiyasi pH 7,24 dan 8,21 gacha bo‘lgan kuchsiz ishqoriy muhitni tashkil etdi. Xususan, “Payariq yashil diyor" maydonlarining 0–30 sm qatlamida pH ko‘rsatkichi 7,82–7,94 va elektr o‘tkazuvchanlik (EC) 199–253 mkS/sm (norma <500) bo‘lganda, *Meloidogyne incognita* va *Meloidogyne javanica* turlarining uchrash chastotasi juda yuqori, ya’ni 75–85% ni tashkil etganligi qayd etildi. Bu ko‘rsatkich tuproqning kuchsiz ishqoriy muhiti bo‘rtma-nematodalari rivojlanishi va faollashishi uchun o‘ta qulay ekanligini tasdiqlaydi. Ikkinchi tomondan, “Suxrob Nazarov” xo‘jaligida tuproqning 20–30 sm li quyi qatlamida konduktometr (EC) ko‘rsatkichi 1021 mkS/sm gacha, quruq qoldiq miqdori esa 0,96% gacha (norma <0,3%) oshganligi aniqlandi. Sho‘rlanishning bunday yuqori darajasi tuproq ekotizimidagi erkin yashovchi yirtqich va doriglaymid nematodalar sonini keskin kamaytirgan bo‘lsa-da, fitoparazit *Meloidogyne* lichinkalarining noqulay sharoitdan qochib, tuproqning quyi qatlamlariga vertikal migratsiya qilishi hamda u yerda o‘z yashovchanligini saqlab qolishiga sabab bo‘lgan. Gumus miqdori bilan bog‘liqlik: Barcha tahlil qilingan subyektlarda tuproqning organik moddasi gumus miqdori o‘ta past va zaif darajada bo‘lib, 0,51% dan 1,4% gacha ekanligi ma’lum bo‘ldi. Xususan, “Suxrob Nazarov” maydonida gumus miqdori 0–30 sm haydov qatlamida atigi 0,51% ni tashkil qildi. Tuproqda organik moddaning bunday keskin kamligi tuproqning umumiy biofaolligini hamda o‘simliklarning tabiiy immun tizimini susaytiradi. Buning natijasida *Pratylenchus pratensis* va *Meloidogyne* avlodi vakillari kabi xavfli parazitlar zaiflashgan o‘simlik ildiz to‘qimalarini hech qanday qarshiliksiz, osongina jarohatlab, ommaviy ko‘payish fazasiga o‘tadi. Makroelementlar (N, P, K) taqsimoti: Harakatchan fosfor (P_2O_5) miqdori aksariyat namunalarda agrotexnik normadan (31–45 mg/kg) bir necha barobar past bo‘lib, 2,12 mg/kg dan 18,1 mg/kg gacha ekanligi aniqlandi. Bunday muhim oziq moddalari va makroelementlar tanqisligida sabzavot ekinlarining ildiz tizimi o‘zining qayta tiklanish xususiyatini yo‘qotadi. Almashinuvchan kaliy (K_2O) esa, aksincha, ayrim maydonlarda o‘simlik ehtiyojlari uchun yetarli darajada ekanligi aniqlandi.

1-jadval

Zarafshon vodiysidagi bodring rizosferasida tuproq xossalari va asosiy nematoda guruhlari o‘rtasidagi bog‘liqlik

Tuproq omili	Meloidogyne	Pratylenchus	Yirtqich nematodalar
pH (7.24–8.21)	+++	++	+
EC (199–1021)	++	++	---

Gumus (0.51–1.40)	---	---	++
Fosfor tanqisligi (2.12–18.10)	+++	+++	+

Tadqiqot natijalarining umumiy tahlili shuni ko‘rsatadiki, Zarafshon vodiysi sharoitida bodring ekinlari ekilgan maydonlar rizosferasi taksonomik jihatdan boy, nematodalar jamoasidan iboratdir. Tuproq muhitining pH ko‘rsatkichi (7,4–8,0) *Meloidogyne* avlodi tuxumlaridan invazion lichinkalar chiqishi va ularning ildiz atrofidagi gidrofil muhitda faol harakatlanishi uchun asos hisoblanadi. Tuproq eritmasining sho‘rlanish darajasi ortishi va konduktometrik ko‘rsatkichlarning yuqorilashi (EC > 700-1000 mkS/sm) bilan tuproq tizimining tabiiy sanitarlari hamda biotik nazoratchilari hisoblangan yirtqich (*Mononchus*, *Mylonchulus*) nematodalar jamoasi yashash muhitidan siqib chiqariladi (1-jadval). Buning oqibatida, parazit *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* hamda *Pratylenchus* turkumiga mansub fitogelmintlar raqobatdan xoli bo‘lgan qulay muhitda sabzavot ekinlari ildiz tizimini yalpi ravishda o‘tishi mumkun. Ildiz to‘qimalarining fitoparazitlar tomonidan mexanik va biofizik shikastlanishi natijasida ajraladigan organik chirindi mahsulotlari rizosferada haqiqiy saprobiont (*Rhabditis*, *Pelodera*) va mikofag (*Aphelenchoides*) nematodalarining ommaviy migratsiyasiga hamda turg‘un ko‘payishiga olib keladi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida Zarafshon vodiysi sharoitida bodring yetishtiriladigan maydonlarning hozirgi agrokimyoviy holati hamda parazit nematodalarning tarqalish qonuniyatlari bo‘yicha quyidagi umumiy xulosa shakllantirildi: Tuproqlarning agrokimyoviy ko‘rsatkichlari (pH 7,24–8,21 va humus miqdori 0,51–1,4%) zaif bo‘lganligi sababli tuproqning tabiiy himoya qobiliyati pasayib, fitoparazit nematodalarning ommaviy ko‘payishi uchun qulay muhit yaratmoqda. Shu bilan birga, tuproq sho‘rlanishining ortishi ekotizimdagi foydali (erkin yashovchi va yirtqich) nematodalar miqdorini cheklab qo‘yadi; buning oqibatida parazit turlar raqobatdan xoli muhitda tuproqning quyi qatlamlariga (20–30 sm chuqurlikkacha) vertikal tarqalib, kasallik o‘choqlar hosil qiladi. Shuning uchun, sabzavot ekinlarini fitogelmintlar zararidan ishonchli himoya qilish va tuproq unumdorligini tiklash maqsadida, tizimli ravishda kimyoviy yoki biologik nematotsidlarni qo‘llash bilan bir qatorda, tuproqqa beriladigan fosforli va organik o‘g‘itlar me’yorini ilmiy asoslangan holda oshirish hamda tuproqning tabiiy muhitini qayta tiklash lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Парамонов А. А. Основы фитогельминтологии. Том 1. – Москва: Наука, 1962–1970. – 480 с.

2. Мавлянов О. О. Фитонематоды технических и овоще-бахчевых культур Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1983. - 230.

3. Кирьянова Е. С., Кралль Э. Л. Паразитические растительноядные нематоды и меры борьбы с ними. Т. 1, 2.-Ленинград: Наука, 1969–1971. – 441 с.

4. Шептал Л.Т. О нематодах лука и прикорневой почвы. Матер.научн.конф. ВОГ АН СССР, 2, 1963 а. – С. 183-184.

5. Decker H. Plant Nematodes and their Control (Phytonematology). - New Delhi: Amerind Publishing Co., 1981. – 323.

6. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах. Ташкент: СоюзНИХИ, 1973. – 137 с.

7. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. -Москва: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.

8. Whitehead A. G., Hemming J. R. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil // Annals of Applied Biology. - 1965. - Vol. 55. – No. 1. - P. 25-38.

9. Perry R. N., Moens M. Plant Nematology. – CABI International, 2013. – 568.

10. Саидова Ш. О. Meloidogyne авлоди нематодаларининг морфо-биологик хусусиятлари ва хўжалик аҳамияти (Тошкент воҳаси мисолида). Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати. Тошкент, 2019. - 43.

BATAT (IPOMOEA BATATAS (L.) LAM.) NAVLARINI IN VIVO SHAROITGA MOSLASHTIRISHDA TUPROQNING MINERAL TARKIBI VA NPK OZIQLANISH DARAJASINING AHAMIYATI

Ro‘ziyev Yu.S.[1], Almamatov B.[2], Qo‘shiyev H.H.[2]
[1] Samarqand davlat universiteti, Samarqand
[2] Guliston davlat universiteti Agrobiotexnologiyalar va biokimyo ilmiy-tadqiqot instituti
e-mail: ruziyev19.06@gmail.com
UDK 633.492:631.811:581.143.6

Annotatsiya. Tadqiqotda mikroklonal ko‘paytirilgan batat (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) regenerantlarini *in vivo* sharoitga moslashtirishda tuproqning mineral tarkibi va NPK oziqlanish darajasining ahamiyati o‘rganildi. Tajribalarda Xazina, Xazina-2, GulDU-1, GulDU-2 va Mirzacho‘l navlari qo‘llanildi. Elementlarning umumiy hamda suvda eriydigan fraksiyalari ICP-OES usulida aniqlandi; NPK (15:15:15) o‘g‘iti 0–150 kg/ga miqdorlarda qo‘llanildi. Mineral tarkib muvozanatlashtirilgach, K, Mg va P ning suvda eriydigan fraksiyalari ishonchli oshdi ($p<0,01$). NPK darajasining vegetatsiya davomiyligiga ta’siri va navlar o‘rtasidagi farq ishonchli, «nav×NPK» o‘zaro ta’siri esa ishonchsiz bo‘ldi. NPK ni 100 kg/ga gacha oshirish vegetatsiya davomiyligini 125,6 kundan 136,6 kungacha uzaytirdi. Elementlarning yalpi miqdoridan ko‘ra o‘simlik o‘zlashtira oladigan fraksiyasini boshqarish muhim.

Kalit so‘zlar: *Ipomoea batatas*, batat, regenerant, mikroklonal ko‘paytirish, *in vivo*, akklimatizatsiya, mineral oziqlanish, NPK, ICP-OES.

SIGNIFICANCE OF SOIL MINERAL COMPOSITION AND NPK NUTRITION LEVEL IN ADAPTING SWEET POTATO (IPOMOEA BATATAS (L.) LAM.) CULTIVARS TO IN VIVO CONDITIONS

Abstract. Soil mineral composition and NPK nutrition were studied in adapting micropropagated sweet potato (*Ipomoea batatas*) regenerants to *in vivo* conditions. Five cultivars (Xazina, Xazina-2, GulDU-1, GulDU-2, Mirzacho‘l) were used. Total and water-soluble element fractions were determined by ICP-OES; NPK (15:15:15) was applied at 0–150 kg/ha. After balancing the mineral composition, water-soluble K, Mg and P increased significantly ($p<0.01$). The effects of NPK level and cultivar on growing-period duration were significant; their interaction was not. Raising NPK to 100 kg/ha extended the growing period from 125.6 to 136.6 days. Managing the plant-available fraction of elements matters more than their total content.

Key words: *Ipomoea batatas*, sweet potato, regenerant, micropropagation, *in vivo*, acclimatisation, mineral nutrition, NPK, ICP-OES.

Kirish. Batat (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) oziq-ovqat, yem-xashak va qayta ishlash sanoati uchun muhim ekinlardan bo‘lib, kraxmal, vitaminlar, mineral elementlar va biologik faol birikmalarga boy saqlovchi ildizlari bilan tavsiflanadi [1–3]. Batatning turli agroekologik sharoitlarga moslashuvchanligi yuqori bo‘lsa-da, uning o‘sishi, saqlovchi ildizlarning shakllanishi va hosildorligi genotip bilan bir qatorda tuproqning mineral tarkibi hamda oziqa elementlarining o‘simlik uchun mavjudligiga bog‘liq [1, 3, 8]. Muvozanatli N, P va K oziqlanishi batatda mineral elementlarning o‘zlashtirilishi, assimilantlar taqsimlanishi va saqlovchi ildiz hosilining shakllanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [9–11, 15].

Batatni mikroklonal ko‘paytirish sog‘lom va genetik jihatdan nisbatan bir xil ko‘chat materialini tez olish imkonini beradi. Biroq *in vitro* sharoitida shakllangan regenerantlarni tashqi muhitga ko‘chirish murakkab fiziologik bosqichdir. Steril muhitdagi yuqori namlik, nisbatan past transpiratsiya va tayyor oziqa moddalar bilan ta’minlanish sharoitida rivojlangan regenerantlarda *ex vitro* sharoitga chiqarilgandan keyin suv almashinuvi, stomatal boshqaruv, fotosintez va ildiz orqali mineral oziqlanish tizimlari qayta moslashadi [4–7]. Shu sababli akklimatizatsiya bosqichida substrat xususiyatlari, namlik, yorug‘lik va mineral oziqlanish rejimini muvofiqlashtirish muhim hisoblanadi [5–7].

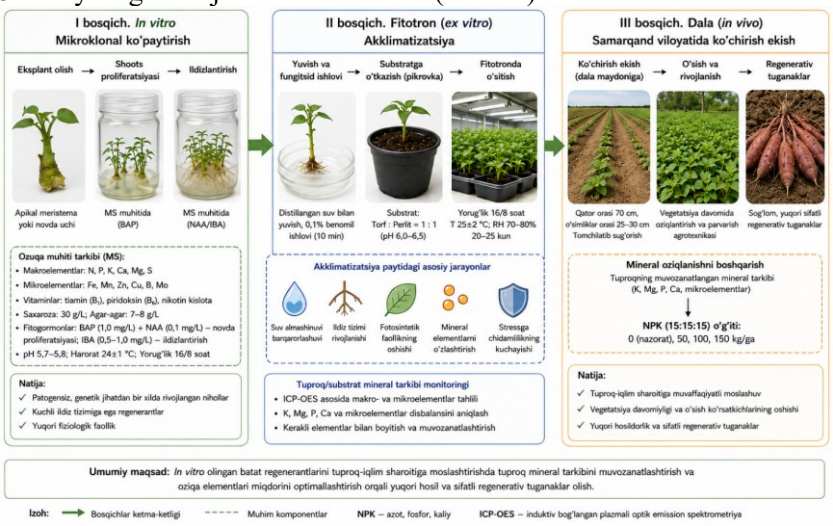
Shu nuqtayi nazardan, regenerantlarning *in vitro* → *ex vitro* → *in vivo* o‘tishida tuproqdagi elementlarning faqat umumiy miqdorini aniqlash yetarli emas. Tuproqda elementlarning katta yalpi zaxirasi mavjud bo‘lsa ham, ularning suvda eriydigan va ildiz uchun nisbatan oson o‘zlashtiriladigan qismi cheklangan bo‘lishi mumkin [8].

Batat fiziologiyasida K alohida ahamiyatga ega: u osmotik boshqaruv, stomatal harakat, fotosintez, fermentlar faolligi va fotoassimilantlarning barglardan saqlovchi ildizlarga translokatsiyasida ishtirok etadi [8–10]. K bilan maqbul oziqlantirish fotosintetik faollikni, saxarozaning kraxmalga aylanishini va saqlovchi ildiz shakllanishini rag‘batlantirishi mumkin [9–11]. Biroq K miqdorining ortishi har doim ham chiziqli hosil javobini bermaydi; maqbul dozani genotip va tuproq sharoitiga mos belgilash talab etiladi [10, 11]. Mazkur tadqiqotning maqsadi *in*

vitro usulida olingan Xazina, Xazina-2, GulDU-1, GulDU-2 va Mirzacho‘l batat regenerantlarini Samarqand viloyati tuproq-iqlim sharoitiga moslashtirishda tuproqdagi makro- va mikroelementlarning suvda eriydigan fraksiyasi hamda NPK oziqlanish darajasining ahamiyatini aniqlashdan iborat.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI

O‘simlik materiali va mikroklonal ko‘paytirish. Tadqiqot obyekti sifatida batatning Xazina, Xazina-2, GulDU-1, GulDU-2 va Mirzacho‘l navlaridan foydalanildi. Eksplant sifatida apikal meristema va novda uchlari olindi. Mikroklonal ko‘paytirishda bazal oziqa muhiti sifatida Murashige–Skoog (MS) muhiti qo‘llanildi [4]. Muhit tarkibiga saxaroza 30 g/l va agar-agar 7–8 g/l kiritilib, pH 5,7–5,8 ga keltirildi. Novdalar proliferatsiyasi uchun BAP 1,0 mg/l va NAA 0,1 mg/l, ildizlantirish uchun esa IBA 0,5–1,0 mg/l fitogormonlari ishlatildi. Kultivatsiya 24 ± 1°C haroratda, 16/8 soat yorug‘lik rejimida olib borildi (1-rasm).



1-rasm. Batat regenerantlarini *in vitro* → *ex vitro* → *in vivo* sharoitga moslashtirish bosqichlari va har bir bosqichdagi asosiy texnologik parametrlar

***Ex vitro* akklimatizatsiya.** Ildizlantirilgan regenerantlar oziqa muhitidan ajratilib, distillangan suv bilan yuvildi va 0,1% li benomil eritmasida 10 min davomida fungitsid ishlovidan o‘tkazildi. So‘ngra ular torf : perlit = 1 : 1 nisbatidagi, pH 6,0–6,5 bo‘lgan substratga pikirovka qilindi. Fitotronda o‘stirish 25 ± 2°C haroratda, nisbiy namlik 70–80% sharoitida 20–25 kun davom etdi (1-rasm). Bunday bosqichli akklimatizatsiya fotosintetik apparat, transpiratsiya va ildizning mineral oziqlanish funksiyalarining qayta shakllanishi uchun muhimdir [5–7].

Dala tajribalari. Dala tajribalari 2021–2025-yillar davomida Samarqand viloyati sharoitida olib borildi. Ko‘chatlar qator orasi 70 sm, o‘simliklar orasi 25–30 sm sxemasida ekilib, tomchilatib sug‘orish qo‘llanildi. Mineral oziqlanish omilini baholash uchun NPK (15:15:15) o‘g‘iti 0 (nazorat), 50, 100 va 150 kg/ga miqdorlarda qo‘llanildi. Har bir nav oziqlanishning barcha variantlarida o‘rganildi; tajriba randomizatsiyalangan sxemada, 4 takrorlikda bajarildi. Bitta delyanka maydoni 25 m^2 ni tashkil etdi.

Tuproq tahlili. Tuproq namunalari 0-30 sm qatlamidan 5 nuqtadan olinib, aralash namuna tayyorlandi. Namunalarda K, Ca, Mg, Na, P, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo va Si elementlari induktiv bog‘langan plazmali optik emission spektrometriya (ICP-OES, Perkin Elmer, USA) usulida tahlil qilindi. Elementlarning umumiy miqdorini aniqlash uchun namunalar Microwave Labstation ETHOS™, Milestone yordamida parchalandi; suvda eriydigan fraksiya esa tuproq : distillangan suv = 1:5 nisbatida 45 minut davomida ekstraksiya qilinib aniqlandi. Har bir ko‘rsatkich 3 takrorlikda o‘lchandi (n=3). Dastlabki tahlilda aniqlangan mineral nomutanosiblik asosida tuproqning oziqa tarkibi muvozanatlashtirilib, keyinchalik suvda eriydigan fraksiya qayta aniqlandi. Mazkur maqolada “suvda eriydigan fraksiya” atamasi qo‘llanildi; u to‘liq agronomik bioo‘zlashtiriluvchanlik bilan aynan bir tushuncha sifatida talqin qilinmadi [8].

Kuzatilgan ko‘rsatkich va statistik tahlil. O‘simliklarning *in vivo* sharoitdagi javobi vegetatsiya davomiyligi (ko‘chat ekishdan texnik yetilishgacha bo‘lgan kunlar soni) bo‘yicha baholandi. Natijalar o‘rtacha qiymat ± o‘rtachaning standart xatoligi (M ± SE) ko‘rinishida ifodalandi (n = 4). «Nav» (5 daraja) va «NPK darajasi» (4 daraja) omillarining mustaqil hamda o‘zaro ta’sirini baholash uchun ikki faktorli dispersion tahlil (two-way ANOVA) qo‘llanildi.

Variantlarni juft-juft taqqoslashda eng kichik ishonchli farq (LSD) mezonidan foydalanildi. Tuproq ko‘rsatkichlari bo‘yicha nazorat va boyitilgan variantlar Styudent *t*-mezoni asosida taqqoslandi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

Tuproqdagi elementlarning umumiy va suvda eriydigan fraksiyalari

ICP-OES tahlili tuproqdagi ayrim elementlarning umumiy zaxirasi yuqori bo‘lishiga qaramay, ularning suvda eriydigan qismi nisbatan kam ekanligini ko‘rsatdi (1-jadval).

1-jadval

Tuproqdagi ayrim asosiy elementlarning umumiy va suvda eriydigan fraksiyasi (M ± SE, n = 3)

Element	Suvda eriydigan fraksiya, mg/kg	Suvda erimaydigan fraksiya, mg/kg	Umumiy miqdor, mg/kg	Eriydigan qism, %
K	85 ± 6	12 450 ± 320	12 535	0,68
Ca	320 ± 18	8 950 ± 410	9 270	3,45
Mg	42 ± 4	4 180 ± 210	4 222	0,99
Na	95 ± 7	2 300 ± 150	2 395	3,97
P	18 ± 2	1 120 ± 75	1 138	1,58
Fe	6,8 ± 0,5	28 400 ± 960	28 407	0,02
Mn	3,5 ± 0,3	720 ± 40	723,5	0,48
Zn	1,2 ± 0,1	145 ± 12	146,2	0,82
Cu	0,9 ± 0,08	62 ± 5	62,9	1,43

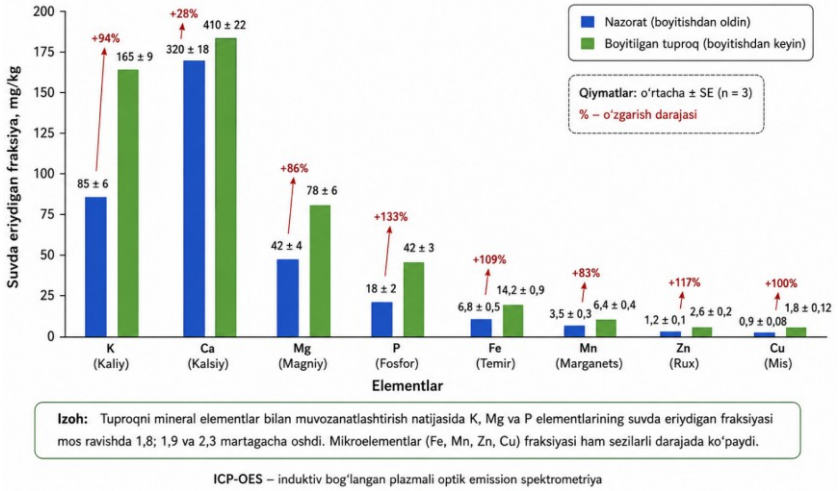
Izoh: “Umumiy miqdor” ustuni suvda eriydigan va erimaydigan fraksiyalar yig‘indisi sifatida hisoblangan.

Natijalar K, Mg va P bo‘yicha ayniqsa katta tafovut mavjudligini ko‘rsatdi. K ning umumiy miqdori 12 535 mg/kg bo‘lgan holda suvda eriydigan qismi 85 ± 6 mg/kg, ya’ni umumiy zaxiraning atigi 0,68% ini tashkil etdi. Mg da 4 222 mg/kg umumiy zaxiraga nisbatan 42 ± 4 mg/kg (0,99%), P da esa 1 138 mg/kg ga nisbatan 18 ± 2 mg/kg (1,58%) suvda eriydigan fraksiya aniqlandi. Temir bo‘yicha bu ulush eng past — 0,02% ni tashkil etdi.

In vitro sharoitida mineral elementlarni oziqa muhitidan oson o‘zlashtiriladigan shaklda olgan o‘simlik tashqi muhitga chiqarilgach, tuproq eritmasidan ionlarni mustaqil o‘zlashtirishga o‘tadi (1-rasm) [4–8]. Shu sababli yalpi element miqdori yuqori bo‘lsa ham, ildiz zonasida suvda eriydigan shakllarning kamligi mineral oziqlanishni cheklashi mumkin [8].

Tuproqni muvozanatlashtirishning suvda eriydigan elementlar fraksiyasiga ta’siri

Tuproq mineral tarkibini muvozanatlashtirishdan keyin o‘simlik uchun nisbatan oson o‘zlashtiriladigan suvda eriydigan fraksiyalarda sezilarli o‘zgarish kuzatildi (2-rasm).



2-rasm. Tuproqni muvozanatlashtirishdan oldin (nazorat) va keyin (boyitilgan) suvda eriydigan elementlar miqdorining o‘zgarishi (M ± SE, n = 3)

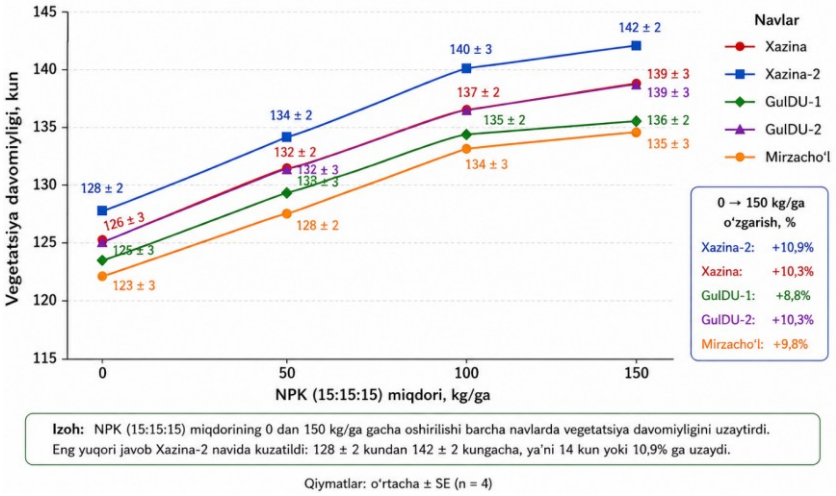
Eng katta nisbiy o‘zgarish P da kuzatilib, uning suvda eriydigan miqdori 18 ± 2 dan 42 ± 3

mg/kg gacha, ya'ni 2,33 marta (+133%) oshdi. K miqdori 85 ± 6 dan 165 ± 9 mg/kg gacha (1,94 marta, +94%), Mg esa 42 ± 4 dan 78 ± 6 mg/kg gacha (1,86 marta, +86%) ko'paydi. Mikroelementlardan Zn 2,17 marta, Fe 2,09 marta, Cu 2,00 marta va Mn 1,83 marta oshdi. Barcha elementlar bo'yicha farq statistik jihatdan ishonchli bo'ldi ($p < 0,05$), eng yuqori ishonchlilik K, Fe, Zn, P va Cu da qayd etildi ($p \leq 0,003$).

Bu natijalar mineral oziqlanishni boshqarishda elementlarning faqat yalpi zaxirasini emas, balki suvda eriydigan va o'simlik uchun nisbatan mavjud fraksiyasini ham hisobga olish zarurligini ko'rsatadi [8]. Batatda N, P va K bilan muvozanatli oziqlantirish oziqa elementlaridan foydalanish samaradorligi, saqlovchi ildiz shakllanishi va hosil ko'rsatkichlariga ta'sir qilishi boshqa tadqiqotlarda ham qayd etilgan [9–11, 15].

NPK miqdorining navlarning vegetatsiya davomiyligiga ta'siri. Mineral oziqlanish darajasining oshirilishi barcha o'rganilgan navlarda vegetatsiya davrining uzayishi bilan kechdi (3-rasm).

NPK qo'llanilmagan sharoitda vegetatsiya davomiyligi 123–128 kun oralig'ida bo'lgan bo'lsa, 150 kg/ga NPK qo'llanilganda 135–142 kungacha yetdi. Eng yuqori mutlaq javob Xazina-2 navida qayd etilib, vegetatsiya davri 128 ± 2 kundan 142 ± 2 kungacha, ya'ni 14 kunga yoki 10,9% ga uzaydi. Xazina va GulDU-2 navlarida vegetatsiya davomiyligi 13 kun, Mirzacho'lda 12 kun, GulDU-1 da 11 kun uzaydi.



3-rasm. NPK miqdorining batat navlari vegetatsiya davomiyligiga ta'siri (kun, M ± SE, n = 4)

Dispersion tahlil natijalari

Ikki faktorli dispersion tahlil natijalari 2-jadvalda keltirilgan. Tahlil NPK darajasining vegetatsiya davomiyligiga ta'siri yuqori darajada ishonchli ekanini ko'rsatdi ($F(3; 60) = 25,12$; $p < 0,001$). Navlar o'rtasidagi farq ham ishonchli bo'ldi ($F(4; 60) = 3,18$; $p = 0,019$). Shu bilan birga, «nav × NPK» o'zaro ta'siri statistik jihatdan ishonchli emas ($F(12; 60) = 0,04$; $p > 0,05$).

2-jadval

Vegetatsiya davomiyligi bo'yicha ikki faktorli dispersion tahlil natijalari

Variatsiya manbayi	SS	df	MS	*F*	*p*
Nav (A)	331,2	4	82,8	3,18	0,019
NPK darajasi (B)	1959,2	3	653,1	25,12	< 0,001
A × B o'zaro ta'siri	12,8	12	1,1	0,04	> 0,05
Xato	1560,0	60	26,0	—	—
Jami	3863,2	79	—	—	—

O'zaro ta'sirning ishonchli emasligi muhim ma'noga ega: o'rganilgan besh nav NPK oziqlanishining oshishiga bir xil yo'nalish va bir xil kuchda javob bergan. Shu sababli ushbu ma'lumotlar asosida biror navni "mineral oziqlanishga sezgirroq genotip" deb ta'riflash asosli emas; navlar faqat vegetatsiya davrining umumiy davomiyligi bo'yicha farqlanadi. Nav o'rtachalari taqqoslanganda Xazina-2 (136,0 kun) GulDU-1 (131,5 kun) va Mirzacho'l (130,0 kun) dan ishonchli farq qildi ($LSD_{0,05} = 3,6$ kun), Xazina va GulDU-2 (har ikkisida 133,5 kun) dan esa farqi ishonchli emas.

NPK darajalari bo‘yicha o‘rtacha qiymatlar 0 kg/ga da 125,6 kun, 50 kg/ga da 131,2 kun, 100 kg/ga da 136,6 kun va 150 kg/ga da 138,2 kunni tashkil etdi. Dastlabki uch daraja o‘rtasidagi farqlar ishonchli ($LSD_{0,05}$ = 3,2 kun), biroq 100 va 150 kg/ga variantlari o‘rtasidagi 1,6 kunlik farq ishonchlilik chegarasidan past. Demak, mazkur sharoitda vegetatsiya davomiyligi bo‘yicha javob 100 kg/ga darajasida to‘yinadi va dozani 150 kg/ga gacha oshirish qo‘shimcha ishonchli samara bermaydi.

Natijalarning agronomik talqini

Vegetatsiyaning uzayishini bir tomonlama ijobiy agronomik natija sifatida talqin qilish to‘g‘ri emas. Uzoqroq faol barg davri fotosintez va fotoassimilantlar hosil bo‘lishi uchun qo‘shimcha vaqt yaratishi mumkin, biroq uning amaliy samarasi saqlovchi ildiz hosili, quruq modda va kraxmal to‘planishi bilan birgalikda baholanishi kerak [9, 11–13]. Kaliy ta’minoti saxarozaning kraxmalga aylanishiga ta’sir qilib, maqbul K sharoitida saxaroza sintaza (SuSy), ADP-glyukoza pirofosforilaza (AGPase) va kraxmal biosintezi bilan bog‘liq jarayonlarning faollashishi kuzatilgan [9].

Boshqa dala tajribalarida ham K miqdorining ta’siri chiziqli emasligi ko‘rsatilgan: maqbul K oziqlanishi saqlovchi ildizlar soni, massasi va hosildorligini oshirishi mumkin, biroq yuqori dozalar har doim ham qo‘shimcha biologik samara bermaydi [10, 11]. Mazkur tajribada 100 va 150 kg/ga variantlari o‘rtasida ishonchli farq topilmagani aynan shu qonuniyat bilan mos keladi va 150 kg/ga ni “optimal doza” sifatida belgilash uchun asos yo‘qligini ko‘rsatadi.

***In vitro → ex vitro → in vivo* moslashuvning fiziologik modeli**

Olingan natijalar asosida regenerantlarning moslashuvini quyidagi funksional ketma-ketlik bilan tushuntirish mumkin: mikroklonal regenerant → fitotron sharoitida ildiz va barg apparatining moslashuvi → tuproqdagi suvda eriydigan K, Mg va P miqdorining oshishi → ildiz orqali mineral elementlarning o‘zlashtirilishi → suv va ion gomeostazining barqarorlashuvi → fotosintetik apparatning faol ishlashi → vegetatsiya davrining saqlanishi → fotoassimilantlarning saqlovchi ildizlarga yo‘naltirilishi (1-rasm).

Substrat xususiyatlari va tashqi muhit sharoitlari *ex vitro* ko‘chatlarning fiziologik holatiga sezilarli ta’sir qiladi [5–7]. Keyingi bosqichda esa tuproqdagi oziqa elementlarining suvda eriydigan qismi va ildiz tizimining ularni o‘zlashtirish qobiliyati muhim omillardan biriga aylanadi [8].

Tadqiqotning cheklovlari

Mazkur ishda navlarning javobi faqat bitta ko‘rsatkich — vegetatsiya davomiyligi bo‘yicha baholandi. Bu ko‘rsatkich o‘z-o‘zicha agronomik samaradorlikni belgilamaydi; navni “eng moslashuvchan” yoki “eng mahsuldor” deb yakuniy baholash uchun yashovchanlik, barg yuzasi, xlorofill miqdori, fotosintez intensivligi, biomassa, saqlovchi ildizlar soni va hosildorlik kabi ko‘rsatkichlarni birgalikda tahlil qilish zarur [9–15]. Bundan tashqari, tuproqni boyitish varianti alohida agrofon sifatida NPK omilidan mustaqil ravishda tahlil qilinmagani sababli, boyitish va NPK ta’sirini bir-biridan ajratib baholash imkoni cheklangan. Kelgusi tadqiqotlarda ushbu ikki omilni to‘liq faktorial sxemada birgalikda o‘rganish maqsadga muvofiq.

Xulosa. Samarqand viloyati tuproq-iqlim sharoitida *in vitro* usulida olingan batat regenerantlarini *in vivo* sharoitga moslashtirishda tuproqdagi mineral elementlarning yalpi zaxirasi bilan bir qatorda ularning suvda eriydigan fraksiyasi ham muhim ekanligi aniqlandi. Dastlabki tuproqda K, Mg va P ning suvda eriydigan miqdori umumiy zaxiraning mos ravishda atigi 0,68, 0,99 va 1,58% ini tashkil etdi; mineral tarkib muvozanatlashtirilgach ular 85 ± 6 dan 165 ± 9, 42 ± 4 dan 78 ± 6 va 18 ± 2 dan 42 ± 3 mg/kg gacha ishonchli oshdi ($p < 0,01$).

Ikki faktorli dispersion tahlil NPK darajasining vegetatsiya davomiyligiga ta’siri ishonchli ekanini ($F(3; 60) = 25,12$; $p < 0,001$) va navlar o‘rtasida ham ishonchli farq borligini ($F(4; 60) = 3,18$; $p = 0,019$) ko‘rsatdi. «Nav × NPK» o‘zaro ta’siri ishonchli emas ($p > 0,05$), ya’ni barcha o‘rganilgan navlar mineral oziqlanishga bir xil yo‘nalishda javob berdi. NPK ni 0 dan 100 kg/ga gacha oshirish vegetatsiya davomiyligini o‘rtacha 125,6 kundan 136,6 kungacha uzaytirdi; 150 kg/ga variantidagi 138,2 kun esa 100 kg/ga dan ishonchli farq qilmadi ($LSD_{0,05}$ = 3,2 kun).

Natijalar batat regenerantlarini *in vitro → ex vitro → in vivo* tizimida moslashtirishda mineral oziqlanishni tuproqdagi suvda eriydigan elementlar miqdori asosida boshqarish zarurligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, agronomik optimal dozani yakuniy belgilash uchun vegetatsiya davomiyligi bilan bir qatorda hosildorlik, biomassa va fiziologik ko‘rsatkichlar ham baholanishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Lebot V. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. – Wallingford: CABI, 2009. – 413 p.

2. Woolfe J.A. Sweet potato: an untapped food resource. – Cambridge: Cambridge University Press, 1992. – 643 p.

3. Truong V.D., Avula R.Y., Pecota K.V., Yencho G.C. Sweetpotato production, processing, and nutritional quality // Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. – Chichester: Wiley-Blackwell, 2018. – P. 811–838. doi: 10.1002/9781119098935.ch35

4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiologia Plantarum*. – 1962. – Vol. 15, № 3. – P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

5. Preece J.E., Sutter E.G. Acclimatization of micropropagated plants to the greenhouse and field // Micropropagation: Technology and Application. – Dordrecht: Springer, 1991. – P. 71–93. doi: 10.1007/978-94-009-2075-0_5

6. Hazarika B.N. Acclimatization of tissue-cultured plants // *Current Science*. – 2003. – Vol. 85, № 12. – P. 1704–1712.

7. Kozai T., Kubota C., Jeong B.R. Environmental control for the large-scale production of plants through in vitro techniques // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 1997. – Vol. 51, № 1. – P. 49–56. doi: 10.1023/A:1005809518371

8. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. – London: Academic Press, 2012. – 651 p.

9. Gao Y., Tang Z., Xia H., Sheng M., Liu M., Pan S., Li Z., Liu J. Potassium fertilization stimulates sucrose-to-starch conversion and root formation in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2021. – Vol. 22, № 9. – Art. 4826. doi: 10.3390/ijms22094826

10. He W., Li J., Lu Y., Chen S., Deng L., Xu X., Zhu Y., Jin M., Liu Y., Lu G., Lv Z. Development of critical K dilution curves for diagnosing sweetpotato K status // *Frontiers in Plant Science*. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1124328. doi: 10.3389/fpls.2023.1124328

11. Liu B., Xv B., Si C., Shi W., Ding G., Tang L., Xv M., Shi C., Liu H. Effect of potassium fertilization on storage root number, yield, and appearance quality of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) // *Frontiers in Plant Science*. – 2024. – Vol. 14. – Art. 1298739. doi: 10.3389/fpls.2023.1298739

12. Singh V., Sergeeva L., Ligterink W., Aloni R., Zemach H., Doron-Faigenboim A., Yang J., Zhang P., Shabtai S., Firon N. Gibberellin promotes sweetpotato root vascular lignification and reduces storage-root formation // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – Art. 1320. doi: 10.3389/fpls.2019.01320

13. Singh V., Zemach H., Shabtai S., Aloni R., Yang J., Zhang P., Sergeeva L., Ligterink W., Firon N. Proximal and distal parts of sweetpotato adventitious roots display differences in root architecture, lignin, and starch metabolism and their developmental fates // *Frontiers in Plant Science*. – 2021. – Vol. 11. – Art. 609923. doi: 10.3389/fpls.2020.609923

14. Haque E., Shirasawa K., Suematsu K., Tabuchi H., Isobe S., Tanaka M. Polyploid GWAS reveals the basis of molecular marker development for complex breeding traits including starch content in the storage roots of sweet potato // *Frontiers in Plant Science*. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1181909. doi: 10.3389/fpls.2023.1181909

15. Zhao Z., Bai B., Qie Z., et al. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers on storage root yield, nutrient use efficiency, and soil nutrient balance of sweetpotato // *BMC Plant Biology*. – 2025. – Vol. 25. – Art. 1441. doi: 10.1186/s12870-025-07503-9

G‘O‘ZA TURLARIDA QTL XARITALASH VA *IN SILICO* PZR TAHLILLARI INTEGRATSIYASI

Oripova Barno Baxtiyor qizi[1,2,3], Xo‘janazarova Fayyoza Husniddin qizi[4], Rafiyeva Feruza Umidulloyevna[2], Arslanova Sevara Karimjanovna[2], Kushanov Faxriddin Ne’matullayevich[2]

[1]Toshkent davlat tibbiyot universiteti, 100109, Toshkent, O‘zbekiston

[2]O‘zR FA Genetika va o‘simliklar eksperimental biologiyasi instituti, 111226, Toshkent, O‘zbekiston

[3]EMU University 100070, Toshkent, O‘zbekiston

[4]Turon universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

barnooripova127@gmail.com

ORCID 0009-0001-4869-6698

UDK 575.113: 577.21

Annotatsiya. Maqolada tadqiqot uchun olingan g‘o‘za namunalari va mikrosatellit molekulyar markerlar ishtirokida PZR skrining olib borilgan. Olingan natijalar yordamida namunalarda genetik xilma-xillikni namoyon qilgan yuqori polimorf DNK markerlar ajratib olingan. Bioinformatik dasturlardan foydalangan holda, NCBI ma’lumotlar bazasida mavjud g‘o‘za genomi hamda polimorf SSR markerlar asosida *in silico* tahlillar amalga oshirilgan. Ushbu molekulyar-genetik tahlillardan olingan natijalar xorij olimlari tomonidan olib borilgan g‘o‘za o‘simligining qimmatli xo‘jalik belgilarini QTL kartalashtirish tadqiqotlari natijalari bilan qiyosiy taqqoslangan. Har ikkala yo‘nalishda olib borilgan xaritalash va virtual tahlillar natijalarini o‘zaro taqqoslash kelgusi tadqiqotlar uchun g‘o‘zaning qimmatli nomzod genlari va oqsillari identifikatsiyasining yanada ishonchliligi va samaradorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: g‘o‘za, DNK praymer, polimorf, monomorf, *in silico* PZR, nomzod gen/oqsil, QTL kartalashtirish, SSR markerlar.

INTEGRATION OF QTL MAPPING AND IN SILICO PCR ANALYSES ON COTTON SPECIES

Abstract. PCR screening of cotton samples with microsatellite molecular markers was conducted. Highly polymorphic DNA markers that reveal genetic diversity in the samples were selected. Using bioinformatic programs, *in silico* analyses were carried out based on the cotton genome available in the NCBI database and the polymorphic SSR markers. The results of these molecular genetic analyses were compared with the results of QTL mapping studies of valuable economic traits of cotton conducted by foreign scientists. Comparing the results of mapping and virtual analyses serves to ensure more reliable and effective identification of candidate genes and proteins in cotton for further research.

Key words: cotton plant, DNA primer, polymorphic, monomorphic, *in silico* PCR, candidate gene/protein, QTL mapping, SSR markers.

Kirish. QTL (Quantitative Trait Loci) tahlili va genom asosidagi in silico tahlil (bioinformatik / prognostik yondashuvlar) murakkab belgilar, jumladan, qurg‘oqchilikka chidamlilik, kasallikka bardoshlilik, hosildorlik va turli xildagi stress omillarga javobgar belgi-xususiyatlarning genetik asoslarini tadqiq etish singari o‘xshash maqsadlarga xizmat qiladi, lekin amalga oshirish usullari va natijalari jihatidan farq qiladi. QTL tahlili populyatsiya yaratish (mapping population), fenotiplash, genotiplash, statistik tahlil (linkage mapping) usullaridan foydalangan holda fenotipik belgilar (hosildorlik, chidamlilik, stressga javob) bilan genetik markerlar (SSR, SNP va h.k.) orasidagi bog‘liqlikni tajribaviy ravishda aniqlashga asoslanadi. Ammo, ko‘p vaqt va mablag‘ talab qiladi va shu bilan birga faqat o‘rganilgan populyatsiyada aniqlanadi, boshqa genotiplarda to‘liq mos kelmasligi mumkin. Genom asosidagi in silico tahlil to‘liq genom ma’lumotlari (referens (nazorat) genom, transkriptom, gen annotatsiyasi) yordamida belgilar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin bo‘lgan QTL hududida joylashgan SNP, indel yoki genlarning konservativ motivlarini, aniq gen va ularning funksional rolini bioinformatik dasturlar yordamida bashorat qilishda samarali hisoblanadi, qolaversa, sarflanadigan vaqt va mehnat kamroq bo‘lishi bilan birga, keng miqyosli nomzod genlarni aniqlash va shuningdek, ko‘p omilli stress javoblarini tizimli (systems biology) darajada tahlil qilish imkonini beradi.

Xususan, bu borada X.Guo va boshqa olimlar tomonidan g‘o‘zaning turli qimmatli xo‘jalik belgilari bilan assotsiatsiya bo‘lgan mikrosatellit DNK markerlar ishtirokida QTL xaritalash tadqiqotidan foydalanildi [1]. Shuningdek, tadqiqot namunalari o‘rtasida Pic va He ko‘rsatkichlari yuqori qiymatni namoyon etgan, tola sifati va boshqa qimmatli belgilarga assotsiatsiya bo‘lgan bir qator SSR DNK markerlari hamda *G.hirsutum* genomi ishtirokida virtual skrining amalga oshirildi. Bioinformatik tahlillar UniPro Ugene dasturida olib borilgan bo‘lib,

mikrosatellit markerlar kolleksiyasi ma'lumotlari CottonGen (CMD - Cotton marker database) standartlashtirilgan panelida mavjud BNL, JESPR, HAU, Gh, NAU kolleksiyasining ma'lumotlar bankidan va *G.hirsutum* genomi esa NCBI genom-ma'lumotlar bazasidan olingan.

Tadqiqot metodologiyasi.

G'o'za genomi. Virtual tahlillar uchun NCBI ma'lumotlar bazasidan g'o'zaning *G. hirsutum* L. genomi yuklab olindi.

DNK markerlar paneli. Tadqiqotda foydalanilgan namunalarning genetik polimorfizmini aniqlash maqsadida qimmatli xo'jalik belgilariga genetik bog'langan mikrosatellit markerlar to'plami shakllantirildi.

In silico PZR. UniPro Ugene dasturiga g'o'za genomini va mikrosatellit markerlar yordamida virtual (In silico) PZR skrining amalga oshirildi. Bunda foydalanilgan markerning g'o'za genomida mavjud ekanligi va aynan xromosomadagi pozitsiyasi aniqlandi.

Augustus. Virtual tahlil jarayonida sintezlangan amplikonlar asosida aniqlangan g'o'zaning genom hududidan ehtimoliy gen va shu genning transkript variantlari aniqlandi.

Blast tahlili. Augustus web ilovasi yordamida aniqlangan nomzod gen va oqsillar qiyosiy tahlil qilindi.

QTL xaritalash. Virtual skrining natijalari xorij olimlari tomonidan olib borilgan xaritalash tadqiqotlari natijalari bilan qiyosiy tahlil qilindi.

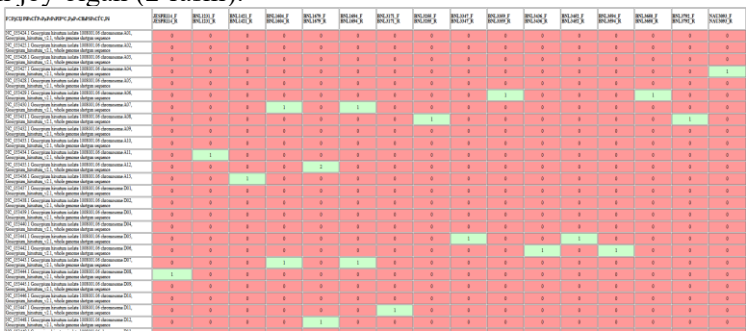
Natijalar va muhokama. In silico PZR tahlili g'o'zaning tola sifati va turli stress omillarga chidamlilik bilan bog'liq 16 ta mikrosatellit DNK markeri ishtirokida amalga oshirilgan bo'lib, bunda olingan natijalar markerlarning *G.hirsutum* genomiga birikib, virtual amplikon hosil bo'lganligini tavsiflaydi.

Natijalar tahlili foydalanilgan mikrosatellit markerlarning g'o'za genomi tegishli xromosomalarining ma'lum pozitsiyasida gibridizatsiya bo'lganligini turli juft asosli sintezlangan PZR amplikonlari tasdiqlaydi. Xususan, quyida BNL3436 tola uzunligi va pishiqligi belgisiga javobgar markerning *G.hirsutum* g'o'za genomi D06 ya'ni 25-xromosomasining 2032359 / 2032556 nukleotid ketma-ketligi hududida gibridizatsiya bo'lib, 198 juft asos nukleotiddan iborat PZR mahsuloti (amplikon) sintezlanganligi keltirilgan (1-rasm).

```
LOCUS       NC_053448.1_Gossypium_hirsutum_isolate_1008001.06_chromosome_D12, Gossypium_hirsutum_v2.1, whole_genome_shotgun_sequence:52048826-52048971 146 bp    05-SEP-2025
UNIMARK     NC_053448.1 Gossypium hirsutum isolate 1008001.06 chromosome D12, Gossypium_hirsutum_v2.1, whole genome shotgun features:52048826-52048971
            NC_053448.1 Gossypium hirsutum isolate 1008001.06 chromosome D12, Gossypium_hirsutum_v2.1, whole genome shotgun sequence:52048826-52048971
FEATURES             Location/Qualifiers
     misc_feature    1..25
                     /note="primer"
     misc_feature    complement(127..146)
                     /note="primer"
ORIGIN
        1 AATTGAGTGA TACTAGCATT TCAGCTACTA ATTAATAGAG ATTTTGTCGG ACTAAGTCCA
       61 CGCAAAAAAA TAAAACTCAA TTTTCAAGAA ATCAGAGAGA GAGAGGGAGA GAGAGAGAGG
      121 AAAAACTACT GCCAGCAAAT CCCTTT
//
```

1-rasm. **BNL3436 mikrosatellit markerining g'o'za genomiga birikishi**

Foydalanilgan *G.hirsutum* genomi va molekulyar markerlar ishtirokidagi *fasta* PZR tahlili shuni ko'rsatdiki, mikrosatellit DNK markerlar ushbu g'o'za genomining ma'lum gomologik xromosomalaridan joy olgan (2-rasm).



2-rasm. **Mikrosatellit DNK markerlarining g'o'za genomidagi amplifikatsiyasi va xromosomadagi o'rni**

quyidagi rasmda yashil bilan belgilangan hududlar sintezlangan PZR amplikonlarini tavsiflaydi

Bioinformatik tahlillar asosida olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, bunda foydalanilgan 16 ta molekulyar markerlarning 13 tasida 1 tadan PZR amplikon, 2 tasida 2 tadan amplikon va 1 tasida esa 3 ta PZR mahsuloti sintezlangani ma'lum bo'ldi.

1-jadval

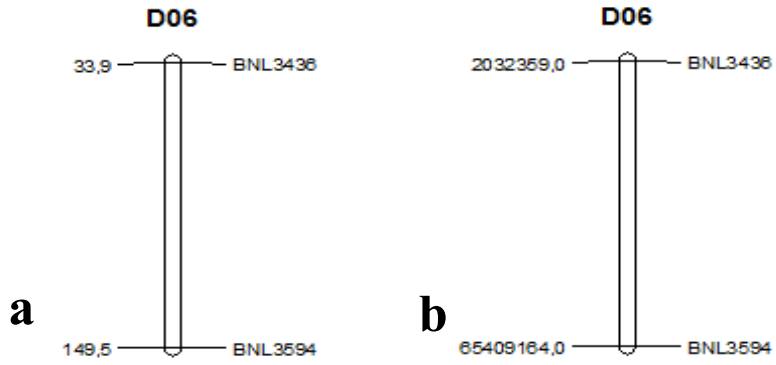
Mikrosatellit DNK markerlarining xromosomadagi o‘rni va funksiyasi

№	DNK marker	Chr.	cM	Xromosoma pozitsiyasi (Upstream / Downstream)	Amplikon o‘lchami	Bog‘langan belgi
1	BNL1604	A07 / D07	73,0	91031923 / 91032024 / 52068992 / 52069112	102 / 121 j.a.	Tola sifati
2	BNL1694	A07 / D07	68,4	40367154 / 40367393 / 27936319 / 27936542	240 / 224 j.a.	Tola sifati, tuzga chidamlilik
3	BNL3436	D06	33,9	2032359 / 2032556	198 j.a.	Tola uzunligi, pishiqligi
4	BNL3594	D06	149,5	65409168 / 65409362	195 j.a.	Tuzga chidamlilik

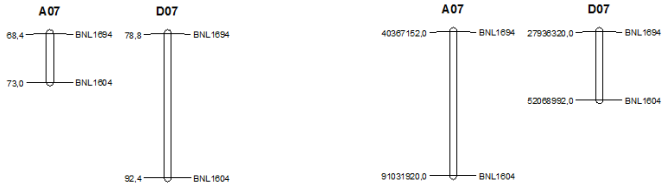
*** j.a. – juft asos**

In silico PZR tahlili asosida olib borilgan natijalar, ya’ni g‘o‘za genomiga gibridizatsiya bo‘lib, PZR mahsuloti sintezlangan DNK markerlarining xromosomadagi pozitsiyasi, PZR mahsuloti nukleotid uzunligi, QTL xaritalash bo‘yicha aynan shu markerlarning cM ko‘rsatkichlari bilan solishtirildi (1-jadval).

Ushbu virtual amlikonlarning *G.hirsutum* turi genomidagi, ya’ni xromosomlardagi lokatsiyalarini (joylashgan o‘rnilarini) tasvirlash maqsadida MapChart 2.3 bioinformatik dasturidan foydalanib xaritalash amalga oshirildi. Bunda, marker regionlarining haqiqiy pozitsiyasi to‘g‘ri tartibdagi praymer ketma-ketligi joylashgan koordinat bo‘yicha aniqlandi (3-rasm).



3-rasm. **DNK markerlarining g‘o‘za genomidagi lokatsiyalari:**
a-BNL3436, BNL3594 markerining QTL bo‘yicha cM ko‘rsatkichlari;
b- BNL3436, BNL3594 markerining genom asosidagi virtual skrining ko‘rsatkichlari.



a **b**

4-rasm. **DNK markerlarining g‘o‘za genomidagi lokatsiyalari:**
a-BNL1694, BNL1604 markerining QTL bo‘yicha cM ko‘rsatkichlari;
b- BNL1694, BNL1604 markerining genom asosidagi virtual skrining ko‘rsatkichlari.

Xuddi shu tartibda, QTL xaritalash va bioinformatik dasturlar yordamida amalga oshirilgan skrining natijalar ko‘rsatkichlarini qiyosiy solishtirish asosida qimmatli belgi va xususiyatlarga javobgar markerlar va genlarni aniqlash mumkin (4-rasm).

QTL va in silico natijalarini solishtirish shuni ko‘rsatdiki, fenotip-genotip bog‘lanishini tasdiqlovchi QTL hududlari ichida stressga javob beruvchi molekulyar mexanizmlarni tartibga soluvchi aniq genlar mavjud. Ushbu moslik ikki usulning bir-birini to‘ldiruvchi xususiyatini tasdiqlab, ishonchli va qimmatli nomzod gen va oqsillarni ajratib olish imkonini beradi.

G‘o‘zaning tola sifati, fuzarioz vilt kasalligiga chidamlilik va boshqa qimmatli xo‘jalik belgilariga assotsiatsiya bo‘lgan markerlar bo‘yicha nomzod gen va oqsillarni aniqlash nuqtayi nazaridan, g‘o‘za genomining SSR markerlar joylashgan lokusi, ya’ni genomning virtual PZR mahsulotlari amplifikatsiyalangan hududi DNK zanjirining har ikkala tarafdan, 5′ yo‘nalishi bo‘ylab yuqori tarafga (upstream) – 50 ming nukleotid juft hamda 3′ yo‘nalishi bo‘ylab quyi tarafga (downstream) – 50 ming, jami 100 ming nukleotid qo‘shilgan holda amplikonlardan nusxa olindi.

Ushbu belgilab olingan genom hududidagi nukleotid ketma-ketliklaridan foydalanib, AUGUSTUS veb ilovasi yordamida *Arabidopsis thaliana* model o‘simligi asosida genom hududidagi ehtimoliy gen va ushbu genning transkript variantlari, shuningdek, oqsillar izlab topildi (2- va 3-jadvallar).

2-jadval

DNK markerlarining yuqori (upstream) va quyi (downstream) genom hududi

№	Marker nomi	Amplikon o‘lchami, juft asos (j.a.)	50 000 j.a. Upstream	50 000 j.a. Downstream	Assotsiatsiya bo‘lgan belgi
1	BNL3436	198	1982359	2082556	Tola uzunligi va pishiqligi
2	BNL1694	240 / 224	40317154 /27886319	40417393 / 27986542	Tola sifati, sho‘r stressiga chidamlilik

So‘ngra, taxminiy gen va oqsillarning BLAST qidiruv dasturi orqali nomzod genlarni qidirib topish asosida g‘o‘za genomiga xos bo‘lgan muhim genlar va oqsillar aniqlandi. Bioinformatik tahlillar davomida BNL3436 DNK markeri genom hududidan 6 ta va BNL1694 markeri genomi hududidan 2 ta nomzod gen/oqsil yoki transkriptlar mavjud ekanligi ma’lum bo‘ldi.

3-jadval

DNK markerlarining yuqori va quyi genom hududida aniqlangan gen va transkriptlar

№	Marker	Genlar soni	Transkriptlar soni	Oqsil kodi
1	BNL3436	12	13	XP_016717349.2 XP_016753912.1 XP_016727140.2 ADR00582.1 XP_040964577.1 XP_040947355.1
2	BNL1694	12	14	XP_016755183.1 XP_016683962.2

Ushbu nomzod gen va oqsillarning o‘simliklar, shu jumladan, g‘o‘zaning o‘sishi va rivojlanishi bilan bog‘liq turli fiziologik va biokimyoviy jarayonlardagi roli adabiyotlar tahlili yordamida tahlil qilindi (4-jadval).

QTL tahlili natijalari asosida g‘o‘za genomi bo‘yicha bir nechta xromosomalarda tola sifati, sho‘rlanish va fuzarioz vilt stressiga chidamlilik bilan bog‘liq intervallar aniqlangan. Jumladan, D06 xromosomaning 33,9–149,5 cM oralig‘ida yuqori LOD qiymatlari qayd etilib, mazkur hudud fenotipik o‘zgaruvchanlikning yuqori darajasini namoyon etgan.

Ushbu genom hududi g‘o‘zaning suv tanqisligi sharoitida tola to‘qimalarining rivojlanishi va hosil elementlarining shakllanishida muhim rol o‘ynashi bilan ajralib turdi.

4-jadval

NCBI BLAST ma'lumotlar bazasi yordamida aniqlangan ehtimoliy gen va oqsillar

№	Marker nomi	Ehtimoliy gen yoki oqsil	Funksiyasi
1	BNL3436	*Acyl-CoA-binding domain-containing protein 1*	Lipidlar transporti va metabolizmi [2,3].
		Integrin-linked protein kinase 1	Hujayra proliferatsiyasi, differensiatsiya, migratsiya [4].
		Zinc finger protein CONSTANS-LIKE 14	Gullash, qurg'oqchilik va tuz stressiga chidamlilik [5].
		Somatic embryogenesis receptor-like kinase 1 protein	Changchi va chang hujayrasi rivojlanishi [6].
		Leucine-rich repeat receptor-like serine/threonine-protein kinase BAM3	Erkak gametofiti rivojlanishi, tuxum hujayrasi spetsifikatsiyasi, barg tomirlari, barg shakli, o'lchami [7].
		Subtilisin-like protease SBT6.1	Qurg'oqchilik stressiga chidamlilik [8].
2	BNL1694	*Kinesin-like protein KIN-7M, chloroplastic*	Xloroplastlar harakatini ta'minlash [9].
		Disease resistance protein At4g27190-like	Vertisillium vilt kasalligiga chidamlilik [10].

In silico izlanishlar davomida g'o'zaning gomologik D06 ya'ni 25 xromosomaning qayd etilgan intervali genom annotatsiya bazalari (CottonGen, NCBI GenBank) orqali tahlil qilindi. Natijada ushbu hududda bir qator stressga javob beruvchi genlar — DREB va NAC transkripsion faktorlariga oid genlar, LEA oqsillarini kodlovchi genlar, shuningdek, akvaporinlar va ion transportida ishtirok etuvchi HKT va NHX oilalariga mansub genlar joylashganligi aniqlandi. Bu genlar qurg'oqchilik va sho'rlanish stressida osmoregulyatsiya, suv almashinuvini tartibga solish, ion gomeostazini ta'minlash va tola rivojlanishini boshqarishda asosiy rol o'ynashi xorij olimlari tadqiqotlari natijasida tasdiqlangan.

Xulosa va takliflar. Xulosa qilib aytganda, g'o'zada QTL xaritalash natijalarini in silico genom tahlili bilan integratsiya qilish murakkab belgilar — jumladan, tola sifat belgilari, qurg'oqchilik va sho'rlanish stressiga chidamlilik mexanizmlarini yanada chuqurroq tushunish, resurslarni tejash, seleksiya uchun marker va genlarni ishonchli tanlashga yordam beradi.

Bu yondashuv keng QTL intervallarini toraytirib, haqiqiy nomzod genlarni tanlab olishda samarali bo'lib, kelgusida natijalar seleksiya dasturlarida markerlarga asoslangan seleksiya (MAS) va genom asosidagi seleksiya (GS) texnologiyalarini qo'llash orqali yuqori hosildor va stressga chidamli yangi g'o'za navlarini yaratishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Guo W., Cai C., Wang C., Zhao L., Wang L., Zhang T. A preliminary analysis of genome structure and composition in *Gossypium hirsutum*. *BMC Genomics,* 2008**,** 1, 9, 314. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2481271

2. Gallego S.F., Sprenger R.R., Neess D., Pauling J.K., Ejsing C.S. Quantitative lipidomics reveals age-dependent perturbations of whole-body lipid metabolism in acbp deficient mice. BBA Mol. Cell Biol. Lipids, 2016, 1862:145–155. doi: 10.1016/j.bbalip.2016.10.012.

3. Knudsen J., Jensen M.V., Hansen J.K., Faergeman N.J., Neergaard T.B., Gaigg B. Role of acyl-CoA binding protein in acyl-CoA transport, metabolism and cell signaling. Mol.Cell.Biochem., 1999, 95–103. doi: 10.1023/A:1006830606060.

4. Agata Górska, Antonina Joanna Mazur Integrin-linked kinase (ILK): the known vs. the unknown and perspectives Cell Mol Life Sci., 2022, 79/2, 100. doi: 10.1007/s00018-021-04104-1

5. Wenqiang Qin, Ya Yu, Yuying Jin, Xindong Wang, Ji Liu, Jianping Xi, Zhi Li, Huiqin Li, Ge Zhao, Wei Hu, Chuanjia Chen, Fuguang Li, Zhaoen Yang Genome-Wide Analysis Elucidates the Role of CONSTANS-like Genes in Stress Responses of Cotton Int J. Mol. Sci., 2018, 719(9):2658. doi: 10.3390/ijms19092658

6. Ya-li Shi, Rui Zhang, Xiao-ping Wu, Zhi-gang Meng, San-dui Guo Cloning and Characterization of a *Somatic Embryogenesis Receptor-Like Kinase* Gene in Cotton (*Gossypium hirsutum*) Journal of Integrative Agriculture Volume 11, Issue 6, June 2012, Pages 898-909

7. https://www.uniprot.org/uniprotkb/O65440/entry

8. Maohua Dai, Na Zhou, Yue Zhang, Yuexin Zhang, Kesong Ni, Zhenliang Wu, Liying Liu, Xiaoge Wang, Quanjia Chen, Genome-wide analysis of the SBT gene family involved in drought tolerance in cotton Front. Plant Sci. 2023, 11,13,1097732. doi: 10.3389/fpls.2022.1097732

9. Noriyuki Suetsugu, Noboru Yamada, Takatoshi Kagawa, Hisashi Yonekura, Taro Q P Uyeda, Akeo Kadota, Masamitsu Wada Two kinesin-like proteins mediate actin-based chloroplast movement in Arabidopsis thaliana Proc Natl Acad Sci USA. 2010 May 11;107(19):8860-5. doi: 10.1073/pnas.0912773107.

10. Sun Q, Jiang HZ, Zhu XY, Wang WN, He XH, Shi YZ, Yuan YL, Du XM, Cai YF. Analysis of sea-island cotton and upland cotton in response to Verticillium dahliae infection by RNA sequencing. BMC Genomics. 2013;14:852.

OQ KARRAK (Silybum marianum L. Gaertn.) URUG‘I EKSTRAKTINING 1,1-DIFENIL-2-PIKRILGIDRAZIL (DPPH) TESTIDA ANTIRADIKAL/ANTIOKSIDANT FAOLLIGI TAHLILI

Biybimaryam J. Muratbayeva[1], Adilbay T. Esimbetov[2], Shunkor S. Khushmatov[3]
[1]Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus sh.,
[2]Samarqand davlat veterinariya meditsinasi universiteti Nukus filiali, Nukus sh.,
[3]O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi Ilmiy-innovatsion faoliyatni rivojlantirish departamenti, Toshkent sh.,
axmedbiybimaryam@gmail.com
ORCID 0009-0000-3947-1916
UDK 615.322:616.36-008.6

Annotatsiya. Tadqiqotda oq karrak (*Silybum marianum* L. Gaertn.) urug‘i ekstraktining 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil (DPPH) testida antiradikal/antioksidant faolligi “Metadoksin” va “Teturam” preparatlari bilan solishtirib tahlil qilingan. “Teturam” (disulfiram) preparatining (250 mg/ml) antiradikal faolligi juda past bo‘lib, RSA=4,59±0,06% ni tashkil etdi. “Metadoksin” (250 mg/ml) preparatida antiradikal faollik kuchsiz ifodalanib, RSA=12,07±0,04% ga teng. Oq karrak urug‘i ekstrakti (250 mg/ml) yuqori antioksidant faollikni namoyon etib (“Teturam”ga nisbatan 18,8 marta, “Metadoksin”ga nisbatan 7,2 marta yuqori), RSA=86,43±0,35% ga tengligi aniqlandi (EC_{50}=33,9 mg/ml). Bu faollik ekstrakt tarkibidagi polifenol birikmalar/flavonoidlar bilan bog‘liqligi taxmin qilingan. Natijalar ekstrakt asosida alkogol intoksikatsiyasi terapiyasi va profilaktikasi uchun gepatoprotektor/antioksidant preparat ishlab chiqishda ilmiy asos bo‘lishi mumkin.

Kalit so‘zlar: oq karrak, *Silybum marianum* L. Gaertn., urug‘ ekstrakti, alkogol-intoksikatsiya, 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil (DPPH), antiradikal/antioksidant faollik, Metadoksin, Teturam.

ANALYSIS OF THE ANTIRADICAL/ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MILK THISTLE (*Silybum marianum* L. Gaertn.) SEED EXTRACT IN THE 1,1-DIPHENYL-2-PICRYLHYDRAZYL (DPPH) TEST

Abstract. The antiradical/antioxidant activity of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) seed extract was analysed in the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) test in comparison with “Metadoxine” and “Teturam”. The antiradical activity of “Teturam” (disulfiram) (250 mg/ml) was very low, RSA=4.59±0.06%. “Metadoxine” (250 mg/ml) showed weak antiradical activity, RSA=12.07±0.04%. The milk thistle seed extract (250 mg/ml) exhibited high antioxidant activity (18.8 times higher than “Teturam” and 7.2 times higher than “Metadoxine”), RSA=86.43±0.35% (EC_{50}=33.9 mg/ml). This is presumably due to the polyphenols/flavonoids of the extract. The results may serve as a scientific basis for developing hepatoprotective/antioxidant preparations for the therapy and prevention of alcohol intoxication.

Key words: milk thistle, *Silybum marianum* L. Gaertn., seed extract, alcohol intoxication, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), antiradical/antioxidant activity, Metadoxine, Teturam.

I. KIRISH

Organizmda “erkin radikallar” (O_2•−, ROO•, OH•, H_2O_2, NO•, NO_3• va boshq.) generatsiyasi, antioksidant tizim faolligi susayishi oksidlanishli stress ta’sirida patologik/disfunksional o‘zgarishlar kuchayishini belgilab beradi va o‘z navbatida antioksidant terapiya yo‘nalishida samarali farmakologik yondashuv va vositalarni yaratish dolzarb ahamiyatga ega hisoblanadi [1, 2, 3, 4].

Jumladan, alkogol-intoksikatsiyada ROS (Reactive oxygen species) tipidagi “erkin radikallar” generatsiyasi kuchayishi, lipidlarning peroksidli oksidlanishi (oksidlanishli stress) markaziy gepatotoksik mexanizmlardan biri bo‘lib, antioksidant terapiya alkogolizmga qarshi kurashishda dolzarb yondashuvlardan biri hisoblanadi [5, 6, 7, 1].

Bunda antioksidant faollikka ega bo‘lgan, dorivor o‘simlik ekstraktlari istiqbolli agentlar sifatida yuqori baholanadi [6, 8].

Mazkur tadqiqotning maqsadi — mahalliy, oq karrak (Silybum marianum L. Gaertn.) o‘simlik urug‘i ekstraktining (solishtirish uchun — “Metadoksin”, “Teturam” preparatlari) 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil (DPPH) testida antiradikal/antioksidant faolligini tahlil qilishdan tashkil topgan.

II. MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqotlar Respublika bolalar yuqumli kasalliklar shifoxonasi ixtisoslashgan tibbiyot muassasasi laboratoriyasida (Nukus shahri), Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti Nukus filialida amalga oshirildi (2026 yil).

Oq karrak (S. marianum, Asteraceae) o‘simligi tarkibida keng spektrda farmakologik faollikka ega bo‘lgan ko‘p sondagi moddalar mavjud bo‘lib, qadimdan xalq tabobatida turli

kasalliklarni davolashda foydalanilgan [9, 10]. S. marianum urug‘lari ekstraktini tayyorlashda urug‘lar (m=200 g), 48 soat davomida termostatda +60±0,5°C haroratda inkubatsiyalandi, mexanik uslubda maydalandi, kukun shaklidagi material kolbada (250 ml) etanol (80%li) eritmasida ekstraksiyalandi (48 soat), navbatdagi bosqichda +50±0,5°C haroratda rotatsion bug‘latkich RE100-Pro (“Beijing Zetron Technology” Co., Ltd., XXR) yordamida bug‘latildi, hosil bo‘lgan ekstrakt tadqiqotlarda foydalanildi [11, 12].

Solishtirish maqsadida, klinik tibbiyot amaliyotida alkogolizm terapiyasida keng qo‘llaniluvchi — “Metadoksin” (“Doppel Farmaceutici” SrL., Italiya), “Teturam” (Disulfiram) (“Farmstandart” AJ, RF) preparatlaridan foydalanildi.

Antiradikal/antioksidant faollikni tahlil qilish: 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil (DPPH — 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) testi yordamida DPPH xromogen-radikalini yig‘ib olish faolligini (The radical scavenging activity — RSA) qayd qilish asosida, spektrofotometrik uslubda amalga oshirildi.

Bunda, DPPH radikali binafsha rang hosil qilib (λ=517 nm), strukturasida juftlashmagan elektron (e−) antioksidant modda bilan ta’sirida juftlashishi, ya’ni antioksidant modda tarkibidan H• radikali yoki e− qabul qilish asosida 2,2-difenil-1-pikrilgidrazinga qaytarilishi reaksiyasida optik zichlik kamayishi, e− delokalizatsiyasi ta’sirida muhit sariq rangga o‘zgarishi asosida antioksidant faollik V-5000 spektrofotometri (“Shanghai Metash Instruments Co., Ltd.”; Xitoy) yordamida baholandi [13, 1, 14].

Tajribalarda DPPH ishchi eritmasi 7,89 mg miqdorini 100 ml etanolda (95% li) eritish asosida tayyorlandi (200 mkM), ishchi eritma 30 minut davomida, t=+24±0,5°C sharoitida qorong‘ida saqlandi. DPPH eritmasiga (4 ml) Tris-HCl (1 ml) muhitida (pH=7,4), etanol (95% li) (1 ml) qo‘shildi (optik zichlik <0,9), navbatdagi bosqichda test-sinov eritmasi kyuvetaga (devori qalinligi 10 mm, V=5 ml) joylashtirilib, sinov namunasi (5-20 mkM) qo‘shilib, 30 minut inkubatsiyalandi, eritma optik zichligi spektrofotometrik (λ=517 nm) tahlil qilindi (nazorat guruhida — etanol (1200 mkl)+800 mkl Tris-HCl (pH=7,4) buferi aralashmasidan foydalanildi) (t=+37±0,5°C) [15, 16].

Antioksidant faollik DPPH radikalining neytrallanishi asosida (RSA — radical scavenging activity) quyidagi formula (2.1) yordamida baholandi [17, 18, 19]:

$$RSA=[(A_{nazorat} - A_x)/A_{nazorat}]\times 100\% \quad (2.1)$$

Bunda, RSA — antioksidant faollik (Radical scavenging activity, %), $A_{nazorat}$ — kyuvetada (V=5 ml) DPPH eritmasining (200 mkM) $\lambda=A_{517}$ sharoitida optik zichlik (adsorbsiyalanish) qiymati, A_x — DPPH+modda sinov namunasi optik zichligini ifodalaydi. Antioksidant faolligi yarim maksimal konsentratsiyasi, ya’ni DPPH boshlang‘ich qiymatining 50%ga kamayishini ifodalovchi — EC50 qiymati “OriginPro” maxsus matematik-statistik dastur paketi yordamida hisoblandi [17].

Antiradikal kuch (ARP — antiradical power), moddaning yarim maksimal neytrallovchi konsentratsiyasi (EC50) qiymatiga teskari proportsional qiymat quyidagi formula (2.2) yordamida hisoblandi [16, 20]:

$$ARP=1/EC50 \quad (2.2)$$

Bunda ARP — moddaning antiradikal kuchi (antiradical power), EC50 — moddaning yarim maksimal ingibirlovchi konsentratsiyasini ifodalaydi.

Tajribalarda foydalanilgan kimyoviy reaktivlar “tajribalar uchun kimyoviy toza” kvalifikatsiyasiga ega (DPPH — 1,1-Difenil-2-pikrilgidrazil (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) ($C_{18}H_{12}N_5O_6$, Mr= 394,32 g/mol) “Sigma chemical” Co. (AQSh).

Statistik tahlil: Olingan eksperimental natijalarni matematik-statistik qayta ishlash OriginPro v. 8.5 SR1 (EULA, AQSh) maxsus dastur paketi yordamida, standart uslublarda amalga oshirildi, tajriba natijalari va nazorat guruhi o‘rtasidagi qiymatlarning statistik ishonchlilik darajasi Styudent t-mezoni asosida hisoblandi va $p<0,05$, $p<0,01$ qiymatlarda statistik ishonchli deb baholandi (n=3-5) [21].

Tajribalarda oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstraktining antioksidant faolligi yarim maksimal konsentratsiyasi yoki DPPH boshlang‘ich qiymatining 50%ga kamayishini (neytrallanish) ifodalovchi — EC50 (Half maximal effective concentration) qiymati OriginPro v. 8.5 SR1 (EULA, AQSh) maxsus matematik-statistik dastur paketi yordamida, standart uslubda quyidagi formula (2.3) yordamida hisoblandi [13, 17]:

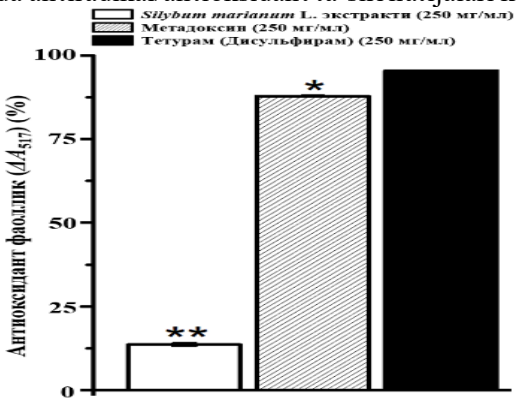
$$Y = A1 + (A2 - A1) / (1 + 10^{[(\log x0 - \log x)p]}) \quad (2.3)$$

Bu yerda A1 — boshlang‘ich (nazorat) qiymat, A2 — maksimal ta’sir qiymati (tajriba), p

— egri chiziq qiyalik darajasi, χ0 — egri chiziqda o‘rta nuqtasidagi konsentratsiyani (EC50) ifodalaydi.

III. NATIJALAR VA MUHOKAMA

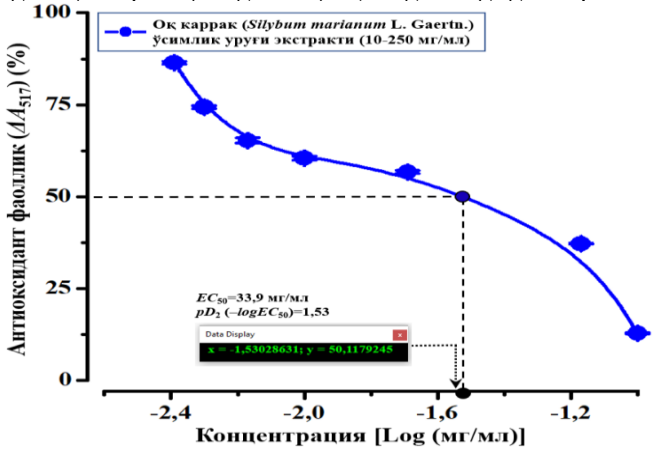
Quyidagi rasmda oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstrakti (250 mg/ml), “Metadoksin” (250 mg/ml), “Teturam” (Disulfiram) preparatlarining (250 mg/ml) DPPH — 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil testida antiradikal/antioksidant ta’siri natijalari keltirilgan (3.1-rasm).



3.1-rasm. Oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstrakti (250 mg/ml), “Metadoksin” (250 mg/ml), “Teturam” (Disulfiram) preparatlarining (250 mg/ml) DPPH — 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil testida antiradikal/antioksidant faolligi. Ordinata o‘qida DPPH (200 mM) inkubatsiya muhitining optik zichlik qiymati (λ=A_{517}) ifodalangan. * — “Teturam” (Disulfiram) ta’siriga nisbatan p<0,05, ** — p<0,01 (n=3-4).

Olingan natijalar tahlili asosida, ko‘rish mumkinki, “Teturam” (Disulfiram) preparatlarining (250 mg/ml) DPPH — 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil testida deyarli antiradikal/antioksidant faollik kuzatilmadi (RSA=4,59±0,06). “Metadoksin” preparati (250 mg/ml) uchun RSA=12,07±0,04 ga tengligi aniqlandi. Oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstrakti (250 mg/ml), DPPH (200 mM) inkubatsiya muhitining optik zichlik qiymatini (λ=A_{517}) sezilarli darajada susaytirishi, RSA=86,43±0,35% ga tengligi aniqlandi.

Bunda, oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstraktining (10-250 mg/ml) antioksidant faolligi yarim maksimal konsentratsiyasi yoki DPPH boshlang‘ich qiymatining 50%ga kamayishini (neytrallanish) ifodalovchi — EC50 (Half maximal effective concentration) qiymati EC50=33,9 mg/ml yoki pD2 (−logEC50)=1,53 ga tengligi aniqlandi (3.2-rasm).



3.2-rasm. Oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstraktining (10-250 mg/ml) DPPH-testida EC50 konsentratsiyasi qiymati. Ordinata o‘qida DPPH (200 mM) inkubatsiya muhitining optik zichlik qiymati (λ=A_{517}), abssissa o‘qida S. marianum urug‘i ekstraktining logarifmik konsentratsiyasi [Log(mg/ml)] ifodalangan (n=3-4).

Shuningdek, oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstraktining moddaning antiradikal kuchi (antiradical power) ARP=1/33,9=0,03 ga tengligi qayd qilindi. Mazkur ko‘rsatkich qiymati oq karrak (S. marianum) o‘simlik urug‘i ekstraktining erkin radikallarga nisbatan yuqori faollikka egaligini tasdiqlaydi. Dorivor o‘simliklardan ajratib olingan keng spektrdagi biologik faol moddalar, jumladan polifenol birikmalar/flavonoidlar kimyoviy strukturasida –OH guruhiga bog‘liq, “scavenger” tipida antiradikal/antioksidant ta’sir ko‘rsatishi tasdiqlangan [1, 22, 23, 19].

Tadqiqotlarda kalamushlar organizmiga 45 sutka davomida 7,9 mg/kg tana vazni dozasida

etanol kiritilishida (surunkali alkogol-intoksikatsiya) antioksidant tizim fermentlari (superoksiddismutaza, katalaza, glutationperoksidaza, glutation-S-transferaza) faolligi susayishi qayd qilinib, bunda Vitis vinifera L. barg ekstrakti (polifenol/flavonoidlar kompleksi) 1,1-difenil-2-pikrilgidrazil (DPPH — 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) testida sezilarli darajada antiradikal ta'sir ko'rsatishi, jigarda gepatoksik o'zgarishlar darajasini susaytirishi tasdiqlangan [6].
Xulosa: Amalga oshirilgan tadqiqotlarda, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilgidrazil) testida "Teturam" (Disulfiram) (250 mg/ml) preparatining antiradikal faolligi juda past bo'lib, RSA=4,59±0,06% ni tashkil etishi aniqlandi. "Metadoksin" (250 mg/ml) preparatida antiradikal faollik kuchsiz darajada namoyon bo'lib, RSA=12,07±0,04% ga teng. Bunda, "Metadoksin" preparatining kuchsiz darajadagi antioksidant faolligi molekulasidagi gidroksil (–OH) guruhlarining "scavenger" xususiyati bilan izohlanishi mumkin. Oq karrak (S. marianum) urug'i ekstrakti (250 mg/ml) yuqori antioksidant faollikni namoyon etib ("Teturam"ga nisbatan 18,8 marta, "Metadoksin"ga nisbatan 7,2 marta yuqori), RSA=86,43±0,35% ga tengligi aniqlandi (EC50=33,9 mg/ml). Mazkur faollik ekstrakt tarkibidagi polifenol birikmalar/flavonoidlar bilan bog'liqligi taxmin qilindi.

Olingan natijalar oq karrak S. marianum urug'i ekstrakti asosida alkogol-intoksikatsiya terapiyasi, profilaktikasi yo'nalishida samarali gepatoprotektor/antioksidant preparat ishlab chiqishda ilmiy asos sifatida foydalanilishi mumkinligi ta'kidlangan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ilaiyaraja N., Khanum F. Amelioration of alcohol-induced hepatotoxicity and oxidative stress in rats by Acorus calamus // Journal of Dietary Supplements. – 2010. – V.8. – P.331-345.

2. Gupta D. Methods for determination of antioxidant capacity: A review // Intern. J. of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2015. – V.6(2). – P.546-566.

3. Amoussa A.M.O., Sanni A., Lagnika L. Antioxidant activity and total phenolic, flavonoid and flavonol contents of the bark extracts of Acacia ataxacantha // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2015. – V.4(2). – P.172-178.

4. Tumilaar S.G., Hardianto A., Dohi H., Kurnia D. A comprehensive review of free radicals, oxidative stress, and antioxidants: Overview, clinical applications, global perspectives, future directions, and mechanisms of antioxidant activity of flavonoid compounds // Journal of Chemistry. – 2024. – P.1-24.

5. Masalkar P.D., Abhang S.A. Oxidative stress and antioxidant status in patients with alcoholic liver disease // Clin. Chim. Acta. – 2005. – V.355. – P.61-65.

6. Pari L., Suresh A. Effect of grape (Vitis vinifera L.) leaf extract on alcohol induced oxidative stress in rats // Food and Chemical Toxicology. – 2008. – V.46(5). – P.1627-1634.

7. Portari G.V., Marchini J.S., Vannucchi H., Jordao A.A. Antioxidant effect of thiamine on acutely alcoholized rats and lack of efficacy using thiamine or glucose to reduce blood alcohol content // Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology. – 2008. – V.103(5). – P.482-486.

8. Bilanda D., Woguia A., Djomeni Dzeufiet P., Kamtchouing P., Dimo T. Antioxidant activity of Allanblackia floribunda trunk bark ethanol extract on alcohol-induced hypertensive rats // Trends in Phytochemical Research. – 2019. – V.3(2). – P.109-116.

9. Abenavoli L., Izzo A.A., Milic N., Cicala C., Santini A., Capasso R. Milk thistle (Silybum marianum): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases // Phytotherapy Research. – 2018. – V.32(11). – P.2202-2213.

10. Zhao Y., Zhou Y., Gong T., Liu Z., Yang W., Xiong Y., Xiao D., Cifuentes A., Ibanez E., Lu W. The clinical anti-inflammatory effects and underlying mechanisms of silymarin // iScience. – 2024. – V.27(15). – P.1-11.

11. El-Din Fahmy W.G., Abdelhady S.R., Metwaly S.M., Ali Ahmed F. Effect of ethanolic extract of Silybum marianum L. Gaertn. on lipid peroxidation inhibition and microbial count in minced beef // Rom. Biotechnol. Lett. – 2021. – V.26(4). – P.2773-2778.

12. Fomenko S.E., Kushnerova N.F., Sprygin V.G. Polifenoly grebney vinograda Vitis vinifera L. reguliruyut metabolizm etilovogo spirta i snizhayut ego toksicheskoe deystvie u krys // Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M.Sechenova. – 2025. – T.111. – №6. – S.929-943.

13. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity // Songklanakarin J. Sci. Technol. – 2004. – V.26(2). – P.211-219.

14. Campos L., Seixas L., Dias S., Peres A.M., Veloso A.C.A., Henriques M. Effect of extraction method on the bioactive composition, antimicrobial activity and phytotoxicity of pomegranate by-products // Foods. – 2022. – V.11(99). – P.1-18.

15. Sarian M.N., Ahmed Q.U., Soad S.Z.M., Alhassan A.M., Murugesu S., Perumal V., Mohamad S.N.A.S., Khatib A., Latip J. Antioxidant and antidiabetic effects of flavonoids: A structure-activity relationship based study // BioMed Research International. – 2017. – V.2017(8386065). – P.1-14.

16. Alvares J.J., Furtado I.J. Kinetics of DPPH• scavenging by bacterioruberin from Haloferax alexandrinus // J. Anal. Sci. Technol. – 2021. – V.12(44). – P.1-11.

17. Silva F., Veiga F., Cardoso C., Dias F., Cerqueira F., Medeiros R., Paiva-Santos A.C. A rapid and simplified DPPH assay for analysis of antioxidant interactions in binary combinations // Microchemical Journal. –

2024. – V.202. – P.1-10.

18. Belkhodja H., Labbaci F.Z., Remil A., Bouhadi D., Harir M., Boufahja F. HPLC-MS analysis, antioxidant and hepatoprotective potential of okra fruit (Abelmoschus esculentus) against carbon tetrachloride induced hepatic damage // Not. Sci. Biol. – 2025. – V.17(2):12312. – P.1-17.

19. Blonska-Sikora E., Zielinska A., Dobros N., Paradowska K., Michalak M. Polyphenol and flavonoid content and antioxidant activity of Hypericum perforatum L. (St. John's Wort) extracts for potential Pharmaceutical and Cosmetic Applications // Appl. Sci. – 2025. – V.15(2590). – P.1-13.

20. Tuty S., Fidrianny I., Sukrasno. Ethnopharmacognosy study, antioxidant activity, and chemical content in chicken bile // Current Research on Biosciences and Biotechnology. – 2022. – V.3(2). – P.222-226.

21. Glants S. Mediko-biologicheskaya statistika // Moskva. – Izd-vo "Praktika". – 1999. – 459 s.

22. Kicel A., Wolbis M. Phenolic Content and DPPH radical scavenging activity of the flowers and leaves of Trifolium repens // Natural Product Communications. – 2013. – V.8(1). – P.99-102.

23. Jomova K., Alomar S.Y., Valko R., Liska J., Nepovimova E., Kuca K., Valko M. Flavonoids and their role in oxidative stress, inflammation, and human diseases // Chemico-Biological Interactions. – 2025. – V.413(111489). – P.1-44.

QARSHI SHAHRI HAVOSIDAGI CLADOSPORIUM SPORALARINING MAVSUMIY DINAMIKASI VA EHTIMOLIY O‘CHOQLARI

Ochilova Marhabo Xasanovna
Qarshi davlat universiteti
Botanika kafedrasi stajyor o‘qituvchisi
ORCID 0009-0003-3158-3069
marhaboochilova19891308@gmail.com
Samatova Shoxista Azamatovna,
Qarshi davlat universiteti, Botanika kafedrasi professori,
ORCID 0009-0001-6828-8130
canna_luiza@mail.ru
Mardonov Sherzod Umaraliyevich,
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti,
Biologiya va qishloq xo‘jalik mahsulotlari texnalogiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi,
ORCID 0009-0004-1000-9348
sherzodmardonov9921@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada Qarshi shahri havosidagi *Cladosporium* sporalarining mavsumiy dinamikasini aerobiologik o‘rganish natijalari keltirilgan. *Cladosporium* sporalari yil davomida shahar havosida mavjud bo‘lishi, maksimal konsentratsiyasi bahor va kuzning ikkinchi yarmida, minimal qiymatlar esa sentyabr va qish mavsumida kuzatilishi aniqlangan. Olingan natijalar havodagi spora dinamikasi va shahar ekotizimida organik substratning mavjudligi o‘rtasida yaqin bog‘liqlikni ko‘rsatgan. Fitopatologik tekshiruvlar natijasida *Quercus robur*ning qurigan barglarida *C. gracile*, *Ligustrum vulgaris* va *Hibiscus syriacus*da esa *Cladosporium herbarum* turlarining mavjudligi aniqlangan. Tadqiqot natijalari *Cladosporium* Qarshi aeromikobiotasining muhim tarkibiy qismi ekanligini, uni shahar o‘simliklari sanitariya holatining ko‘rsatkichi, shuningdek, potensial allergen omil sifatida qarash mumkinligini tasdiqlaydi. Sporalar tarqalishi yaqqol mavsumiy xarakterga ega.

Kalit so‘zlar: Cladosporium; aeromikobiota; aerobiologiya; zamburug‘ sporalari; mavsumiy dinamika; fitopatogen manbalar; allergen zamburug‘lar; havo mikoflorasi.

SEASONAL DYNAMICS OF CLADOSPORIUM SPORES IN THE ATMOSPHERIC AIR OF KARSHI CITY AND THEIR POTENTIAL SOURCES OF OCCURRENCE

Abstract. This article presents an aerobiological study of the seasonal dynamics of *Cladosporium* spores in the air of Karshi. The spores are present in the urban air year-round, peaking in the second half of spring and autumn, with minima in September and winter. Airborne spore dynamics are closely related to the presence of organic substrate in the urban ecosystem. Phytopathological surveys revealed *C. gracile* on dried leaves of *Quercus robur* and *Cladosporium herbarum* on *Ligustrum vulgaris* and *Hibiscus syriacus*. *Cladosporium* is an important component of Karshi’s aeromycobiota, an indicator of the sanitary condition of urban vegetation and a potential allergenic factor.

Key words: Cladosporium; aeromycobiota; aerobiology; fungal spores; seasonal dynamics; phytopathogenic sources; allergenic fungi; air mycoflora.

Kirish. Havo mikrobiotasi shahar ekotizimining muhim biologik komponenti bo‘lib, u atmosferada erkin holda tarqaluvchi zamburug‘ sporalari, konidiyalar va boshqa mikroskopik biologik zarrachalardan tashkil topgan. Havodagi fitopatogen sporalarni monitoring qilish ushbu bioaerozollarning inson salomatligiga ta’sir ko‘rsatishi, shuningdek agronomik va meteorologik ma’lumotlar bilan birga kasallik xavfini baholash hamda fitosanitar choralarni optimallashtirish uchun katta ahamiyatga ega (1, 2).

Zamburug‘ sporalari orasida *Cladosporium* turkumi vakillari dunyo miqyosida eng keng tarqalgan havo allergenlaridan biri sifatida e’tirof etilgan. Tadqiqotlar natijasida Polshada 2010–2012-yillar davomida 1 m³ havoda Cladosporium sporalari 1 000 dan 10 000gacha yoki undan ham ko‘p miqdorda bo‘lgan vaqtlar qayd etilgan (3). Shuningdek, sezgir bemorlar uchun 80-100 dona spora/m³ gacha bo‘lgan konsentratsiyalar kasallikni qo‘zg‘alishi uchun yetarli ekanligi aniqlangan. Ushbu miqdorlar ko‘pincha ob-havo sharoitiga, yopiq va ochiq muhitga bog‘liq ravishda sezilarli darajada o‘zgaradi, ammo atmosfera umumiy sporali bioaerozolida *Cladosporium* ko‘pincha dominant bo‘ladi (4). U tuproqda, o‘simlik qoldiqlari, daraxt barglari, havo aerozollari, ochiq suv havzalarida ko‘p. O‘simliklarda barg dog‘lanishi kasalligini keltirib chiqaradi. Zamburug‘ sporalarining g‘avodagi yuqori konsentratsiyasi ko‘plab mamlakatlarda nafas olish tizimi kasalliklari, jumladan allergik rinit va bronxial astma bilan bog‘liq holatlarning kuchayishiga sabab bo‘lishi mumkin (5, 6). Havo orqali tarqaladigan zamburug‘ sporalarining

dinamikasi ekotizimdagi organik substratlar, xususan o‘simlik qoldiqlari, qurigan barglar va fitopatogen zararlanishga uchragan o‘simlik to‘qimalari bilan uzviy bog‘liq ekanligi ta’kidlanadi (3, 7, 8). Ko‘plab tadqiqotlar *Cladosporium* turkumining nafaqat aerobiologik, balki fitopatologik ta’sirga ham ega ekanligini ko‘rsatadi.

O‘zbekistonning janubida, jumladan Qarshi shahri sharoitida *Cladosporium* sporalarining mavsumiy dinamikasi va ularning mahalliy fitopatogen manbalari bo‘yicha tizimli aeromikologik tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmagan. Shunga ko‘ra, mazkur tadqiqotning dolzarbligi Qarshi shahri havosida *Cladosporium* sporalarining mavsumiy dinamikasini o‘rganish, hamda ularning ehtimoliy fitopatogen manbalarini aniqlash zarurati bilan belgilanadi.

Tadqiqot obyekti va metodlari. Tadqiqot 2024-yil mart oyidan 2025-yil mart oyigacha Qarshi shahri sharoitida olib borildi. Shaharning iqlimi keskin kontinental bo‘lib, yoz mavsumi quruq va issiq, qish mavsumi esa nisbatan yumshoq va quruq xarakterga ega. Tadqiqot hududi sifatida shaharning yashil zonalari, parklar, ko‘chalardagi daraxtzorlar va manzarali o‘simliklar bilan qoplangan uchastkalar tanlab olindi.

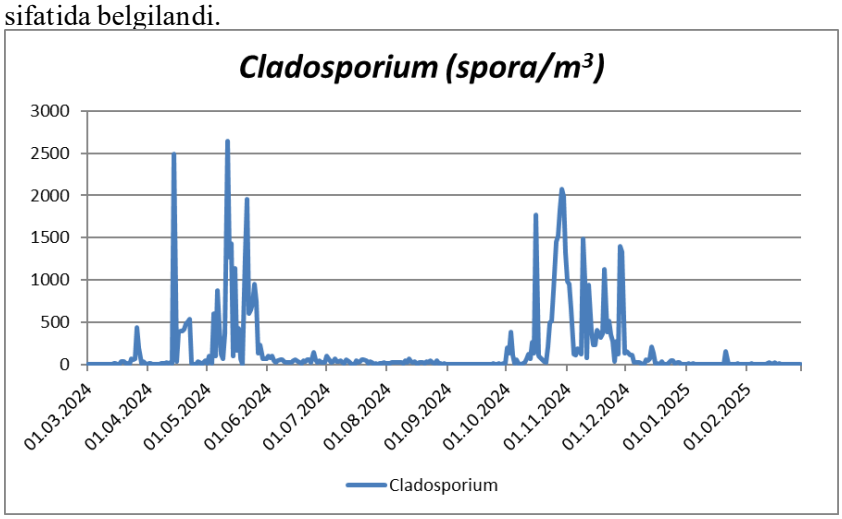
Cladosporium sporalarining atmosfera havosidagi mavsumiy dinamikasini o‘rganish uchun aerobiologik monitoring usuli qo‘llanildi. Havo namunalari standart aerozol yig‘ish tamoyillariga asoslangan Lanzoni VPPS 2010 qurilmasi yordamida uzluksiz rejimda olindi. Olingan namunalar mikroskopik tahlil qilinib, Cladosporium turkumiga mansub sporalar morfologik belgilari asosida identifikatsiya qilindi. Har bir namuna bo‘yicha m^3 havodagi sporalar soni hisoblandi va kunlik hamda mavsumiy dinamikasi shakllantirildi.

Shaharda o‘sadigan daraxtlarni fitopatologik monitoring qilish asosida *Quercus robur*da mikromitsetlardan zararlangan barglar, nekrozlangan to‘qimalar ko‘proq ekanligi qayd etildi. Uning kasallangan va sog‘lom to‘qimalari chegarasidan namunalar olinib, laboratoriyada mikologik tahlil qilish maqsadida mikroskopik usulda o‘rganildi. To‘qima yuzasida rivojlangan zamburug‘ strukturalari (mitseliy, konidioforlar va konidiyalar) morfologik belgilar asosida tahlil qilindi.

Cladosporium turkumiga xos belgilar quyidagilar asosida aniqlandi: konidiyalarning to‘q qahvarang pigmentatsiyasi, tarmoqlangan konidioforlar, zanjirsimon konidiya hosil bo‘lishi, septalangan spora tuzilishi. Aniqlangan mikromitsetlar zamonaviy mikologik aniqlagichlar va illyustrativ atlaslar asosida tur darajasigacha identifikatsiya qilindi. Havoda qayd etilgan *Cladosporium* sporalari dinamikasi o‘simliklarda aniqlangan fitopatogen o‘choqlar bilan qiyosiy tahlil qilindi. Bu orqali shahar yashil zonalaridagi fitopatogen mikromitsetlar va atmosfera aerobiotasi o‘rtasidagi ehtimoliy bog‘liqlik baholandi.

Natija va muhokama. Tadqiqot davomida *Cladosporium* turkumiga mansub sporalar Qarshi shahri atmosferasi havosida yil davomida doimiy ravishda mavjud bo‘lishi aniqlandi.

Qarshi shahrida havodagi Cladosporium turkumiga mansub zamburug‘ sporalarining yillik tarqalishi va ularning konsentratsiyasi ikki mavsum bo‘yicha o‘rganildi (rasm). Tadqiqot natijalariga ko‘ra, havodagi sporalarning konsentratsiyasi 500 spora/m^3 dan oshgan kunlar “pik kunlar” sifatida belgilandi.



Rasm. Qarshi shahri atmosferasida *Cladosporium* sporalarining yillik dinamikasi

Birinchi mavsum 14-martdan 30-avgustgacha davom etgan bo‘lib, u uzunroq davrni (170 kun) qamrab oldi. Ushbu birinchi mavsum davomida havodagi sporalarning yillik indeksi 27 732

spora/m³ ga teng bo‘lib, o‘rtacha konsentratsiya 163,1 spora/m³ ni tashkil etdi.

Zamburug‘ sporalarining havodagi konsentratsiyasi mart oyida nisbatan past darajada kuzatildi. Aprel oyi o‘rtasida yuqori (pik) konsenrtatsiya qayd etilib, konsentratsiya 2500 spora/m³ ni tashkil qildi. May oyida sporalar konsentratsiyasi yillik ko‘rsatkichlarga nisbatan eng yuqori darajaga chiqdi. Eng yuqori sutkalik konsentratsiyasi 11-may kuniga to‘g‘ri kelib, 2645 spora/m³ ni tashkil qildi. Iyun-avgust oylarida sporalar konsentratsiyasi keskin tushib ketsada, havoda zamburug‘ sporalari butunlay yo‘qolmadi. Birinchi mavsumda “pik kunlar” 16 kunni tashkil qildi. Umuman, 2024-yilda Qarshi shahrida havoda Cladosporium zamburug‘i sporalari qayd etilishining birinchi mavsumi martning ikkinchi yarmidan avgust oxirigacha davom etib, may oyi davomida pik ko‘rsatkich kuzatildi. Bahorning ikkinchi yarmiga to‘g‘ri keladigan harorat va namlik sharoitlari zamburug‘larning faol yetilishi va tarqalishi uchun eng qulay bo‘lgan davr hisoblandi.

Qarshi vohasi sharoitida havodagi *Cladosporium* sporalari konsentratsiyasining 2024-yil 20-sentyabrdan 21-yanvargacha takroriy ko‘tarilishi kuzatildi. Bu davr ikkinchi mavsum sifatida qayd etilib, birinchi mavsumga nisbatan qisqaroq – 124 kun davom etdi. Ushbu mavsumda yillik indeks 32 852 spora/m³ ni, o‘rtacha konsentratsiya 264,9 spora/m³ ni, “pik kunlar” 20 kunni tashkil qildi. Bu mavsumda, eng yuqori konsentratsiya 2077 spora/m³ bo‘lib, 29-oktabrga to‘g‘ri keldi.

Mikroskopik tahlillar asosida Qarshi shahridagi daraxtlarda topilgan *Cladosporium* turkumiga mansub turlarning morfologik belgilarini o‘rganish asosida 2 ta turning 3 ta o‘simlikda patogelik qilishi aniqlandi (jadval). Shundan *Ligustrum vulgaris* va *Hibiscus syriacus*da patogenlik qiluvchi *C. herbarum* koloniyalarining rangi zaytun-yashildan to‘q jigarranggacha, yuzasi baxmalsimon, teskari tomoni qora-jigarrang, konidioforlari tik, shoxlangan yoki oddiy, uzunligi 100-250 mkm, konidiyalari limonsimon, konidiya devori nisbatan qalin va yuzasi notekis ekanligi belgilari bilan identifikatsiya qilindi. Bu turning konidiya zanjirlari shoxlangan, kichik konidiyalar o‘lchami 4-12 × 3-5 mkm, katta konidiyalar o‘lchami 10-35 × 5-8 mkm ni tashkil qildi. *Quercus robur* da topilgan *C. gracile* esa koloniyalarining zaytun-kulrang, yupqaroq va nisbatan silliqroq, konidioforlarining ingichka, kamroq shoxlangan, konidiyalarining uzunroq va nozikroq, yuzasi silliqroq, konidiyalar o‘lchamining 5-20 × 2-4 mkm bo‘lishi belgilari bilan identifikatsiya qilindi.

Tadqiqot natijalari *Cladosporium* sporalarining atmosfera havosidagi yuqori konsentratsiyasi shahar ekotizimida mavjud fitopatogen manbalar bilan chambarchas bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Qurigan o‘simlik qoldiqlari va daraxt barglari mazkur sporalar uchun asosiy rezervuar sifatida xizmat qilishi mumkinligi aniqlandi.

Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, *Cladosporium* sporalari asosan yoz oxiri va kuz mavsumlarida maksimal konsentratsiyaga erishadi. Bu jarayon o‘simliklar vegetatsiyasining tugashi, qurigan biomassaning ko‘payishi va havo namligining o‘zgarishi bilan bog‘liqdir (10). Ayniqsa, Qarshi shahri sharoitida kuzda spora konsentratsiyasining keskin oshishi shahar yashil zonalarida organik substratlarning (qurigan barglar, o‘simlik qoldiqlari, nekrozlangan to‘qimalar) ko‘payishi bilan izohlanadi. Bu holat *Cladosporium* turkumi vakillari uchun qulay ekologik muhit yaratib, ularning saprotrof va fakultativ fitopatogen sifatida rivojlanishiga imkoniyat beradi.

Xulosa. *Cladosporium* sporalarining atmosfera havosida tarqalishi yaqqol mavsumiy xarakterga ega bo‘lib, ularning konsentratsiyasi yil davomida ikki asosiy davrda yuqori ko‘rsatkichlarni namoyon etgan. Tadqiqot natijalari ikkinchi mavsumda o‘rtacha konsentratsiya va yillik integral indeksning yuqoriroq bo‘lganini ko‘rsatib, kuz va qish boshlarida ham ushbu zamburug‘ sporalarining faol tarqalishi davom etishini tasdiqlaydi. Pik kunlar sonining ko‘pligi va maksimal sutkalik konsentratsiyalarning juda yuqori qiymatlarga yetishi *Cladosporium* sporalarining Qarshi shahri havosida muhim aeromikologik va allergen omil ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, bahor va kuz mavsumlarida ushbu sporalar sezilarli darajada ortib, allergik kasalliklar va nafas yo‘llari bilan bog‘liq muammolar xavfini kuchaytirishi mumkin.

Fitopatologik tahlillar natijasida *Quercus robur, Ligustrum vulgaris* va *Hibiscus syriacus* qurigan barglarida *Cladosporium* turkumiga mansub *C. herbarum* va *C. gracile* mikromitsetlar aniqlanib, ushbu daraxtlar shahar sharoitida mazkur zamburug‘ uchun ehtimoliy manbalardan biri ekanligi qayd etildi. Biroq havoda qayd etilgan sporalarning yuqori konsentratsiyasi nafaqat shu xo‘jayin o‘simliklar bilan, balki shahar fitobiomassasining keng spektri bilan ham bog‘liq ekanligini ifodalaydi.

Qarshi shahri sharoitida olingan ma’lumotlar O‘zbekistonning qurg‘oqchil iqlim sharoitiga ega hududlarida *Cladosporium* sporalarining mavsumiy tarqalishi bo‘yicha ilmiy ma’lumotlarni boyitadi va shahar aeromikobiotasini o‘rganishda muhim manba bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Stetzenbach L. D. Airborne infectious microorganisms //Encyclopedia of microbiology. – 2009. – C. 175.

2. Van der Heyden H. et al. Monitoring airborne inoculum for improved plant disease management. A review: Monitoring airborne inoculum for improved plant disease management. A review //Agronomy for Sustainable Development. – 2021. – T. 41. – №. 3. – C. 40.

3. Kasprzyk I. et al. Warm and dry weather accelerates and elongates Cladosporium spore seasons in Poland. Aerobiologia (Bologna). 2016, №32. – C.109-126.

4. Weryszko-Chmielewska E. et al. Health hazards related to conidia of Cladosporium – biological air pollutants in Poland, central Europe //Journal of environmental sciences. – 2018. – T. 65. – C. 271-281.

5. Bhati H.S. and Gaur R.D. Studies on aerobiology-atmospheric fungal spores. New Phytologist. 1979, №82. – C. 519-527.

6. Tilak S.T. Fungi in the air—Aeromycology: An overview //Fungi from different environments. – 2019. –C. 28-55.

7. Grinn-Gofron A. Cladosporium spores in the air of Szczecin //Acta Agrobotanica. – 2007. – T. 60. – № 2. – C. 99–104.

8. Grinn-Gofron A. The occurrence of Cladosporium spores in the air and their relationships with meteorological parameters //Acta Agrobotanica. – 2009. – T. 62. – № 2. – C. 111-116.

9. Bensch K. et al. The genus cladosporium //Studies in mycology. – 2012. – T. 72. – C. 1-401.

10. RodrÍGuez-Rajo F. J. et al. Variation assessment of airborne Alternaria and Cladosporium spores at different bioclimatical conditions //Mycological research. – 2005. – T. 109. – №. 4. – C. 497-507. Kasprzyk I., 2016, №32. – C.109-126.

TURLI STRESS VA GIPODINAMIYA FONIDAGI METABOLIK SINDROM TA'SIRIDA KALAMUSHLAR JIGARIDA KUZATILADIGAN REAKTIV O'ZGARISHLAR

Ilyasov Aziz Saidmurodovich
Navoiy innovatsiya universiteti, biologiya fanlari doktori, professor
azizilyasov63@gmail.com
Jumanova Nargiza Eshmamatovna
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, katta o'qituvchi
Toshmamatov Baxtiyor Norbekovich
Zarmed universiteti Tibbiyot va bioinjeneriya instituti, tibbiyot fanlari nomzodi, v.v.b. professor
ORCID 0009-0007-8291-4031
UDK 616-056.5/612.359+615.89

Annotatsiya. Turli stress va gipodinamiya fonidagi metabolik sindrom (MS), noto'g'ri ovqatlanish va atrof-muhitning toksik moddalari jigarga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MS kompleks ta'sirida kalamushlar jigarida sinusoidal bo'shliqlarning kengayishi jigar to'qimasining ko'proq shikastlanishiga sabab bo'ladi. Bu holat qon aylanish yetishmovchiligi va sinusoidlar devorlari o'tkazuvchanligining oshishi oqibatida yuzaga keladi hamda moddalar almashinuvining buzilishiga, gepatotsitlarda distrofik va nekrotik o'zgarishlarning rivojlanishiga olib keladi. Tajribalarda aniqlangan holatlardan biri ko'p sonli ikki yadroli gepatotsitlarning mavjudligi bo'lib, bu jigar parenximasida faol regeneratsiya jarayoni kechayotganligidan dalolat beradi. Kelgusida MS kompleks ta'sirida kalamushlar jigari, oshqozon osti bezi to'qimasi hamda qonning biokimyoviy ko'rsatkichlarini batafsil o'rganish zarur.

Kalit so'zlar: kalamush, gipodinamiya, jigar, metabolik sindrom, stresslar, gepatotsit, sinusoidal bo'shliqlar, regeneratsiya.

REACTIVE CHANGES IN THE RAT LIVER UNDER METABOLIC SYNDROME AGAINST THE BACKGROUND OF VARIOUS STRESS AND HYPODYNAMIA

Abstract. Metabolic syndrome (MS) associated with stress factors and hypodynamia, improper nutrition and environmental toxic substances exert negative effects on the liver. Under the combined influence of MS, stress and hypodynamia, the expansion of sinusoidal spaces in the rat liver aggravates damage to the hepatic tissue. This results from circulatory insufficiency and increased permeability of sinusoidal walls and leads to metabolic disturbances and dystrophic and necrotic changes in hepatocytes. A significant finding was the presence of numerous binucleated hepatocytes, indicating active regeneration of the liver parenchyma. Further study of the rat liver, pancreatic tissue and blood biochemistry under MS is required.

Key words: rat, hypodynamia, liver, metabolic syndrome, stressors, hepatocyte, sinusoidal spaces, regeneration.

Kirish. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining so'nggi o'n yillikdagi ma'lumotlari turli yosh guruhlari aholisi o'rtasida ortiqcha vazn va semirish muammosi nihoyatda dolzarb ekanligini ko'rsatmoqda, chunki ko'plab yurak-qon tomir, endokrin va terapevtik kasalliklarning uchrashi ortib borishi epidemiya tusini olmoqda [1]. Semirish nafaqat o'zi mustaqil ravishda jiddiy metabolik buzilishlarni keltirib chiqaradi, balki ko'pchilik holatlarda og'ir kasalliklar rivojlanishiga ham moyillik tug'diradi [2].

Semirishda organizmning deyarli barcha tizimlari zararlanadi. Shu bilan birga, deyarli barcha metabolik yo'llar kesishadigan, asosiy modda almashinuv jarayonlari amalga oshadigan o'ziga xos a'zo — bu jigardir. Inson va sutemizuvchilar organizmida jigar bajaradigan funksiyalarning xilma-xilligi, uning uglevod, oqsil va lipid almashinuviga bevosita ta'sir ko'rsatishi turli ekzogen ta'sirlar sharoitida ushbu a'zoning morfofunksional holatini batafsil o'rganish uchun zamin yaratadi [3].

Ko'plab dori vositalari jigarga toksik ta'sir ko'rsatish xususiyatiga ega bo'lib, ushbu preparatlar dozasining oshirilishi gepatotoksiklik rivojlanishi xavfini kuchaytiradi [4]. Ayrim mualliflarning ma'lumotlariga ko'ra, yog' miqdori yuqori bo'lgan parhezlar yog'larning diatsilglitserin, triatsilglitserin va seramidlar ko'rinishida to'planishiga olib kelib, insulinrezistentlik bilan bevosita bog'liqdir [5].

Tadqiqot materiallari va usullari. Tajriba Navoiy innovatsiyalar universiteti laboratoriyasida 24 ta 6 oylik – faol reproduktiv yoshdagi kalamushlarda (Wistar) o'tkazildi. Tadqiqotlar 1-jadval dizaynga muvofiq amalga oshirildi. Hayvonlar tajribadan chiqarilgandan so'ng morfologik tadqiqot uchun jigar atravmatik usulda olindi. «Nazorat» (*Bilirubina va bosh, 2020).* Har bir kal-

amush kuniga 20 g aralash yem iste'mol qildi: oqsillar — 24%, yog'lar — 6%, uglevodlar — 44% hamda toza suv qabul qildi *(bir kalamush uchun sutkasiga 66,0 kkal).*

Immobilizatsiya bilan kechuvchi metabolik sindrom: "UYOYuUD (Yanko R.V., va boshq., 2021)" Har bir kalamushga kuniga 6 g maxsus tayyorlangan granulalangan yem berildi (70% standart aralash yemga 30% cho'chqa yog'i qo'shilgan holda); 6,8 g cho'chqa yog'i, 3,6 g oq quruq non, 3,6 g kungaboqar urug'i berildi. Har ikkinchi kunda suv o'rniga tajribadagi kalamushlar 10% fruktoza eritmasini qabul qildi *(bir kalamush uchun sutkasiga 161,5 kkal).* Shu bilan birga immobilizatsion stress qo'llanilib, hayvonlar to'rt oyog'i orqali orqa tomondan mahkamlanib, 2 soat davomida ushlab turildi.

Yorug'lik desinxronozi[6]*:* Nazorat guruhi (n=24) standart laboratoriya sharoitlarida, qat'iy belgilangan yorug'lik rejimida (yorug'lik: qorong'ilik = 10:14 soat, yorug'lik 8:00 da yoqilib, 18:00 da o'chirilib) saqlandi. Kalamushlar tabiiy yorug'lik hamda tungi vaqtda 60 Vt quvvatli cho'g'lanma lampaga teng yorug'lik beradigan kunduzgi yorug'lik lampasi bilan ta'minlangan sun'iy yorug'likning birgalikdagi ta'siriga duchor qilindi.

Audiogen stress[7]**:** Tajriba stress modeli — sensor dezintegratsiya usuli (audiogen ta'sirlar sharoitida). Akustik ta'sir maxsus kamerada 20 kun davomida har kuni 1 soatdan qo'llanildi. Quyidagi sxema bo'yicha amalga oshirildi: 1,5 daqiqa elektr sirena (110–115 dB), so'ngra 15 daqiqa "Keys ringing" — "kalitlar jaranglashi".

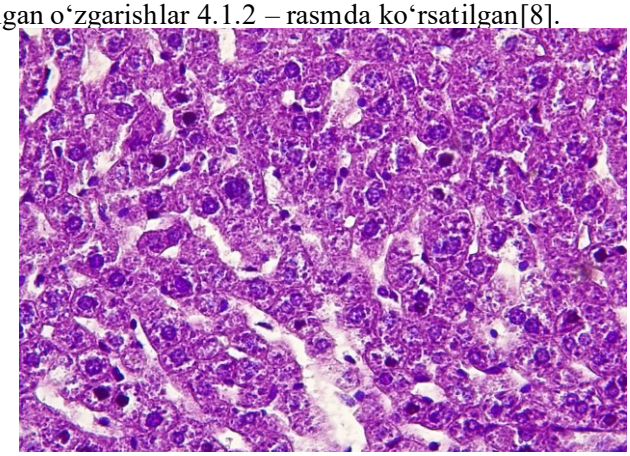
Morfologik tekshiruv maqsadida jigarining o'ng bo'lagidan olingan to'qima bo'laklari fosfat buferidagi 10% formalin eritmasida fiksatsiya qilindi, keyinchalik to'qimalar parafinga quyilib, qalinligi 4–6 mkm bo'lgan gistologik kesmalar tayyorlandi.

Kalamushlar jigari kesmalari gematoksilin va eozin bilan bo'yaldi. Eksperiment natijalarini statistik qayta ishlashda har bir holatda o'lchovlar soni $n < 50$ bo'lganligi sababli, olingan ma'lumotlarning taqsimlanish normalligi Shapiro–Uilk mezoni bo'yicha (Shapiro-Wilk Test Calculator onlayn resursi yordamida) tekshirildi.

Ma'lumotlarni qayta ishlash parametrik statistika usullari yordamida amalga oshirildi, solishtirilayotgan ko'rsatkichlar o'rtasidagi farqlar statistik jihatdan ahamiyatli deb $p < 0,05$ bo'lganda qabul qilindi.

Tadqiqotning asosiy natijalari va ularning muhokamasi. Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MS kompleks ta'sirida kalamushlar jigar gistostrukturasining shikastlanishi oldingi tajribalarga nisbatan yuqori darajada o'zgarishlar kuzatildi. Gepatotsitlardagi distrofik o'zgarishlar barcha kalamushlarda aniqlanib, ularning og'irlik darajasi hayvonlarning 70% da qayd etildi. Sinusoid kapillyarlarda qon dimlanishi holatlari kuzatildi. Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta'sirida kalamushlar jigarida kuzatilgan reaktiv o'zgarishlar 4.1.1 – rasmda ko'rsatildi.

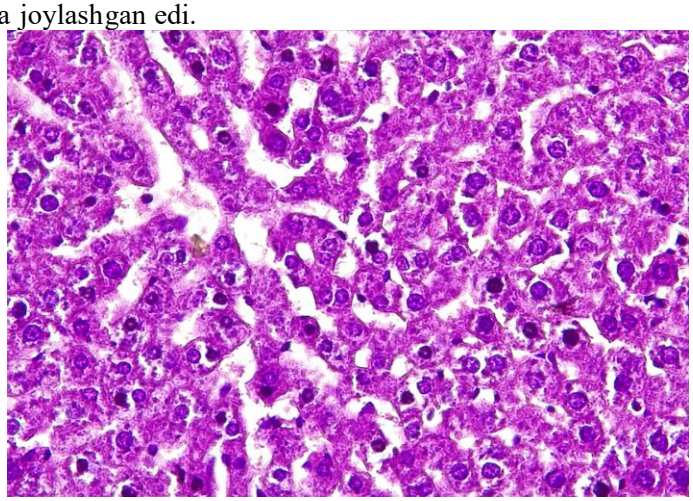
Jigarining ma'lum bir gepatotsitlar joylashgan sohalarida nekrotik o'zgarishlar kuzatildi, ular hujayralar orasidagi chegaralarning yo'qolishi va ayrim yadrolarning lizisi uchradi. Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta'sirida kalamushlar jigaridagi gepatotsitlarda kuzatilgan o'zgarishlar 4.1.2 – rasmda ko'rsatilgan[8].



4.1.1 - rasm. Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta'sirida kalamushlar jigarida kuzatilgan reaktiv o'zgarishlar: 1. Sinusoid kapillyarlar. 2. Disse bo'shligi. 3. Gepatotsit hujayralari. Gematoksilin va eozin bo'yoq. Ok. 10 x ob. 40.

Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta'sirida kalamushlar jigarida kuzatiladigan morfofunksional o'zgarishlar 60% hujayralar nekrozi, 10% da esa bo'lakcha

doirasida o‘choqli nekroz kuzatildi. Limfotsitlar va makrofaglardan iborat bo‘lgan limfogistiositar infiltratsiya aniqlandi, u darvoza bo‘lakchalar aro venasi qon tomirlari sohasida va jigar bo‘lakchalari orasida joylashgan edi.



4.1.2 - rasm. Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta’sirida kalamushlar jigaridagi gepatotsitlarda kuzatilgan o‘zgarishlar: 1. Sinusoid kapillyarlar. 2. Disse bo‘shligi. 3. Gepatotsit hujayralari. Gematoksilin va eozin bo‘yoq. Ok. 10 x ob. 40.

Bunda kalamushlar jigar markaziy venasining ichki diametri 69,0 dan 80,0 mkm gacha, vena devorining qalinligi 4,0 dan 7,0 mkm gacha.

Bo‘lakchalararo venaning diametri 40,0 dan 48,0 mkm gacha, uning devori qalinligi 2,0 dan 4,0 mkm gacha, bo‘lakchalararo arteriyaning ichki diametri 19,0 dan 26,0 mkm gacha, ushbu arteriyalar devorining qalinligi esa 5,0 dan 8,0 mkm gacha bo‘lganligi aniqlandi. Jigardagi sinusoid kapillyarlarning ichki diametri 12,0 dan 17,0 mkm gacha, devori qalinligi 2,0 dan 3,0 mkm gacha bo‘ldi.

Shuningdek, jigardagi bo‘lakchalararo o‘t yo‘llarining ichki diametri 5,0 dan 8,0 mkm gacha, o‘t yo‘llari devorining qalinligi esa 2,0 dan 3,0 mkm gacha ekanligi qayd etildi. Kalamushlar jigarida kuzatiladigan morfometrik ko‘rsatkichlar 4.1-jadvalda ko‘rsatilgan.

4.1-jadval

Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta’sirida kalamushlar jigarida kuzatiladigan morfometrik ko‘rsatkichlar

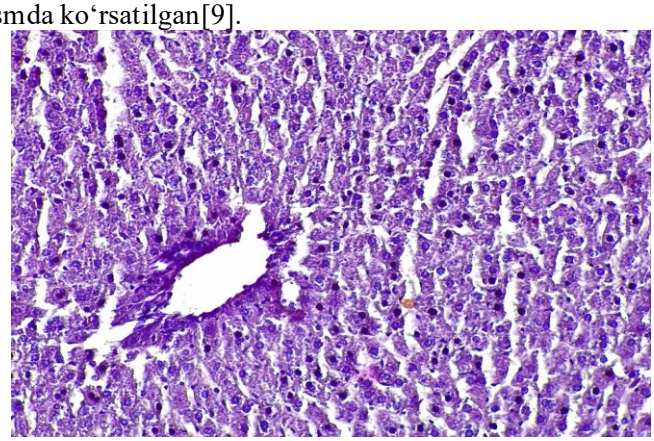
(M±m)

№	ko‘rsatkichlar / tajriba turi		Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MS
1	markaziy vena	ichki diametr	74,4±0,85
		devor qalinligi	5,5±0,23
2	bo‘laklararo vena	ichki diametr	43,8±0,62
		devor qalinligi	3,13±0,15
3	bo‘laklararo arteriya	ichki diametr	22,1±0,54
		devor qalinligi	5,9±0,15
4	sinusoid kapillyar	ichki diametr	14,5±0,39
		devor qalinligi	2,19±0,08
5	bo‘laklararo o‘t yo‘llari	ichki diametr	6,5±0,23
		devor qalinligi	2,1±0,08

Izoh: * $p < 0,05$ — «nazorat guruhiga nisbatan ishonchli (statistik jihatdan ahamiyatli) farqlar»

Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta’siri ostida kalamushlar jigarida kuzatiladigan morfofunksional o‘zgarishlarning tajribaning 90-kunida jigar gepatotsitlarda

yaqqol namoyon bo‘lgan distrofik o‘zgarishlar o‘choqli nekroz sohalariga qadar yetib borishi, stroma parenximal koeffitsientining pasayishi, noparenximatoz elementlar soni hamda ikki yadroli gepatotsitlar miqdorining kamayishi kuzatildi. Kalamushlar jigaridagi sinusoid va noparenximatoz elementlar 4.1.3 – rasmda ko‘rsatilgan[9].



4.1.3 - rasm. Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MSning kompleks ta’sirida kalamushlar jigaridagi sinusoid va noparenximatoz elementlar: 1. Sinusoid kapillyarlar. 2. Disse bo‘shligi. 3. Gepatotsit hujayralari. 4. Markaziy vena. Gematoksilin va eozin bo‘yoq. Ok. 10 x ob. 20.

Xulosalar.

1.Turli stress va gipodinamiya bilan kechuvchi MS kompleks ta’siri ostida kalamushlar jigarining morfofunksional o‘zgarishlarida jigar to‘qimasining ko‘proq shikastlanishiga perisinusoidal bo‘shliqlarning kengayishi sabab bo‘ladi. Bu holat qon aylanish yetishmovchiligi va sinusoidlar devorlari o‘tkazuvchanligining oshishi oqibati bo‘lishi mumkin hamda moddalar almashinuvining buzilishiga, gepatotsitlarda distrofik va nekrotik o‘zgarishlarning rivojlanishiga olib keladi.

2.Parenximatoz hujayralardagi struktur o‘zgarishlar kapillyar-biriktiruvchi to‘qima tuzilmalarining funksional zo‘riqishi, jigarda qon aylanishi va limfa oqimining buzilishi bilan kechadi. Tajribada aniqlangan muhim holatlardan biri ko‘p sonli ikki yadroli gepatotsitlarning mavjudligi bo‘lib, bu jigar parenximasida faol regeneratsiya jarayoni kechayotganligidan dalolat beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. K. R. Amlaev and Kh. T. Dakhkilgova, “Obesity: epidemiology, etiopathogenesis, comorbidity, diagnosis and treatment,” *Medical Bulletin of the North Caucasus*, vol. 15, no. 3, pp. 434–439, 2020.

2. I. I. Dedov, M. V. Shestakova, and G. A. Melnichenko, “Interdisciplinary clinical guidelines: Treatment of obesity and comorbid diseases,” *Obesity and Metabolism*, no. 1, pp. 5–99, 2021.

3. V. A. Kashchenko, A. I. Mitsinskaya, and A. Yu. Sokolov, “Obesity and non-alcoholic fatty liver disease: possibilities of therapeutic treatment,” *Siberian Medical Review*, no. 3, pp. 20–29, 2020.

4. E. V. Balukova, Yu. P. Uspensky, and Yu. A. Fominykh, “Liver damage of various genesis: from etiological heterogeneity to unified therapy,” *RMJ Medical Review*, vol. 26, no. 1, pp. 35–40, 2018.

5. A. Szulczewska-Remi, M. Nogala-Kałucka, and K. W. Nowak, “Influence of palm oil on blood and liver biochemical parameters and antioxidant activity in rats,” *Journal of Food Biochemistry*, vol. 43, no. 2, **pp. e12700**, 2019.

6. E. S. Ketova *et al.*, “Assessment of body weight indicators in rats under prolonged high-fat and steroid load with pharmacocorrection,” *Bulletin of Medical Science*, no. 3(31), pp. 86–93, 2023.

7. A. S. Ilyasov and N. E. Djumanova, “Model of fatty hepatosis in rats under high-fat and high-carbohydrate diet,” *Economy and Society*, no. 12(139), pp. 121–131, 2025.

8. A. S. Ilyasov and N. E. Djumanova, “Morphology of rat liver under high-fat and high-carbohydrate nutrition,” in *Proc. Republican Scientific and Practical Conference “Contribution of Fundamental Sciences to Modern Medicine”*, Mar. 25–26, 2025, p. 137.

9. N. E. Djumanova and B. N. Toshmamatov, “Structure of the aortic wall in rats in a diet-induced model of metabolic syndrome,” *European Journal of Modern Medicine and Practice*, vol. 5, no. 2, pp. 234–237, Feb. 2025.

10. A. S. Ilyasov and N. E. Djumanova, “Diet-induced metabolic disorders and liver pathology in experimental models,” *Modern Medical Research Journal*, **pp. 45–52**, 2025.

XITOZAN VA QURUQ SUT ZARDOBI MAJMUASINING KOBB-500 BROYLER JO‘JALARIDA SO‘YIM KO‘RSATKICHLARI VA GO‘SHTNING BIOLOGIK QIYMATIGA TA’SIRI

Raxmonov Farxod Xolbayevich
Tadqiqotchi, assistent, Zarmed universiteti, Samarqand, O‘zbekiston
farxod1313jon@gmail.com
ORCID 0009-0005-1955-8746
UDK 636.52/.58.084/.087

Annotatsiya. Tadqiqotda Kobb-500 broylerlarining ichimlik suviga xitozan va quruq sut zardobi majmuasini berishning so‘yim ko‘rsatkichlari, tana go‘shti morfologiyasi hamda ko‘krak mushagi biokimyosiga ta’siri baholandi. 100 bosh bir kunlik jo‘ja to‘rtta guruhga ajratilib, 42 kun davomida 40, 60 va 80 mg/jo‘ja/kun doza berildi. 60 mg doza olgan guruhda tana go‘shti massasi 1275,63 ± 9,17 g, chiqimi 66,92 ± 0,31 foiz va mushak massasi 528,78 ± 3,80 g bo‘lib, nazoratdan ishonchli yuqori ($P < 0,01$; $P < 0,001$). Ichki yog‘ miqdori 30,50 ± 0,21 g gacha kamaydi ($P < 0,01$). Olingan natijalar 60 mg/jo‘ja/kun miqdor go‘sht mahsuldorligi bo‘yicha eng optimal variant ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: xitozan, quruq sut zardobi, broyler jo‘jalari, tana go‘shti chiqimi, mushak massasi, ichki yog‘, triptofan, oksiprolin, biologik to‘laqonlik ko‘rsatkichi.

EFFECTS OF A CHITOSAN-DRIED WHEY COMPLEX ON SLAUGHTER TRAITS AND THE BIOLOGICAL VALUE OF MEAT IN COBB-500 BROILERS

Abstract. The study evaluated the effects of a chitosan and whey powder complex given to Cobb-500 broilers in drinking water on slaughter performance, carcass morphology and breast muscle biochemistry. 100 day-old chicks in four groups received 40, 60 and 80 mg/chick/day for 42 days. In the 60 mg group, carcass weight was 1275.63 ± 9.17 g, yield 66.92 ± 0.31 percent and muscle mass 528.78 ± 3.80 g, significantly higher than the control ($P < 0.01$; $P < 0.001$). Visceral fat decreased to 30.50 ± 0.21 g ($P < 0.01$). Thus, 60 mg/chick/day is the optimal dose for broiler meat productivity.

Key words: chitosan, dried whey, broilers, carcass yield, muscle mass, internal fat, tryptophan, hydroxyproline, protein quality index.

Kirish. Broyler parrandachiligida ishlab chiqarish samaradorligi faqat yakuniy tirik vazn bilan emas, balki so‘yim chiqimi, iste’molga yaroqli mushaklarning mutlaq va nisbiy massasi, ichki yog‘ miqdori hamda go‘shtning kimyoviy tarkibi bilan belgilanadi. Bir xil tirik vaznga ega parrandalarda tana qismlarining ulushi va mushaklarning rivojlanish darajasi turlicha bo‘lishi mumkin. Shu sababli yangi ozuqaviy yoki biologik qo‘shimchani baholashda o‘sish ko‘rsatkichlarini tana go‘shti morfologiyasi bilan birgalikda tahlil qilish ilmiy va amaliy jihatdan muhimdir [1].

Zamonaviy broyler krosslarining qisqa muddatda katta tana massasini shakllantirishi oqsil sintezi, mineral almashinuv va energetik ta’minot jarayonlariga yuqori talab qo‘yadi. Ozuqa moddalari yetarli o‘zlashtirilmagan yoki metabolik muvozanat buzilgan sharoitda tirik vazn ortishi ichki yog‘ to‘planishi, tana go‘shti chiqimining pasayishi yoki mushak sifatidagi noxush siljishlar bilan kechishi mumkin. Xitozan xitin hosilasi bo‘lib, uning broyler oziqlanishidagi ta’siri molekulyar massa, deatsetillanish darajasi, berish shakli, doza va bazaviy ratsion tarkibiga bog‘liq. Ayrim tadqiqotlarda xitozan qo‘llanishi o‘sish, yemdan foydalanish, ichak morfologiyasi va tana go‘shti ko‘rsatkichlarida ijobiy siljishlar bilan bog‘langan [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Boshqa tadqiqotlarda esa yuqori doza yoki boshqa texnologik shakl barqaror ustunlik bermagan.

Quruq sut zardobi laktoza, zardob oqsillari, mineral moddalar va biologik faol peptidlar manbayi hisoblanadi. Zardob mahsulotlarining broyler ratsionida qo‘llanishi ichak muhitiga, ozuqa moddalari o‘zlashtirilishiga, mahsuldorlikka va tana go‘shti ko‘rsatkichlariga ta’sir qilishi mumkin [14, 15, 16, 17, 18, 19]. Biroq uning samarasi zardobning tarkibi, qayta ishlash texnologiyasi, berish yo‘li va dozasiga bog‘liq. Ayniqsa, quruq zardobni ichimlik suvi orqali xitozan bilan kichik kunlik miqdorda birgalikda berishning so‘yim mahsuldorligiga ta’siri to‘g‘risidagi ma’lumotlar cheklangan.

Tana go‘shtining biologik qiymatini baholashda umumiy oqsil va yog‘ miqdori bilan birga oqsilning sifat tarkibini aks ettiruvchi ko‘rsatkichlardan foydalaniladi. Triptofan to‘laqonli mushak oqsillari bilan, oksiprolin esa kollagen va biriktiruvchi to‘qima ulushi bilan bog‘liq. Triptofan/oksiprolin nisbati asosida hisoblanadigan biologik to‘laqonlik ko‘rsatkichi mushak oqsilining sifat yo‘nalishini tavsiflasa-da, barcha almashinmaydigan aminokislotalarni to‘liq qamrab olmaydi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi xitozan va quruq sut zardobi majmuasini 40, 60 va 80 mg/jo‘ja/kun miqdorlarda ichimlik suvi orqali berish sharoitida Kobb-500 broyler jo‘jalarining tana go‘shti chiqimi, mushak massasi, ichki yog‘ miqdori, tana go‘shti toifalari hamda ko‘krak mushagining kimyoviy va biologik qiymat ko‘rsatkichlarini qiyosiy baholashdan iborat.

Tadqiqot materiali va usullari. Tadqiqot Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universitetining ilmiy vivariysi va laboratoriya bazasida o‘tkazildi. Tajribaga Kobb-500 krossiga mansub jami 100 bosh bir kunlik broyler jo‘jasi jalb qilindi. Analoglar tamoyili asosida har birida 25 boshdan to‘rtta guruh shakllantirildi. Barcha guruhlarda parvarish, mikroiqlim, emlash va asosiy ratsion bir xil bo‘ldi; tajriba omili faqat ichimlik suvi orqali berilgan xitozan-quruq sut zardobi majmuasining miqdori edi.

Nazorat guruhiga qo‘shimchasiz toza ichimlik suvi berildi. I tajriba guruhi 40 mg/jo‘ja/kun (2 mg xitozan + 38 mg quruq sut zardobi), II tajriba guruhi 60 mg/jo‘ja/kun (4 mg xitozan + 56 mg quruq sut zardobi), III tajriba guruhi esa 80 mg/jo‘ja/kun (6 mg xitozan + 74 mg quruq sut zardobi) majmua oldi. Qo‘shimcha yangi tayyorlangan suspenziya ko‘rinishida ertalabki suv hajmiga aralashtirildi; majmuali suv tugagach, erkin toza suv rejimi davom ettirildi.

Tajribaning 42-kunida batafsil anatomik-morfologik va kimyoviy tahlillar uchun har bir guruhdan guruh o‘rtacha vazniga yaqin 5 bosh jo‘ja tanlandi. So‘yimdan oldin parrandalar 12 soat davomida ozuqasiz, suv cheklanmagan holda saqlandi. So‘yim va tana go‘shtini anatomik bo‘laklash GOST 31470-2012 hamda GOST 31962-2013 talablariga muvofiq bajarildi [2, 3]. So‘yim oldi tirik vazn, patlangan va tozalangan tana go‘shti massasi, katta va kichik ko‘krak mushaklari, son va boldir mushaklari hamda ichki yog‘ massasi aniqlandi.

Tana go‘shti chiqimi tozalangan tana go‘shti massasining so‘yim oldi tirik vazniga nisbati sifatida, mushak chiqimi esa ajratilgan mushaklarning umumiy massasini so‘yim oldi tirik vaznga nisbatan ifodalash orqali hisoblandi. Tana go‘shtini toifalashda tajriba oxirigacha saqlanib qolgan barcha parrandalar hisobga olindi: nazorat guruhida 22 bosh, I guruhda 23 bosh, II va III guruhlarda 24 boshdan. Shu sababli toifaviy baholash natijalari n = 5 laboratoriya tanlanmasidan alohida statistik birlik sifatida talqin qilindi.

Ko‘krak mushagining quruq modda miqdori namunalarni 105 °C da doimiy massaga kelguncha quritish yo‘li bilan aniqlandi. Oqsil Kyeldal usulida GOST 13496.4-2019 bo‘yicha, mushak ichi yog‘i Sokslet apparatida ekstraksiya qilish orqali GOST 13496.15-2016 bo‘yicha o‘lchandi [4, 5]. Triptofan p-dimetilaminobenzaldegid bilan fotometrik reaksiya, oksiprolin esa oksidlanishdan keyin Erlix reaktivi bilan hosil qilgan rangli kompleks bo‘yicha aniqlandi. Oqsil sifati ko‘rsatkichi triptofan miqdorining oksiprolin miqdoriga nisbati sifatida hisoblandi.

Raqamli ma’lumotlar M ± m ko‘rinishida ifodalandi. Har bir tajriba guruhi nazorat guruhi bilan ikki tomonlama Styudent–Uelch t-mezoni yordamida qiyoslandi. $P < 0,05$ statistik ahamiyat chegarasi sifatida qabul qilindi; $P < 0,01$ va $P < 0,001$ darajalari alohida ko‘rsatildi. Tana go‘shti toifalari bo‘yicha ulushlar tavsifiy hisoblandi, chunki mazkur blok uchun alohida χ^2 yoki Fisher mezoni qo‘llanmagan.

Natijalar. Tajribaning 42-kunida olingan so‘yim natijalari xitozan–quruq sut zardobi majmuasining ta’siri faqat tirik vazn bilan cheklanmaganini ko‘rsatdi. Ayniqsa, 60 mg/jo‘ja/kun miqdorida tana go‘shti massasi, tana go‘shti chiqimi va mushak to‘qimasi ko‘rsatkichlari bir yo‘nalishda yaxshilandi. Ushbu natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Kobb-500 broyler jo‘jalarining 42-kundagi so‘yim va morfologik ko‘rsatkichlari (M ± m)

Ko‘rsatkich	Nazorat	40 mg/jo‘ja/kun	60 mg/jo‘ja/kun	80 mg/jo‘ja/kun
42-kundagi o‘rtacha tirik vazn, g	1821,40 ± 21,81	1859,20 ± 10,07	1906,20 ± 13,70**	1901,80 ± 5,05**
Tana go‘shti massasi, g	1183,91 ± 14,17	1217,05 ± 6,59	1275,63 ± 9,17**	1240,00 ± 3,29*
Tana go‘shti chiqimi, %	65,00 ± 0,34	65,46 ± 0,28	66,92 ± 0,31**	65,20 ± 0,25
Mushak to‘qimasi massasi, g	485,58 ± 5,82	513,32 ± 2,78**	528,78 ± 3,80***	527,37 ± 1,40**
Mushak to‘qimasi chiqimi, %	26,66 ± 0,15	27,61 ± 0,12**	27,74 ± 0,14***	27,73 ± 0,10***

Ko‘rsatkich	Nazorat	40 mg/jo‘ja/kun	60 mg/jo‘ja/kun	80 mg/jo‘ja/kun
Ichki yog‘ massasi, g	32,60 ± 0,39	31,60 ± 0,17	30,50 ± 0,21**	31,18 ± 0,08*

*Eslatma: 42-kundagi tirik vazn tajriba oxirigacha saqlanib qolgan jo‘jalar bo‘yicha hisoblangan (nazorat n = 22; I guruh n = 23; II va III guruhlar n = 24). Qolgan ko‘rsatkichlar nazorat so‘yimiga ajratilgan jo‘jalarda aniqlangan (har bir guruhda n = 5). Nazoratga nisbatan: * P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001.*

Nazorat guruhida tana go‘shti massasi 1183,91 ± 14,17 g, chiqimi 65,00 ± 0,34% ni tashkil etdi. 60 mg/jo‘ja/kun guruhida tana go‘shti massasi 1275,63 ± 9,17 g gacha oshib, nazoratga nisbatan 91,72 g yoki 7,75% farq hosil qildi (P < 0,01). Tana go‘shti chiqimi 66,92 ± 0,31% bo‘lib, nazoratdan 1,92 foiz punkt yuqori qayd etildi (P < 0,01).

Mushak to‘qimasi massasi 60 mg guruhida 528,78 ± 3,80 g bo‘lib, nazoratdagi 485,58 ± 5,82 g dan 43,20 g yoki 8,90% yuqori edi (P < 0,001). Mushak chiqimi ham 26,66 ± 0,15% dan 27,74 ± 0,14% gacha oshdi. 80 mg guruhida mushak massasi 527,37 ± 1,40 g bo‘lib, 60 mg guruhiga yaqin bo‘lsa-da, tana go‘shti chiqimi 65,20 ± 0,25% darajasida qoldi. Demak, dozani 80 mg gacha oshirish umumiy tana go‘shti chiqimida qo‘shimcha ustunlik bermadi.

Ichki yog‘ massasi nazorat guruhida 32,60 ± 0,39 g, 60 mg guruhida esa 30,50 ± 0,21 g bo‘ldi (P < 0,01). Nisbiy kamayish 6,44% ni tashkil etdi. Ushbu natija mushak massasining ortishi ichki yog‘ to‘planishining parallel ko‘payishi bilan kechmaganini ko‘rsatadi.

Tana go‘shtlarini toifalash natijalari 2-jadvalda berilgan.

2-jadval. Tana go‘shtlarining organoleptik-toifaviy taqsimoti

Tana go‘shti toifasi	Nazorat (n = 22)	40 mg (n = 23)	60 mg (n = 24)	80 mg (n = 24)
I toifa, dona / %	10 / 45,5%	12 / 52,2%	14 / 58,3%	12 / 50,0%
II toifa, dona / %	11 / 50,0%	11 / 47,8%	10 / 41,7%	11 / 45,8%
Nostandart (oriq), dona / %	1 / 4,5%	0 / 0%	0 / 0%	1 / 4,2%

Eslatma: ulushlar tavsifiy hisoblangan; toifalar taqsimoti bo‘yicha alohida inferensial tahlil o‘tkazilmagan.

Nazorat guruhida I toifali tana go‘shtlari ulushi 45,5%, 60 mg guruhida esa 58,3% bo‘ldi. Tavsifiy farq 12,8 foiz punktni tashkil etdi. 40 va 60 mg guruhlarida nostandart oriq tana go‘shti aniqlanmadi.

Ko‘krak mushagining kimyoviy va biologik sifat ko‘rsatkichlari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. Ko‘krak mushagining kimyoviy va biologik qiymati (M ± m, n = 5)

Ko‘rsatkich	Nazorat	40 mg/jo‘ja/kun	60 mg/jo‘ja/kun	80 mg/jo‘ja/kun
Quruq moddalar, %	23,02 ± 0,06	23,07 ± 0,11	23,08 ± 0,08	23,05 ± 0,10
Sof oqsil, %	18,27 ± 0,26	18,30 ± 0,20	18,75 ± 0,12	18,40 ± 0,15
Mushak ichi yog‘i, %	1,10 ± 0,10	1,07 ± 0,06	1,03 ± 0,08	1,07 ± 0,12
Triptofan, mg%	304,67 ± 2,60	311,33 ± 1,45	312,33 ± 2,33	312,00 ± 1,15*
Oksiprolin, mg%	54,67 ± 2,33	52,67 ± 2,66	51,00 ± 1,15	53,00 ± 2,51
Oqsil sifati ko‘rsatkichi (BKP)	5,59 ± 0,28	5,93 ± 0,26	6,13 ± 0,09	5,91 ± 0,25

*Eslatma: nazoratga nisbatan * P < 0,05. Belgisiz qiymatlarda P > 0,05.*

Quruq modda miqdori barcha guruhlarda 23,02–23,08% oralig‘ida bo‘lib, namunalar namligida sezilarli tafovut kuzatilmaganini ko‘rsatdi. 60 mg guruhida sof oqsil 18,75 ± 0,12%, nazoratda 18,27 ± 0,26% bo‘ldi. Farq 0,48 foiz punkt yoki 2,63% ni tashkil etgan bo‘lsa-da, n = 5 sharoitida statistik ahamiyatga ega emas edi. Mushak ichi yog‘i shu guruhlarda mos ravishda 1,03 ± 0,08 va 1,10 ± 0,10% bo‘lib, farq ham ishonchli darajaga yetmadi.

Triptofan miqdori 60 mg guruhida 312,33 ± 2,33 mg%, oksiprolin 51,00 ± 1,15 mg% ni tashkil etdi. Natijada BKP 6,13 ± 0,09 bo‘lib, nazoratdagi 5,59 ± 0,28 dan 9,66% yuqori ko‘rindi. Biroq triptofan, oksiprolin va BKP bo‘yicha 60 mg guruhidagi farqlar P < 0,05 chegarasiga yetmadi. 80 mg guruhida triptofan miqdori nazoratga nisbatan statistik jihatdan yuqori bo‘lsa-da, BKPning qo‘shimcha oshishi kuzatilmadi. Shu sababli biologik qiymatga doir xulosa bitta aminokislota ko‘rsatkichiga emas, indeks va umumiy tarkibning yig‘ma talqiniga asoslandi.

Muhokama. Olingan natijalar xitozan–quruq sut zardobi majmuasining 60 mg/jo‘ja/kun miqdori tana go‘shti mahsuldorligining bir nechta o‘zaro bog‘liq ko‘rsatkichlarini bir vaqtning o‘zida yaxshilaganini ko‘rsatdi. Ayniqsa, tana go‘shti massasining tirik vazndagi farqdan ko‘proq oshishi va ichki yog‘ning kamayishi yakuniy massa tarkibida iste’molga yaroqli mushak ulushining ortganini ko‘rsatadi.

Xitozan bo‘yicha avvalgi tadqiqotlarda o‘sish va tana go‘shti ko‘rsatkichlari turlicha natija bergan. Khambualai va hammualliflar xitozan qo‘llanganda o‘sish va ichak morfologiyasidagi o‘zgarishlarni qayd etgan [6, 7]. Shi va hammualliflar energiya hamda oqsildan foydalanish ko‘rsatkichlarini baholagan [8]. Ibitoye va hammualliflar chitin va xitozan manbalarining ichak salomatligi hamda o‘sish gormoni bilan bog‘liq ko‘rsatkichlarini o‘rgangan [9]. Kim va Kim esa xitozanning tana go‘shti va son mushaklari xususiyatlariga ta’sirini ko‘rsatgan [10]. Ushbu tadqiqotlar xitozan samarasi doza, shakl va parvarish sharoitiga bog‘liqligini tasdiqlaydi.

60 mg guruhida ichki yog‘ massasining kamayishi xitozanning lipidlar bilan o‘zaro ta’siri yoki yog‘ hazm bo‘lishiga ta’sir qilishi mumkinligi haqidagi adabiy qarashlarga mos keladi [10, 11, 12]. Biroq mazkur tajribada lipaza faolligi, safro kislotalari, qon lipidlari va yog‘ kislotalari profili aniqlanmagan. Shuning uchun kuzatilgan morfologik farqni bevosita xitozanning yog‘larni bog‘lash mexanizmi bilan izohlash dalil chegarasidan tashqariga chiqadi.

Quruq sut zardobining ta’siri uning oqsil va laktoza komponentlari orqali ichak mikro-muhiti, ozuqa moddalari o‘zlashtirilishi va mushak sinteziga hissa qo‘shishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ashour va hammualliflar zardob oqsili konsentratlari broylerlarda yem konversiyasi va mahsuldorlikka ta’sir qilishini ko‘rsatgan [14]. Alloui va Szczurek zardob laktozasining ishlab chiqarish natijalari va ko‘r ichak muhitiga ta’sirini baholagan [15]. Shariatmadari va Forbes zardobni yem va ichimlik suvi orqali berish imkoniyatini o‘rgangan [17]. Shu bilan birga, hozirgi tajribada xitozan va zardob alohida guruhlarda tekshirilmaganligi sababli ularning mustaqil hissasi yoki sinergetik ta’siri matematik jihatdan ajratilmagan.

80 mg/jo‘ja/kun miqdorda mushak massasi 60 mg guruhiga yaqin bo‘lganiga qaramay, tana go‘shti chiqimi pasayib, 65,20% darajasida qoldi. Biologik qo‘shimchalarda doza oshishi har doim ham samaradorlikning mutanosib oshishiga olib kelmaydi; yuqori miqdor suvning fizik xususiyatlari, iste’mol sur’ati, ichakdagi o‘zaro ta’sirlar yoki boshqa metabolik omillarni o‘zgartirishi mumkin.

Ko‘krak mushagining quruq modda va asosiy kimyoviy tarkibi guruhlar bo‘yicha yaqin bo‘ldi. BKPning 60 mg guruhida son jihatdan yuqori bo‘lishi oqsil sifati uchun qulay yo‘nalishni bildiradi, biroq farqning statistik ahamiyatsizligi va indeksning barcha aminokislotalarni qamrab olmasligi sababli “biologik qiymat ishonchli oshdi” degan qat’iy xulosa berish mumkin emas.

Tadqiqotning asosiy cheklovlari anatomik bo‘laklash va kimyoviy tahlillar har bir guruhdan 5 boshda bajarilgani, tajribaning bitta sikl va bitta kross bilan cheklangani, mustaqil katak yoki suv liniyasi takrorlari ajratilmagani hamda xitozan va quruq zardob uchun alohida monokomponent guruhlar bo‘lmaganidir. Keyingi bosqichda kamida uchta mustaqil blok, individual yoki katak darajasidagi suv iste’moli, to‘liq aminokislota profili, mushak pH, rang, tekstura va suv ushlab turish qobiliyatini baholash maqsadga muvofiq.

Xulosa. 1. Xitozan va quruq sut zardobi majmuasining 60 mg/jo‘ja/kun miqdori Kobb-500 broylerlarida 42-kundagi tana go‘shti massasini 7,75%, tana go‘shti chiqimini 1,92 foiz punktga oshirdi; farqlar $P < 0,01$ darajasida ishonchli bo‘ldi.

2. Mazkur guruhda mushak to‘qimasi massasi nazoratga nisbatan 8,90% yuqori ($P < 0,001$), mushak chiqimi esa 1,08 foiz punkt yuqori bo‘ldi. Ichki yog‘ massasi 6,44% kamaydi ($P < 0,01$).

3. 80 mg/jo‘ja/kun miqdor mushak massasi bo‘yicha 60 mg variantiga yaqin natija bergan bo‘lsa-da, tana go‘shti chiqimida qo‘shimcha ustunlik ta’minlamadi. Shu sababli o‘rganilgan sharoitda 60 mg miqdor muvozanatliroq variant sifatida baholandi.

4. 60 mg guruhida I toifali tana go‘shtlari ulushi 58,3% bo‘lib, nazoratdagi 45,5% dan yuqori qayd etildi.

5. Ko‘krak mushagidagi sof oqsil va BKP 60 mg guruhida son jihatdan yuqori bo‘ldi, biroq farqlar statistik ahamiyatga ega emas edi. Majmua go‘shtning asosiy kimyoviy tarkibini keskin o‘zgartirmadi; biologik qiymat bo‘yicha faqat qulay tendensiya qayd etildi.

6. Natijalarni keng ishlab chiqarish sharoitiga tatbiq etishdan oldin tajribani mustaqil bloklarda takrorlash, kattaroq analitik tanlanma va go‘sht sifatining instrumental ko‘rsatkichlarini qo‘shish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. – 9th rev. ed. – Washington, DC: National Academy Press, 1994. – 176 p. – DOI: 10.17226/2114.

2. GOST 31470–2012. Parranda go‘shti, oziq-ovqat submahsulotlari va yarim tayyor mahsulotlari. Organoleptik hamda fizik-kimyoviy tadqiqot usullari. – Moskva: Standartinform, 2013. – 36 b.

3. GOST 31962–2013. Tovuq go‘shti (tana go‘shtlari va ularning qismlari). Texnik shartlar. – Moskva: Standartinform, 2014. – 16 b.

4. GOST 13496.4–2019. Ozuqa, aralash yem va yem xomashyosi. Azot va xom protein miqdorini aniqlash usullari. – Moskva: Standartinform, 2019. – 19 b.

5. GOST 13496.15–2016. Ozuqa, aralash yem va yem xomashyosi. Xom yog‘ miqdorini aniqlash usullari. – Moskva: Standartinform, 2016. – 23 b.

6. Khambualai, O. Effects of dietary chitosan diets on growth performance in broiler chickens / O. Khambualai, K.E. Yamauchi, S. Tangtaweewipat, B. Cheva-Isarakul // The Journal of Poultry Science. – 2008. – Vol. 45, №. 3. – P. 206–209. – DOI: 10.2141/jpsa.45.206.

7. Khambualai, O. Growth performance and intestinal histology in broiler chickens fed with dietary chitosan / O. Khambualai, K. Yamauchi, S. Tangtaweewipat, B. Cheva-Isarakul // British Poultry Science. – 2009. – Vol. 50, №. 5. – P. 592–597. – DOI: 10.1080/00071660903247182.

8. Shi, B.L. Effects of chitosan on growth performance and energy and protein utilisation in broiler chickens / B.L. Shi, D.F. Li, X.S. Piao, S.M. Yan // British Poultry Science. – 2005. – Vol. 46, №. 4. – P. 516–519. – DOI: 10.1080/00071660500190785.

9. Ibitoye, E.B. Gut health and serum growth hormone levels of broiler chickens fed dietary chitin and chitosan from cricket and shrimp / E.B. Ibitoye, I.H. Lokman, M.N.M. Hezmee [et al.] // Poultry Science. – 2019. – Vol. 98, №. 2. – P. 745–752. – DOI: 10.3382/ps/pey419.

10. Kim, Y.J. Effects of dietary chitosan supplementation with chitosan feeding levels and feeding forms on growth performance and carcass characteristics of thigh muscular in broiler / Y.J. Kim, B.K. Kim // Korean Journal of Poultry Science. – 2009. – Vol. 36, №. 1. – P. 29–37. – DOI: 10.5536/kjps.2009.36.1.029.

11. Suk, Y.O. Interaction of breed-by-chitosan supplementation on growth and feed efficiency at different supplementing ages in broiler chickens / Y.O. Suk // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2004. – Vol. 17, №. 12. – P. 1705–1711. – DOI: 10.5713/ajas.2004.1705.

12. Lee, J. The effects of supplemental dietary chitosan on broiler performance and myopathic features of white striping / J. Lee, Y. Shan, A. Wong [et al.] // Poultry Science. – 2024. – Vol. 103, №. 3. – Art. 103396. – P. 1–11. – DOI: 10.1016/j.psj.2023.103396.

13. Yuanjing, C. Growth performance, carcass characteristics, serum biochemistry and digestive tract development in broiler chickens fed with chitosan oligosaccharide / C. Yuanjing, X. Chenxi, Y. Zhengfeng [et al.] // Animal Nutrition and Feed Technology. – 2023. – Vol. 23, №. 2. – P. 291–302. – DOI: 10.5958/0974-181x.2023.00025.2.

14. Ashour, E.A. Use of whey protein concentrates in broiler diets / E.A. Ashour, M.E.A. El-Hack, M. Alagawany [et al.] // Journal of Applied Poultry Research. – 2019. – Vol. 28, №. 4. – P. 1078–1088. – DOI: 10.3382/japr/pfz070.

15. Alloui, M.N. Effects of different dietary levels of whey lactose as a prebiotic disaccharide on the productive performances and selected indices of the caecal micro-environment in broiler chickens / M.N. Alloui, W. Szczurek // Annals of Animal Science. – 2017. – Vol. 17, №. 4. – P. 1107–1122. – DOI: 10.1515/aoas-2017-0021.

16. Khani, M. Effect of different dietary levels of acid whey powder on growth performance and immune responses of broiler chicks / M. Khani, M. Toghyani, M. Foroughi // International Journal of Poultry Science. – 2015. – Vol. 14, №. 2. – P. 67–71. – DOI: 10.3923/ijps.2015.67.71.

17. Shariatmadari, F. Performance of broiler chickens given whey in the food and/or drinking water / F. Shariatmadari, J.M. Forbes // British Poultry Science. – 2005. – Vol. 46, №. 4. – P. 498–505. – DOI: 10.1080/00071660500190785.

18. Greenhalgh, S. Dietary crude protein concentrations, feed grains, and whey protein interactively influence apparent digestibility coefficients of amino acids, protein, starch, and performance of broiler chickens / S. Greenhalgh, A. Lemme, J.C.D.P. Dorigam [et al.] // Poultry Science. – 2022. – Vol. 101, №. 11. – Art. 102131. – P. 1–12. – DOI: 10.1016/j.psj.2022.102131.

19. Afkhami, M. Evaluation of whey protein sources on performance, liver antioxidants and immune responses of broiler chickens challenged with ethanol / M. Afkhami, H. Kermanshahi, R. Majidzadeh Heravi // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2020. – Vol. 104, №. 3. – P. 898–908. – DOI: 10.1111/jpn.13327.

20. Lan, R. Chitosan oligosaccharide improves intestinal function by promoting intestinal development, alleviating intestinal inflammatory response, and enhancing antioxidant capacity in broilers aged d 1 to 14 / R. Lan, F. Wu, Y. Wang [et al.] // Poultry Science. – 2024. – Vol. 103, №. 2. – Art. 103381. – P. 1–10. – DOI: 10.1016/j.psj.2023.103381.

QORAQULDUQ KANALIDAGI KUMUSH TOVONBALIQNING (CARASSIUS GIBELIO (BLOCH, 1782)) O‘SISH XUSUSIYATLARI VA REPRODUKTIV BIOLOGIYASI

Ismatillayeva Gulhayo Mexriddinovna
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi
Zoologiya instituti tayanch doktoranti
ismatillayevag@gmail.com
ORCID 0000-0001-6683-3177
UDK 597.554.3

Annotatsiya. Maqolada Qoraqulduq kanalida uchraydigan kumush tovonbaliq (*Carassius gibelio*)ning o‘sish xususiyatlari va reproduktiv biologiyasi bo‘yicha tadqiqot natijalari keltirilgan. Olingan natijalarga ko‘ra, ushbu tur 2–3 yoshda, tana uzunligi 14–16 sm ga yetganda jinsiy voyaga yetadi. Tadqiqot natijalari kumush tovonbaliqning Qoraqulduq kanalining ekologik sharoitlariga yuqori darajada moslashganligini ko‘rsatdi. Hayotining dastlabki yillarida baliqlar jadal o‘sish va yuqori reproduktiv salohiyat bilan ajralib turadi. Jinsiy yetuklikka erishgandan so‘ng o‘sish sur’ati sekinlashadi, urg‘ochilarning mutlaq serpushtligi esa tana uzunligi va vaznining ortishi bilan oshib boradi. Aniqlanishicha, urg‘ochi baliqlarning mutlaq serpushtligi 8 525–59 376 dona uvuldiriqni tashkil etadi, bunda tana uzunligi 14,8–26,2 sm, vazni esa 100–550 g oralig‘ida bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: Qoraqulduq kanali, kumush tovonbaliq, *Carassius gibelio*, o‘sish sur’atlari, serpushtlik, korrelyatsiya, regressiya, jinsiy yetuklik.

FEATURES OF GROWTH AND REPRODUCTIVE BIOLOGY OF PRUSSIAN CARP (CARASSIUS GIBELIO (BLOCH, 1782)) IN THE KARAKULDUQ CANAL

Abstract. The growth characteristics and reproductive biology of the Prussian carp (*Carassius gibelio*) in the Qoraqulduq canal were studied. This species reaches sexual maturity at 2–3 years, at a body length of 14–16 cm. The Prussian carp is highly adapted to the local environmental conditions of the canal. In early life the fish shows rapid growth and high reproductive potential. After reaching sexual maturity, the growth rate slows down, while the absolute fecundity of females increases with body length and weight. It ranges from 8,525 to 59,376 eggs at a body length of 14.8–26.2 cm and a weight of 100–550 g.

Key words: Qoraqulduq canal, Prussian carp, *Carassius gibelio*, growth rate, fecundity, correlation, regression, sexual maturity.

Kirish. Sug‘orish tizimlari tarkibiga qishloq xo‘jaligi, sanoat va maishiy ehtiyojlar uchun mo‘ljallangan sun’iy suv havzalari hamda irrigatsiya kanallari tarmoqlari kiradi. So‘nggi yillarda irrigatsion kanallardan rekreatsion baliqchilik maqsadlarida foydalanish ko‘lami kengayib borayotgani ushbu suv obyektlarining biologik mahsuldorligini o‘rganishga bo‘lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda.

Shu munosabat bilan irrigatsion tizimlarda uchraydigan baliq turlarining taksonomik tarkibini aniqlash, populyatsiyalarining hozirgi holatini baholash, ularga ta’sir etuvchi antropogen va tabiiy omillarni o‘rganish hamda baliq resurslaridan oqilona va barqaror foydalanish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

Kumush tovonbaliq (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)) Yevroosiyoning turli tipdagi chuchuk suv havzalarida keng tarqalgan va ekologik plastiklik darajasi yuqori bo‘lgan baliq turlaridan biridir [3, 14]. Mazkur tur suv muhitining turli ekologik sharoitlariga moslasha olish qobiliyati, tez o‘sishi va yuqori reproduktiv salohiyati bilan ajralib turadi. Ilgari, kumush tovonbaliq Amudaryo va Sirdaryo havzalarining quyi oqimlarida ham uchragan [3, 6]. Keyinchalik u 1951-yilda Moskva viloyatidagi Savvino baliqchilik xo‘jaligidan Toshkent viloyatidagi baliqchilik xo‘jaligiga introduksiya qilingan va qisqa muddat ichida O‘zbekistonning ko‘plab suv havzalarida tarqalgan [2, 11].

Hozirgi kunga qadar O‘zbekistonning tabiiy va sun’iy suv havzalarida kumush tovonbaliqning biologiyasi, ekologiyasi va xo‘jalik ahamiyatiga oid qator tadqiqotlar amalga oshirilgan [2, 7]. Biroq irrigatsion kanallardagi populyatsiyalarining o‘sish sur’ati, semizlik darajasi va reproduktiv xususiyatlari bo‘yicha ma’lumotlar yetarli emas.

Mazkur tadqiqotning maqsadi Qoraqulduq kanalida yashovchi kumush tovonbaliq populyatsiyasining o‘sish sur’atlari, semizlik ko‘rsatkichlari va reproduktiv biologiyasini o‘rganish hamda turning ushbu irrigatsion tizim sharoitlariga moslashuv darajasini baholashdan iborat.

Material va metodlar. Tadqiqot materiallari 2025-yil aprel-may oylarida Toshkent viloyati Chinoz tumani hududidan oqib o‘tuvchi Salar kanalining o‘ng tarmog‘i hisoblangan Qoraqulduq kanalida (40°57'8.78"N, 68°47'24.29"E; 40°57'9.07"N, 68°47'24.11"E; 40°57'10.31"N, 68°47'21.62"E; 40°57'12.76"N, 68°47'19.36"E; 40°57'23.46"N, 68°47'21.15"E;

40°57'28.12"N, 68°47'20.24"E; 40°57'28.94"N, 68°47'20.35"E; 40°57'38.92"N, 68°47'54.15"E) yig‘ildi. Baliqlarni ovlashda katak o‘lchami 20 mm va uzunligi 3-4 m bo‘lgan tortma to‘rlar, katak o‘lchami 1×1 mm va uzunligi 2 m bo‘lgan mayda katakli tortma to‘rlar hamda qarmoqlardan foydalanildi.

Baliqlarning tana uzunligi (*l*) tumshuq uchidan dum suzgich qanotining asosigacha bo‘lgan masofada 0,1 sm aniqlikkacha, tana vazni (*W*) esa 1 g aniqlikkacha o‘lchandi. Yoshni aniqlash tangachalarning yillik halqalari asosida amalga oshirildi [12]. O‘sish sur’atlari empirik ma’lumotlar hamda tangachalardan qayta hisoblash usuli yordamida baholandi [13]. Populyatsiyaning oziqlanish holatini tavsiflash maqsadida Fulton va Klark semizlik koeffitsiyentlari (*SK*) hisoblab chiqildi [8, 12].

Baliqlarning reproduktiv biologiyani o‘rganishda urg‘ochilarning jinsiy mahsulotlari yetilish bosqichlari aniqlandi va IV bosqichdagi uvildiriqlar asosida individual mutlaq serpushtlik (*IMS* – ming ikra), individual nisbiy serpushtlik (*INS* – ikralar/g ichki a’zolarsiz tana vazni), yetuklik koeffitsiyenti (*Yk,* %) hamda uvildiriq-somatik indeksi (*USI*) hisoblandi [9, 10].

Olingan ma’lumotlarga statistik ishlov berishda o‘rtacha arifmetik qiymat (*M*), standart xatolik (*m*), korrelyatsion va regressiya tahlili usullaridan foydalanildi. Belgilar o‘rtasidagi bog‘liqlik darajasi Pirson korrelyatsiya koeffitsiyenti yordamida baholandi [4].

Natijalar va muhokama. Tadqiqotlar davomida kumush tovonbaliq asosan kanalning suv oqimi nisbatan sust bo‘lgan, suv o‘simliklari yaxshi rivojlangan uchastkalarida uchrashi qayd etildi.

Kumush tovonbaliqning o‘sish xususiyatlarini o‘rganish maqsadida 1+–5+ yoshdagi 33 ta namunadan iborat material yig‘ildi. Tahlil qilingan baliqlarning tana uzunligi 13,5-26,0 sm, vazni esa 85-406 g oralig‘ida bo‘ldi. O‘rtacha tana uzunligi 19,44±0,72 sm, tana vazni esa 219,18±17,88 g ni tashkil etdi.

Fulton bo‘yicha semizlik koeffitsiyenti 2,10-3,45, Klark bo‘yicha esa 1,41-2,74 oralig‘ida o‘zgarishi aniqlandi (1-jadval). Eng yuqori semizlik ko‘rsatkichlari 2+ yoshli individlarda kuzatilib, bu yosh davrida oziqa resurslaridan samarali foydalanish va intensiv somatik o‘sish jarayonlari bilan izohlanadi. Aksincha, 4+ yoshli baliqlarda semizlik koeffitsiyentining pasayishi reproduktiv tizimning rivojlanishi va energiya resurslarining jinsiy mahsulotlar hosil bo‘lishiga yo‘naltirilishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

1-jadval.

Qoraqulduq kanali kumush tovonbalig‘ining o‘lcham-yosh ko‘rsatkichlari va semizlik koeffitsiyentlari

Yoshi	***l, sm***	***W, g***	***SK_F***	***SK_C***	***n***
1+	$\frac{13,5-14,6}{14,12\pm1,81}$	$\frac{85-100}{63,40\pm2,66}$	$\frac{3,21-3,45}{3,32\pm0,04}$	$\frac{2,34-2,57}{2,44\pm0,04}$	5
2+	$\frac{14,8-19,8}{16,73\pm4,65}$	$\frac{112-203}{146,08\pm8,82}$	$\frac{2,62-3,45}{3,11\pm0,08}$	$\frac{1,70-2,74}{2,28\pm0,10}$	12
3+	$\frac{19,4-25,0}{22,11\pm5,02}$	$\frac{197-336}{288,73\pm12,41}$	$\frac{2,15-2,99}{2,67\pm0,08}$	$\frac{1,43-1,78}{1,63\pm0,03}$	11
4+	$\frac{24,2-26,0}{253,50\pm3,97}$	$\frac{325-406}{366,50\pm18,36}$	$\frac{2,10-2,31}{2,25\pm0,05}$	$\frac{1,41-1,63}{1,56\pm0,05}$	4
5+	25,7	371	2,19	1,53	1

Izoh: *l – tana uzunligi, sm; W – tana vazni, g; CK_F – Fulton bo‘yicha semizlik koeffitsiyenti; CK_C – Klark bo‘yicha semizlik koeffitsiyenti; kasr ustida – minimal va maksimal ko‘rsatkichlar, ostida – o‘rtacha ko‘rsatkich va uning xatoligi;n – namunalar soni.*

Tangachalar bo‘yicha qayta hisoblash usulida aniqlangan o‘sish dinamikasi kumush tovonbaliq hayotining dastlabki yillarida jadal o‘sishini ko‘rsatdi. O‘rtacha yillik uzunlik ortishi birinchi yilda 9,73 sm ni tashkil qilgan bo‘lsa, keyingi yillarda mos ravishda 5,24; 4,06; 3,36 va 2,06 sm gacha kamaygan. Demak, turning asosiy somatik o‘sishi hayotining dastlabki uch yili davomida amalga oshadi.

Qoraqulduq kanalidagi kumush tovonbaliqning yillar bo‘yicha (l_1 … l_5) o‘sish sur’atiga oid ma’lumotlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Qoraqulduq kanalidagi kumush tovonbaliqning o‘sish sur’ati (qayta hisoblab tiklangan ma’lumotlar bo‘yicha) *sm*

Yoshi	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	*n*
1+	7,58					5
2+	8,99	12,84				12
3+	10,31	14,73	17,68			11
4+	12,05	17,21	20,65	22,37		4
5+	10,48	15,72	19,21	22,70	24,59	1
O‘rtachasi	9,88	15,13	19,18	22,54	24,59	
O‘sishning ortishi	9,73	5,24	4,06	3,36	2,06	

2-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, kumush tovonbaliqning o‘sish sur’atining uchinchi yoshdan boshlab pasayishi ko‘plab karpsimon baliqlarga xos biologik holat hisoblanadi. Bu holat organizm energiya resurslarining bir qismi jinsiy bezlarning rivojlanishi va reproduktiv mahsulotlar shakllanishiga sarflanishi bilan izohlanadi. Shu kabi natijalar O‘zbekistonning boshqa suv havzalarida o‘rganilgan kumush tovonbaliq va boshqa introduksiya qilingan baliq turlari uchun ham qayd etilgan [1, 5].

Kumush tovonbaliqning reproduktiv biologiyasini o‘rganish uchun 2+–4+ yoshdagi 35 ta urg‘ochi baliq tahlil qilindi. Ularning tana uzunligi 14,8-26,2 sm, vazni esa 100-550 g oralig‘ida bo‘ldi. Olingan natijalarga ko‘ra, Qoraqulduq kanalida kumush tovonbaliq 2-3 yoshda, tana uzunligi 14-16 sm ga yetganda jinsiy voyaga yetishi aniqlandi.

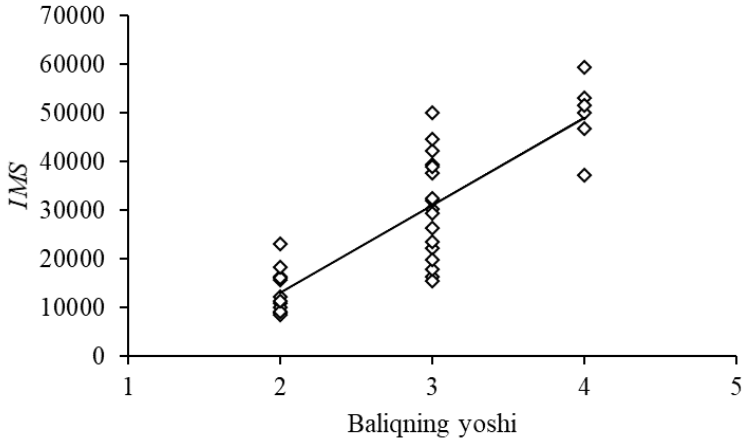
Kuzatishlar shuni ko‘rsatdiki, turning urchish davri aprel oyining oxiri va may oyining o‘rtalariga to‘g‘ri keladi. Mazkur davrda suv harorati 15-17°C atrofida bo‘lgan. Urg‘ochi baliqlarda yetuklik koeffitsiyenti 9,1-17,2 % oralig‘ida qayd etildi (3-jadval), bu esa ularning reproduktiv faoliyati yuqori darajada ekanligini ko‘rsatadi.

3-jadval.

Qoraqulduq kanalidagi kumush tovonbaliq urg‘ochilarinining serpushtligi

t	*l, sm*	*W, g*	*Yk, %*	*IMS*	*INS*	*n*
2+	$\frac{14,8-18,7}{16,58}$	$\frac{100-202}{144,83}$	$\frac{9,1-13,0}{10,92}$	$\frac{8525-23100}{13455,92}$	$\frac{95,7-176,3}{129,40}$	12
3+	$\frac{16,2-25,0}{20,74}$	$\frac{118-336}{257,18}$	$\frac{10,1-17,2}{13,58}$	$\frac{15619-50031}{30553,59}$	$\frac{112,3-259,5}{173,33}$	17
4+	$\frac{23,2-26,2}{25,20}$	$\frac{325-550}{425,17}$	$\frac{11,7-13,1}{12,65}$	$\frac{37200-59376}{49693,70}$	$\frac{122,5-186,5}{147,48}$	6

Izoh: *l – tana uzunligi, sm; W – tana vazni, g; Yk – yetuklik koeffitsiyenti; IMS – individual mutlaq serpushtlik; INS – individual nisbiy serpushtlik; kasr ustida – minimal va maksimal ko‘rsatkichlar, ostida – o‘rtacha ko‘rsatkich;n – namunalar soni.*

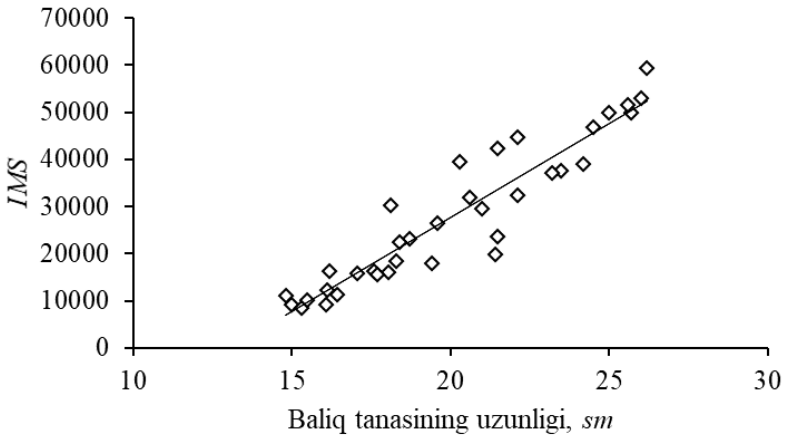


1-rasm. Qoraqulduq kanalidagi urg‘ochi kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligini baliq yoshi bilan o‘zaro bog‘liqligi

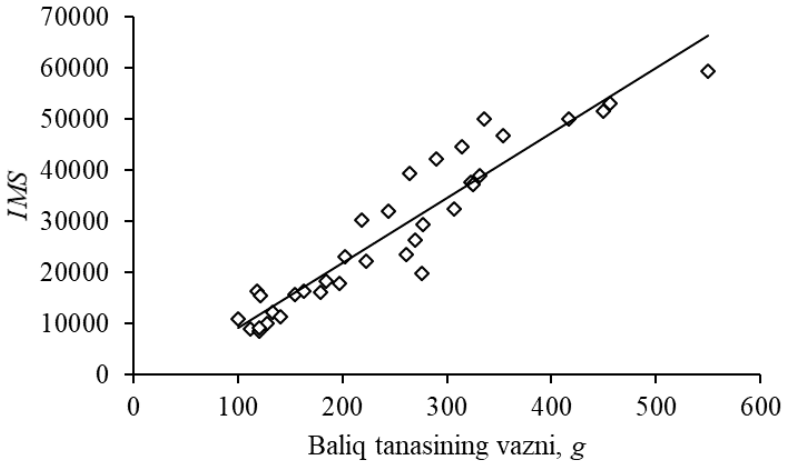
Uvildiriqlar morfologik tahlili natijasida ikralarning ikki fraksiyadan – yirik va mayda guruhlardan tashkil topgani aniqlandi. Yirik fraksiyada o‘rtacha 7976 dona, mayda fraksiyada esa o‘rtacha 19997 dona ikra mavjud bo‘ldi. Ushbu holat kumush tovonbaliqning Qoraqulduq kanalida porsiyali ikra tashlash xususiyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Urg‘ochi kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligi 8525-59376 dona ikra oralig‘ida bo‘lib, o‘rtacha 27972,6±2547,6 dona ikrani tashkil etdi (3-jadval). Yosh, tana uzunligi va vaznining ortishi bilan mutlaq serpushtlikning ham muntazam ravishda ortib borishi kuzatildi.

Kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligini baliq yoshi, tana uzunligi va vaznini bilan o‘zaro bog‘liqliqlik darajlasi 1-3-rasmlarda keltirilgan.



2-rasm. Qoraqulduq kanalidagi urg‘ochi kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligini baliq tanasi uzunligi bilan o‘zaro bog‘liqligi



3-rasm. Qoraqulduq kanalidagi urg‘ochi kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligini baliq vazni bilan o‘zaro bog‘liqligi

Korrelyatsion tahlil natijalari individual mutlaq serpushtlik bilan tana uzunligi (r = 0,939; P < 0,01) va tana vazni (r = 0,946; P < 0,01) o‘rtasida kuchli musbat bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi (4-jadval). Individual nisbiy serpushtlik bilan tana uzunligi o‘rtasidagi bog‘liqlik esa nisbatan sust bo‘lsa-da, statistik jihatdan ishonchli ekanligi aniqlandi (r = 0,396; P < 0,05).

4-jadval.

Qoraqulduq kanalidagi kumush tovonbaliq urg‘ochilarinining reproduktiv ko‘rsatkichlari bo‘yicha Pirson korrelyatsiya koeffitsiyentlari

Ko‘rsat-kichlar	***t***	***l, sm***	***W, g***	***IMS***	***INS***	***Yk, %***	***USI***
t	1	0,854**	0,852**	0,841**	0,280	0,383*	0,185
l, sm		1	0,961**	0,939**	0,396*	0,215	0,223
W, g			1	0,946**	0,270	0,152	0,084
IMS				1	0,488**	0,397*	0,289
INS					1	0,609**	0,920**

Yk, %						1	0,699**
USI							1

Izoh: ** – Korrelatsiya P < 0,05 darajada ahamiyatli hisoblanadi; ** – Korrelatsiya P < 0,01 darajada ahamiyatli hisoblanadi.*

Regressiya tahlili natijasida individual mutlaq serpushtlikning yosh, tana uzunligi va vazniga bog‘liqligi mos ravishda quyidagi tenglamalar bilan ifodalandi:

$IMS = 17944 \times t - 22782;$

$IMS = 3992,8 \times l - 52195;$

$IMS = 126,98 \times W + 3450,5.$

Umuman olganda, Qoraqulduq kanalidagi kumush tovonbaliq populyatsiyasi yuqori o‘sish sur’atlari, yaxshi oziqlanish holati, erta jinsiy yetilish va yuqori serpushtlik bilan tavsiflanadi. Natijalar irrigatsion kanallarda baliq resurslarini monitoring qilish, biologik xilmaxillikni baholash hamda rekreatsion baliqchilikni rivojlantirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Xulosa. Tadqiqotlar natijasida Qoraqulduq kanalida tarqalgan kumush tovonbaliq (*Carassius gibelio*) populyatsiyasining o‘sish sur’atlari, reproduktiv biologiyasi va ko‘payish xususiyatlari o‘rganildi. Populyatsiyada turli yosh guruhlarining mavjudligi, baliqlarning qoniqarli o‘sish ko‘rsatkichlari, erta jinsiy yetilishi hamda yuqori serpushtligi turning Qoraqulduq kanalida barqaror populyatsiya hosil qilganligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Аманов А.А. Экология рыб водоемов юга Узбекистана и сопредельных республик. – Ташкент: Фан, 1985. – 160 с.

2. Аманов А.А., Холматов Н.М., Сибирцева Л.К. Акклиматизированные рыбы водоёмов Узбекистана. – Ташкент: Фан. УзССР. 1990. – 116 с.

3. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1949. Часть 2. – С. 469-925.

4. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

5. Мирзаев У.Т. Морфоэкологические особенности акклиматизированного судака в ирригационных водоемах юга Узбекистана: Автореф. дисс. … канд. биол. наук. – Ташкент, 1994. – 24 с.

6. Никольский Г.В. Рыбы Таджикистана. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1938. – С. 228.

7. Нуриев Х.Н. Акклиматизированные рыбы водоемов бассейна р.Зеравшан. – Ташкент: Фан, 1985. – 104 с.

8. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. 4-е изд. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

9. Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. – Мурманск: Главрыбвод, 1968. – 47 с.

10. Спановская В.Д., Григораш В.А. К методике определения плодовитости единовременных и порционно икрометущих рыб. // В кн.: Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс: Мокслас, 1976. Ч.2. – С. 54-62.

11. Степанова Н.А. О некоторых результатах интродукции серебряного карася в Катта-Курганское водохранилище. // Доклады АН УзССР. 1955. № 4. – С. 47-50.

12. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб (методическое пособие по ихтиологии). – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 166 с.

13. Bagliniere E., Ombredane D. Choix et fiabilité d’un modéle de rétrocalcul des tailles en ecologie halieutique. Mise au point d’un logiciel informatique. // Bull. fr. peche et piscicult. 1990. 63., №3-19: – P. 258-272.

14. Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof. Berlin. Germany, 2007. 646 p. https://doi.org/10.1007/s10228-007-0012-3

QASHQADARYO VILOYATI REPTILIYALAR GELMINTLARINING TARAQQIYOT SIKLI

Toshov O‘tkir Jumayevich
Qarshi davlat universiteti, dotsent
utkirtoshov2020@gmail.com
ORCID 0009-0008-9200-7539
Umarova Mohichehra Yoqub qizi
Qarshi davlat universiteti, magistrant
umarovamohichehra39@gmail.com
UDK 576.895.1.598.1

Annotatsiya. Qashqadaryo viloyatining tabiiy ekosistemalaridagi sudraluvchilar va ular gelmintlarining tarqalishi, mavsumiy dinamikasi, biologiyasi va hayot sikllarini tahlil qilish natijasida ularning ushbu hudud sharoitida mo‘tadil hayot kechirishi aniqlandi. Gelmintlarning hayot sikllari, definitiv, oraliq va rezervuar xo‘jayinlari ekologiyasi xususiyatlarini tahlil qilish asosida ushbu parazit chuvalchanglarning tabiiy sharoitdagi sirkulyatsiya yo‘llari aniqlandi. Sudralib yuruvchilar O‘zbekiston biotsenozlarida umurtqali hayvonlarning landshaft guruhlaridan biri bo‘lib, ko‘p miqdorda hasharot va kemiruvchilarni qiradi hamda ayrim sutemizuvchilar va qushlarning ozuqasi sifatida xizmat qiladi. Har bir parazit rivojlanishida morfologik jihatdan farqlanuvchi bir qator bosqichlarni o‘tadi. *Ascarops strongylina* (Rud., 1819), *Spirocerca lupi* (Rud., 1819) va *Physocephalus sexalatus* Molin, 1860 lichinkalarining hayot sikllari o‘rganildi.

Kalit so‘zlar: landshaft, gelmint, koprofag, nematoda, lichinka, parazit, metaserkariya, fizatsefalioz, rezervuar.

DEVELOPMENTAL CYCLE OF REPTILE HELMINTHS IN KASHKADARYA REGION

Abstract. Analysis of the distribution, seasonal dynamics, biology and life cycles of reptiles and their helminths in the natural ecosystems of Kashkadarya region showed that both are well adapted to the conditions of this territory. Based on the life cycles of helminths and the ecological characteristics of their definitive, intermediate and reservoir hosts, the circulation pathways of these parasitic worms in nature were identified. Reptiles destroy large numbers of insects and rodents and serve as food for certain mammals and birds. The life cycles of *Ascarops strongylina* (Rud., 1819), *Spirocerca lupi* (Rud., 1819) and *Physocephalus sexalatus* Molin, 1860 larvae were studied.

Key words: landscape, helminth, coprophage, nematode, larva, parasite, metacercaria, physocephalosis, reservoir.

Kirish. Hozirgi kunda dunyo miqyosida aholi sonining tobora ortib borishi, turli xil xo‘jalik maqsadlari uchun o‘zlashtirilgan hududlar maydonining kengayishi, aholi yashash komplekslari va ishlab chiqarish obyektlarining qurilishi natijasida hududlar infrastrukturasining o‘zgarishi, neft-gaz va boshqa qazilma sanoati tarmoqlarining rivojlanishi sudralib yuruvchilar xilmaxilligiga salbiy ta’sir qilmoqda. Natijada, biologik xilmaxillikning komponenti va resursi bo‘lgan sudralib yuruvchilarni saqlab qolish maqsadida ularning populyatsiyalari holatini baholash va ularning o‘zgarishlarini aniqlash, noyob va yo‘qolib ketish xavfi ostidagi turlarni muhofaza qilish yuzasidan chora-tadbirlar ishlab chiqish muhim hisoblanadi.

Respublikamizda atrof-muhitni va biologik xilmaxillikni saqlash va ekotizim barqarorligini ta’minlashga alohida e’tibor qaratilmoqda. Jumladan, 2019-2028-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasida biologik xilmaxillikni saqlash strategiyasida “…biologik xilmaxillikni saqlash va undan barqaror foydalanishni ta’minlash, muhofaza qilinadigan tabiiy hududlarni rivojlantirish va kengaytirish, tabiiy ekologik tizimlarning tanazzulga uchrash sur’atlarini pasaytirish, hayvonlar va o‘simliklarning kamyob va yo‘qolib borayotgan turlarini qayta tiklash” kabi vazifalari belgilab berilgan [9]. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, Qashqadaryo viloyati sudralib yuruvchilarining faunasi bioxilmaxilligini aniqlash, ular tarqalishiga ekologik omillarning ta’sirini baholash, sudralib yuruvchilarning yangi muhitga munosabatini, inson faoliyatining sudralib yuruvchi hayvonlarga ta’sirini aniqlash hamda kamyob, endemik va muhofazaga muhtoj turlarni saqlab qolish chora-tadbirlarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

***Ascarops strongylina* (Rud., 1819) larvae.** Bu nematodaning hayot siklida xonaki cho‘chqalar asosiy xo‘jayin, yirik shoxli qoramollar va dengiz cho‘chqalari esa fakultativ xo‘jayin vazifasini bajaradi. *Aphodius, Caccobius, Copris, Geotrupes, Gymnopleurus, Onthophagus* ва *Scarabaeus* avlodlari qo‘ng‘izlari va *Anax parthenope* ninachilari oraliq xo‘jayin vazifasini bajaradi. Sut emizuvchilar, qushlar va sudralib yuruvchilar rezervuar xo‘jayin vazifasini bajaradi [3].

Asosiy xo‘jayinning ingichka ichagida gelmintlar tuxum ajratadi. Tuxum fekaliy bilan tashqi muhitga chiqadi, 21-27^{o}S haroratda tuxumda 11-12 kunda miratsidiya shakllanadi. Suvda miratsidiyalar mollyuskalarga (*Planorbis planorbis, P.vortex*) faol o‘tadi va partenogenetik yo‘l bilan ko‘payib serkariya hosil qiladi. Bu jarayon 22-24^{o}S haroratda 37-45 kunda, 18-19^{o}S haroratda – 70-80 kunda yakunlanadi. Keyinchalik serkariya mollyuska organizmidan tashqi muhitga chiqadi va amfibiyalar va reptiyaliyalar organizmiga o‘tib, metatserkariya bosqichiga aylanadi. Asosiy xo‘jayinlar amfibiya va reptiliyalar bilan ozuqa aloqalariga kirishi natijasida invazion elementlarni (metatserkariya) o‘ziga yuqtiradi. Asosiy xo‘jayin organizmida 32-45 kunda jinsiy voyaga yetib, imaginal trematoda formasiga aylanadi [6].

Izlanish olib borilgan tadqiqotlar natijasida sariqilon *(Pseudopus apodus)*, rang-barang kaltakesak *(Eremias arguta)*, tez kaltakesak *(Eremias velox)*, suvilon (Natrix tessellate) kabi sudralib yuruvchilar vakillarining rezervuar xo‘jayin vazifasini bajarishligi ma’lum bo‘ldi. Ushbu hayvonlarning zararlanishi 3,8-18,7% ni tashkil etdi.

Gelmintlardan nematodaning voyaga yetgan formalari asosiy xo‘jayinning oshqozoni va ingichka ichagida, lichinkalari esa rezervuar xo‘jayinning oshqozon va ichak devorlari, jigar, teriosti klechatkasida lokalizatsiyalanadi.

Shuni takidlash lozimki hayvonlar fekaliysi bilan ajraladigan tuxumlar ichida lichinka bo‘ladi. Ular kaprofag qo‘ng‘izlar yoki ninachilar tomonidan yutib yuboriladi. Oraliq xo‘jayin ichagida tuxumdan lichinka chiqib, tana bo‘shlig‘iga o‘tadi. Lichinka ikki marotaba tullab (po‘st tashlab L1, L2) invazion lichinkaga aylanadi. Asosiy xo‘jayin kaprofag qo‘ng‘izlar va ninachilarni oziqa bilan qo‘shib yutib yuborishi natijasida invazion elementlarni o‘ziga yuqtiradi. Hayvon oshqozonida lichinka kapsuladan ozod bo‘ladi va shilliq qavat orasiga o‘tib oladi. Anashu joyda 4-5 kundan keyin uchinchi (L3), 20-25 kundan keyin to‘rtinchi tullashni (L4) tugallaydi. 46-48 kunga kelib jinsiy voyaga yetgan nematodaga aylanadi.

***Spirocerca lupi* (Rud., 1819) larvae.** Yirtqich sut emizuvchilar asosiy xo‘jayin, qo‘ng‘izlar (Scarabaeus, Copris, Geotrupes) esa oraliq xo‘jayin vazifasini bajaradi.

Tabiatdagi kaprofag qo‘ng‘izlar definitiv xo‘jayin ajratgan fekaliyalardagi tuxumlarni yutib yuborishi natijasida L1 bosqichdagi lichinkalarni o‘ziga yuqtirib oladi. Ana shu lichinkalar oraliq xo‘jayin organizmida joylashib olgandan so‘ng 2 oy mobaynida L3 bosqichdagi (invazion) lichinkaga aylanadi. Invazion jarayon to‘g‘ridan to‘g‘ri (definitiv xo‘jayin oraliq xo‘jayinni yutib yuborishi orqali) yoki bilvosita, ya’ni paratenetik xo‘jayin oraliq xo‘jayinni yutib yuborishi orqali amalga oshishi mumkin. Shuni ta’kidlash joizki, yirtqich sut emizuvchilar emas, balki qushlar, reptiliyalar va kemiruvchilar kabi hayvonlar kaprofag qo‘ng‘izlar bilan oziqa munosabatlariga ko‘proq kirishi inobatga olinadigan bo‘lsa, *Spirocerca lupi* nematodasining taraqqiyot siklining muvaffaqiyatli o‘tishi va tabiatda keng tarqalishida reptiliyalarning ahamiyatini e’tirof etish mumkin.

Tadqiqotlar natijasida qizilquloq kaltakesak *(Phrynocepphalus mystaceus)*, sariqilon *(Pseudopus apodus)*, rang-barang kaltakesak *(Eremias arguta)*, tez kaltakesak *(Eremias velox)*, bo‘shilon *(Gloydius (Agkistrodon) halys)* va suvilonlar *(Natrix tessellate)* mazkur nematodaning taraqqiyot siklida paratenetik xo‘jayin vazifasini bajarishi aniqlandi. Nematoda sudralib yuruvchilarning ichak devorlari, oshqozoni, tana bo‘shlig‘i, muskullari, o‘pka, jigar, teriosti klechatkasidan topildi. Reptiliyalarning nematoda lichinkasi bilan zararlanish ko‘rsatkichi 3,8-14,5% ni, invaziya intensivligi esa 1-27 nusxani tashkil etdi.

***Physocephalus sexalatus* Molin, 1860, larvae**. Asosiy xo‘jayin vazifasini xonaki va yovvoyi cho‘chqalar, bir o‘rkachli tuyalar, eshaklar, oraliq xo‘jayin vazifasini esa qo‘ng‘izlar bajaradi. Fakultativ xo‘jayin sifatida yirik shoxli qoramollar, rezervuar xo‘jayin sifatida esa amfibiyalar, reptiliyalar, qushlar va sutemizuvchilar qayd etilgan.

Tadqiqotlar natijasiga ko‘ra, *Physocephalus sexalatus* nematodasi lichinkasi turkiston agamasi *(Stellio lehmanni)*, сарик илон *(Pseudopus apodus)*, tez kaltakesak *(Eremias velox)*, сувилони *(Natrix tessellate)*, qizilquloq kaltakesak *(Phrynocepphalus mystaceus)*, rang-barang kaltakesak *(Eremias arguta)*, O‘rta Osiyo cho‘l toshbaqasi *(Testudo horsfieldi)* organizmida topildi. Mazkur hayvonlarning zararlanish ko‘rsatkichi 8,3-15,4%, invaziya intensivligi 1-120 nusxani tashkil etdi. Voyaga yetgan nematodalar cho‘chqalar oshqozonida parazitlik qilib, tashqi muhitga tuxum ajratadi. Tuxum ichida egilgan, harakatsiz lichinka saqlaydi. Cho‘chqa fekaliysidan ajratib olingan tuxumda odatda qopqoqcha bo‘lmaydi. Tuxumdagi keyingi rivojlanishlar kaprofag qo‘ng‘izlar hazm traktida amalga oshadi. Oraliq xo‘jayin organizmida bir necha bor tullab, invazion bosqichga yetadi. Asosiy xo‘jayin qo‘ng‘izlarni ozuqa bilan qo‘shib

yutib yuborishi natijasida invazion elementni o‘ziga yuqtiradi. Parazit rivojlanishining to‘liq yakunlanishi asosiy xo‘jayin organizmida sodir bo‘ladi. *Physocephalus sexalatus* nematodasining invazion lichinkalari har doim ham asosiy xo‘jayin organizmiga tushavermaydi. Ba’zan ular rezervuar xo‘jayin tomonidan yutib yuboriladi va ular organizmida nematodaning hayotchanligi saqlab turiladi. Cho‘chqa organizmida *Physocephalus sexalatus* nematodasining jinsiy voyaga yetguncha rivojlanish muddati 40-45 kunga teng. Jinsiy voyaga yetgan nematodalar oshqozonning shilliq qavatida joylashib, kataral yoki gemorragik gastrit holatini keltirib chiqaradi. Fizotsefalyoz profilaktikasida go‘ng saqlaydigan joylarda go‘ngning biotermik zararsizlantirilishiga katta e’tibor qaratish lozim.

Shuni ta’kidlash lozimki, sudralib yuruvchilar stenotop hayvonlar hisoblanadi, shuning uchun ham gelmintozlar tabiiy o‘choqlarining paydo bo‘lishi va ushlab turilishida ularning asosiy xo‘jayinlari – uy, yovvoyi va qishloq xo‘jalik hayvonlarining migratsiyasi muhim rol o‘ynaydi. Bu hayvonlar katta hududlarga gelmintlar tuxumlari yoki invazion elementlarining tarqalishini ta’minlaydi. Repteliyalar gelmintlar bilan umurtqasiz hayvonlar orqali, asosiy xo‘jayinlar esa reptiliyalar orqali yoki bevosita oraliq xo‘jayin orqali zararlanadi, ya’ni zararlanish asosiy va kollateral epizootologik kanallar orqali amalga oshadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Ilmiy tadqiqot olib borish jarayonida zoologik, gelmintologik, parazitologik va statistik usullardan foydalanildi.

Qashqadaryo viloyatlarida uchrovchi har xil sistematik hamda ekologik guruhlarga oid bo‘lgan sudraluvchi hayvonlarda topilgan sestoda, trematoda va nematodalarga mansub parazit chuvalchanglarning taksonomik o‘rni, xo‘jayinlari (asosiy, rezervuar, oraliq) parazitlarning xo‘jayin tanasida o‘rnashgan joyi, topilgan joyi, invaziya ekstensivligi va intensivligi va morfologik tuzilishi haqidagi ma’lumotlar berilgan. Qashqadaryo viloyatida sudraluvchi hayvonlarni yorib ko‘rish orqali ularda uchrovchi gelmintlar ularning turli organlarida uchrashi aniqlandi.

Natija va muhokama. Reptiliyalarning gelmintlar bilan zararlanish manbayi sifatidagi ahamiyati, asosan, ularni yirtqichlar tomonidan qanchalik tez yeyilishiga bog‘liq. Alohida yirtqich hayvonlarning oziqlanishida sudralib yuruvchilarning ulushi 0,9% dan 86,4% gachani tashkil etadi [1]. Kemiruvchilar depressiyasi yillarida yirtqich hayvonlar oziqlanishida bu hayvonlarning roli ma’lum darajada oshadi va ular qo‘shimcha ozuqadan asosiy ozuqaga aylanadi. Binobarin, ularning asosiy xo‘jayinga invaziyaning o‘tkazilishidagi ahamiyati keskin oshib ketadi.

O‘zbekistonning janubiy sharoitida uy, yovvoyi va qishloq xo‘jalik hayvonlarining ko‘pchilik gelmintozlari tabiiy o‘choqlarining namoyon bo‘lishida va barqarorligini ta’minlashda sudralib yuruvchilar oraliq va rezervuar xo‘jayin sifatida muhim rol o‘ynashi mumkin. Veterinariya mutaxassislari ushbu hayvonlar gelmintozlariga qarshi sanitar-profilaktik va sog‘lomlashtirish tadbirlarini amalga oshirishda qo‘zg‘atuvchilarning sudralib yuruvchilar orqali uzatilish ehtimolini hisobga olishlari kerak.

O‘zbekistonning janubida uchraydigan sudralib yuruvchilar gelmintlarining lichinkalik bosqichlari bilan yuqori darajada zararlanganligini inobatga olib, xavfli gelmintozlar qo‘zg‘atuvchilarining uy, yovvoyi va qishloq xo‘jalik hayvonlari o‘rtasida tarqalishini cheklash maqsadida mo‘ynachilik va ovchilik xo‘jaliklarida, hayvonot bog‘larida, maktablarning tirik tabiat burchaklarida, laboratoriyalarda tajriba hayvonlarini saqlashda, serpitariylarda ilonlarni boqishda va boshqa shu kabi sharoitlarda hayvonlarning sudralib yuruvchilar bilan ozuqa orqali aloqasini cheklash lozim. Shundagina qishloq xo‘jaligi va uy hayvonlarining gelmintoz kasalliklari bilan zararlanishini ma’lum darajada kamaytirish mumkin. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida Janubiy O‘zbekistonning turli hududlarida sudralib yuruvchilar o‘rtasida 37 tur gelmintlar qayd etilgan bo‘lib, ular 3 tip, 4 sinf, 8 turkum, 17 oila, 27 avlodga mansub ekanligi ma’lum bo‘ldi. Ulardan 6 tur sestodalar, 5 tur trematodalar, 1 tur akantotsefalalar va 25 tur nematodalar ekanligi aniqlandi. Ularning 10 tasi lichinkalik bosqichida, 27 tasi voyaga yetgan shaklida parazitlik qiladi. Trematoda sinfi 5 ta turni birlashtiradi va umumiy turlar sonining 14% ni tashkil etadi; Cestoda sinfi 6 ta turni birlashtiradi va umumiy turlar sonining 16% ni tashkil etadi; Acanthocephala sinfi 1 ta turni birlashtiradi va umumiy turlar sonining 2% ni tashkil etadi; Nematoda sinfi 25 ta turni birlashtiradi va umumiy turlar sonining 68% ni tashkil etadi. [4,5,6].

Xulosa va takliflar. Qashqadaryo viloyatining tabiiy ekotizimlarida tarqalgan sudralib yuruvchilar va ularning gelmintofaunasini o‘rganish natijasida ushbu organizmlar o‘rtasida murakkab ekologik va parazitologik munosabatlar mavjudligi aniqlandi va o‘rganildi. Olib borilgan tadqiqotlarda sudralib yuruvchilar hudud biotsenozlarining muhim tarkibiy qismi

ekanligini hamda gelmintlarning rivojlanish sikllarida muhim o‘rin tutishini ko‘rsatdi. Olingan natijalar asosida sudralib yuruvchilar ayrim gelmint turlarining oraliq, rezervuar xo‘jayinlari sifatida ishtirok etishi va parazitlarning tabiiy sharoitdagi sirkulyatsiyasini ta’minlashi aniqlandi. Gelmintlarning tarqalishi, mavsumiy dinamikasi va biologik xususiyatlari ularning xo‘jayinlari ekologiyasi hamda yashash muhitining sharoitlari bilan chambarchas bog‘liq ekanligi aniqlandi. Tadqiqot davomida *Ascarops strongylina* lichinkalari, *Spirocerca lupi* lichinkalari va *Physocephalus sexalatus* lichinkalarining hayot sikllari tahlil qilinib, ularning rivojlanish bosqichlari, oraliq va definitiv xo‘jayinlari o‘rtasidagi bog‘liqliklar aniqlandi. Tadqiqot natijalari hududda uchraydigan gelmintozlarning tabiiy o‘choqlarini aniqlash va ularning tarqalish qonuniyatlarini o‘rganishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Takliflar

1. Qashqadaryo viloyati tabiiy ekotizimlarida sudralib yuruvchilar va ularning gelmintlarini muntazam monitoring qilish tizimini yo‘lga qo‘yish tavsiya etish maqsadga muvofiq hisoblanadi.
2. Sudraluvchi hayvonlar organizmida rivojlanadigan gelmintlarning rivojlanish sikllarida ishtirok etuvchi oraliq va rezervuar xo‘jayinlarning ekologiyasini chuqurroq o‘rganish muhim hisoblanadi.
3. Sudralib yuruvchilar orqali tarqaladigan gelmintozlarning epizootologik va epidemiologik ahamiyatini baholash bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar olib borilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.
4. Tabiiy biotsenozlarda gelmintlarning sirkulyatsiya yo‘llarini aniqlash uchun molekulyar-genetik va zamonaviy parazitologik usullarni qo‘llash tavsiya etiladi.
5. Chorvachilik va ovchilik xo‘jaliklarida gelmintozlarning oldini olish maqsadida sudralib yuruvchilar, hasharotlar va boshqa oraliq xo‘jayinlarning rolini hisobga olgan profilaktik chora-tadbirlar ishlab chiqilishi muhim hisoblanadi.
6. O‘zbekistonning boshqa hududlarida ham sudralib yuruvchilar gelmintofaunasini kompleks o‘rganish orqali parazitlarning geografik tarqalishi va ekologik xususiyatlari bo‘yicha ma’lumotlar bazasini yaratish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Кучарова И.Ш. Нематоды пресмыкающихся Узбекистана и морфо-функциолнальные взаимоотношения в системе «паразит-хозяин»: Автореф. дис. канд. биол. наук. –Т.: 2007. - 23 с.

2. Кучбаев А.Э., Кучарова И.Ш. К гельминтофауне быстрой ящурки - *Eremias velox* // Узбекский биологический журнал. Ташкент, 2002. № 2. - С.56-60.

3. Тошов У.Ж., Рузиев Б.Х., Шакарбоев Э.Б. Жанубий Ўзбекистонда тарқалган судралиб юрувчилар нематодаларининг экологик-фаунистик таҳлили // ҚарДУ Хабарлари, Қарши, 2022. 3/1 (53). 144-150 б.

4. Тошов Ў.Ж., Рузиев Б.Х., Шакарбоев Э.Б Жанубий Ўзбекистон судралиб юрувчиларининг трематодалари (Rudolphi, 1808) фаунаси // Хоразм маъмун академияси ахборотномаси, 2022. 12/1. 122-125 б.

5. Шакарбоев Э.Б., Кучбоев А.Э., Камилова Ш.И., Азимов Д.А. Гельминты *Natrix tessellata* – водяного ужа фауны Узбекистана // Узбекск. биол. ж. –Ташкент, 1999. №3. с. 48-51.

6. Шакарбоев Э.Б., Камилова Ш.И., Кучбоев А.Э., Азимов Д.А., Кучарова И.Ш. Биоценотические связи змей и их гельминтов в Центральной Азии // Узбекск. биол. жур. –Ташкент, 2000. №4. - С. 61-65.

7. Шакарбоев Э.Б., Акрамова Ф.Д., Азимов Д.А. Трематоды – паразиты позвоночных Узбекистана. - Ташкент: ЧИНОР, 2012. - 192 с.

8. Yangiboyev E.Ch. Qashqadaryo viloyati sudraluvchilarining faunasi. ekologiyasi va ahamiyati: biolog. fan. fals. dokt. diss. avtoref. –Toshkent 2024.

9. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining qarori, 11.06.2019-yildagi 484-son “2019–2028-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasida biologik xilmaxillikni saqlash strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori.

10. Toshov U.J. Abdirashidova O‘. O‘zbekiston faunasida sudraluvchi hayvonlar gelmintlarini o‘rganilish holati. Biologik xilmaxillik, yashil iqtisodiyot, ekologik muvozanat muammolari va yechimlari. Xalqaro ilmiy amaliy konfrensiya materiallari to‘plami. – Navoiy, 2026-yil. B 69-74.

O‘RTA ZARAFSHON VOHASI SABZAVOT EKINLARI ILDIZ BO‘RTMA NEMATODALARINING TAKSONOMIK ANIQLASH VA BIOEKOLOGIK XUSUSIYATLARI

Mirzayev U.N., Narzullayev S.N.
Samarqand davlat pedagogika instituti, Tabiiy fanlar fakulteti
uktam1486@gmail.com
snarzullayev684@gmail.com
ORCID 0000-0001-2345-6789
ORCID 0009-0004-3928-72-45
UDK 595.132:635.1/.6 (575.114)

Annotatsiya. Maqolada O‘rta Zarafshon vohasi agrotsenozlarida sabzavot ekinlari, xususan, pomidor (*Solanum lycopersicum*) va bodring (*Cucumis sativus*) ildiz tizimida parazitlik qiluvchi bo‘rtma nematodalarining bioekologik xususiyatlari, ontogenetik rivojlanish qonuniyatlari va patologik ta’siri o‘rganilgan. Nematodalarning embrional va postembrional ontogenez bosqichlari tahlil qilinib, invazion ikkinchi yosh (J2) lichinkalarining rivojlanish dinamikasi, tarqalishi va ildiz tizimiga yetkazadigan zarari balli shkala asosida baholangan. Zararlangan o‘simliklarda hosildorlikning pasayishi va fiziologik jarayonlarning buzilishi ham aniqlangan. Urg‘ochi individlar perineal maydoni kutikula konfiguratsiyasining morfo-anatomik va mikroskopik tahlili asosida vohada keng tarqalgan dominant tur, yavan bo‘rtma nematodasi (*Meloidogyne javanica*) aniqlanib, uning diagnostik belgilari tavsiflangan. Natijalar fitoparazit nematodalarga qarshi kurash choralarini ishlab chiqishda ahamiyatli.

Kalit so‘zlar: *Meloidogyne*, fitonematoda, sabzavot agrotsenozlari, O‘rta Zarafshon, ontogenez, J2 lichinka, perineal maydon, *Meloidogyne javanica*, taksonomiya.

TAXONOMIC IDENTIFICATION AND BIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ROOT-KNOT NEMATODES ASSOCIATED WITH VEGETABLE CROPS IN THE MIDDLE ZARAFSHAN VALLEY

Abstract. The bioecological characteristics, ontogenetic development patterns and pathological effects of root-knot nematodes parasitizing the roots of vegetable crops, particularly tomato (*Solanum lycopersicum*) and cucumber (*Cucumis sativus*), in the Middle Zarafshan Valley agrocenoses were studied. Embryonic and postembryonic stages of ontogenesis were analysed, and the dynamics, distribution and pathogenicity of second-stage infective juveniles (J2) were rated on a scale. Infected plants showed impaired physiological processes and reduced productivity. Based on the cuticular configuration of the perineal pattern of adult females, the dominant species was identified as the Javanese root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. The findings support the development of nematode management strategies.

Key words: *Meloidogyne*, phytonematode, vegetable agrocenoses, Middle Zarafshan Valley, ontogenesis, J2 juvenile, perineal pattern, *Meloidogyne javanica*, taxonomy.

Kirish. Jahon dehqonchiligida sabzavot mahsulotlari yetishtirish va aholini yil davomida uzluksiz ta’minlashda himoyalangan va ochiq tuproq agrotsenozlarining roli beqiyosdir. Biroq, sabzavot ekinlarining normal rivojlanishi va yuqori hosil berishiga to‘sqinlik qiluvchi biotik omillar orasida Meloidogyne Goeldi, 1892 avlodiga mansub bo‘rtma nematodalari iqtisodiy jihatdan eng xavfli va global darajadagi fitopatogenlar sirasiga kiradi (Perry va boshqalar., 2009). Ushbu parazitlar o‘simliklarning ildiz tizimi hujayralarida giperplaziya va gipertrofiya jarayonlarini qo‘zg‘atib, o‘ziga xos shishlar shakllantiradi, bu esa transpiratsiya va mineral oziqlanish gomeostazini butunlay izdan chiqaradi (Paramonov, 1962).

O‘rta Zarafshon vohasining tuproq-iqlim sharoiti, ayniqsa mikroiqlim ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lgan joylarda keng tarqalishi, fitonematodalarning yillik generatsiyalar soni ortishiga va populyatsiya zichligining keskin yuqorilashiga qulay muhit yaratmoqda. Mahalliy fitonematodologik tadqiqotlarda bo‘rtma nematodalarining umumiy tarqalishi qayd etilgan bo‘lsa-da (Mavlyanov, 1993), voha sabzavot agrotsenozlaridagi mavjud populyatsiyalarning ontogenetik bosqichlari, ildiz tizimidagi patologik deformatsiya jarayonlari va eng muhimi zamonaviy xalqaro taksonomik mezonlarga asoslangan tur darajasidagi aniqlash tizimli o‘rganilmagan (Narzullayev, 2022). Bo‘rtma nematodalarini faqatgina lichinka o‘lchamlariga qarab tur darajasida aniqlash ko‘pincha xatoliklarga olib keladi, chunki ular yuqori morfologik plastiklikka ega (Kiryanova, Krall, 1971). Shu sababli, voyaga yetgan urg‘ochi nematodalarning perineal maydoni (anal-vulvar plastinkasi) kutikula naqshlari konfiguratsiyasini o‘rganish dunyo fitonematodologiyasida turlarni identifikatsiya qilishning eng ishonchli va fundamental klassik usuli hisoblanadi (Karssen, 2002).

Tadqiqotning maqsadi. O‘rta Zarafshon vohasi sabzavot ekinlari agrotsenozlarida uchraydigan bo‘rtma nematodalarining rivojlanish bosqichlari va bioekologik xususiyatlarini

o‘rganish hamda perineal maydon mikrostrukturasi asosida ularning tur tarkibi va taksonomik mansubligini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot materiallari va uslublari. Ilmiy-tadqiqot ishlari 2024–2026 yillar davomida O‘rta Zarafshon vohasining sabzavotchilik xo‘jaliklarida olib borildi. Tadqiqot materiali sifatida meloidoginoz kasalligi belgilari namoyon bo‘lgan pomidor (*Solanum lycopersicum*), bodring (*Cucumis sativus*) va baqlajon (*Solanum melongena*) o‘simliklarining ildiz tizimlari hamda rizosfera tuproq namunalari olindi (Mirzayev va boshqalar, 2025). Fitonematodalarni tuproqdan ajratib olishda Denkin (Dekkin) va o‘zgartirilgan Berman usullaridan foydalanildi. Ildiz to‘qimasi ichidagi nematoda ontogenezi bosqichlarini va ularning joylashini yaqqol kuzatish maqsadida ildizlar yuvilib, qaynab turgan nordon fuksin eritmasida B Byrd va boshqalar (Byrd va boshqalar, 1983) uslubi bo‘yicha bo‘yab shaffoflashtirildi va stereomikroskop ostida tahlil qilindi. Ekin maydonlarining zararlanish foizi (X) quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$X = \frac{A}{D} \times 100$$

X — ekin maydonining zararlanish foizi (%);

A — nematoda bilan zararlangan o‘simliklarning umumiy soni (dona);

D — tekshirilgan (tahlil qilingan) o‘simliklarning umumiy soni (dona).

Sabzavot ekinlari ildiz tizimining nematoda invaziyasi bilan makromorfologik zararlanish darajasini baholashda xalqaro miqyosda keng qo‘llaniladigan J. Bridj va S. Peydj (Bridge and Page, 1980) uslubi asosidagi 5 balli shkaladan foydalanildi:

0 ball - Ildiz sog‘lom, patologik o‘zgarishlar va bo‘rtmalar mavjud emas.

1 ball - Juda kuchsiz zararlanish, ildizchalarda yakka-yakka, mayda bo‘rtmalar mavjud, o‘simlik rivojlanishi normal.

2 ball - Kuchsiz zararlanish, bo‘rtmalar umumiy ildiz tizimining 25% gacha qismini tashkil etadi, mayda yon ildizlar funksiyasi saqlangan.

3 ball - O‘rtacha zararlanish, bo‘rtmalar ildiz massasining 25% dan 50% gacha qismini egallaydi, ayrim yirik bo‘rtmalar birikib ketgan, o‘simlikda xloroz alomatlari seziladi.

4 ball - Kuchli zararlanish, ildiz tizimining 50–75% qismi tugunsimon bo‘rtmalar massiviga aylangan, asosiy o‘q ildiz deformatsiyalangan, so‘ruvchi ildizlar keskin kamaygan.

5 ball - Juda kuchli zararlanish, butun ildiz tizimi yaxlit bo‘rtmalar iborat, yon ildizlar butunlay deformatsiyaga uchragan yoki nobud bo‘lgan, o‘simlik qurish arafasida.

Kasallikning rivojlanish darajasi (M, %) quyidagi matematik ifoda yordamida hisoblandi:

$$M = \frac{\sum(a \times b)}{D \times P} \times 100$$

M - kasallikning (yoki nematoda zararining) rivojlanish darajasi (%);

$\sum (a \times b)$ — zararlanish ballari ko‘paytmalarining yig‘indisi;

a- zararlanish balli bilan baholangan o‘simliklar soni (dona);

b- zararlanish balli (masalan: 0, 1, 2, 3, 4 yoki 5 balli tizimda);

D - tekshirilgan (hisobga olingan) umumiy o‘simliklar soni (dona);

P-zararlanishning eng yuqori (maksimal) balli.

Meloidogyne avlodi turlarini aniqlash maqsadida voyaga yetgan urg‘ochi nematodalar ildiz gallari ichidan ajratib olindi. Ularning perineal maydoni (anal-vulvar plastinkasi) kutikulasi E.S. Kiryanova (1971) uslubi bo‘yicha laktofenol muhitida kesib olinib, doimiy mikropreparatlar tayyorlandi. Morfologik tuzilishlar va kutikula konfiguratsiyasi raqamli mikroskopiya (Leica DM) ostida immersiya (10 X100) yordamida kuzatildi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Olib borilgan fitonematodologik tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, bo‘rtma nematodalarining hayot sikli ikkita muhim bosqichni o‘z ichiga oladi: tuproq muhitida kechadigan embrional (tuxum ichida) hamda o‘simlik to‘qimasi ichida o‘tadigan postembrional (lichinkalik va voyaga yetgan davr) ontogenez. Tuxum xaltachalaridan (ootera) chiqqan ikkinchi yoshdagi invazion lichinkalar (J2) tuproq eritmasida o‘ta harakatchan bo‘lib, sabzavot ekinlari ildizining o‘sish nuqtasini (meristema zonasini) qidirib topadi va stilet yordamida faol ravishda ildiz parenximasiga kirib boradi. Raqamli videofiksatsiya ma’lumotlariga ko‘ra, J2 lichinkalarining uzun va ingichka tana tuzilishi hamda ularning yuqori darajadagi

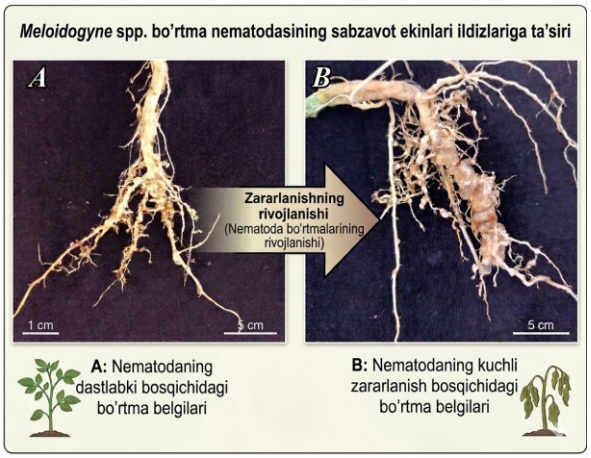
to‘lqinsimon harakatchanlik dinamikasi tuproq kapillyarlari orasida va ildiz to‘qimalari aro to‘siqlarsiz harakatlanish imkonini berishi kuzatildi.



1-rasm. Tuproq namunasidan ajratib olingan ikkinchi yosh bosqichidagi bo‘rtma nematoda lichinkalari (Meloidogyne spp., J2) ning mikrofotosurat ko‘rinishi

Ildiz to‘qimasiga kirgan lichinkalar harakatsizlanib, ekzometabolitlar (fermentlar) ajratish orqali atrofidagi o‘simlik hujayralarini "katta hujayralar"ga aylantiradi. Bu jarayon makromorfologik darajada ildiz tizimining shishishi va bo‘rtmalar hosil bo‘lishi bilan kuzatiladi. Ekin maydonlarida o‘tkazilgan fitosanitar kuzatuvlar namunalarning zararlanish foizi juda yuqoriligini (X=94%) va kasallikning rivojlanish darajasi o‘rtacha M = 56,4% dan yuqori ekanligini ko‘rsatdi.

Ildiz tizimi baholash shkalasi bo‘yicha o‘rganilganda, dastlabki bosqichlarda zararlanish faqat mayda yon ildizlarda kichik bo‘rtmalar shaklida namoyon bo‘lgan bo‘lsa vegetatsiya davrining oxiriga kelib, parazit generatsiyalarining almashinishi natijasida patologik jarayon maksimal darajaga yetganligi aniqlandi. Rasmda ko‘rinib turganidek, o‘simlikning markaziy o‘q ildizi va birinchi tartib yon ildizlari butunlay deformatsiyaga uchragan, ular o‘z tabiiy anatomik tuzilishini yo‘qotib, yirik, shaklsiz va o‘zaro qo‘shilib ketgan yaxlit bo‘rtmalar massivini hosil qilgan. Bunday chuqur makropatologik deformatsiya natijasida o‘simlikning so‘ruvchi va suv o‘tkazuvchi tizimi yopiladi, bu esa kunduzgi issiq vaqtlarda o‘simlik poya va barglarining so‘lb qolishiga va umumiy hosildorlikning keskin kamayishiga olib keladi. Ushbu nazariy taksonomik diagnostika mezonlari asosida tayyorlangan asl mikropreparatlar yorug‘lik mikroskopi ostida immersiya tizimida o‘rganilganda, voha populyatsiyalarining o‘ziga xos kutikula konfiguratsiyasi yaqqol namoyon bo‘ldi Mikroskopik tahlillar natijasi shuni ko‘rsatdiki, urg‘ochi individlarning kutikula aylanma chiziqlari (k) orqa tomonga yo‘nalganda nisbatan past, dumaloq va silliq yoysimon shaklini hosil qiladi Jinsiy tirqish vulva (v) va anus (a) oralig‘idagi kutikula naqshlari konsentrik tuzilishga ega bo‘lib, xorda (x) o‘qi bo‘ylab fazmidlar (f) aniq nuqta ko‘rinishida joylashgan. Eng muhim taksonomik va differensial-diagnostik belgi yon maydonlarning (b) tuzilishi hisoblanadi. Namunalar kuzatilganda, bokovix maydon sohasida kutikulaning ko‘ndalang halqalarini to‘g‘ri burchak ostida kesib o‘tuvchi, o‘zaro parallel joylashgan ikki aniq bo‘ylama chiziq mavjudligi qayd etildi.



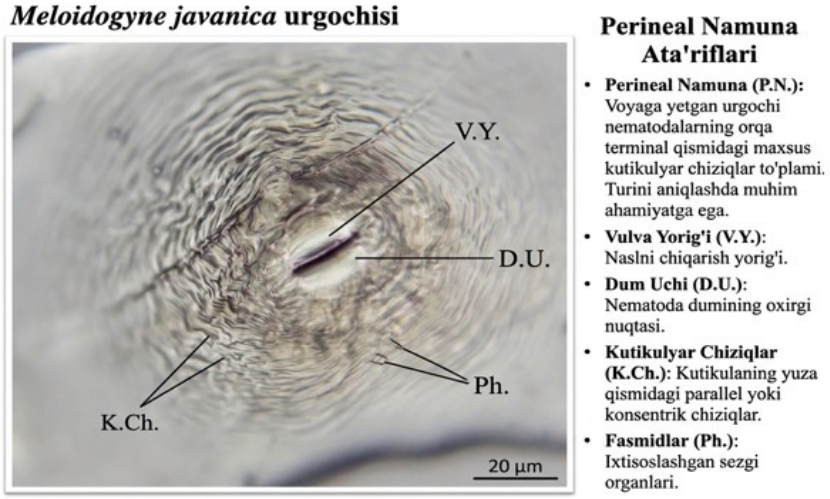
2-rasm. Meloidogyne spp. Bo‘rtma nematodasining sabzavot ekinlari ildizlariga ta’siri

Ushbu patogen fitonematodalarning populyatsiya tarkibini aniqlash va tur darajasida verifikatsiya qilish maqsadida bo‘rtmalar ichidan ajratilgan voyaga yetgan urg‘ochi idividlarning

anal-vulvar plastinkalari o‘rganildi. Dastlab taksonomik belgilarning joylashuvi nazariy sxema asosida tizimlashtirildi.

Shunday qilib, morfo-anatomik va mikroskopik tahlillar natijasi O‘rta Zarafshon vohasi sabzavot agrotsenozlarida meloidoginozni keltirib chiqaruvchi asosiy dominant patogen tur M. javanica ekanligini qat’iy ilmiy asosda tahlil qilindi.

Xulosa. O‘rta Zarafshon vohasi sabzavot ekinlari (pomidor, bodring) agrotsenozlarida ildiz bo‘rtma nematodalari (Meloidogyne spp.) keng tarqalgan bo‘lib, kasallikning rivojlanish darajasi yuqori ko‘rsatkichni tashkil etadi (Aydınlı va boshqalar, 2013). Postembrional ontogenez davrida invazion II-yosh lichinkalari (J2) yuqori harakatchanlik va stilet organining faolligi hisobiga o‘simlik ildiz tizimiga kirib, o‘q va yon ildizlarni butunlay shaklini o‘zgartiradi hamda ularni 4-5 balli shkala darajasidagi yaxlit makropatologik gallar bo‘rtmalarga aylantiradi. Voyaga yetgan urg‘ochi individlarning perineal maydoni (anal-vulvar plastinkasi) kutikula konfiguratsiyasining nazariy va amaliy mikroskopik tahlillari yon maydonda aniq ikkitalik parallel chiziqlar mavjudligini ko‘rsatdi. Bu esa agrotsenozlaridagi asosiy dominant parazit tur yavan bo‘rtma nematodasi - *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 ekanligini taksonomik jihatdan qatiy asoslash imkonini berdi.



3-rasm. Meloidogyne javanica perineal namunasining batafsil ko‘rinishi

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Кирьянова Э.С., Кралл Э.Л. Паразитические растительноядные нематоды и меры борьбы с ними. Том 2. — Ленинград: Наука, 1971. — 522.

2. Мавлянов О.М. Фитонематоды основных агроценозов Узбекистана (таксономия, экология, биогеография и меры борьбы). Автореф. дисс. докт. биол. наук. — Ташкент, 1993. — 48.

3. Парамонов А.А. Основы фитогельминтологии. Том 1. — Москва: Изд-во АН СССР, 1962. — 480.

4. Bridge J., Page S.L.J. Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart // Tropical Pest Management. — 1980. — Vol. 26, No. 3. — P. 296–298.

5. Byrd D.W., Kirkpatrick T., Barker K.R. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes // Journal of Nematology. — 1983. — Vol. 15, No. 1. — P. 142–143.

6. Karssen G. The Plant-Parasitic Nematode Genus *Meloidogyne* Goldi, 1892 (Nematoda: Tylenchida) in Europe. — Leiden: Brill Academic Publishers, 2002. — 257.

7. Perry R.N., Moens M., Starr J.L. Root-knot Nematodes. — Wallingford: CABI Publishing, 2009. — 480.

8. Mirzayev U.N., Narzullayev S.B., Narzullayev S.N. Bo‘yimadoron (*Achillea millefolium*) o‘simligi va uning rizosferasi nematodafaunasining tahlili (Zarafshon vodiysi, O‘zbekiston) // Qo‘qon davlat pedagogika instituti ilmiy xabarlari. Tabiiy fanlar. – 2025. – № 5. – 295-300.

9. Narzullayev, S. B. (2022). New data on the vertical distribution of nematode communities in mountain ecosystems of Mount Zarafshan, Uzbekistan. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 23(8). - 3967–3975. https://doi.org/10.13057/biodiv/d230814

10. Aydınlı G., Mennan S., Devran Z., Sirca S., Urek G. First report of the root-knot nematode *Meloidogyne ethiopica* on tomato and cucumber in Turkey. Plant Dis. 2013; 97(9):1262. https://doi.org/10.1094/PDIS-01-13-0019-PDN.

NUKUS SHAHRIDAGI OLIY O‘QUV YURTLARIDA TAHSIL OLAYOTGAN TALABALARNING OVQATLANISH STATUSI

Jangabayeva Ramash Kayirbergenovna
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti tayanch doktoranti
ramashjangaboyeva@gmail.com
ORCID 0009-0009-1286-7326
Raxmatullayev Yorqin Shokirovich
Qarshi davlat universiteti b.f.n., professor
rakhmatullaev.e@mail.ru
ORCID 0000-0001-8214-7396
UDK 574/577+572.79+613.2

Annotatsiya. Maqolada Nukus shahridagi oliy o‘quv yurtlarida tahsil olayotgan 18-29 yoshli 143 nafar talabaning makronutriyentlar bilan ta’minlanishini anketa-so‘rov va 24 soat davomida iste’mol qilingan taomlarni qayd qilish usullari yordamida o‘rganish natijalari keltirilgan. Olingan natijalarga ko‘ra, talaba yigitlarning kundalik ovqati tarkibidagi oqsillar va yog‘larning miqdori me’yorga nisbatan kam, uglevodlar miqdori va kunlik kaloriya qiymati esa me’yor ko‘rsatkichlariga nisbatan yaqinligi bilan ajralib turadi. Qizlarning amaldagi ovqatlanishida ham shunday tendensiya qayd qilindi. Talabalarning kunlik ovqati tarkibidagi oqsillar miqdori me’yorga nisbatan o‘rtacha 19,9-20,6% ga, yog‘lar miqdori 21,5-22,1% ga, uglevodlar miqdori esa 1,8-6,9% ga kamligi aniqlangan. Kunlik ovqat kaloriyasi esa me’yorning o‘rtacha 88,7% ini tashkil etadi.

Kalit so‘zlar: makronutriyentlar, oqsillar, yog‘lar, uglevodlar, kunlik ovqatning energetik qiymati, kunlik fiziologik talab, amaldagi ovqatlanish, talabalar, Nukus shahri.

NUTRITIONAL STATUS OF STUDENTS STUDYING AT HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN NUKUS CITY

Abstract. The article presents the results of a study of macronutrient intake among 143 students aged 18–29 studying at higher education institutions in Nukus, using a questionnaire survey and 24-hour dietary recording. In male students, the daily diet contains less protein and fat than the norm, while carbohydrate content and daily caloric value are close to it. A similar tendency was observed in female students. The protein content of the students’ daily diet is on average 19.9–20.6% below the norm, the fat content 21.5–22.1% below, and the carbohydrate content is 1.8–6.9% below. The daily caloric value averages 88.7% of the norm.

Key words: macronutrients, proteins, fats, carbohydrates, energy value of the daily diet, daily physiological requirement, actual nutrition, students, Nukus city.

Kirish. Ma’lumki, aholi turli guruhlarining amaldagi ovqatlanishini o‘rganish va tahlil qilish ular salomatligini belgilaydigan muhim omillardan biri bo‘lib hisoblanadi [1]. Talabalarning sihat-salomatligini saqlash va yanada mustahkamlash, ularning sog‘lom turmush tarzini to‘g‘ri tashkil etishda oqilona ovqatlanish alohida o‘rin egallaydi. Umumiy o‘rta ta’lim bosqichini yakunlab, oliy o‘quv yurtiga qabul qilingan talaba, ayniqsa talabalikning dastlabki davrlari organizmning yangi muhitga moslashishi, tegishli darajada ruhiy-hissiy zo‘riqishlar va boshqa o‘ziga xos fiziologik jarayonlarning o‘zgarishi bilan ajralib turadi. O‘qish jarayoni, dars mashg‘ulotlari, ayniqsa nazorat ishlari vaqtida talabalarda ish hajmi ancha ortadi. Bu esa o‘z navbatida ular tomonidan tegishli darajada aqliy va jismoniy yuklamalarni bajarishni talab qiladi. Me’yoriy uyquning buzilishi, kun tartibining ma’lum darajada o‘zgarishi, yetarlicha dam ololmaslik, noto‘g‘ri ovqatlanish kabi salbiy holatlarni tez-tez yuzaga keladi. Shu bilan birga hozirgi vaqtdagi axborot almashinuvining yuqoriligi bois bajariladigan yuklamalar talabalarda asabiy tushkunlikka sabab bo‘lishi mumkin [1-4].

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 7-iyuldagi “Qoraqalpog‘iston Respublikasida 2022-2024 yillarda aholi salomatligini muhofaza qilishni yanada kuchaytirish to‘g‘risida”gi PQ 310-sonli qarorida keltirilgan asosiy vazifalardan biri “...sog‘liqni saqlash mintaqaviy tizimini takomillashtirish, aholining, ayniqsa bolalar va ayollarning sog‘lomlik darajasini oshirish, sanitariya-epidemiologik vaziyatni yaxshilash, sog‘lom turmush tarzini shakllantirish, kundalik hayotga oilaviy salomatlik madaniyatini joriy etishga ko‘maklashish...” hisoblanadi. Shunday ekan, Janubiy Orolbo‘yi mintaqasida yashaydigan aholining va ayniqsa oliy o‘quv yurtlarida tahsil olayotgan talabalarning amaldagi ovqatlanishini o‘rganish hamda tahlil qilish fiziologiya va tibbiyot oldidagi dolzarb masalalar qatoriga kiradi.

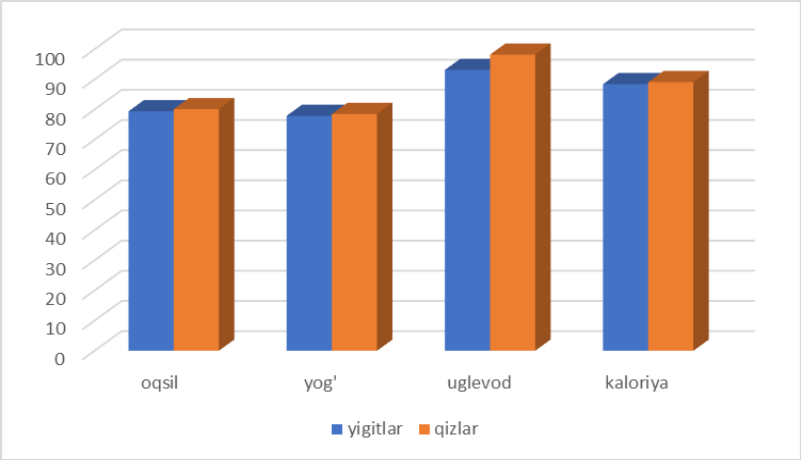
Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Janubiy Orolbo‘yi mintaqasida yashaydigan aholining va ayniqsa oliy o‘quv yurtlarida tahsil olayotgan talabalarning makronutriyentlar bilan ta’minlanishi nihoyatda kam o‘rganilgan. Qolaversa keyingi yillarda bolalarning oliy ta’limga

qamrovi ko‘rsatkichlari yildan-yilga ortib bormoqda. Bu esa o‘z navbatida ularning amaldagi ovqatlanishini doimiy ravishda o‘rganish hamda tahlil qilishni taqozo etadi [5-10].

Yuqorida aytib o‘tilgan fikrlardan kelib chiqib, biz o‘z kuzatuvlarimiz davomida Nukus shahridagi oliy o‘quv yurtlarida tahsil olayotgan 18-29 yoshli talaba yigit va qizlarning amaldagi ovqatlanishi va jismoniy rivojlanishini o‘rganishni maqsad qilib oldik.

Material va metodika. Kuzatuvlar 2024-2025-yillarda Nukus shahridagi Qoraqalpoq davlat universiteti hamda SamDVMCHBU Nukus filialida ta’lim olayotgan 18-29 yoshli 143 nafar talabalar o‘rtasida olib borildi. Ularning kundalik ovqati tarkibidagi makronutriyentlar miqdori anketa-so‘rov hamda 24 soat davomida iste’mol qilgan taomlarini qayd qilish usullari orqali o‘rganildi [7]. Kuzatuvlarga ko‘ngilli talabalar jalb qilindi. Shuningdek “Jahon Tibbiyot Assotsiatsiyasining Xelsinki deklaratsiyasi” qoidalariga amal qilingan holda kuzatuvlar olib borildi. Olingan natijalar Windows OS Microsoft Excel dasturi yordamida tahlil qilindi.

Natijalar va muhokama. Olib borilgan kuzatuvlarning natijalariga ko‘ra, Nukus shahridagi oliy o‘quv yurtlarida tahsil olayotgan 1-kurs talaba yigitlarining kunlik iste’mol taomlari tarkibidagi oqsillar va yog‘larning miqdori me’yorga nisbatan tegishli holda o‘rtacha 79,4% va 77,9% ni, uglevodlar hamda kunlik ovqatning umumiy energetik qiymati esa mos holda o‘rtacha 93,1% va 88,4% ni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkichlarni shu yoshdagi qizlarga nisbatan aytadigan bo‘lsak, ularning oqsillar bilan ta’minlanishi o‘rtacha 80,1% ga, yog‘lar 78,5% ga, uglevodlar 98,2% ga hamda kunlik ovqat kaloriyasi esa me’yorga nisbatan o‘rtacha 89,1% ga teng bo‘lib, ularning kunlik ovqati tarkibidagi oqsillar va yog‘larning miqdori yigitlarga nisbatan o‘rtacha 8,3 va 10,5 g gacha kamligi hamda uglevodlar esa o‘rtacha 49,5 g gacha ziyodligi qayd etildi. 18-29 yoshli yigit va qizlarning kundalik ovqatidagi oqsillarning miqdori tegishli ravishda 57,1±0,9 g va 48,8±0,81 g ni tashkil etadi. Yog‘larning miqdori yigitlarda o‘rtacha 63,1±0,92 g ni, qizlarda esa o‘rtacha 52,5±0,76 g ni tashkil etib, bu esa o‘z navbatida ularning yog‘lar bilan ta’minlanishini me’yorga nisbatan 22,1-21,5% gacha kamligini ko‘rsatadi. Kuzatuvda bo‘lgan talabalarning uglevodlar bilan ta’minlanishi me’yor raqamlaridan o‘rtacha 1,8-6,9% gacha farq qiladi. Shuningdek, kunlik ovqat kaloriyasi o‘rtacha 88,7% ni tashkil etadi.



1-rasm. Talabalarning makronutriyentlar bilan ta’minlanishi (me’yorga nisbatan, %)

Kuzatuvlarning dastlabki natijalariga ko‘ra shuni aytish mumkinki, talabalar turar joyida yashaydigan yigit va qizlarning 30% dan ko‘pi ertalabki nonushtani qabul qilmaydi, tushlik vaqtida ularning aksariyati tez tayyor bo‘ladigan oziq-ovqat mahsulotlarini iste’mol qilishadi. Kunlik taomlanish miqdorining katta qismini asosan kechki ovqat vaqtida qabul qilishadi.

Xulosa. Kuzatuvda bo‘lgan talabalarning makronutriyentlarga bo‘lgan kunlik fiziologik talabi me’yor ko‘rsatkichlariga to‘la mos kelmaydi. Oqsil, yog‘ va uglevodlar miqdori o‘rtasidagi nisbat buzilgan. Bu esa o‘z navbatida talabalarning amaldagi ovqatlanishini tizimli o‘rganish hamda uni optimallashtirish bo‘yicha tegishli chora-tadbirlar rejasini ishlab chiqish hamda uni tegishli tartibda bajarilishi zarurligini ko‘rsatadi. Bunday tadbirlar esa o‘z navbatida talabalarning serunum mehnat qilishi, aqliy va jismoniy yuklamalarni maqsadga muvofiq ravishda amalga oshirishlari uchun xizmat qiladigan muhim qadamlardan biri sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori. Qoraqalpog‘iston Respublikasida 2022-2024-yillarda aholi salomatligini muhofaza qilishni yanada kuchaytirish to‘g‘risida. Toshkent sh., 2022-yil 7-iyul, PQ-310-son. https://lex.uz/uz/docs/-6100013.

2. Новикова Е.В. Формирование стратегии инновационного развития предприятий пищевой промышленности в регионах : диссертация ... кандидата экономических наук : 08.00.05 / Новикова Екатерина Витальевна; [Место защиты: Гос. ун-т - учебно-научно-произв. комплекс].- Орел, 2011.- 220 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-8/2284

3. Основные тенденции и показатели экономического и социального развития Республики Узбекистан за годы независимости (1990-2010) и прогноз на 2011-2015 гг.: Стат. Сб. - Т.: Узбекистан, 2011.

4. Погожева А.В. Здоровое питание для профилактики неинфекционных заболеваний. Ручная работа Парамед. Акушерка 2014, 2, С. 8-13.

5. Всемирная организация здравоохранения. Estrategia Mundial Sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud: Sobrepeso y Obesidad Infantil. Доступно в Интернете: http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/es/ (по состоянию на 12 ноября 2021 г.).

6. Миннибаев Т.Ш. и др. Теоретические и методические подходы к комплексному изучению состояния здоровья студентов и преподавателей вузов / Т.Ш. Миннибаев, И.К. Рапопорт, В.В. Чубаровский [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. 2012. № 2. С. 15–17.

7. Петров В.А. Методология изучения питания различных групп населения: учебное пособие / В.А. Петров. – Владивосток: Медицина ДВ, 2015. – 287 с.

8. Татаринчик, А.А. Особенности образа жизни современной студенческой молодежи / О.Ю. Милушкина, С.В. Маркелова, Н.А. Скоблина, А.А. Татаринчик [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – № 11 (308) – С. 5–8.

9. Тимошенко К.Т., Николенко В.Н., Миннибаев Т.Ш., Никитюк Д.Б., Клочкова С.В. Антропометрические показатели студентов юношеского возраста на начальном этапе обучения в ВУЗе. // ЗНиСО №6 (279), 2012. стр. 29-32.

10. Мандриков В.Б. и др. Соматотипология и показатели физического развития лиц призывного возраста (по материалам Волгоградского региона) / В.Б. Мандриков, В.Н. Николенко, А.И. Перепелкин, А.И. Краюшкин. Волгоград: Изд-во ВОЛГГМУ, 2013. 138 с.

QarDU XABARLARI

Ilmiy-nazariy, uslubiy jurnal

Qarshi davlat universiteti kichik bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: 180003, Qarshi shahri, Ko‘chabog‘ ko‘chasi, 17.

Indeks: 4071

Terishga 2026-yil 25.09.da berildi.

Bosishga 2026-yil 30.09. da ruxsat etildi.

2026-yil 02.10.da bosildi.

Ofset qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60x84, 1/8.

Times New Roman garniturasi. Nashriyot hisob tabog‘i 22,35.

Buyurtma raqami: № 35.

Adadi 50 nusxa. Erkin narxda.