

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

TAHRIRIYAT HAY’ATI

Bosh muharrir: prof. Nabiye 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. Bo‘riyev O.B.
prof. Yoziyev L.Y.
prof. Jabborov A.M.
prof. Jabborov X.J.
f.-m.f.d. Imomov A.A.
k.f.d. Kamolov L.S.
prof. Kuchboyev A.E.
prof. Mengliyev B.R.
prof. Normurodov M.T.
prof. Nurillayeva Sh.N.
prof. Nurmanov S.E.
p.f.d. Oripova N.X.
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. Qurbonov Sh.Q.
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. Xolmirzayev N.S.
dots. Hamrayeva Y.N.
dots. Rizayev B.X.
dots. Nashirova Sh.B.
f.f.f.d. Musayeva D.T.

**Jurnal 2009-yilda
tashkil etilgan.**

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>

**2025
4(2)**

QarDU xabarlari
Ilmiy-nazariy, uslubiy jurnal

Aniq fanlar

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.



**Yiliga 4 marta
chop etiladi.**

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

MUNDARIJA

FIZIKA-MATEMATIKA

Doroshenko I.Y., Qo‘yliyev B.T., Nekboyev A.A., Qurbonova N.I., G‘ulomova Ch.Y., Murodov T.Y. Tebranma spektroskopiya va kvanto-kimyoviy hisoblash usullari asosida tret-butyl spirti tuzulishi va spektral xarakteristikalarini tadqiq etish.....	4
Хасанов Ш., Янг Яоу, Маматкулов О., Сафаров А., Хакимов Д., Худайбердиев А. Оценка индивидуальных доз облучения персонала в ускорительных установках на основе моделирования.....	9
Shaymardanov Z., Urolov Sh., Jalolov R., Rustamova B., Sobirova B., Meyliyev L. To‘g‘ri tartiblangan rux oksidi nanorodlari fazoviy oriyentatsiyasining nurlanish spektriga ta‘siri.....	14
Meyliyev L.O., Jo‘rayeva Sh.A. Propanol molekulasi komformatsion tahlili.....	20
Kasimaxunova A.M., Mamarasulov Q.Sh. Yarim o‘tkazgichlarda nostatsionar yoritish sharoitida tashuvchilar diffuziyasi va rekombinatsiyasining fototok hosil bo‘lishiga ta‘siri.....	25
Эшбобоев С. Изучение элементного состава поверхности нанопленок созданных на поверхности кремния.....	31
Yangiboyev Z., Nurmatova I., Shuxratova G. O‘zgaras kechikuvchi argumentli bir o‘lchovli giperbolik tenglama uchun birinchi boshlang‘ich-chegaraviy masala.....	37
Эшматов Б.Э. Об одной задаче для уравнения четвертого порядка.....	43
Suyunov L.A. Kubik-kvartik optik muhitlarning solitonlari.....	49
Shukurov A.M. Cheksiz elastik fazoda sferik qatlamning nostatsionar tebranishi.....	53

KIMYO

Abdullayev J.U. Telomerlanish reaksiyasi asosida alifatik spirtlar sintezi.....	59
Parmanov A.B. Fenilatsetilen asosida benzoy kislota vinil efiri sintezi va texnologiyasi	63
Abdullayev I.I., Jumanazarov H.O‘. Kimyoviy birikma 2-alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparatining piyoz zararkunandalari tamaki tripsi (thrips tabaci lind) va piyoz pashshasi (delia antiqua)ga ta‘siri.....	69
Xakimova Z.M., Bo‘ronova S.F. 6-metil- 2,3-trimetilen 3,4-digidropirimidin-4-onning aromatic alkdegedlar bilan kondensatsiya reaksiysini erituvshilarning ta‘sirini o‘rganish	73
Shukurov D.X., Turayev X.X., Umbarov I.A. Tarkibida mis saqlagan ftalosianin kompleksi va izoindol ligand molekulasi kvant-kimyoviy xossalari tahlili.....	78
Ro‘ziqulov A.Y., Ro‘ziqulov G‘Y. Tabiiy gaz tarkibidagi namlik miqdorini aniqlash ...	85
Ro‘ziqulov A.Y., Zoirova Sh.B., Qodirova N.F. Uglevodorodda eriydigan 2-amin-2-metil-4-pentanon ingibitorini mahalliy xomashyolar asosida sintezlash.....	91
Qalandarov F.A. Polivinil spirt/gellyan asosidagi ikki tarmoqli gel polimer elektrolitlarning sintezi va xossalari tadqiq etish.....	96
Mamatkulova O‘.O. Sarimsoqpiyoz va piyozning oltingugurtli birikmalari asosida turli xil kasalliklarni oldini olish va davolash.....	101
Ismailova Sh.A. Marganets(II)ning, geteroauksin va nikotinamid asosidagi aralash ligandli kompleks birikmasi: sintezi, fizik-kimyoviy xossalari va tuzilishi.....	106

BIOLOGIYA

Diyorova M.X., O‘roqov Q.M. Qashqadaryo viloyati Nishon tumanining U.Yusupov hududi tuproqlarining agrokimyoviy xossalari va sho‘rlanish darajasi.....	111
Atoev B.Q. Organik dehqonchilik yuritishning afzalligi.....	115
Umedova Sh., Nurillayeva S. Quyi va yuqori sinf o‘quvchilarining amaldagi ovqatlanishi.....	120
Ismatillayeva G.M., Mirzayev U.T. Damariq kanali Kumush tovonbalig‘ining reproduktiv xususiyatlari.....	124
Xudayberganov N.A. Xorazm viloyati tuproq-iqlim sharoitida <i>Matricaria chamomilla</i> L. va <i>Calendula officinalis</i> L. ning plantatsiyalarini tashkil etish istiqbollari	128
Shamuratova G. Qoraqalpog‘iston Respublikasi sharoitida maktab o‘quvchilarining jismoniy taraqqiyoti.....	133
Садиков Ж.С. Полынно-бьюргуновые пастбища с редкими саксаулами северо-западного Кызылкума: кадастровая оценка и экологические особенности.....	137
Kattaboyeva G.S., Suyarova M.Sh., Rashidova M.Y. Qarshi vohasiga introduksiya qilingan ayrim ninabargli daraxtlar va ular chang donachalarining morfologik xususiyatlari.....	142
Husanova E.H., Xolmirzayeva S.U., Raxmatullayev Y.Sh. Bolalar va o‘smirlarning ratsional ovqatlanishi va uning o‘ziga xos xususiyatlari.....	146
Bozorova X.A., Raxmatullayev Y.Sh. Talabalar orasida smartfon qaramligining psixofiziologik xususiyatlari.....	150
Qurbonov R.O., Kamolov L.S. Mahalliy sianobakteriya shtammlarining tuzga chidamliligini tadqiq etish	154

EKOLOGIK MUAMMOLAR VA YECHIMLAR

Ismatova N.I., Mamanov J.G‘. Talabalarda ekologik bilimlarni rivojlantirishda zarur bo‘lgan psixologik sifatlar.....	160
---	-----

TEBRANMA SPEKTROSKOPIYA VA KVANTO-KIMYOVIY HISOBLASH USULLARI ASOSIDA TRET-BUTIL SPIRTI TUZULISHI VA SPEKTRAL XARAKTERISTKALARINI TADQIQ ETISH

I.Y. Doroshenko

Kiyev milliy universiteti, professor

B.T. Qo'lyiyev

Qarshi davlat universiteti, professor

bahromq@rambler.ru

A.A. Nekboyev

Qarshi davlat universiteti, o'qituvchi

N.I. Qurbonova

Qarshi davlat universiteti, tayanch-doktorant

Ch.Y. G'ulomova

Qarshi davlat universiteti, magistr

T.Y. Murodov

Qarshi davlat universiteti, magistr

ORCID 0009-0005-9065-7050,

UDK 543.42:547.264(045)

Annotatsiya. Ushbu ishda tret-butyl spirti klasterlarining spektral-strukturaviy xususiyatlari tebranma spektroskopiya va kvanto-kimyoviy hisoblash usullari yordamida o'rganildi. Birinchi marta tret-butyl spirtining tebranma spektrlari spektral tahlil qilindi. Tret-butyl spirti molekulasini bir qator assotsiatlarining kvanto-kimyoviy hisoblashlar va infraqizil yutulish spektrlari tahlili o'tkazildi. Zanjirsimon hamda siklik tuzilmalar mavjudligi aniqlandi va ularning ayrimlari bir nechta barqaror konformerlar bilan tushuntirildi.

10 dan 50 K gacha bo'lgan diapazonda IQ yutulish spektrining eksperimental barqaror spektrlari hisoblandi, bu esa harorat o'zgarishiga sezgir bo'lgan va haroratga nisbatan intensivligi sezilarli darajada o'zgaruvchi bo'lmagan maksimumlarni aniqlashga imkon beradi. Bu esa molekulaning Raman spektrini ishonchli tahlil qilish imkonini berdi. Hisoblashlar va eksperimental natijalar kombinatsiyasida, odatda dublet tuzilishga ega bo'lgan 500–1500 cm^{-1} oblastdagi bir qator intensiv maksimumlar monomer va zanjirli assotsiatining tebranishlari bilan bog'liq ekanligi ko'rsatildi.

Kalit so'zlar: tebranma spektroskopiya, kvanto-kimyoviy hisoblashlar, xona temperaturasi, infraqizil yutulish va Raman spektroskopiyasi, spektr, molekula, dimer, trimer, konformatsiya.

STUDY OF THE STRUCTURE AND SPECTRAL CHARACTERISTICS OF TERTIARY BUTYL ALCOHOL BASED ON VIBRATIONAL SPECTROSCOPY AND QUANTUM-CHEMICAL CALCULATIONS

Abstract. This paper examines the spectral and structural characteristics of tert-butyl alcohol clusters using vibrational spectroscopy and quantum chemical calculations. For the first time, the vibrational spectra of tert-butyl alcohol were interpreted. Quantum chemical calculations and infrared spectral analysis were performed for several associates of the tert-butyl alcohol molecule. The presence of both chain and cyclic structures was revealed, with some of these structures being characterized by multiple stable conformers.

Recording experimental stable IR absorption spectra in the range from 10 to 50 K revealed bands sensitive to temperature changes, as well as bands whose intensity is insignificantly dependent on temperature. This enabled a reliable interpretation of the IR spectrum of the molecule. The calculations performed, combined with experimental data, showed that a number of intense bands in the spectral range of 500–1500 cm^{-1} , typically having a doublet structure, are due to vibrations of the monomer and chain associates.

Keywords: vibrational spectroscopy, quantum chemical calculations, room temperature, infrared absorption, Raman spectroscopy, spectrum, molecule, dimer, trimer, conformation.

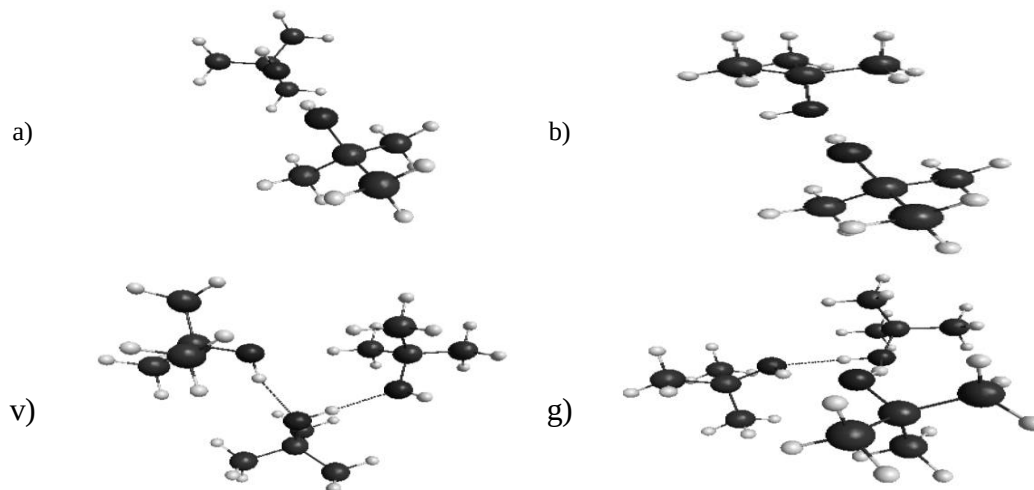
Kirish. Kvanto-kimyoviy usullar yordamida izobutan va tret-butyl molekulalarining muvozanat holatdagi geometriyalari, shuningdek, ularning infraqizil (IQ)

yutulish va Raman spektrlari hisoblab chiqildi. Ushbu moddalarning spektral chiziqlari va yo'nalishlari ilgari o'rganilgan va adabiyotlarda keltirilgan, lekin tugallangan deb bo'lmaydi [1-3].

Shuni ta'kidlash joizki, B3LYP/cc-pVTZ yaqinlashuvida amalga oshirilgan izobutan va tret-butil molekularining IQ yutulish va Raman spektrlari hisoblashlari adabiyotdagi ma'lumotlar bilan yaxshi muvofiqlikda ekanligi aniqlandi [2-7]. Izobutan molekulasida uchun E tipidagi tebranishlarning bir xil energiyali holatlarini saqlash maqsadida C_{3v} simmetriya guruhi qo'llanildi. Kuch konstantalarini aniqlashda nuqtalar soni hisobga olingan holda hisoblashlar bajarildi, natijada hisoblangan va tajribada keltirilgan tebranishlarning ketma-ketligi to'liq mos kelishi aniqlandi.

Tadqiqot metodologiyasi. Kamroq barqaror geometriya simmetriya tekisligiga ega (dimer A konfiguratsiyasi DA), nisbatan barqarorroq bo'lgan konfiguratsiya esa nosimmetrik (dimer B konfiguratsiyasi DB) hisoblanadi. Har ikkala konformer 6-311G bazisida olingan va B3LYP/cc-pVTZ yondashuvida hisob-kitoblar bilan tasdiqlangan. DA va DB dimer konfiguratsiyalari 1-rasmning (a) va (b) qismlarida keltirilgan. DA dimerining barqarorlik energiyasi 4,37 kkal/mol, DB dimerining esa 5,88 kkal/mol ga teng.

Uchta tret-butil spirit (TS) molekulasidan tashkil topgan klasterlarning optimallashtirilishi ham ikki yaqinlashuvda amalga oshirildi. Hisoblashlar zanjir shaklidagi (TrA) hamda siklik (TrB) barqaror konfiguratsiyalarning mavjudligini bashorat qiladi. Tegishli konformatsiyalar 1-rasmning (v) va (g) qismlarida ko'rsatilgan. B3LYP/cc-pVTZ yaqinlashuvdagi hisoblashlarga ko'ra, TrA va TrB trimerlarining barqarorlik energiyalari mos ravishda 13,24 kkal/mol va 15,9 kkal/mol ni tashkil etadi. Ushbu ma'lumotlarga ko'ra, trimerning siklik varianti zanjir shaklidagisiga nisbatan afzalroq hisoblanadi. 4, 5, 6 va 7 molekuladan iborat TS assotsiatlarining geometriyasi optimallashtirilishi esa vaqtni inobatga olgan holda faqat 6-311G bazis to'plami yordamida amalga oshirildi.

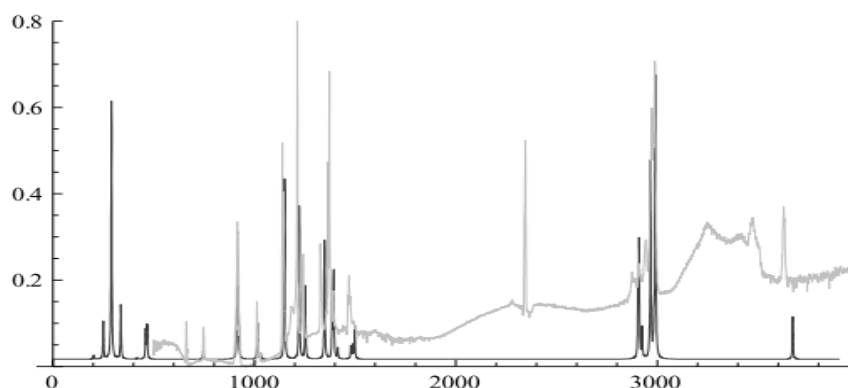


1-rasm. Tret-butil spirti dimerlari DA (a) va DB (b), shuningdek, trimerlari TgA (v) va TB (g) konformatsiyalari

Natijalar va ularning tahlili. Barcha hollarda hisoblashlar natijasi sifatida zanjir shaklidagi strukturalar hosil bo'ldi. Albatta, bunday kvanto-kimyoviy hisoblashlarga ko'ra, $(TS)_n$ klasterlari, bu yerda $n=4, 5, 6$ va 7 zanjir shaklidagi tuzilmalarga ega bo'lishi mumkinligi faqat shu kabi konfiguratsiyalar mavjudligini ko'rsatadi, lekin bu ularning siklik strukturalarning mavjudligini inkor etmaydi. Shuni ta'kidlash kerakki, [8] manbasiga ko'ra, HF 6-31*G yaqinlashuvida o'tkazilgan hisoblashlarda $n>3$ bo'lgan TS assotsiatlarining siklik shakllari ham aniqlangan. Shu sababli, spektral ma'lumotlarni talqin qilishda siklik hamda zanjir shaklidagi strukturalarning mavjudligi imkoniyati

hisobga olindi.

2-rasmda B3LYP/cc-pVTZ yaqinlashuvida, hisoblangan TS monomeri IQ yutulish spektri keltirilgan. Solishtirish uchun, shuningdek, 10 K haroratda argon matritsasida izolyatsiyalangan TS spektri bo'yicha olingan tajriba natijalari ham keltirilgan.

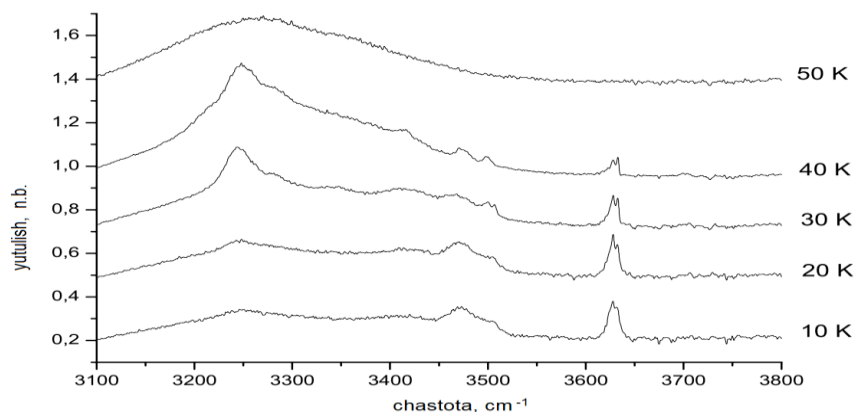


2-rasm. Hisoblash natijalari: TS monomeri IQ yutulish spektri (pastki egri chiziq) hamda 10 K haroratda argon matritsasida izolyatsiyalangan TS ning tajribada olingan IQ yutulish spektri (yuqori egri chiziq).

TS molekulasining 39 ta normal tebranishi 22 ta A' tipidagi va 17 ta A'' tipidagi tebranishlarga bo'linadi. Koordinatalarni o'z ichiga olgan to'liq simmetrik tebranishlar orasida O–H va C–O bog' uzunligining o'zgarishi hamda C–O–H burchagining o'zgarishi mavjud. Spirtlardagi gidroksil guruhining valent tebranishlari ko'plab tadqiqotchilarning diqqat markazida bo'lib, bu holatning sabablari tushunarli. Shu bilan birga, mazkur ishda asosiy e'tibor 500–1500 cm^{-1} oblastdagi spektral sohaga qaratilgan. Bu sohada gidroksil guruhining deformatsion tebranishlari namoyon bo'lishi, C–O bog'ning valent tebranishlari mavjudligi va assotsiatlar yuzaga kelganda O–H bog'ning tebranishlari kuzatilishi mumkin.

Shuningdek, TS molekuladagi bir qator A'' tipidagi tebranishlar izobutan molekulasidagi A_2 tipidagi tebranishlar ta'siri ostida yuzaga keladi va taxmin qilinishicha, TS infraqizil yutulish spektrida ularning intensivligi juda past bo'lib, bu hisoblash natijalari bilan tasdiqlangan.

Ma'lumki, spirtlardagi klasterlarning shakllanish jarayoni gidroksil guruhining valent tebranishlari spektral sohasida aniq aks etadi (3-rasmda keltirilgan). [9,10] ishlarida, argon matritsasida izolyatsiya qilingan birlamchi spirtlarning IQ yutulish spektrlari haroratga bog'liq o'zgarishlari o'rganilgan.



3-rasm. Argon matritsasida izolyatsiya qilingan tret-butil spirti IQ yutulish spektrining gidroksil (O–H) guruhining valent tebranishlari 3100–3800 cm^{-1} spektral sohada haroratga bog'liq o'zgarishlari tajribada olingan.

Ushbu tadqiqotlarda valent O–H tebranishlari 3100–3800 cm^{-1} oblastda shuni ko'rsatdiki, harorat oshishi bilan erkin gidroksil guruhining tebranishlariga to'g'ri keluvchi polosalar intensivligi kamayadi, aksincha, odatda spirt molekulalarining vodorod

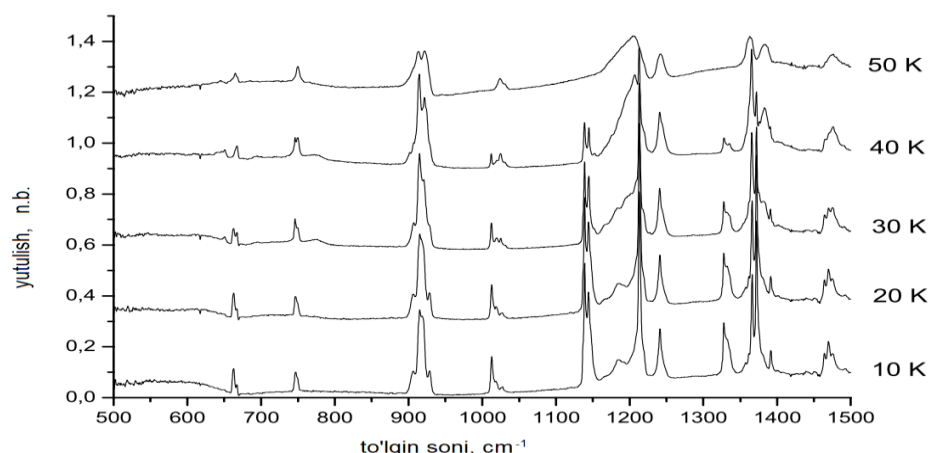
bog'langan gidroksil guruhlarining tebranishlariga taalluqli polosalarning intensivligi ortadi. Bu esa matritsada monomer molekular sonining kamayishini, o'rniga esa vodorod bog'langan kattaroq klasterlarning soni ko'payishini anglatadi, ya'ni alohida spirt molekularidan nano o'lchamdagi klasterlar hosil bo'lish jarayoni sodir bo'lmoqda.

Faraz qilish mumkinki, vodorod bog'ining hosil bo'lishi donorga tegishli molekulaning tebranishlariga, ya'ni δ_{C-O-H} va ν_{C-O} ning potensial energiya

taqsimotidagi ulushiga, gidroksil guruhining valent tebranishlaridan kam bo'lmagan darajada ta'sir ko'rsatadi. Bu esa shuni anglatadiki, matritsada TS molekulasining IQ yutulish spektrida tegishli polosalar intensivligi harorat oshishi bilan boshlang'ich taqsimotdagi monomerlarning kamayishi sababli kamayishi, shuningdek, zanjir shaklidagi konfiguratsiyalarga nisbatan siklik konfiguratsiyalarning ulushi ortishi bilan ortishi kerak.

Ha, 10–50 K haroratlarda olingan eksperimental IQ yutulish spektrlari batafsil tahlili (4-rasm) ko'rsatadiki, 500–1500 cm^{-1} oblastdagi ko'pchilik polosalar harorat oshishiga nisbatan unchalik sezgir emas, ammo ayrim chiziqlar esa erkin gidroksil guruhining ν_{O-H} tebranishlarining chiziqlari intensivligining harorat oshishi bilan bir

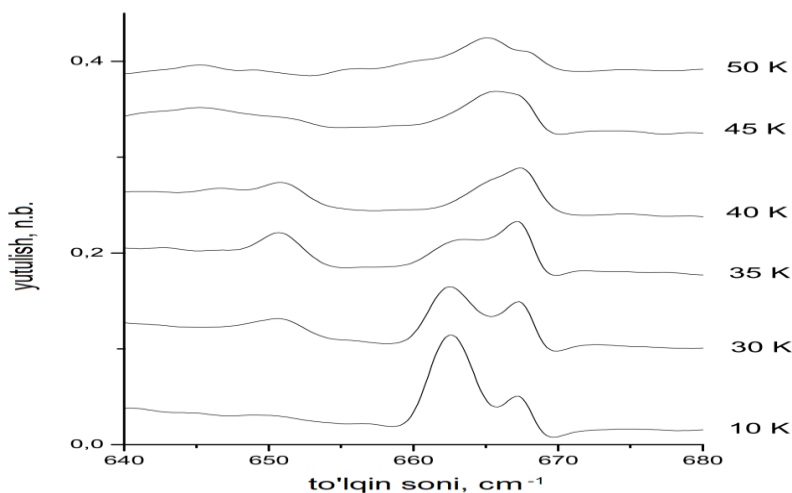
vaqtda kamayishiga mos ravishda kamayadi.



4-rasm. Argon matritsada izolyatsiya qilingan tret-butil spirtining 500–1500 cm^{-1} spektral diapazonda IQ yutulish spektrining haroratga bog'liq o'zgarishlari tajribada olingan.

Siklik strukturalarning shakllanishi siklik guruhlarning kollektiv tebranishlarining paydo bo'lishiga olib keladi. Vodorod bog'ning hosil bo'lishi O-H guruhining nafaqat tekis, balki notekis deformatsion tebranishlarining chastotalarini oshiradi. Ayniqsa, oxirgi tebranishlar monomer molekuladagi gidroksil guruhining torsion tebranishlaridan shakllanadi [11–14].

Hisoblash ma'lumotlariga ko'ra, 650–740 cm^{-1} diapazonida TS monomeri va dimerida tebranishlar kuzatilmaydi. Biroq uch molekuladan iborat zanjirli va siklik strukturali trimerlarda O-H guruhining notekis tebranishlari paydo bo'ladi, ularning chastotalari mos ravishda 682 va 688 cm^{-1} ga teng. TS infraqizil yutulish spektrida allaqachon 10 K haroratda zaif intensivlikdagi 662,5 va 667 cm^{-1} chastotalardagi dublet chiziqlar mavjud (5-rasm). Bu shuni ko'rsatadiki, aynan shu haroratda namunada monomer va dimerdan tashqari uch molekulali assotsiatlar ham mavjud. Matritsaning harorati oshishi bilan dublet intensivliklari nisbati o'zgaradi. Dastlab 662,5 cm^{-1} chastotali chiziq kuchliroq bo'ladi, keyinchalik esa 35 K ga yetganda intensivliklarning nisbati o'zgarib, 651 cm^{-1} chastotali qo'shimcha yutulish chizig'i paydo bo'ladi (5-rasm).



5-rasm. Argon matritsasida izolyatsiyalangan tret-butanolning 640–680 cm^{-1} diapazondagi infraqizil yutulish polosalarining tajribada o'lgangan temperaturaga bog'liqligi.

Nihoyat, harorat 45 K ga yetgach, 662,5 cm^{-1} chastotali chiziq butunlay yo'qoladi, shuningdek, o'rta haroratgacha isitish natijasida paydo bo'lgan 651 cm^{-1} chastotali polosa ham yo'qoladi. Shu bilan birga, 645 cm^{-1} chastotali yangi polosa paydo bo'lishi sezila boshlaydi.

Shunday qilib, tajribani kvanto-kimyoviy hisoblashlar tasdiqlaydi, zanjirli trimerda $\delta_{\text{C-O-H}}$ notekis burilish to'liqini chastotasi siklik trimerga nisbatan kamroq bo'ladi. Bundan tashqari, siklik trimerlar 50 K haroratgacha namunada mavjud bo'lib qoladi. Harorat oralig'i 35–45 K da dastlab ayrim oraliq strukturalar paydo bo'ladi, keyin esa yo'qoladi, bu jarayon, ayniqsa, 651 cm^{-1} chastotadagi yutulish polosasiga mos keladi.

Xulosa va takliflar. Kvanto-kimyoviy hisoblashlar 6-311G bazis to'plami va B3LYP/cc-pVTZ yaqinlashuvidan foydalangan holda Tret-butanol molekulasi bir qator assotsiat geometriyasi va Raman spektrlari bo'yicha o'tkazildi. Zanjirli hamda siklik tuzilmalarning mavjudligi aniqlanib, ularning ayrimlari bir nechta konformerlar bilan xarakterlanganligi tasdiqlandi. 10 dan 50 K gacha bo'lgan diapazonda IQ yutulish spektrining eksperimental barqaror spektrlari hisoblandi, bu esa harorat o'zgarishlariga sezgir bo'lgan va haroratga nisbatan intensivligi sezilarli darajada o'zgaruvchi bo'lmagan maksimumlarni aniqlashga imkon berdi. Bu esa molekulaning Raman spektrini ishonchli tahlil qilish imkonini berdi. Hisoblashlar va eksperimental natijalar kombinatsiyasida, odatda dublet tuzilishga ega bo'lgan 500–1500 cm^{-1} diapazondagi bir qator intensiv maksimumlar monomer va zanjirli assotsiatining tebranishlari bilan bog'liq ekanligi ko'rsatildi. Kvanto-kimyoviy hisoblashlar natijalariga ko'ra, 650–740 cm^{-1} oblastning tahlili qo'shimcha ahamiyatga ega, chunki bu yerda tret-butanol monomeri va dimerining tebranishlari namoyon bo'lmaydi. Shu bilan birga, siklik va zanjirli trimerlar uchun bu diapazonda bog'langan gidroksil guruhining notekis tebranishlari nisbatan yuqori intensivlik bilan namoyon bo'lishi kuzatiladi. Eksperimental natijalarga asoslanib, 35 K dan past haroratda namunada har ikki turdagi trimer mavjudligi aniqlangan, ammo harorat 45 K ga yetganda zanjirli trimer yo'qoladi, siklik trimer esa 50 K haroratda ham mavjud bo'lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. <http://www.msg.ameslab.gov/GAMESS/GAMESS.html>
2. Свердлов Л.М., Ковнер М.А., Крайнов Е.П. Колебательные спектры многоатомных молекул. - М.: Наука, 1970. - 559 с.
3. Fanourgakis G.S., Shi Y.J., Consia S., Lipson R.H. A spectroscopic and computer simulation study of butanol vapor // J. Chem. Phys. – 2003. – V. 119. – P. 6597–6608.
4. Cohen E.A., Drouin B.J., Valenzuela E.A., Woods R.C., Caminati W., Maris A., Melandri S. The rotational spectrum of tertiary-butyl alcohol // J. Mol. Spectrosc. – 2010. – V.

260. – P. 77–83.

5. Yonker C.R., Wallen S.I., Palmer B.J., Garrett B.C. Effects of pressure and temperature on the dynamics of liquid tert-butyl alcohol // J. Phys. Chem. A. – 1997. – V. 101. – P. 9564–9570.

6. Andanson J.M., Soetens J.S., Tassaing T., Besnard M. Hydrogen bonding in supercritical tert-butanol assessed by vibrational spectroscopies and molecular-dynamics simulations // J. Chem. Phys. – 2005. – V. 122. – P. 174512.

7. Зятков И.П., Ольдекоп Ю.А., Ювченко А.П., Ксенофонтова Н.М., Пицевич Г.А., Сагайдак Д.И., Гоголинский В.И., Антоновский В.Л. Интерпретация колебательных спектров гидропероксидов трет-бутила и диметилэтинилметила // ЖПС. 1988. V. 585: - С. 48.

8. Fanourgakis G.S., Shi Y.J., Consia S., Lipson R.H. A spectroscopic and computer simulation study of butanol vapor // J. Chem. Phys. 2003. - V. 119. – P. 6597-6608.

9. I. Doroshenko, V.Pogorelov, V.Sablinskas, V.Balevicius. Matrix-isolation study of cluster formation in methanol: O-H stretching region // J. Mol. Liq. - 2010. V.157.-P.142-145.

10. Погорелов В., Дорошенко И., Увдал П., Балявичюс В., Саблинскас В. Температурно-контролируемая кинетика роста и релаксации спиртовых кластеров в матрице аргона // Мол. физика. – 2010. – Т.108, вып.17. – С. 2165-2170.

11. Troxler T., Smith P.G., Stratton J.R., Topp M.R. Structural measurements of hydrogen-bonded van der Waals dimers and trimers by rotational coherence spectroscopy: 2,5-diphenyloxadiazole with argon, methane, water and alcohols // J. Chem. Phys. – 1994. – V. 100. – P. 797–805.

12. Venables D.S., Chiu A., Schmuttenmaer C.A. Structure and dynamics of nonaqueous mixtures of dipolar liquids. I. Infrared and far-infrared spectroscopy // J. Chem. Phys. – 2000. – V. 113. – P. 3243–3247.

13. Krueger P.J., Mettee H.D. Spectroscopic studies of alcohols: Part VII. Intramolecular hydrogen bonds in ethylene glycol and 2-methoxyethanol // J. Mol. Spectrosc. – 1965. – V. 18. – P. 131–140.

14. Xu L.H., Hougen J.T., Fisher J.M., Lees R.M. Symmetry and Fourier analysis of the ab initio-determined torsional variation of structural and Hessian-related quantities for application to vibration-torsion-rotation interactions in CH₃OH // J. Mol. Spectrosc. – 2010. – V. 260. – P. 88–104.

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА В УСКОРИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шахбоз Хасанов^{1*}, Янг Яоу², Орифжон Маматкулов¹, Акмал Сафаров¹, Дилшод
Хакимов¹, Аъзам Худайбердиев³

¹Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, 140104,
Самарканд, Узбекистан,

²Чунцинский университет, 401331, Чунцин, Китай

³Экономический и педагогический университет, Карши

*Автор для корреспонденции.

shakhbozkhasanov93@gmail.com

ORCID 0000-0001-6787-9492

UDK: 539.163:504.069

Аннотация. В статье приведена достаточно подробная информация о роли ускорительных комплексов в фундаментальных и прикладных исследованиях в области физики, медицины, материаловедения и других наук. Представлен анализ индивидуальных доз облучения персонала в радиационных полях ускорителя с использованием метода Монте-Карло и оригинального алгоритма планирования траекторий. В качестве объекта исследования выбран типичный ускорительный комплекс, что позволяет продемонстрировать работоспособность предложенного подхода как при эксплуатации, так и при остановке ускорителя с учётом остаточного излучения. Кратко изложено описание установки LUTF (Ultrafast Transient Facility). Проведена оценка экспозиционных доз, рассчитаны дозы при различных режимах работы установки. Обсуждаются оптимизационные подходы для минимизации облучения в соответствии с принципом

ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

Ключевые слова: ускоритель, радиационная безопасность, дозиметрия, FLUKA, Монте-Карло

ASSESSMENT OF INDIVIDUAL RADIATION DOSES OF STAFF IN ACCELERATOR FACILITIES BASED ON MODELING

Abstract. The article provides detailed information on the role of accelerator complexes in fundamental and applied research in physics, medicine, materials science, and other sciences. It also presents an analysis of individual radiation doses for personnel in accelerator radiation fields using the Monte Carlo method and a unique trajectory planning algorithm.

A typical accelerator complex was chosen as the study object, demonstrating the feasibility of the proposed approach both during operation and during shutdown, taking residual radiation into account. A brief description of the LUTF (Ultrafast Transient Facility) facility is provided. Exposure doses are assessed, and doses are calculated for various operating modes. Optimization approaches for minimizing radiation exposure in accordance with the As Low As Reasonably Achievable (ALARA) principle are discussed.

Keywords: accelerator, radiation safety, trajectory planning, dosimetry, FLUKA, Monte Carlo

MODELLASHTIRISH ASOSIDA TEZLATGICH QURILMALARIDAGI XODIMLARNING INDIVIDUAL NURLANISH DOZALARINI BAHOLASH

Annotatsiya. Ushbu maqolada fizika, tibbiyot, materialshunoslik va boshqa fanlardagi fundamental va amaliy tadqiqotlarda tezlatkichlar komplekslarining roli haqida batafsil ma'lumot berilgan. Monte-Karlo usuli va original trayektoriya rejalashtirish algoritmi yordamida individual xodimlarning tezlatkichlar nurlanish maydonlariga tasirini tahlil qilish taqdim etilgan. Tadqiqot obyekti sifatida odatiy tezlatkichlar kompleksi tanlangan bo'lib, u taklif qilingan yondashuvning ish paytida ham, akselerator o'chirilganda ham qoldiq nurlanishni hisobga olgan holda amalga oshirilishini namoyish etadi. LUTF (Ultrafast Transient Facility) inshootining qisqacha tavsifi keltirilgan. Ta'sir dozalari baholanadi va turli ish rejimlari uchun dozalar hisoblanadi. ALARA (As Loyally Achievablely Achievable) tamoyiliga muvofiq ta'sirni minimallashtirish uchun optimallashtirish yondashuvlari muvofiq qilinadi.

Kalit so'zlar: tezlatkich, radiatsion xavfsizlik, dozimetriya, FLUKA, Monte-Karlo

Введение. Современные ускорительные комплексы играют ключевую роль в фундаментальных и прикладных исследованиях в области физики, медицины, материаловедения и других наук [1,2]. Широкое внедрение ускорителей в промышленность и науку приводит к увеличению числа технических обслуживаний, инспекций и ремонтов, что, в свою очередь, повышает значимость проблемы радиационной безопасности персонала [3,4]. В условиях интенсивного ионизирующего излучения, генерируемого в ускорительных установках, контроль индивидуальных доз облучения становится неотъемлемым элементом системы радиационной защиты [5].

Основополагающим принципом обеспечения радиационной безопасности является концепция ALARA (As Low As Reasonably Achievable), согласно которой доза облучения должна быть снижена до возможного минимума при сохранении эффективности выполняемых работ [6]. Реализация принципа ALARA требует постоянного совершенствования методов мониторинга, оценки и прогнозирования индивидуальных дозовых нагрузок на персонал. К традиционным средствам индивидуального дозиметрического контроля относятся пассивные (фотопленочные, TLD, OSL-дозиметры) и активные (электронные) персональные дозиметры, позволяющие отслеживать уровни внешнего облучения и своевременно принимать меры в случае превышения установленных нормативов [7,8]. Тем не менее, пассивные дозиметры не обеспечивают мгновенного оповещения и могут быть подвержены утрате данных, а активные дозиметры зачастую ограничены по применению из-за стоимости и особенностей энергетической чувствительности [9].

Помимо экспериментальных методов, в последние годы широкое распространение получили расчетные подходы, основанные на использовании методов Монте-Карло для моделирования сложных радиационных полей ускорительных установок [10,11]. Такие программные комплексы, как FLUKA, GEANT4, MCNP, PHITS, позволяют проводить высокоточные расчеты пространственно-временного распределения доз, оценивать эффективность экранов, а также прогнозировать остаточную радиоактивность оборудования и конструкций [12-15]. Однако большинство работ фокусируются на оценке доз облучения в отдельных точках или по упрощённым сценариям, не принимая во внимание реальные траектории движения персонала, которые могут существенно влиять на суммарную дозовую нагрузку [16].

В связи с этим разработка и внедрение алгоритмов, учитывающих динамику и маршруты перемещения сотрудников, представляют значительный интерес для дальнейшего повышения эффективности радиационной защиты. В настоящей работе предлагается методика оценки индивидуальных доз на основе планирования оптимальных траекторий движения персонала с применением современных средств моделирования радиационных полей. В качестве объекта исследования выбран ускорительный комплекс LUTF (Ultrafast Transient Facility), что позволяет продемонстрировать работоспособность предложенного подхода как при эксплуатации, так и при остановке ускорителя с учётом остаточного излучения.

Материалы и методы.

Краткое описание установки LUTF

В качестве примера рассмотрен комплекс LUTF (Ultrafast Transient Facility) Университета Чунцина (КНР). Комплекс включает линейный ускоритель на 500 МэВ, накопительное кольцо, несколько экспериментальных залов и линий вывода пучка (рис. 1).

Методика моделирования и расчетов. Для моделирования радиационных полей применялся код FLUKA (версия 4-3.1), а визуализация и обработка результатов выполнялись с помощью интерфейса FLAIR. Расчеты доз проводились для двух ситуаций:

- при работе ускорителя (прямое облучение, «prompt»);
- после остановки ускорителя (остаточная радиация).



Для описания движения сотрудника использовалась модель траектории с набором точек (узлов), соединённых сглаживающей кривой (cardinal spline), что позволяет гибко оптимизировать маршруты и оценивать дозу как в статических, так и динамических участках маршрута.

Алгоритм расчета дозы по траектории

Суммарная индивидуальная доза определяется по формуле:

$$H = \sum_{i=0}^n t_s \dot{H}(p_i) + \sum_{i=0}^{n-1} \int_{p_i}^{p_{i+1}} t_m \dot{H}(T_i) dT$$

где $\dot{H}(p_i)$ – мощность дозы в узле i , t_s – время работы на месте, t_m – время движения, $\dot{H}(T_i)$ – мощность дозы вдоль участка траектории.

Результаты и обсуждение.

Оценка дозы при прямом излучении (эксплуатация)

Для оценки маршрутов персонала вне туннеля и экспериментальных залов были рассмотрены следующие сценарии (см. табл. 1):

- экспериментальный зал высокой мощности: длина маршрута – 35 м, время прохода – 29 с, суммарная доза – 0,32 мкЗв;
- линейный ускоритель: маршрут 58 м за 51 с – 1,30 мкЗв;
- накопительное кольцо: два маршрута, суммарные дозы 0,25 и 0,23 мкЗв.

Таблица 1.

Результаты оценки дозы от прямого излучения

Зона	Длина (м)	Время (с)	Доза фотонов (мкЗв)	Доза нейтронов (мкЗв)	Всего (мкЗв)
Эксп. зал	35	29	0,11	0,13	0,32
Линейный ускоритель	58	51	0,15	1,09	1,30
Кольцо (маршрут 1)	101	90	0,034	0,18	0,25
Кольцо (маршрут 2)	49	43	0,049	0,17	0,23
Итого	243	213	0,343	1,57	2,10

Оценка дозы при остаточном излучении (останов ускорителя)

Оценены маршруты внутри туннеля для сценариев технического обслуживания после остановки (табл. 2):

- в экспериментальном зале: два маршрута, 0,60 и 0,19 мкЗв;
- в линейном ускорителе: два маршрута, 2,87 и 2,22 мкЗв;
- в накопительном кольце: маршрут 0,29 мкЗв.

Таблица 2.

Оценка дозы от остаточной радиации

Зона	Маршрут	Длина (м)	Время (с)	Доза (мкЗв)
Эксп. зал	1	24	30	0,60
Эксп. зал	2	40	37	0,19
Линейный ускоритель	1	84	72	2,87
Линейный ускоритель	2	60	55	2,22
Кольцо	1	82	96	0,29
Итого	–	290	290	6,17

Обсуждение. Результаты проведённого моделирования демонстрируют, что индивидуальная доза облучения персонала в ускорительных комплексах существенно зависит не только от режимов работы оборудования, но и от выбранных маршрутов передвижения при выполнении эксплуатационных или ремонтных работ. Существенные различия в дозовой нагрузке наблюдаются даже при незначительных изменениях траектории, что подчёркивает важность использования оптимизированных маршрутов с учётом реальных распределений радиационных полей. Применение алгоритма планирования траектории позволяет не только минимизировать дозу, получаемую работником, но и заранее выявлять наиболее опасные участки, что способствует более эффективному управлению радиационными рисками [1,2].

Сравнение полученных оценок с результатами, опубликованными для других ускорительных объектов, показывает сопоставимость уровней индивидуальных доз при аналогичных режимах работы и параметрах ускорителей [3,4]. Тем не менее,

интеграция планирования маршрутов на основе данных Монте-Карло позволяет повысить точность прогнозирования и индивидуализировать подход к радиационной защите, что особенно актуально для крупных и многофункциональных комплексов с развитой инфраструктурой. Подобные решения начинают внедряться на современных исследовательских установках и медицинских центрах, где требования к радиационной безопасности персонала являются приоритетными [5].

Следует отметить, что основным ограничением предложенного метода является зависимость от точности расчетных моделей, используемых в Монте-Карло кодах. В частности, неопределенности, связанные с параметрами потерь пучка, характеристиками материалов и условиями эксплуатации, могут оказывать влияние на результаты дозиметрического анализа. В будущем планируется интеграция экспериментальных данных, получаемых с помощью системы прецизионного позиционирования и индивидуальных дозиметров, что позволит проводить валидацию расчетных результатов и создавать более надёжные карты распределения дозовых нагрузок [6,7].

Наконец, предложенный подход может быть расширен для решения задач оптимизации радиационной безопасности не только для персонала, но и для посетителей, а также для защиты окружающей среды. Внедрение интеллектуальных систем мониторинга, основанных на Big Data и машинном обучении, открывает перспективы для создания комплексных автоматизированных платформ поддержки принятия решений в области радиационной защиты на ускорительных комплексах нового поколения [8,9].

Заключение. Проведен анализ радиационных рисков для персонала ускорительного комплекса LUTF с использованием алгоритма планирования маршрута. Разработанный подход может быть рекомендован для оптимизации радиационной безопасности на объектах с ионизирующим излучением. Дальнейшая работа предполагает экспериментальную верификацию расчетных данных с применением системы позиционирования и дозиметрии.

Список использованной литературы

1. Patterson, H.W., Thomas, R.H. Accelerator Health Physics. Academic Press. – New York, 1973.6-8 pp.
2. IAEA. Radiation Protection and Safety in Industrial Radiography. IAEA Safety Standards Series No. SSG-11, International Atomic Energy Agency. – Vienna, 2011.240-252 pp.
3. Wernli, C. Individual Monitoring at Accelerator Centres. Radiat. Prot. Dosimetry, 137(1-2): 2009.74-82 pp.
4. Kron, T., Izewska, J., Sander, T. Dose auditing in radiotherapy: International Atomic Energy Agency experience and future challenges. Physica Medica, 45: 2018.99-104 pp.
5. Lewis, B.J. et al. Review of bubble detector response characteristics and results from space. Radiat. Prot. Dosim., 150 (1): 2012.1-21 pp.
6. ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann. ICRP, 37 (2-4), 2007.89-96 pp.
7. Ginjaume, M. et al. Overview of active personal dosimeters for individual monitoring in the European Union. Radiat. Prot. Dosim., 125 (1-4): 2007. 261-266 pp.
8. Nunomiya, T. et al. Development of advanced-type multi-functional electronic personal dosimeter. Radiat. Prot. Dosim., 126 (1-4): 2007. 284-287 pp.
9. Ferrari, A., Sala, P.R., Fasso, A., Ranft, J. FLUKA: A multi-particle transport code. CERN-2005-10, INFN/TC_05/11, SLAC-R-773. – Geneva, 2005.211-220 pp.
10. Agostinelli, S., et al. GEANT4 – a simulation toolkit. Nucl. Instrum. Meth. A, 506 (3): 2003. 250-303 pp.
11. Forster, R.A., Godfrey, T.N.K. MCNP –a general Monte Carlo code for neutron and photon transport. In: Monte-Carlo Methods and Applications in Neutronics, Photonics and Statistical Physics, Springer. – Berlin, 2006. 227-232 pp.

12. Niita, K. et al. PHITS – a particle and heavy ion transport code system. Radiat. Meas., 41(9-10): 2006. 1080-1090 pp.
13. Pelliccioni, M. Overview of fluence-to-effective dose and fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for high energy radiation calculated using the FLUKA code. Radiat. Prot. Dosim., 88(4): 2000. 279-297 pp.
14. Vlachoudis, V. FLAIR: A powerful but user friendly graphical interface for FLUKA. Proc. Int. Conf. on Mathematics, Computational Methods & Reactor Physics, Saratoga Springs. – New York, 2009. 116-119 pp.
15. Battistoni, G., et al. The FLUKA code: description and benchmarking. Annals of Nuclear Energy, 82: 2015. pp10-18.
16. Zhang, Y., Jiang, B.C., Bai, Z.H., Xiang, D. A high-current low-energy storage ring for photon-hungry applications. Proc. 14th Int. Particle Accelerator Conf. – Venice, 2023: 368-371 pp.

TO‘G‘RI TARTIBLANGAN RUX OKSIDI NANORODLARI FAZOVIIY ORIENTATSIYASINING NURLANISH SPEKTRIGA TA‘SIRI

Zafar Shaymardanov^{1,3}, Shamsiddin Urolov^{1,2}, Rivojiddin Jalolov^{1,3}, Bahora Rustamova¹, Bashorat Sobirova¹, Laziz Meyliyev⁴

¹ Ion- plazma va lazer texnologiyalari instituti

² “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti

³ O‘zbekiston Milliy universiteti

⁴ Qarshi davlat universiteti

zshaymardanov@mail.ru

ORCID 0000-0003-1053-0294

UDK: 535.374

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida yuqori haroratda gaz fazadan kimyoviy cho‘ktirish usulida kremniy plastinkalar yuzasida o‘stirilgan rux oksidi (ZnO) nanorodlari fazoviy orientatsiyasining fotoluminessensiya (FL) spektriga ta‘siri o‘rganilgan. Tadqiqotlar ko‘rsatdiki, nanorodlarning FL spektri ~388 nm da joylashgan erkin eksitonlari rekombinatsiyasi va ~395 nm to‘lqin uzunligida joylashgan rux vakansiyalari bilan bog‘liq nurlanish polosalaridan iborat. Aniqlandiki, ZnO nanorodlarining o‘sish yo‘nalishi bilan FL ni registratsiya o‘qi orasidagi burchak ortishi bilan ~388 nm da joylashgan erkin eksitonlar rekombinatsiyasi bilan bog‘liq nurlanish polosasining integral intensivligi kamayib, rux vakansiyalari yoki ularning komplekslari bilan bog‘liq nurlanish polosasining integral intensivligi ortadi. FL spektridagi bu o‘zgarishlar erkin eksitonli nurlanish nanorodlarning uch qismidan chiqishini, rux vakansiyalari bilan bog‘liq nurlanish markazlari esa nanorodlarning tashqi sirtiga yaqin joylashganligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: erkin eksitonlar, FL spektri, fazoviy orientatsiya, rux vakansiyalari, ZnO nanorodlari.

EFFECT OF SPATIAL ORIENTATION OF PROPERLY ORDERED ZINC OXIDE NANORODS ON THE RADIATION SPECTRUM

Abstract. In this study, the effect of spatial orientation on the photoluminescence (FL) spectrum of zinc oxide (ZnO) nanorods grown on the surface of silicon substrates by high-temperature chemical vapor deposition was studied. Studies have shown that the FL spectrum of nanorods consists of emission bands associated with the recombination of free excitons of ZnO located at ~388 nm and zinc vacancies located at a wavelength of ~395 nm. It was found that as the angle between the growth direction of the nanorods and the registration axis increases, the integrated intensity of the radiation band located at ~388 nm decreases, and the integrated intensity of the radiation band at ~395 nm increases.

Keywords: free excitons, FL spectrum, spatial orientation, zinc vacancies, ZnO nanorods.

Kirish. Rux oksidi (ZnO) nanostrukturalari mukammal kristallik sifati va o‘zining noyob elektrooptik xususiyatlari sabab nanoo‘lchamli qurilmalar uchun istiqbolli material sifatida qaralmoqda. ZnO to‘g‘ri zonali, erkin eksitonining bog‘lanish energiyasi 60 meV, taqiqlangan zona kengligi xona haroratida 3.37 eV bo‘lgan yarimo‘tkazgich materialdir

[1]. Ultrabinafsha (UB) sohada ($\sim 380\text{--}390\text{ nm}$) kuchli eksiton nurlanishiga egaligi uchun ZnO nanostrukturalari yorug'lik diodlari, maydonli tranzistorlar, organik quyosh elementlari ishlab chiqishda istiqbolli material sifatida qaralmoqda [1]. Odatda, ZnO nanostrukturalari sintez qilish metodikasiga bog'liq holda nanokristallar, nanorodlar, yupqa plyonkalar, nanolentalar kabi strukturalarga ajratiladi [2]. ZnO nanostrukturalarini sintez qilish texnologiyasi ikkita asosiy guruhga ajratiladi: bular yuqori haroratda gazli fazada va past haroratda suvli eritmalarida sintez qilish texnologiyalaridir. Har ikki texnologiyani taqqoslash shuni ko'rsatadiki, suvli eritmalarida sintez qilish usullari nanostrukturalarni arzon narxlarda va keng miqyosda ishlab chiqarish uchun tanlov jihatdan eng yaxshi texnologiyadir [3]. Gaz fazadan kimyoviy cho'ktirish usulida ZnO nanostrukturalarni sintez qilish murakkab jarayon bo'lib, narx jihatdan ancha qimmat bo'lishiga qaramay, mukammal kristallik sifatiga ega bo'lgan nanostrukturalarni sintez qilishga imkon beradi [4].

ZnO nanostrukturalarining FL spektri zonalar yaqinidagi optik o'tishlar va chuqur nuqsonlarga tegishli sathlararo optik o'tishlar hisobidan yuzaga keluvchi ikkita xarakterli nurlanish polosalaridan iborat [1-2]. ZnO nanostrukturalarining chuqur darajadagi nuqsonlari odatda, FL spektrlarida ko'zga ko'rinuvchi sohada $400\text{--}640\text{ nm}$ oralig'ida joylashgan keng nurlanish polosalarini hosil qiladi [5]. Ushbu nurlanish polosalari odatda binafsha, yashil, to'q sariq va qizil nurlanish polosalari sifatida talqin qilinadi. ZnO nanostrukturalaridagi xususiy nuqtaviy nuqsonlar bilan bog'liq nurlanish polosalarining tabiati borasida bir to'xtamga kelinmagan. Nanostrukturalarni sintez qilish usuliga, sintezdan keyin amalga oshirilgan turli ta'sirlarga, fotolyuminessetsiyani uyg'otish sharoitiga bog'liq holda, nuqsonlar bilan bog'liq nurlanish polosalarining maksimumlari o'zgarishi mumkin.

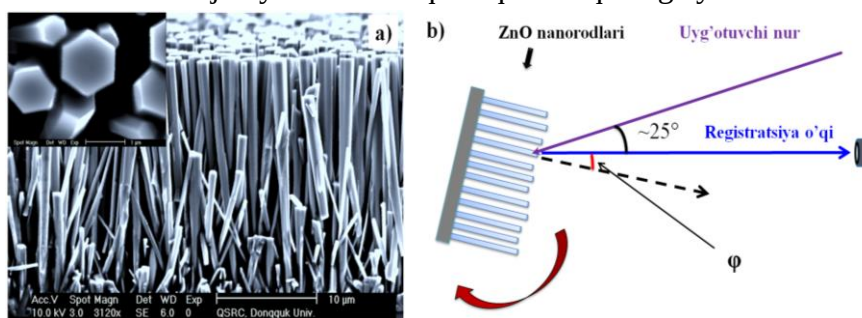
Ushbu tadqiqot ishida yuqori haroratda gaz fazadan kimyoviy cho'ktirish usulida kremniy tagliklar sirtida o'stirilgan ZnO nanorodlarining FL xossalari va ularga nanorodlar fazoviy oriyentatsiyasining ta'siri o'rganilgan. Tadqiqotlar ko'rsatdiki, nanorodlarning FL spektri maksimumi $\sim 388\text{ nm}$ da joylashgan ZnO ning erkin eksitonlari rekombinatsiyasi va maksimumi $\sim 395\text{ nm}$ to'lqin uzunligida joylashgan rux vakansiyalari bilan bog'liq nurlanish polosalaridan iborat. Aniqlandiki, nanorodlarning o'sish yo'nalishi bilan registratsiya o'qi orasidagi burchak ortishi bilan maksimumi $\sim 388\text{ nm}$ da joylashgan nurlanish polosasining integral intensivligi kamayib, maksimumi $\sim 395\text{ nm}$ to'lqin uzunligida joylashgan nurlanish polosasining integral intensivligi ortadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Yuqori haroratda gaz fazadan kimyoviy cho'ktirish usulida ZnO nanorodlarini sintez qilishda Janubiy Koreya Respublikasi Dongguk Universiteti «Quantum-Functional Semiconductor» ilmiy tadqiqotlar markazi ko'magidan foydalanildi. Tadqiqotlarda ZnO nanorodlari katalizatorsiz yuqori harorat ($900\text{--}1000^\circ\text{C}$) da kremniy (100) tagliklar sirtida o'stirildi (1a- rasm). Reaktiv sifatida 99,99% tozalikdagi rux va 99,995% tozalikdagi kisloroddan, tashuvchi gaz sifatida azot gazidan foydalanildi. ZnO nanorodlarining morfologik xossalari skanlovchi elektron mikroskop (SEM) (PHILIPS XL-30) da tadqiq qilindi.

ZnO nanorodlarining FL si azot lazeri ($\lambda = 337,1\text{ nm}$, $\tau = 6\text{ ns}$, $P = 15\text{ kWt}$) yordamida uyg'otildi. FL spektrlari 0.75 bazali MDR-23 monoxromatori, yuqori sezgirlikka ega fotoelektron ko'paytirgich (spektral diapazoni: $300\text{--}800\text{ nm}$) va impulsli elektr signallarini stroblab integrallovchi BCI-280 bokskar integratoridan foydalanib qayd

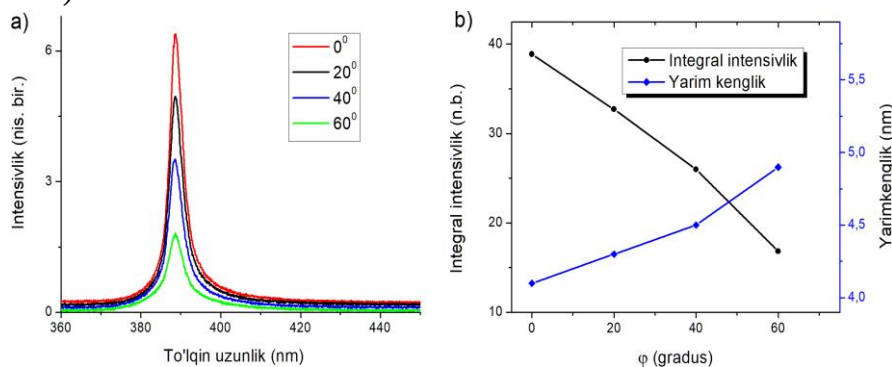
qilindi. Nanorodlar fazoviy oriyentatsiyasining FL spektriga ta'sirini o'rganishda nanorodlar o'stirilgan taglik maxsus goniometrik stolga o'rnatildi, bu esa nanorodlarning o'sish yo'nalishi va registratsiya o'qi orasidagi burchak (ϕ) ni o'zgartirishga imkon beradi (1b- rasm). Tadqiqotlarda uyg'otuvchi nur bilan registratsiya o'qi orasidagi burchak $\sim 25^\circ$ qilib tanlab olinib, barcha o'chovlar xona haroratida amalga oshirildi.

Tahlil va natijalar. Yuqori haroratda gaz fazali kimyoviy cho'ktirish usulida Si tagliklarda o'stirilgan ZnO nanorodlarining SEM da olingan tasvirlari 1a- rasmda keltirilgan. Tasvirlardan ko'rinadiki, nanorodlarning uzunligi $\sim 25 \mu\text{m}$, diametri esa $0,5-1 \mu\text{m}$ atrofida. Nanorodlar taglikka nisbatan perpendikulyar yo'nalishda geksagonal shaklda kristallangan (1a- ichki rasm). Ichki rasmdan ko'rish mumkinki, nanorodlarning kristallografik qirralari keskin va yoqlari silliq ko'rinishga ega. Tadqiqotlar ko'rsatdiki, impulsli UB nur ta'sirida ZnO nanorodlarining $350-750 \text{ nm}$ spektral diapazonda qayd qilingan FL spektrida maksimumi $\sim 388 \text{ nm}$ to'lqin uzunligida joylashgan tor nurlanish polosasi kuzatildi. Shu jihatni etiborga olgan holda, FL spektrlarini $360-450 \text{ nm}$ spektral diapazonda qayd qilishga qaror qilindi. Sintez qilingan ZnO nanorodlari taglikka nisbatan tik yo'nalganligi ularning fazoviy oriyentatsiyasining FL spektriga ta'sirini tadqiq qilish imkonini beradi. Bu esa o'z navbatida UB nur ta'sirida namunalarda yuzaga keladigan nurlanishli rekombinatsion jarayonlarni chuqurroq tahlil qilishga yordam beradi.

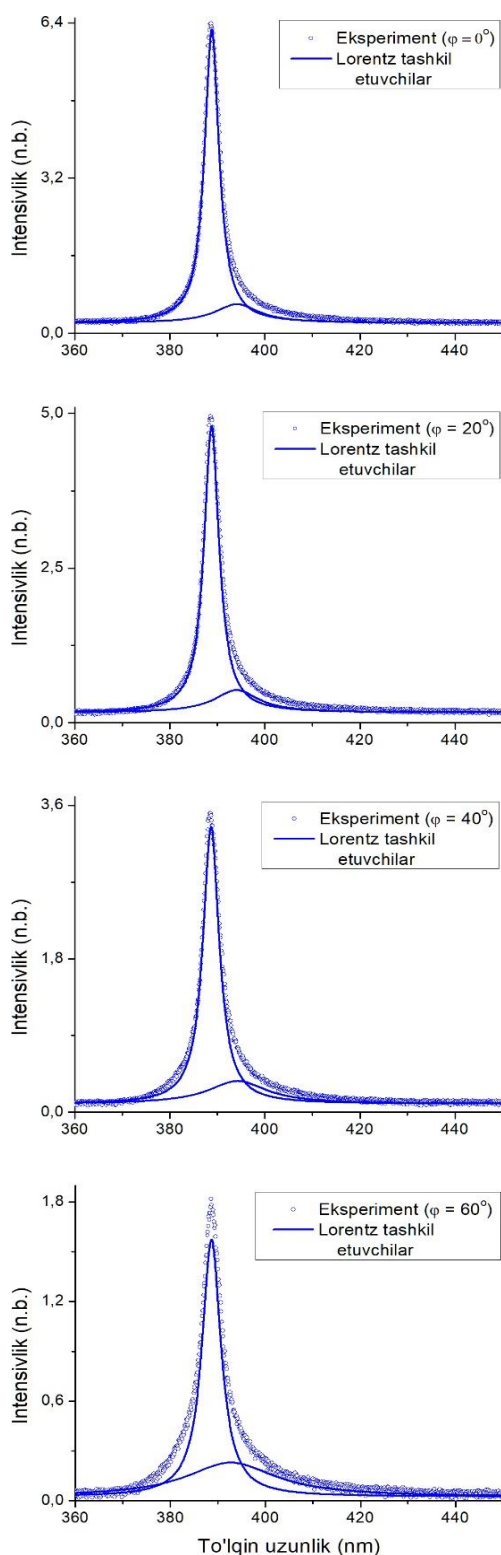


1- rasm: a) ZnO nanorodlarining SEM da olingan tasvirlari, b) FL spektrini qayd qilish sxemasi (ϕ - nanorodlarning o'sish yo'nalishi bilan registratsiya o'qi orasidagi burchak).

Uyg'otuvchi nur quvvat zichligining $1,2 \text{ MWt/sm}^2$ o'zgarmas qiymatida nanorodlarning o'sish yo'nalishi bilan registratsiya o'qi orasidagi burchakning turli qiymatlarida qayd qilingan FL spektrlari quyidagi 2a- rasmda keltirilgan. Grafiklardan ko'rinadiki, nanorodlarning FL spektrining maksimumi $\sim 388 \text{ nm}$ to'lqin uzunligiga mos keladi. ϕ burchakning ortib borishi bilan nurlanish polosasining maksimumi ~ 5 marta (2a- rasm), nurlanish polosasining integral intensivligi esa $\sim 2,3$ martaga kamayishi kuzatildi (2b- rasm). Shuningdek, ϕ burchak ortishi bilan nurlanish polosasining yarimkengligi ham ortdi (2b- rasm).



2- rasm: a) ZnO nanorodlarining ϕ burchakning turli qiymatlarida qayd qilingan FL spektrlari va b) integral intensivlik hamda nurlanish polosasi yarimkengligining qayd qilish burchagiga bog'liqligi.

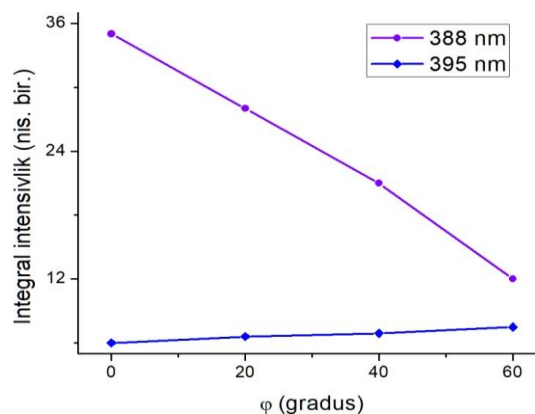


3- rasm. FL spektrlarining Lorentz tashkil etuvchilarga ajralishi.

Nanorodlarning o'sish yo'nalishi bilan registratsiya o'qi orasidagi burchak ortib borishi bilan nurlanish polosasining yarimkengligining ortishi FL spektri bir qancha nurlanish markazlaridan chiquvchi nurlanishlar yig'indisi ekanligidan dalolat beradi. Bu jihatni e'tiborga olgan holda, FL spektrlari Lorentz tashkil etuvchilarga ajratildi. FL spektrlari Lorentz tashkil etuvchilarga ajratilganda maksimumlari 388 nm va ~395 nm to'lqin uzunliklarida joylashgan ikkita xarakteristik komponentalarga ajraldi (3- rasm).

Nanorodlarning o'sish yo'nalishi bilan registratsiya o'qi orasidagi burchak ortib borishi bilan ~388 nm to'lqin uzunligida joylashgan Lorentz tashkil etuvchining integral intensivligi deyarli chiziqli qonuniyat asosida kamayib borgan (4- rasm). Shu bilan birga, ~395 nm to'lqin uzunligida joylashgan ikkinchi Lorentz tashkil etuvchining integral intensivligi esa sezilarli ortib borishini ko'rish mumkin (4- rasm).

Adabiyotlar tahlili ko'rsatadiki, ZnO nanorodlari FL spektrining ~388 nm to'lqin uzunligida kuzatiladigan UB nurlanish polosasi ZnO ning erkin eksitonlari rekombinatsiyasi yoki zonalar yaqinidagi optik o'tishlar bilan bog'liq [1-2]. ZnO nanostrukturalarining FL spektrlarida kuzatiladigan binafsha nurlanish



4- rasm. Lorentz tashkil etuvchilar integral intensivliklarining φ burchakning qiymatiga bog'liqligi.

polosasining tabiati noma'lumligicha qolmoqda, biroq ba'zi gipotezalar ilgari surilmoqda. Bu nurlanish polosasining maksimumi ~400-420 nm oraliqda kuzatiladi [4, 6, 7]. Ushbu nurlanish polosasi 900°C haroratda gaz fazadan kimyoviy cho'ktirish usulida kremniy tagliklarda sintez qilingan ZnO nanorodlarining FL spektrida ~413 nm to'lqin uzunligida kuzatilgan [4]. Mualliflar ushbu nurlanish polosasini bir karra manfiy

zaryadlangan V_{zn}^{-1} bilan bog'liqligini ta'kidlashgan. Bunga o'xshash natija [6] ishda 650°C haroratda qizib turgan sapfir tagliklarda lazer impulslari yordamida cho'ktirilgan ZnO yupqa plyonkasining katodoluminessentsiya (KL) spektrida ~405 nm to'liq uzunligida namoyon bo'lgan. Mualliflar KL spektridagi binafsha nurlanish polosasini V_{zn}^{-1} bilan bog'liqligini ta'kidlashgan. Shuningdek, kremniy (100) tagliklarda kislorod atomlariga boy muhitda radio chastotali magnetron purkash (radio-frequency magnetron sputtering) usulida o'stirilgan ZnO yupqa plyonkasining FL spektrida 401 nm to'liq uzunligida yuqori intensivlikka ega binafsha nurlanish polosasi kuzatilgan [7]. Mualliflar ushbu nurlanish polosasi uyg'ongan elektronning o'tkazuvchanlik zonasidan neytral rux vakansiyasi V_{zn} ga tegishli sathga o'tishi hisobidan yuzaga kelganligini bayon qilishgan.

Nazariy tadqiqotlar ZnO nanostrukturalari kislorod atomlariga boy muhitda sintez qilinganda rux vakansiyalarining hosil bo'lish entalpiyasi boshqa nuqsonlarga qaraganda pastroq bo'lishini ko'rsatmoqda [8, 9] va ular dominant nuqson sifatida qaraladi. Ushbu ma'lumotlar va tadqiqotlarda olingan natijalarimizdan kelib chiqib, ZnO nanorodlari FL spektrining ~395 nm to'liq uzunligida kuzatiladigan past intensivlikka ega binafsha nurlanish polosasi rux vakansiyalari yoki ularning komplekslari bilan bog'liq deyish mumkin. Nazariy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, rux vakansiyasi uchun neytral holatdan bir karra manfiy zaryadlangan holat (0/-1) ga o'tish valent zona maksimumidan 0,45 eV [8] yoki 0,3 eV [9], bir karra manfiy zaryadlangan holatdan ikki karra manfiy zaryadlangan holat (-1/-2) ga o'tishi esa valent zona maksimumidan ~ 0,8 eV [8] yoki 0,7 eV [9-10] yuqorida joylashadi. Shu asosda elektron o'tkazuvchanlik zonasi yoki sayoz donorlik sathidan rux vakansiyasining bir marta zaryadlangan akseptor darajasiga o'tishida maksimumi ~395 nm to'liq uzunligida bo'lgan FL polosasi paydo bo'ladi.

Tadqiq etilayotgan ZnO nanorodlarining SEM da olingan tasvirlaridan hamda FL ni uyg'otish va uni qayd qilish sxemasidan (1a,b- rasmlar) ko'rinib turibdiki, $\varphi = 0^\circ$ da nanorodlarning yuqori uch qismi monoxromatorning kirish tirqishi tomon yo'naladi va kollimator linza nanorodlarning uchidan chiqadigan nurlanishni to'playdi. Bunday holda, nanorodlarda kuzatiladigan nur tola effektini hisobga olish kerak. ZnO nanorodlarini hamda ularni o'rab turgan havoning nur sindirish ko'rsatkichlarining farqi ($n_{ZnO}=2.45$ va $n_h=1$) tufayli, nanorodlarning hajmida paydo bo'lgan nurlanish ularning yuqori uch qismiga yo'naladi va ma'lum bir chiqish burchagida tarqaladi. Ma'lumki, erkin eksitonlar rekombinatsiyasi natijasida paydo bo'luvchi nurlanish nanorodning butun hajmida yuzaga keladi va bu nurlanishning aksariyati nanorodlarning o'sish yo'nalishida tarqaladi. UB nurlanishning yo'nalganlik xususiyatiga ega ekanligini nanorodlarni o'sish yo'nalishi bilan registratsiya o'qi orasidagi burchak 0° dan 60° gacha o'zgartirilganda, nurlanish polosasi integral intensivligining ~6 marta kamayganligidan ham ko'rish mumkin. Shu holatda φ ning oshishi bilan binafsha (~395 nm) nurlanish polosasi intensivligining ortishi ushbu nurlanishning aniq yo'nalishga ega emasligini ko'rsatadi. Nanorodlarning burilishi ularning yuqori uch qismlari registratsiya o'qidan chetlashishi hisobiga asosan, nanorodlarning yon sirtlaridan chiquvchi nurlanish monoxromatorning kirish tirqishiga yo'naladi. Bu esa binafsha nurlanish (~395 nm) markazlari nanorodlarning yon sirtlarida joylashganligini ko'rsatadi. Albatta, maksimumi 388 nm to'liq uzunligida joylashgan erkin eksitonlar rekombinatsiyasi bilan bog'liq nurlanish nanorodlarning yon sirtlaridan ham chiqadi ammo uning intensivligi nanorodlarning yuqori ko'ndalang uchidan chiquvchi nurlanishnikidan ancha kam bo'ladi.

Xulosa va takliflar. Yuqori haroratda gaz fazada kimyoviy cho'ktirish usulida kremniy tagliklar sirtida o'stirilgan ZnO nanorodlarining fazoviy oriyentatsiyasining fotoluminessensiya spektriga ta'siri o'rganildi. Nanorodlarning FL spektrida maksimumlari 388 nm va ~395 nm to'lqin uzunliklarida joylashgan nurlanish polosalari kuzatiladi. Nanorodlarning o'sish yo'nalishi bilan registratsiya o'qi orasidagi burchak 0° dan 60° gacha o'zgartirilganda 388 nm to'lqin uzunligidagi UB nurlanish polosasining integral intensivligi ~6 martaga kamayib, ~395 nm to'lqin uzunligidagi binafsha nurlanish pololaning integral intensivligi esa 25% ga ortishi kuzatildi. Tadqiqotlar ko'rsatdiki, 388 nm to'lqin uzunligidagi UB nurlanish asosan nanorodlarning yuqori uch qismidan chiqadi, ~395 nm to'lqin uzunligidagi binafsha nurlanishni hosil qiluvchi nurlanish markazlari nanorodlarning yon sirti yaqinida joylashganligi uchun nanorodlarning yon sirtidan chiqadi. Albatta, ushbu tadqiqotlar qo'shimcha eksperimental izlanishlarni talab qiladi. Olingan yangi ilmiy natijalar ZnO nanorodlari fazoviy oriyentatsiyasining FL spektriga ta'sirini o'rganish orqali ularning kristal strukturasida yuzaga kelgan xususiy nuqtaviy nuqsonlar haqida to'laqonli ma'lumot olishda ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Ushbu ish O'R FA Ion-plazma va lazer texnologiyalari institutida bajarilayotgan "Bo'yoqlar va nanozarrachalar bilan faollashtirilgan metalloorganik komplekslarning strukturaviy, optik va generatsion xarakteristikalarini tadqiq qilish" mavzusidagi FL-8824063381- sonli fundamental loyiha doirasida amalga oshirildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Özgür Ü., Alivov Ya.I., Liu C., Teke A., Reshchikov M.A., Dog'an S., Avrutin V., Cho S.-J., Morkoç H. A comprehensive review of ZnO materials and devices. J. Appl. Phys. 2005. Vol. 98. 041301. <https://doi.org/10.1063/1.1992666>
2. A.B. Djurišić, A.M.C. Ng, X.Y. Chen. ZnO nanostructures for optoelectronics: Material properties and device applications. Progress in Quantum Electronics 34 (2010) 191–259. <https://doi.org/10.1016/j.pquantelec.2010.04.001>
3. S.S. Kurbanov, G.N. Panin, T.W. Kim, T.W. Kang. "Strong violet luminescence from ZnO nanocrystals grown by the low- temperature chemical solution deposition". Journal of Luminescence 129 (2009) 1099–1104. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2009.05.005>
4. S.S. Kurbanov, H.D. Cho, T.W. Kang. "Effect of excitation and detection angles on photoluminescence spectrum from ZnO nanorod array" Optics Communications 284 (2011) 240–244. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2010.09.011>
5. A.B. Djurišić, W.C.H. Choy, V.A.L. Roy, Y.H. Leung, C.Y. Kwong, K.W. Cheah, T.K. Gundu Rao, W.K. Chan, H.F. Lui, and C. Surya, "Photoluminescence and electron paramagnetic resonance of ZnO tetrapod structures", Adv. Funct. Mater. 14, 856-864 (2004). <https://doi.org/10.1002/adfm.200305082>
6. X.L. Wu, G.G. Siu, C.L. Fu, and H.C. Ong. "Photoluminescence and cathodoluminescence studies of stoichiometric and oxygen- deficient ZnO films" Appl. Phys. Lett. 78, 2285 (2001). <https://doi.org/10.1063/1.1361288>
7. S. H. Jeong, B. S. Kim, and B. S. Lee. "Photoluminescence dependence of ZnO films grown on Si (100) by radio- frequency magnetron sputtering on the growth ambient" Appl. Phys. Lett. 82, 2625 (2003). <http://dx.doi.org/10.1063/1.1568543>
8. Kohan, A.; Ceder, G.; Morgan, D.; Van de Walle, C. G., First-Principles Study of Native Point Defects in ZnO. Physical Review B. 2000, 61, 15019. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.61.15019>
9. Erhart P. Albe K. Klein A., First-Principles Study of Intrinsic Point Defects in ZnO: Role of Band Structure, Volume Relaxation, and Finite-Size Effects. Physical Review B 2006, 73, 205203. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.73.205203>
10. A. Janotti and Ch. G. Van de Walle Native point defects in ZnO. PHYSICAL REVIEW B 2007, 76, 165202. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.76.165202>

PROPANOL MOLEKULASINING KOMFORMATSION TAHLILI**L.O. Meyliyev**

Qarshi davlat universiteti, dotsent

laziz1974@mail.ru**Sh.A.Jo'rayeva**

Qarshi davlat universiteti, magistr

UDK: 543.42(045)

Annotatsiya. Maqolada propanol molekulasi kimyoviy, fizikaviy xossalari va vodorod bilan bog'langan tizimlar hamda propanol molekulasi hosil qiladigan konformatsiyalari, izopropil spirtining molekulalararo o'zaro ta'sir natijasida vodorod bog'lanish hosil qilishi hamda Van-der-Vaals kuchlarining bog'lanishlarga ko'rsatadigan ta'sirlari haqida fikr yuritilgan.

Propanol molekulasi turli xil agregat holatdagi qisman tartiblangan muhitlarda molekulalararo o'zaro ta'sirlar va molekulyar klasterlar hosil bo'lish mexanizmlarini yorug'likning kombinatsion sochilish va infraqizil (IQ) yutilish spektrlari yordamida o'rganishga qaratilgan.

Vodorod bilan bog'langan sistemalarni o'rganishda eng samarali usullardan bo'lgan infraqizil yutilish va yorug'likning kombinatsion sochilish spektroskopiyasini o'z ichiga olgan tebranish spektroskopiyasi yordamida propanol molekulasi struktura tuzilishini, klasterlari hosil bo'lishi, suv yoki bir atomli spirtlarni o'z ichiga olgan molekulalararo vodorod bog'lari bilan qisman tartiblangan suyuqliklarning klasterlar hosil qilishi hamda ularning o'lchamlari muhitning turli parametrlariga namunaning agregat holatiga, uning harorati va bosimiga bog'liqligi aniqlangan.

Shuningdek maqolada molekularning spektral xususiyatlarini o'rganishning eng keng tarqalgan usullaridan molekulyar to'plam usuli yordamida vakuumda bir yo'nalishda uchadigan va bir-biri bilan o'zaro ta'sir qilmaydigan molekular to'plamlarining spektrlarini qayd etish va qayd etilgan spektrlarning tahlili, energiya va chastota bo'yicha spektral tahlili keltirilgan.

Kalit so'zlar: propanol, bir atomli spirt, konformatsiya, bog'lanish, vodorod bog'lanish, molekulalararo o'zaro ta'sir, kuchlar.

CONFORMATIONAL ANALYSIS OF THE PROPANOL MOLECULE

Abstract. The article examines the chemical and physical properties of the propanol molecule and the hydrogen bonding system, as well as the conformation-forming propanol molecules, the interaction between isopropyl alcohol molecules that results in hydrogen bonds, and the effect of van-der -vaals forces on bonds.

It is aimed at studying the mechanisms of intermolecular interactions and the formation of molecular clusters in partially ordered media of the propanol molecule in various aggregate states using combined scattering and absorption spectra of infrared (IR) light.

By vibration spectroscopy including infrared absorption and combined light scattering spectroscopy, which is one of the most effective methods for studying hydrogen-related systems, it was possible to determine the structural structure of the propanol molecule, the formation of clusters, intermolecular liquids, containing hydrogen bonds partially ordered by water or monohydric alcohols, and their sizes, depending on various parameters of the medium, the state of the sample of the unit, its temperature and pressure.

The article also provides the most common methods for studying the spectral properties of molecules, including recording the spectra of sets of molecules flying in the same direction in a vacuum and not interacting with each other using the molecular set method, and analyzing the recorded spectra, spectral analysis by energy and frequency.

Keywords: propanol, monoatomic alcohol, conformation, bonding, hydrogen bonding, intermolecular interactions, forces.

Kirish. Propanol molekulasi asosida organik modda propanol spirtini hosil qilish mumkin. Propanol spirti $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ –bitta OH gruppadan tuzilgan uglevodorod qatorini tashkil etadigan bir atomli spirt, uning umumiy kimyoviy formulasi $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ ko'rinishda.

Propanol molekulasi vodorod molekulasi yoki OH gruppasi bilan kimyoviy bog'lanishlar hosil qilishida kimyoviy bog' uzunligi va molekulalararo bog'lanish

konformatsiya shakli turlicha bo'lishi kuzatildi. Molekulalarning kimyoviy bog'lanishida molekulalararo o'zaro ta'sir jarayonlari muhim rol o'ynaydi.

Molekulalararo o'zaro ta'sirlarni o'rganish superbiologik komplekslar DNK, RNK, turli oqsillar, kolloid eritmalar, liotropik suyuq kristallar, tirik organizmlarning ishlashiga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan fiziologik suyuqliklarni o'rganish bilan bog'liq sohalarining jadal rivojlanishida muhim sanalganligi tufayli fizika, biologiya va tibbiyot fanlari nuqtayi nazaridan molekulalararo o'zaro ta'sirni o'rganish dolzarb hisoblanadi. Vodorod bog'lanish tabiatda molekulalararo o'zaro ta'sirning eng keng tarqalgan turlaridan biridir. Tabiatda molekulalararo o'zaro ta'sirning eng keng tarqalgan turlaridan biri bo'lgan vodorod bog'lanishlar DNK qo'sh spiralining bir-birini to'ldiruvchi zanjiridagi asoslarni bir-biriga bog'lab turadi va shu bilan genetik ma'lumotni olib boruvchi molekulaning barqarorligini ta'minlaydi. Biologik obyektlarda vodorod bog'lanishli klasterlarning hosil bo'lish mexanizmlarini tahlil qilish molekulyar va tibbiyot fizikasining eng murakkab muammolarini hal qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekistonda hozirgi kunda asosiy e'tibor amaliy ahamiyatga ega bo'lgan turli xil agregat holatdagi qisman tartiblangan muhitlarda molekulalararo o'zaro ta'sirlar va molekulyar klasterlar hosil bo'lish mexanizmlarini yorug'likning kombinatsion sochilish va infraqizil (IQ) yutilish spektrlari yordamida o'rganishga qaratilgan. O'zbekiston Respublikasida ilm-fanni 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasida ko'zda tutilgan fundamental vazifalarni yechishga bag'ishlangan tadqiqotlar muhim bo'lib, ular mamlakatimizda fan va texnikani muvaffaqiyatli rivojlantirish uchun katta ahamiyatga ega [1].

So'nggi yillarda klaster hosil bo'lishining fizik asoslari va qisman tartibga solingan suyuqliklarda molekulalararo o'zaro ta'sirlarni o'rganish bo'yicha dunyoning ko'plab olimlari, xususan, shved olimlari (Lars Pettersson, Anders Nilsson, Per Uvdal), nemis olimlari (M.A.S uhm, T.N. Vassermann, P. Ziyelke), fransuz olimlari (S. Kussan, P. Roubin), avstriyalik olim (K.Bes), polyak olimi (M.Tsarnetski), ukrainalik olimlar (L.A. Bulavin, V.Y. Pogorelov, I.Y. Doroshenko, N.P. Malomuj, V.Y. Gotsulskiy), litva olimlari (V. Balyavichus, V. Shablinskis, Y. Cheponkus), belorus olimlari (G.A. Pitsevich, A.E. Malevich), xitoy olimlari (Y.Vang, C. Sun, S. Lyu), yapon olimi (Y. Futami), rus olimlari (G.S. Denisov, K.G. Toxadze, L.M. Babkov), o'zbek olimlari (L.M. Sabirov, A. Jumabayev, N.N. Nizamov, H. Xushvaqto'v, Sh. Otajonov, B. Eshchanov, B. Qo'yliyev) va boshqa spektroskopistlar tomonidan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Ushbu tadqiqotlar natijasida suv yoki bir atomli spirtlarni o'z ichiga olgan molekulalararo vodorod bog'lari bilan qisman tartiblangan suyuqliklarning klasterlar hosil qilishi hamda ularning o'lchamlari muhitning turli parametrlariga namunaning agregat holatiga, uning harorati va bosimiga bog'liqligi aniqlangan.

Bir qator ishlarda, inert gazlarning past haroratli matritsasida izolyatsiyalangan vodorod bog'lanishga ega spirtlar klasterining harorat o'zgarishi bilan uning strukturaviy tuzilishi o'rganilib, tadqiqot tajribalari o'tkazilishida bir atomli spirtlarning gaz holatidan suyuq fazaga o'tishini tajriba modeli sifatida qarash mumkinligi ko'rsatib o'tilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. Alkil zanjirlarida birdan ortiq uglerod atomi bo'lgan bir atomli spirtlarning molekulalariga aylanma izomeriya xos bo'lib, ular har xil barqaror konformatsiyalarda bo'lishi mumkin. Propanol molekulalarining konformatsion xossalari ultratovushli oqimlarda va past haroratli matritsalarda, suyuq va gaz holatdagi fazalarda, shuningdek, past konsentratsiyalarda to'rt karbonli uglerod eritmalarida o'rganilgan. Propanolning suyuq va gaz holatidagi konformatsion tarkibini aniqlash uchun bir qator ishlarda CH_2 guruhidagi valent C-H tebranishlarining simmetrik polosasi holatidan foydalanish taklif qilingan. Ushbu yondashuvdan foydalanish suyuq propanolda molekulalar, asosan, trans-OH konfiguratsiyasida ekanligini va propanolning suyultirilgan

suvli eritmasida suv molekullari propanol konformerlarining ushbu konfiguratsiyasini yanada barqaror bo'lishiga imkon beradi.

Kichikroq molekullar (metanol va etanol) bilan bir xil gomologik qator vakillariga qaraganda propanol kam o'rganilgan va bu, asosan, uning molekulasidagi atomlarning ko'pligi bilan bog'liq bo'lib, bu nazariy hisob-kitoblarni murakkablashtiradi va mumkin bo'lgan konformatsiyalarning ko'pligi, tadqiqot ma'lumotlarining talqinini qiyinlashtiradi. Biroq propanolning tuzilishi va unga bog'liq xususiyatlarni bilish amaliy jihatdan juda muhimdir.

Propanol molekulyar klasterlarining shakllanish mexanizmlari uning konformatsion xususiyatlarini hisobga olgan holda aniqlangan optimal geometrik tuzilishi, energiyasi va spektroskopik parametrlari o'lchash nanoo'lchamdagi molekullararo bog'lanishlari bo'lgan suyuqliklardagi molekulyar klasterlarning strukturaviy va dinamik xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi. Turli xil obyektlardagi strukturani va molekullararo o'zaro ta'sirni eksperimental o'rganishning zamonaviy usullarini ikki turga: an'anaviy eksperimental va kompyuter modellashtirish usullariga bo'lish mumkin.

Ma'lumki, vodorod bilan bog'langan sistemalarni o'rganishda eng samarali usullardan biri bu – infraqizil yutilish va yorug'likning kombinatsion sochilish spektroskopiyasini o'z ichiga olgan tebranish spektroskopiyasidir [2]. Bu usul moddaning mikroskopik holatini o'rganishning aniq vositasi bo'lib, yuqori sezgirlikni va sistema haqida ma'lumotlarni molekulyar darajada ta'minlash qobiliyatini birlashtiradi. Tebranish spektrlarini, ayniqsa, vodorod ko'prigini tashkil etuvchi atomlar guruhlarining tebranish spektrida sodir bo'lgan eng katta o'zgarishlari bilan molekullar o'rtasida vodorod bog'lanishlarning paydo bo'lishiga ayniqsa sezgir bo'ladi. Shu bilan birga, boshqa atomlar guruhlari ham vodorod bog'lanish klasterlari va sistemalar hosil bo'lishi sababli sistemadagi struktura o'zgarishlariga sezgir bo'ladi.

Molekullarning spektral xususiyatlarini o'rganishning eng keng tarqalgan usullaridan biri bu – molekulyar to'plam usulidir. Bu usul vakuumda bir yo'nalishda uchadigan va bir-biri bilan o'zaro ta'sir qilmaydigan molekullar to'plamlarining spektrlarini qayd etadi. Gazodinamik ravishda sovigan molekulyar to'plamlar va oqimlardan foydalanish nafaqat gazning kuchli sovishi tufayli molekullarning yutilish spektrlarini sezilarli darajada soddalashtirishga, balki molekullar to'qnashuvini deyarli to'liq hisobga olmaslik sharoitida o'lchovlarni amalga oshirishga imkon beradi. Ovozdan tez molekulyar oqimlarda to'g'ridan-to'g'ri IQ yutilish spektroskopiyasi, spirt klasterlarini o'rganish uchun juda kuchli usul hisoblanadi [6]. U suvda ham, metanolda ham, uzun alkil zanjirlari bo'lgan ba'zi spirtlarda ham klasterlash jarayonlarini o'rganish uchun keng qo'llanilgan. Ammo bu usulning muhim kamchiliklaridan biri shundaki, klaster hosil bo'lishining murakkab kinetikasi tufayli ularning kattaligi va tuzilishini boshqarib bo'lmaydi. Inert gazlar yoki vodorod kristallarida tekshirilayotgan moddani matritsali izolyatsiyalash usuli bugungi kunda atomlar, molekullar va molekulyar komplekslarning spektral xususiyatlarini eksperimental o'rganish uchun kuchli vosita hisoblanadi. Past haroratli inert gaz matritsalarining asosiy afzalliklaridan biri shundaki, bunday matritsada "qattiq gaz", ya'ni gaz fazasidagi, ammo ma'lum holatlarda belgilangan alohida molekullar mavjud. Matritsada tekshirilayotgan moddaning molekullari bir-biri bilan o'zaro ta'sir qilmaydi. Bundan tashqari, atrofning ushbu molekullarga ta'siri minimaldir.

Matritsa, infraqizildan ultrabinafsha nurlanishgacha bo'lgan barcha spektral diapazonda shaffofdir, bu juda qulay, ya'ni molekulyar tuzilish haqida batafsil ma'lumot olish mumkin. Matritsa spektrlarida o'rganilayotgan molekullarning aylanish erkinligi darajalari chiqarib tashlanadi, bu esa spektral polosalarning sezilarli torayishiga olib keladi va spektrlarni yanada informativ qiladi. Gomologik qatordagi eng faol spirtlardan metanol va etanol spirtlari matritsali izolyatsiya usuli bilan o'rganilgan. Matritsali izolyatsiyada spirtlarni o'rganish, turli xil birikmalarning matritsa turiga sezgirligini, spirt molekullari

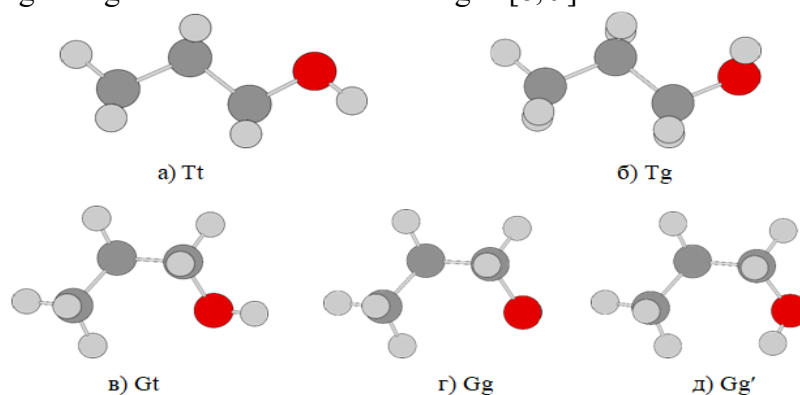
sonining matritsa molekullari soniga nisbatini va namunadagi haroratni aniqlashga imkon beradi [4].

Tahlil va natijalar. Propanol molekullari (yoki propil spirt, uning tuzilish formulasi $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ shakliga ega) boshqa bir atomli spirtlarning molekullari singari, ular orasida molekullararo vodorod bog'lanishlari paydo bo'lishi sababli agregatlar hosil qilishga qodir [5]. Biroq propanoldagi molekulyar klasterlarning o'lchamlari va strukturasi xususiyatlari haqidagi savol, eksperimental va nazariy tadqiqotlar o'tkazilsa-da, hali ham ochiq bo'lib qolmoqda. Alkil zanjirlarida "bir" dan katta uglerod atomi bo'lgan bir atomli spirt molekullari har xil barqaror konformatsiyalar hosil qilishi mumkin. Ushbu xususiyat rotatsion izomeriya deb ataladi. Bu atomlar kimyoviy bog'lanishlar atrofida aylanishi bilan bog'liq. Spirt molekullari uchun uchta; taxminan 180° , 60° va -60° ikkiyoqli burchaklar mavjud. Shunday qilib, mos ravishda uch xil konformatsiya mavjud bo'lishi mumkin: trans (180°), gosh (60°) va gosh' (-60°). Mumkin bo'lgan strukturalarning umumiy sonini 3^N formuladan foydalanib hisoblash mumkin, bu yerda N - molekuladagi strukturali ikkiyoqli burchaklar soni. Propanol molekulasida bu burchaklar: CCCO va CCOH dir. Shunday qilib, propanol molekulasining mumkin bo'lgan konformatsiyalarining umumiy soni 9 ta.

Ular, funksional guruhlarining C-C bog'lanishlari atrofida nisbiy aylanishi natijasida hosil bo'ladi. Shunday qilib, propanol konformatsiyalari (ba'zan rotamerlar deb ham ataladi) bir-biridan CCCO va CCOH ikki yoqli burchaklarning gradus o'lchovi bilan farq qilib, ularning har biri $\approx 180^\circ$ (trans-konformatsiya), $\approx 60^\circ$ (gosh-konformatsiya) yoki $\approx -60^\circ$ (gosh' - konformatsiya) qiymatini qabul qila oladi. Har bir konformatsiya CCCO va CCOH ikki yoqli burchaklari uchun umumiy qabul qilingan sxemadan foydalangan holda, ramziy kod bilan bosh harflar va kichik harflar bilan T, t trans- uchun, G, g gosh- uchun ba G' g' gosh'- uchun konfiguratsiyalari bilan belgilaymiz.

Shunday qilib, 9 ta propanol konformatsiyalari Tt, Tg, Tg', Gt, Gg, Gg', G't, G'g, G'g' dan iborat. Ularning to'rt jufti (Tg va Tg', Gt va G't, Gg va Gg', G'g va G'g') enantiomerlar, ya'ni bir-birlarining ko'zgu tasvirlari hisoblanadi, shuning uchun ularning energiya va optik parametrlari bir xil bo'ladi. Shunga asoslangan holda, biz propanolning atigi 5 xil turli konformatsiyalarini ko'rib chiqamiz, bular: Tt (ikki yoqli burchak CCCO= 180° , CCOH= 180°), Tg (CCCO= 180° , CCOH= 60°), Gt (CCCO= 60° , CCOH= 180°), Gg (CCCO= 60° , CCOH= 60°), Gg' (CCCO= 60° , CCOH= -60°) [6, 7].

Propanol molekulasining beshta konformatsiyasining optimal geometrik tuzilishi B3LYP funksional va cc-pVTZ bazis to'plami yordamida, DFT kvanto-kimyoviy usul bilan hisoblab chiqilgan. 1- rasmda propanol molekulasining beshta turli konformatsiyalari – Tt, Tg, Gt, Gg va Gg' sxematik tarzda tasvirlangan [8, 9].



1-rasm. B3LYP/cc-pVTZ yaqinlashuvida DFT usuli bilan hisoblangan propanol konformatsiyalarining optimal tuzilmalari: Tt (a), Tg (b), Gt (c), Gg (d), Gg' (e).

Eng barqaror konformatsiya energiyasi va qolgan konformatsiyalarning energiyalari orasidagi farqning hisoblangan qiymatlari 1-jadvalda ham ko'rsatilgan.

1-jadval. Dipol momentlari, elektron energiyasi va Gibbsning turli xil propanol

konformatsiyalarining erkin energiyasining hisoblangan qiymatlari.

Konformatsiya	Tt	Tg	Gt	Gg'	Gg
Dipol moment, Δ	1,43	1,64	1,47	1,61	1,59
Energiya E, xatri	-194,433730	-194,433876	-194,433837	-194,433690	-194,433959
Energiya E, kJ/mol	-510 582,975	-510 583,358	-510 583,256	-510 582,870	-510 583,576
ΔE , kJ/mol	0,601	0,218	0,32	0,706	0
Gibbsning erkin energiyasi G, xatri	-194,353496	-194,353540	-194,353474	-194,353226	-194,353428
Gibbsning erkin energiyasi G, kJ/mol	-510372,28	-510372,396	-510372,223	-510371,571	-510372,102
ΔG , kJ/mol	0,709	0,825	0,652	0	0,531

Hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki, global minimal energiyadan eng katta farq 0,706 kJ/mol – Gg' konformatsiyada kuzatiladi, ya'ni Gg' konformatsiyasi eng kichik barqarorlikka ega degan xulosaga kelish mumkin [10].

Xulosa va takliflar. Yuqoridagi fikrlarni umumlashtirib, xulosa qilish mumkinki, Infraqizil yutilish spektroskopiyasi usuli va kvanto-kimyoviy modellashirish yordamida propanolning konformatsion tarkibining har xil fazaviy holatlarini aniqlash mumkin. Kvanto-kimyoviy hisoblashlar yordamida propanolning barcha mumkin bo'lgan konformatsiyalarining strukturaviy va energetik parametrlarining eng barqarori Gg konformatsiya shakli, eng past barqarorlik esa Gg' konformatsiya shakli ekanligi ko'rsatildi. Bunda Tg konformatsiya eng katta, Tt konformatsiya esa eng kichik dipol momentiga ega ekanligi aniqlandi. Propanol molekulasiining potensial energiya yuzasini skanerlash orqali turli xil konformatsiyalar orasidagi energiya to'siqlarining balandligi aniqlandi. Eng past to'siq Gt va Gg' konformatsiyalar o'rtasida (uning balandligi 3,2 kJ/mol dan oshmaydi), eng yuqori esa Gg va G'g, shuningdek Gt va G't konformatsiyalari juftlari o'rtasida kuzatilganligi o'rganildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ilm-fanni 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasi // O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 29-oktabrdagi PF-6097-sonli Farmoni, №1, Ilova, 3.2 b.
2. Дорошенко И. Кластерная структура жидких спиртов: исследование методами колебательной спектроскопии / Дорошенко И., Пицевич Г., Шаблинская В. – Заарбрюкен: LAP LAMBERT Academic Publishing, –Germany. 2012. –279 с.
3. Дорошенко И., Васкиевский Е., Мейлиев Л., Куйлиев Б. Квантово-химическое моделирование конформационного разнообразия димеров пропанола // Узбекский физический журнал. 2020. –Т.22, –№3. –С.182-187
4. L.O. Meyliyev, B.T.Qo'yliyev, I.Y. Doroshenko. Konformatsion xilma-xillik va molekulararo o'zaro ta'sirning spektral namoyon bo'lishi. – Qarshi, 2023.
5. L.O. Meyliyev. Propanoldagi konformatsion xilma-xillikni va molekulararo o'zaro ta'sirning spektral namoyon bo'lishi: Fiz.mat. fan. fals. dok. diss. avtoref. – Samarqand , 2022. -24 bet
6. Larsen R.W., Zielke P., Suhm M.A. Hydrogen-bonded OH stretching modes of methanol clusters: A combined IR and Raman isotopomer study // Journal of Chemical Physics. – USA, 2007. –V.126, –p.194307.
7. Doroshenko I., Pogorelov V., Sablinskas V., Balevicius V. Matrix-isolation study of cluster formation in methanol: O-H stretching region // Journal of Molecular Liquids. –USA, 2010. –V.157, –pp.142-145.
8. Yu Y., Wang Y., Hu N., Lin K., Zhou X., Liu S. C β -H stretching vibration as a new probe for conformation of n-propanol in gaseous and liquid states // Physical Chemistry Chemical

Physics. –United Kingdom, 2016. –V.18, –pp.10563-10572.

9. Wassermann T.N., Suhm M.A., Roubin P., Coussan S. Isomerization around C-C and C-O bonds in 1-propanol: Collisional relaxation in supersonic jets and selective IR photo-isomerization in cryogenic matrices// Journal of Molecular Structure. –Amsterdam, 2012. – V.1025, –p.2032

10. Benmore C.J., Loh Y.L. The structure of liquid ethanol: A neutron diffraction and molecular dynamics study// Journal of Chemical Physics. –USA, 2000. –V.112, –pp.5877-5883.

YARIM O‘TKAZGICHLARDA NOSTATSIONAR YORITISH SHAROITIDA TASHUVCHILAR DIFFUZIYASI VA REKOMBINATSIYASINING FOTOTOK HOSIL BO‘LISHIGA TA’SIRI

Kasimaxunova Anarxan Mamasadikovna

Farg‘ona davlat texnika universiteti elektr energetikasi kafedrası professori

kasimahunova@rambler.ru

ORCID 0000-0002-1253-1955

Mamarasulov Qudratbek Shuxratbek o‘g‘li

Farg‘ona davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

mamarasulovqudratillo7@gmail.com

ORCID 0009-0003-5748-7665]

UDK 537.311

Annotatsiya. Ushbu maqolada yarim o‘tkazgichli fotoo‘zgartirgichlardagi impulsli yoritish natijasida paydo bo‘ladigan spektral fototok, zaryad tashuvchilar yig‘ilish koeffitsiyenti $Q(t)$ va ochiq zanjir kuchlanishining vaqt bo‘yicha evolyutsiyasi batafsil tahlil qilinadi. Ishda kuchli va qisqa yorug‘lik impulsli berilgandan keyin tashuvchilar diffuziyasi va rekombinatsiyasi kabi o‘tkinchi jarayonlar fizik jihatdan yoritiladi. Matematik model Gaussning xatolik funksiyasi va uning komplemetariy xatolik funksiyasi (erfc) yordamida yechiladi; diffuziya va rekombinatsiya jarayonlari uchun Fik qonuni va Eynshteyn munosabatlari asos qilib olinadi. Modellashirish MATLAB muhiti va trapezoidal qoidasi yordamida amalga oshirilgan. Fototokning yig‘ilish koeffitsiyenti, yutilish koeffitsiyenti va yorug‘lik intensivligi bilan bog‘liqligi hamda kuchlanishning yoritish darajasiga bog‘liq ravishda vaqt bo‘yicha o‘zgarishi keltiriladi. Natijalar grafiklar orqali namoyish etilib, fizik talqin qilindi.

Kalit so‘zlar: Impulsli yoritish, fototok, zaryad tashuvchilar diffuziyasi, rekombinatsiya jarayonlari, yig‘ilish koeffitsiyenti $Q(t)$, ochiq zanjir kuchlanishi, Gauss xatolik funksiyasi, MATLAB modellashirish, trapetsiya qoidasida integrallash, yutilish koeffitsiyenti

THE EFFECT OF CARRIER DIFFUSION AND RECOMBINATION ON PHOTOCURRENT GENERATION IN SEMICONDUCTORS UNDER NON- STATIONARY ILLUMINATION CONDITIONS

Abstract. This article analyzes in detail the time evolution of the spectral photocurrent, the carrier collection coefficient $Q(t)$ and the open-circuit voltage resulting from pulsed illumination in semiconductor photoswitches. In the work, transient processes such as carrier diffusion and recombination after a strong and short light pulse are physically elucidated. The mathematical model is solved using the Gaussian error function and its complementary error function (erfc); Fick's law and Einstein's relations for diffusion and recombination processes are taken as the basis. The modeling was performed using the MATLAB environment and the trapezoidal rule. The dependence of the photocurrent on the collection coefficient, absorption coefficient and light intensity, as well as the time variation of the voltage depending on the illumination level, are presented. The results are displayed graphically and physically interpreted.

Keywords: Pulsed illumination, photocurrent, carrier diffusion, recombination processes, collection coefficient $Q(t)$, open-circuit voltage, Gaussian error function, MATLAB modeling, trapezoidal rule integration, absorption coefficient

Kirish. Impulsli yoritilgan spektral fototok deganda yarim o‘tkazgichga qisqa muddatli yorug‘lik impulsli berilganda hosil bo‘ladigan va undan keyingi diffuziya hamda rekombinatsiya jarayonlari natijasida vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan fototok tushuniladi [1].

Ushbu tadqiqot mavzusi quyosh elementlari, fotodiodlar va boshqa fotoo'zgartirgichlarda sezgirlikni yaxshilash hamda elektronika qurilmalarining tranzient javobini tahlil qilish uchun muhimdir [2].

$$\frac{\partial n(x, t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n(x, t)}{\partial x^2}$$

Fikning ikkinchi qonuniga ko'ra diffuziya natijasida konsentratsiya profilining x koordinata bo'yicha tarqalish uzunligi $L = 2\sqrt{Dt}$ bilan belgilanadi, bu diffuziya jarayonining qanchalik chuqur kirib borishini ifodalaydi [3]. Asosiy diffuziya parametrlaridan biri bo'lgan diffuziya koeffitsiyenti D Eynshteyn munosabati bilan tashuvchilar mobilligi va temperaturaga bog'langan: zaryadlangan zarra uchun ekvivalent $D = \mu \frac{k_B T}{q}$ tarzda yoziladi [4].

Quyosh elementlarida yoki fotodiodlarda yorug'lik fotonlari yarim o'tkazgichda so'riladi. So'rilish chuqurligi yorug'likning to'liq uzunligiga va materialning yutilish koeffitsiyenti α ga bog'liq bo'lib, absorbsiya chuqurligi uning teskarisi sifatida aniqlanadi [5]. Qisqa to'liqli (yuqori energiyali) nur yuzaga yaqin so'riladi, uzun to'liqli nur esa chuqurroq kirib boradi. So'rilgan fotonlar elektron-teshik juftlarini hosil qiladi; bu tashuvchilar diffuziyasi va rekombinatsiyasi natijasida vaqt o'tishi bilan kamayadi. Minority (kamchilik) tashuvchilarning o'rtacha yashash vaqti τ rekombinatsiya tezligiga bog'liq; u tashuvchining qancha vaqt davomida eksitatsiya holatida qolishini ifodalaydi [6]. Uzun yashash vaqti tashuvchilarni uzoqroq vaqt saqlaydi, shuning uchun fotoo'zgartirgich samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Fototokning amplitudasi va chiqariladigan kuchlanish yoritish darajasiga ham bog'liq. Quvvat manbasi uzilib, ochiq zanjirda yoritilgan fotoelementning kuchlanishi V_{oc} (ochiq zanjir kuchlanishi) sifatida aniqlanadi. PVEducation manbalariga ko'ra, V_{oc} yorug'lik tomonidan hosil qilingan tok va dioda to'yingan tokining nisbatiga logarifmik tarzda bog'liq va rekombinatsiya bilan cheklanadi [7]. Ochik zanjir kuchlanishi harorat oshishi bilan odatda pasayadi, chunki to'yingan tok I_0 harorat ko'tarilishi bilan eksponential ortadi [7]. Bu kuchlanish yadro materialining yasalgan taqiqlangan soha (bandgap) energiyasidan katta bo'lishi mumkin emas.

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu tadqiqotning maqsadi yarim o'tkazgichda impulsli yorug'lik bilan hosil bo'ladigan fototok va kuchlanish jarayonlarini analitik hamda raqamli modellashtirish orqali o'rganish, fizik mohiyatini yoritish va natijalarni grafik tarzda taqdim etishdan iborat.

Modelning nazariy asoslari. Yorug'lik impulsi davomida yarim o'tkazgichda zaryad tashuvchilarning hosil bo'lishi, diffuziyasi va rekombinatsiyasi jarayonlari analitik tarzda quyidagicha ifodalanishi mumkin. Impuls paytida yutilish koeffitsiyenti α_0 bo'yicha tarqalayotgan fotonlar elektron-teshik juftlarini yaratadi. Yorug'lik impulsining energiyasi E_0 va impulsiz davrga nisbatan yaratilgan tashuvchilar soni qo'shilma sifatida kiritiladi. Yig'ilish jarayoni uchun olingan analitik ifoda quyidagi ko'rinishga ega:

$$j(t) = qE_0\alpha_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} a\sqrt{Dt} + \operatorname{erf}\left(\frac{a - \alpha_0\sqrt{Dt}}{\sqrt{Dt}}\right) \right]$$

bu yerda q – elektronning elementar zaryadi, D – diffuziya koeffitsiyenti, τ – tashuvchilarning yashash vaqti, a – dispersiya parametri, $\operatorname{erf}(x)$ – Gauss xatolik funksiyasi. Xatolik funksiyasi erf integrali $\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt$ bilan aniqlanadi [8]. Komplementariy xatolik funksiyasi esa $\operatorname{erfc}(z) = 1 - \operatorname{erf}(z)$ ko'rinishda beriladi [9]. Bu funksiya diffuziya tenglamasining chegara shartlari bilan yechilishida paydo bo'ladi va hosil bo'lgan tashuvchilarning tarqalish ehtimolini ifodalaydi.

Fototokning vaqt bo'yicha integral ta'siri (yig'ilish koeffitsiyenti) $Q(t)$ quyidagi formula bilan ta'riflanadi:

$$Q(t) = \frac{1}{E_0} \int_0^t j(t') dt'$$

Integralni analitik yopiq ko‘rinishda olish murakkab bo‘lgani uchun, vaqt bo‘yicha integrallashda raqamli usul – trapetsiya qoidasidan foydalanildi. Trapezoidal qoida ma’lum oraliqda funksiya grafigi ostidagi maydonni ikki-uch nuqtadagi qiymatlar orqali trapetsiya shakliga keltirib integrallashni ta’minlaydi; uning oddiy shakli $\int_a^b f(x) dx \approx \frac{b-a}{2} [f(a) + f(b)]$ tarzda yoziladi [10]. Agar oraliq kichik bo‘laklarga bo‘linib, har bir bo‘lakka shu qoida qo‘llansa, kompozit trapetsiya qoidasiga erishiladi va aniqlik oshadi [11].

Diffuziya va rekombinatsiya parametrlari

Modelda quyidagi fizik parametrlar qabul qilindi:

- Elektron zaryadi - $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Diffuziya koefitsiyenti – $D = 25 \text{ cm}^2/\text{s}$ yoki $25 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Diffuziya koefitsiyenti tashuvchilar mobilligiga bog‘liq; Eynshteyn munosabatiga binoan $D = \mu \frac{k_B T}{q}$ ekanligi ta’kidlanadi [4].

• Tashuvchi yashash vaqti $-\tau = 1 \times 10^{-6} \text{ s}$, u rekombinatsiya tezligi bilan teskari proporsional va materialning kamchilik tashuvchilari qancha vaqt yashashini belgilaydi.

• Yutilish koefitsiyenti – $\alpha_0 = 50 \div 440 \text{ m}^{-1}$. Absorbtsiya chuqurligi $L_\alpha = \frac{1}{\alpha_0}$ ga teng.

• Impulsning tugash vaqti – $t_0 = 3 \times 10^{-6} \text{ s}$, ya’ni yorug‘lik impulsi uch marta yashash vaqtiga teng intervalda davom etadi.

Yorug‘lik impulsi tugaganidan so‘ng diffuziya va rekombinatsiya jarayonlari boshlanadi. Fik qonuniga muvofiq diffuziya jarayonining tarqalish uzunligi $L_d = 2\sqrt{Dt}$ sifatida aniqlanadi [12]. Bu ifoda tushunishda muhim, chunki t ortishi bilan tashuvchilar diffuziya orqali chuqurroq kirib boradi va rekombinatsiya jarayoni bilan birga konsentratsiya kamayadi [13].

MATLAB da modellash tirish ishlari

Modelning raqamli simulyatsiyasi MATLAB muhitida amalga oshirildi. Yorug‘lik impulsining vaqt profili $E(t)$ impuls davomida, undan tashqarida nol sifatida belgilandi [14]. Fototok formulasidagi integral trapetsiya qoidasidan foydalangan holda vaqt oralig‘ida sonli hisoblandi. Xatolik funksiyasini hisoblash uchun standart erf funksiyasi bilan birga, yuqori aniqlikda yaqinlashuv ko‘rinishi ishlatildi. Yig‘ilish koefitsiyenti $Q(t)$

va ochiq zanjir kuchlanishi $u(t)$ turli α_0 va yorug‘lik intensivligi E_0 qiymatlari uchun hisoblandi [15].

Ochiq zanjir kuchlanishi modeli quyidagicha integral orqali ifoda etildi:

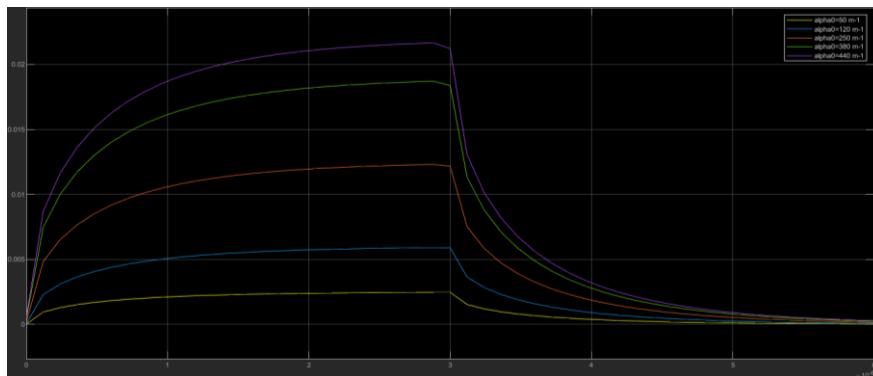
$$u(t) = \frac{k_B T}{q} \ln \left(1 + \frac{1}{n_0} \int_0^t j(t') dt' \right)$$

bu erda n_0 – normalizatsiyalangan zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi, $k_B T/q$ – termal kuchlanish. P-Elementlarda ochiq zanjir kuchlanishi yorug‘likdan hosil bo‘lgan tok va to‘yingan tokning nisbatiga logarifmik bog‘lanishi ham shu ifodani eslatadi [17].

Simulyatsiya parametrlari:

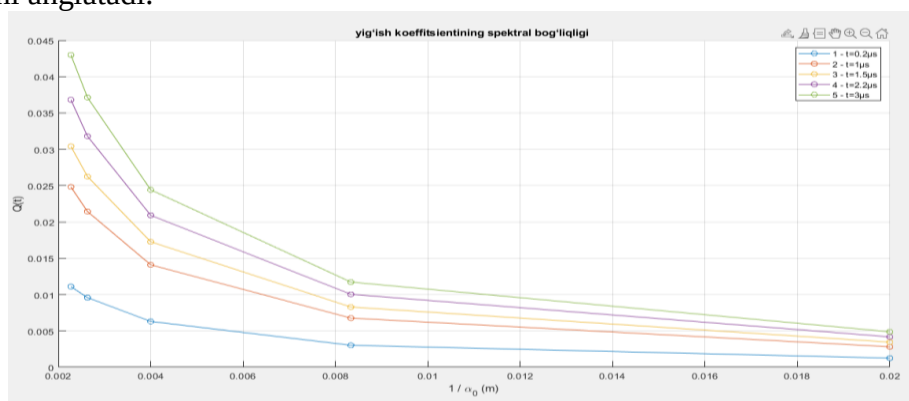
- **Yutilish koefitsiyentlari:** $\alpha_0 = \{50, 120, 250, 380, 440\} \text{ m}^{-1}$
- **Yorug‘lik intensivligi:** $E_0 = \{1, 40, 500\} \text{ W/m}^2$
- **Vaqt oralig‘i:** $t \in [0, 10 \mu\text{s}]$.
- **Trapetsiya qoidasi:** kompozit trapetsiya qoidasida integral hisoblash uchun trapz funksiyasi qo‘llanildi.

Natijalar. Fototok va yig'ilish ko'effitsiyenti. Model asosida fototokning komponentlari yorug'lik berilayotgan paytdagi o'sish jarayoni va yorug'lik o'chganidan keyingi pasayish jarayoniga ajraladi [18]. O'sish bosqichida Gauss xatolik funksiyasi orqali ifodalangan qo'shiluvchilar tashuvchilarni yig'ilish vaqtini hisobga oladi, pasayish bosqichida esa komplemetariy xatolik funksiyasi orqali diffuziya va rekombinatsiya ta'siri aks ettiriladi.



1-rasm – $Q(t)$ ning vaqtga bog‘liqligi.

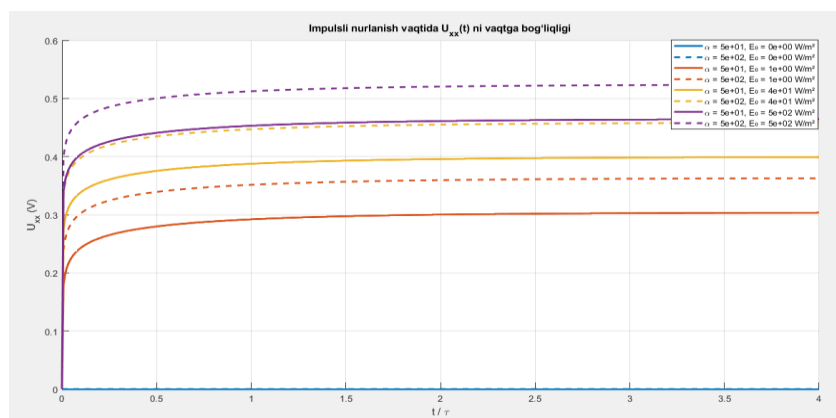
Turli yutilish koeffitsiyentlari uchun yig'ilish koeffitsiyenti $Q(t)$ ning vaqtga bog'liqligi 1-rasmda tasvirlangan (quyida keltirilgan). Grafikdan ko'rinishicha, $Q(t)$ 0–3 mks oralig'ida tezda oshadi, ya'ni yorug'lik impulsi davomida tashuvchilar to'planadi. α_0 qiymati oshgan sari maksimal $Q(t)$ qiymati ham ortadi: eng katta $\alpha_0 = 440 \text{ m}^{-1}$ (siyoh chiziq) holatda $Q(t)$ eng yuqori qiymatga yetadi, eng kichik $\alpha_0 = 50 \text{ m}^{-1}$ (qizil chiziq) esa pastroq darajada qoladi. 3 mksdan so'ng yorug'lik o'chadi va pasayish bosqichi boshlanadi; $Q(t)$ keskin kamayadi. Bu diffuziya va rekombinatsiya jarayonlarining ustunligini anglatadi.



2-rasm – $Q(\alpha_0)$ ning spektral bog‘liqligi.

Yig'ilish koeffitsiyenti qiymati α_0 ga bog'liq ravishda turli vaqt qiymatlarida tahlil qilindi. Grafik 2-rasmda ko'rsatilganidek, kichik vaqtlar (1–2 mks) uchun Q deyarli barcha α_0 qiymatlarida katta bo'lib, α_0 ortgani sari juda oz kamayadi. Vaqt oshgani sayin ($t=4$ mks va undan ko'p) α_0 ortishi bilan Q tez pasayadi, chunki yuqori yutilish koeffitsiyenti nurning yuzaga yaqin so'rilishiga olib keladi va tashuvchilarni diffuziya orqali chuqurroq yetib borishiga imkon bermaydi. Aksincha, past α_0 qiymatlarida nur chuqurroq so'riladi va diffuziya masofasi uzun, natijada Q qiymati yuqoriroq bo'ladi.

Ochiq zanjir kuchlanishi. Impulsli yorug'lik ta'sirida ochiq zanjir kuchlanishi $u(t)$ ning vaqt bo'yicha evolyutsiyasi 3-rasmda keltirilgan. Grafiklarda yorug'lik intensivligining past (1 W/m^2), o'rta (40 W/m^2) va yuqori (500 W/m^2) qiymatlari uchun uchta chiziq tasvirlangan. Kuchlanishning boshlanishida $u(t) \approx 0 \text{ V}$ bo'ladi; kuchsiz nurlanishda kuchlanish deyarli nolga teng. Yorug'lik impulsining kuchi oshgan sari kuchlanish ham ancha keskin oshadi: 500 W/m^2 holatida kuchlanish 0.52 V gacha yetadi. Bu ochiq zanjir kuchlanishi yoritish darajasi bilan logarifmik bog'liqligini, shuningdek, diod to'yingan toki bilan cheklanayotganini ko'rsatadi[5].



3-rasm – Impulsli nurlanish vaqtida $U_{xx}(t)$ ni vaqtga bog'liqligi.

Muhokama. Yig'ilish ko'effitsiyenti $Q(t)$ va ochiq zanjir kuchlanishi $u(t)$ modellarining natijalari fizik mohiyat bilan bevosita bog'liq. Yutilish ko'effitsiyenti ortishi bilan nurning so'rilish chuqurligi kamayadi [19]; shuning uchun α_0 katta bo'lgan holatda tashuvchilar asosan yuzaga yaqin qatlamda hosil bo'ladi va diffuziya masofasi kichik bo'ladi. Bu $Q(t)$ ning maksimal qiymatini oshiradi, chunki ko'proq tashuvchilar hosil bo'ladi, lekin ular tezda rekombinatsiya qilgani uchun pasayish bosqichi keskin kechadi. Past α_0 qiymatida esa nur chuqurroq kirib boradi, diffuziya uzunligi ortadi va tashuvchilar uzoqroq vaqt davomida saqlanadi. Bu holatda Q nisbatan past, biroq pasayish jarayoni sekinroq.

Diffuziya va rekombinatsiya jarayonlari. Fikning ikkinchi qonunida diffuziya jarayoni konsentratsiyaning vaqt bo'yicha derivativiga to'g'ri keladi. Yechilishda xatolik funksiyasi va uning komplimenti paydo bo'lishi fizik jihatdan yarimo'tkazgich sirtidagi *Heaviside step* shartlariga to'g'ri keladi: yorug'lik impulsi berilganda sirt konsentratsiyasi keskin o'zgaradi va diffuziya tenglamasining *erfc* yechimi bilan ifodalanadi [20]. Diffuziya uzunligi $2\sqrt{Dt}$ ortishi bilan konsentratsiya profili tarqaladi[3]; bu yig'ilish ko'effitsiyentining pasayish bosqichini tushuntiradi. Tashuvchilarning yashash vaqti τ rekombinatsiya tezligini belgilaydi; katta bo'lsa, tashuvchilar ko'proq vaqt saqlanadi va $Q(t)$ ning pasayishi sekinroq, τ kichik bo'lsa esa pasayish tezdir.

Ochiq zanjir kuchlanishi. Fotogeneratorlar fizik jihatidan juda muhim parametrdir. PVEducation manbalariga ko'ra, V_{oc} yorug'lik tomonidan hosil qilingan tok va dioda to'yingan tokining nisbatiga logarifmik tarzda bog'liq, ya'ni rekombinatsiya jarayoni kuchlanishni cheklaydi [7]. Bu tadqiqotda qo'llangan modelda ham kuchlanish integral natijasiga logarifmik funksiya orqali bog'langan. Yorug'lik intensivligi oshgani sayin hosil bo'ladigan tashuvchilar soni va tok ortadi; natijada $u(t)$ keskin o'sadi. Biroq bandbo'shliqqa yaqin kuchlanish qiymatlarida rekombinatsiya jarayoni kuchayib, kuchlanish to'yingan qiymatga yetadi.

Cheklovlar va kelajak tadqiqotlar. Keltirilgan model bir qator soddalashtiruvchi farazlarga asoslanadi:

- 1) diffuziya ko'effitsiyenti va yashash vaqti vaqtga va tashuvchilar konsentratsiyasiga bog'liqligi yo'q deb olindi;
- 2) sirtni mukammal tutashish deb faraz qilindi, ya'ni sirt rekombinatsiyasi va sig'im effektlari hisobga olinmadi;
- 3) yorug'lik impulsining profili ideal to'g'ri to'rtburchak deb qabul qilindi. Amaliy qurilmalarda ko'plab qo'shimcha omillar – sirt holati, defektlar, to'lqin uzunligiga bog'liq $\alpha(\lambda)$, yoritish profilining spektral tarkibi va kontaktlar qarshiligi – mavjud bo'lib, ularni hisoblash uchun to'liq raqamli yechimlar yoki ehtimollik metodlari talab etiladi. Kelajak tadqiqotlarda ushbu omillarni inobatga olgan holda model takomillashtirilishi va tajriba ma'lumotlari bilan solishtirilishi mumkin.

Xulosa. Yarim o'tkazgichli fotoo'zgartirgichlarda impulsli yoritish natijasida hosil

bo'ladigan spektral fototok va ochiq zanjir kuchlanishining vaqtga bog'liqligi analitik hamda raqamli modellashirildi. Modelda xatolik funksiyasi va uning komplimenti asosida diffuziya va rekombinatsiya jarayonlari hisobga olindi; trapetsiya qoidasi orqali integral hisoblandi. Natijalar quyidagilarni ko'rsatdi:

1. **Yig'ilish ko'effitsiyenti $Q(t)$** o'sish bosqichida tezda ortadi va yorug'lik impulsining tugashi bilan keskin kamayadi. α_0 ortishi maksimal Q qiymatini oshiradi, lekin pasayish jarayoni tezlashadi.

2. **Spektral bog'liqlik:** yuqori yutilish ko'effitsiyenti nurni yuzaga yaqin so'rilishiga olib keladi va Q ning vaqt bo'yicha maksimal qiymatini oshiradi. Past α_0 holatida nur chuqurroq kiradi, diffuziya masofasi katta bo'lib, pasayish sekin kechadi.

3. **Ochiq zanjir kuchlanishi $u(t)$** yorug'lik intensivligiga logarifmik bog'liq. Kuchlanish yorug'lik impulsining davomida o'sadi, intensivlik oshishi bilan maksimal kuchlanish ortadi, so'ngra rekombinatsiya ta'sirida pasayadi.

Mazkur natijalar fotodiodlar va quyosh elementlarining tranzient javobini tushunish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Ular material tanlash, qurilma dizaynini optimallashtirish va fototokni yutuvchi strukturalarni loyihalashda muhim ahamiyatga ega. Kelgusida modelga sirt effektlari, sig'im va defektlar kabi omillar qo'shilib, tajriba bilan solishtirilsa, fotoo'zgartirgichlarning ishlashini yanada chuqurroq yoritish mumkin bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Atkins, P., & de Paula, J. (2014). Physical chemistry (10th ed.). Oxford University Press.
2. Blakemore, J. S. (1982). Solid state physics (2nd ed.). Cambridge University Press.
3. Fick's laws of diffusion. (2023). In Wikipedia. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Fick%27s_laws_of_diffusion
4. Einstein relation (kinetic theory). (2023). In Wikipedia. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Einstein_relation_\(kinetic_theory\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Einstein_relation_(kinetic_theory))
5. Absorption depth. (2023). In PVEducation. Retrieved from <https://www.pveducation.org/pvcdrom/pn-junctions/absorption-depth>
6. Minority-carrier lifetime. (2023). In PVEducation. Retrieved from <https://www.pveducation.org/pvcdrom/pn-junctions/minority-carrier-lifetime>
7. Open-circuit voltage. (2023). In PVEducation. Retrieved from <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/open-circuit-voltage>
8. Error function. (2023). In Wikipedia. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Error_function
9. Trapezoidal rule. (2023). In Wikipedia. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Trapezoidal_rule
10. Sze, S. M., & Ng, K. K. (2007). Physics of semiconductor devices (3rd ed.). Wiley.
11. Nelson, J. (2003). The physics of solar cells. Imperial College Press.
12. Green, M. A. (1995). Silicon solar cells: Advanced principles & practice. Centre for Photovoltaic Devices and Systems, UNSW.
13. Shockley, W., & Queisser, H. J. (1961). Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells. Journal of Applied Physics, 32(3), 510–519. <https://doi.org/10.1063/1.1736034>
14. Hegedus, S., & Luque, A. (2011). Handbook of photovoltaic science and engineering (2nd ed.). Wiley.
15. Markvart, T. (2000). Solar electricity (2nd ed.). Wiley.
16. Würfel, P. (2009). Physics of solar cells: From basic principles to advanced concepts (2nd ed.). Wiley-VCH.
17. Fonash, S. J. (2010). Solar cell device physics (2nd ed.). Academic Press.
18. Pankove, J. I. (1971). Optical processes in semiconductors. Dover Publications.
19. Streetman, B. G., & Banerjee, S. K. (2015). Solid state electronic devices (7th ed.). Pearson.
20. Yu, P. Y., & Cardona, M. (2010). Fundamentals of semiconductors: Physics and materials properties (4th ed.). Springer.

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ НАНОПЛЕНОК СОЗДАНЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ

Сардор Эшбобоев

Каршинский государственный университет, соискатель

sardoreshboboyev919602944@gmail.com

ORCID 0009-0009-9949-7187

УДК 533.537

Аннотация. В данной научной работе подробно исследованы элементный состав, структурные и морфологические особенности тонких никелевых плёнок, осаждённых на кремниевые подложки методом ионно-плазменного напыления с последующим вакуумным термическим отжигом. Для более глубокого анализа фазовых превращений и структурных изменений использовались современные методы: рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС), рентгеновская дифракция (РД), а также сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. В результате проведённых исследований установлено формирование перехода от фазы моносилеида никеля (NiSi) к дисилициду никеля (NiSi_2). Определены основные закономерности роста кристаллитов, особенности взаимодействия плёнки с подложкой и механизм диффузии атомов никеля в кремний. Проведённый калибровочный анализ подтвердил достоверность и воспроизводимость полученных экспериментальных данных. Полученные результаты имеют важное практическое значение для разработки и оптимизации тонкоплёночных полупроводниковых структур, а также для улучшения электрических и структурных свойств металл–полупроводниковых систем, используемых в нанoeлектронике и сенсорных устройствах.

Ключевые слова: силициды никеля, ионно-плазменное осаждение, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, рентгеновская дифракция, морфология поверхности, тонкие плёнки, фазовые переходы.

KREMNIY SIRTIDA HOSIL QILINGAN NANOPLYONKALAR SIRTINING ELEMENTAR TARKIBINI O'RGANISH

Annotatsiya. Ushbu ilmiy ishda ion-plazmali purkash usuli yordamida kremniy tagliklarga cho'ktirilib, keyinchalik vakuumda issiqlik bilan ishlov berilgan yupqa nikel plyonkalarining element tarkibi, tuzilish va morfologik xususiyatlari batafsil o'rganildi. Fazaviy o'zgarishlar va struktura evolyutsiyasini chuqur tahlil qilish maqsadida zamonaviy tadqiqot usullari qo'llanildi: rentgen fotoelektron spektroskopiyasi (RFES), rentgen difraksiyasi (RD), shuningdek, skanerlovchi va o'tkazuvchi elektron mikroskopiya. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida nikel monosilikid (NiSi) fazasidan nikel disilikid (NiSi_2) fazasiga o'tish jarayoni aniqlangan. Kristallitlarning o'sish qonuniyatlari, plyonkaning taglik bilan o'zaro ta'sirlanish xususiyatlari hamda nikel atomlarining kremniyga diffuziya mexanizmi belgilandi. Keng qamrovli kalibrovka tahlili olingan eksperimental natijalarning ishonchliligi va takrorlanishini tasdiqladi. Olingan ilmiy ma'lumotlar yupqa plyonkali yarimo'tkazgichli strukturalarni yaratish va optimallashtirish, shuningdek, nikel-kremniy asosidagi metal-yarimo'tkazgich tizimlarining elektr hamda struktura xususiyatlarini yaxshilashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: nikel silitsidlari, ion-plazma cho'ktirish, rentgen fotoelektron spektroskopiyasi, rentgen difraksiyasi, sirt morfologiyasi, yupqa plyonkalar, fazaviy o'tishlar.

Введение. В последние годы нанотехнологии и микроэлектроника стремительно развиваются, что требует глубокого понимания процессов, происходящих на границе металл–полупроводник. Среди множества материалов, используемых в производстве полупроводниковых структур, силициды никеля (NiSi и NiSi_2) занимают особое место благодаря их высокой термической стабильности, низкому удельному сопротивлению и хорошей совместимости с кремниевыми подложками [1–5].

Особый интерес вызывает процесс фазового перехода от моносилеида никеля (NiSi) к дисилициду никеля (NiSi_2), который оказывает существенное влияние на электрические и структурные свойства получаемых плёнок. Изучение этих процессов имеет не только фундаментальное значение, но и важное

прикладное значение для создания высокоэффективных элементов нанoeлектроники, сенсорных устройств и микросхем.

Несмотря на значительный объём проведённых исследований, ряд вопросов остаётся открытым — в частности, механизм диффузии атомов никеля в кремниевую подложку, условия формирования переходных фаз и влияние параметров отжига на морфологию поверхности. Настоящая работа направлена на детальное исследование этих процессов с использованием современных аналитических методов.

Методология исследования. Для исследования структуры и элементного состава никелевых наноплёнок использовался метод ионно-плазменного осаждения с последующим вакуумным термическим отжигом при температуре 750 К. Подложками служили кремниевые пластины ориентации $\langle 100 \rangle$. Толщина плёнок составляла порядка 100–150 нм.

Процесс формирования силицидных фаз контролировался с использованием комплекса аналитических методов:

- Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) — для определения элементного состава и распределения элементов по глубине (профилирование);

- Рентгеновская дифракция (РД) — для выявления фазового состава и степени кристалличности;

- Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) — для изучения морфологии поверхности и микроструктуры плёнок.

Результаты и обсуждения. Были изучены механизмы перехода от поликристаллического NiSi к монокристаллическому NiSi₂. Образцы готовились путём осаждения никеля на кремниевые подложки ориентации $\langle 100 \rangle$ методом твёрдофазной ионно-плазменной технологии с последующим вакуумным отжигом для формирования силицидов. Эксперименты проводились при температуре 750 К в течение различного времени отжига. Для анализа использовались методы СЭМ и РД.

На рис. 1 приведён спектр рентгеновской дифракции аморфной кремниевой подложки. Поперечный срез, полученный с помощью сканирующей электронной микроскопии, демонстрирует совместное присутствие никель моносилицида и дисилицида в образцах, отожжённых при 750 К.

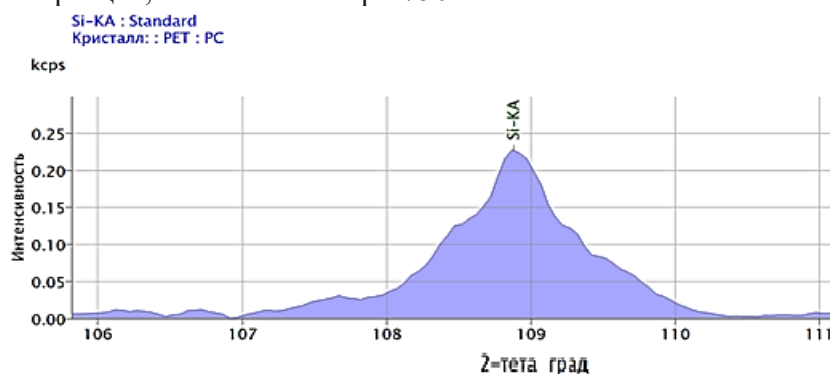


Рисунок 1. Рентгеновская дифрактограмма аморфного Si подложки

Также представлена морфология поверхности плёнок, где островковой рост NiSi₂ формируется внутри тонкой плёнки NiSi. На начальных и конечных стадиях образования NiSi₂ наблюдаются кристаллы, простирающиеся от поверхности до кремниевой подложки, с характерными отверстиями.

Переход от NiSi к NiSi₂ происходит за счёт решёточной диффузии Ni в подложку Si, процессов зарождения и диффузии, приводящих к превращению

кристаллов NiSi в NiSi₂, а также за счёт латерального роста кристаллов, накопления пустот на границах зёрен и формирования полостей.

На рис. 2 показано, что в спектре рентгеновской дифракции (РД) тонкой плёнки Ni/Si в области углов 40–55° отчётливо выделяются пики Ni K_β и Ni K_α (около 44° и 51°). Эти пики являются основными дифракционными линиями никеля (Ni), что указывает на присутствие никеля и его соединений в образце. Пик Ni K_α обычно наиболее интенсивен и соответствует основной фазе материала. Широкие или менее интенсивные пики могут свидетельствовать об аморфных фазах или мелкокристаллической структуре, однако в данном спектре основные пики чёткие и узкие. Такой РД-анализ важен для определения фазового состава, степени кристалличности и возможных загрязнений в материале.

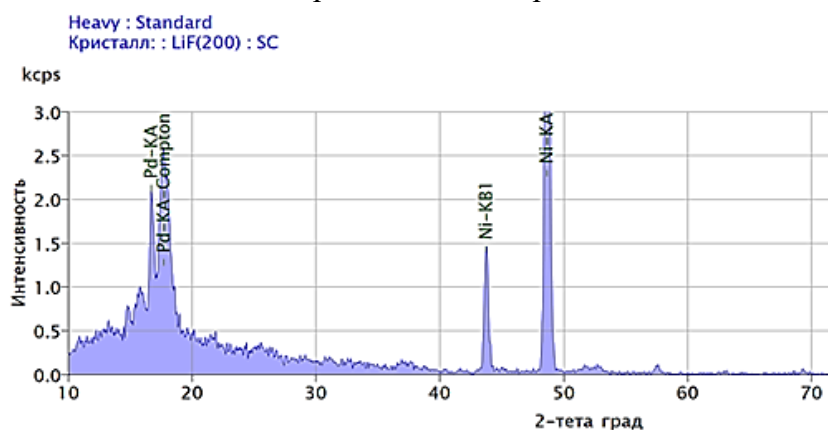


Рисунок 2. Рентгеновский дифракционный (РД) спектр тонкой пленки Ni/Si

На диаграмме рис. 3 показана зависимость атомной концентрации элементов от времени спуттера (ионной обработки) с использованием РФЭС (рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия). На горизонтальной оси - время спуттера (в минутах), на вертикальной оси - атомная концентрация (%). На диаграмме изображены три элемента или химических состояния, выделенные с помощью различных цветов.

Для Ni пленки (синие линии) концентрация Ni остается высокой (90-100%) в интервале времени ионной обработки от 0 до 17 минут. После 17–22 минут концентрация Ni резко снижается, а после 22 минут практически достигает нуля. Для Si, отображаемое зелёной линией (2р₃), концентрация в интервале от 0 до 17 минут почти равна нулю. После 17–20 минут концентрация резко увеличивается и достигает 90–100% после 22 минут. Жёлтые и тёмно-жёлтые линии, относящиеся к C и O, сохраняются на низком уровне (обычно 0–10%) на протяжении всей ионной обработки. Эти элементы, вероятно, указывают на элементы с поверхности или загрязнения.

В начале ионной обработки (0–17 минут) максимальная концентрация Ni указывает на наличие чистого или высококонцентрированного Ni на поверхности или в верхнем слое. В интервале 17–20 минут линии Ni и 2р₃ пересекаются - это означает переход между верхним и нижним слоями, где образуется силицидная пленка. Когда Ni находится в верхнем слое в чистом виде или в высокой концентрации, то в нижнем слое доминирует другой элемент (зелёная линия, вероятно, Si или другой основной элемент).

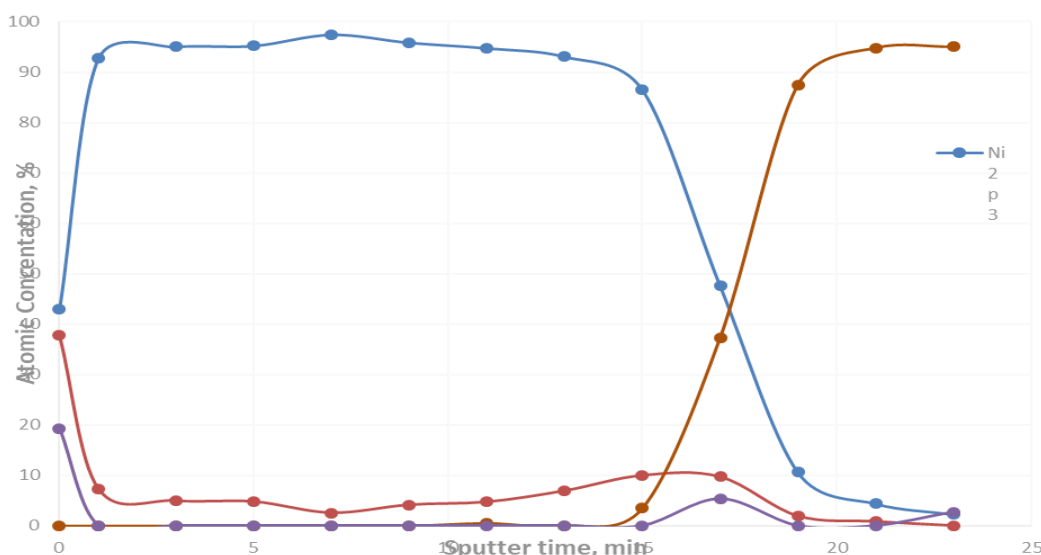


Рисунок 3. Зависимость атомной концентрации элементов от времени ионной обработки, на основе результатов РФЭС (Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия)

Этот процесс наблюдается, например, в многослойных системах типа Ni/Si или Ni/SiO₂, или в процессе образования силицида. Такой анализ широко используется в материаловедении, особенно в полупроводниковых технологиях, для оценки качества, толщины контактных слоев и процессов диффузии между слоями.

Таблица 1 показывает результаты “профилирование глубины распыления”, полученные с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). В этом методе с образца слоями удаляется материал с помощью ионного облучения, и на каждом этапе сжигания определяется концентрация атомов различных элементов. В таблице приведены данные о времени сжигания (в минутах) и концентрации различных элементов (Ni 2p₃, O 1s, Si 2s, C 1s) в процентах

Таблица 1.

Электронной структуры плёнки Ni/Si в зависимости от времени ионной обработки.

Травления, min	Ni2p ₃	O1s	Si2s	C1s
0	42,9	37,8	0	19,3
1	92,7	7,3	0	0
3	95,0326	4,9674	0	0
5	95,2185	4,7815	0	0
7	97,4394	2,5606	0	0
9	95,8519	4,1481	0	0
11	94,7479	4,722	0,5301	0
13	93,0537	6,9463	0	0
15	86,5101	10,0005	3,4894	0
17	47,7025	9,7287	37,238	5,3308
19	10,671	1,9225	87,4064	0
21	4,4179	0,816	94,7661	0
23	2,2837	0	95,0055	2,7108

Концентрация Ni 2p₃ увеличивается с 42,9% до 92,7%, а концентрация O(1s) уменьшается с 37,8% до 7,3%. Уровень C(1s) (углерод) на поверхности составляет 19,3%, что, вероятно, указывает на загрязнение поверхности или органические остатки.

На этом этапе видно, что на поверхности присутствуют слои Ni и оксидные слои. Это подтверждается наличием SiO₂-плёнки, использованной в качестве подложки для оксидного слоя. Анализ в диапазоне времени ионной обработки от 3 до 15 минут показывает, что концентрация Ni остаётся высокой (86–97%), а концентрация O 1s остаётся низкой (2,5–10%). Элемент Si 2s появляется в небольших количествах (0,5–3,5%) в интервале 11–15 минут, что может

свидетельствовать о начале взаимодействия слоя Ni с Si или образовании силицида.

Уровень C(1s) почти исчезает, что показывает, что загрязнение поверхности исчезает в процессе ионной обработки. Наконец, на самой нижней стадии (17–23 минуты) концентрация Ni резко падает до 2,3%, в то время как концентрация Si значительно увеличивается, стабилизируясь на уровне около 95%. Уровень кислорода низкий (0–9,7%), а уровень C(1s) минимален или отсутствует. Этот слой в основном состоит из кремния и является подложкой (Si) или слоем силисида (NiSi₂) под слоем Ni.

На рис 4 представляет собой калибровочную графику для определения элементарного состава, в которой используется калибровка для измерения содержания элемента Ni (никель) на образце, нанесённом на Si (кремний).

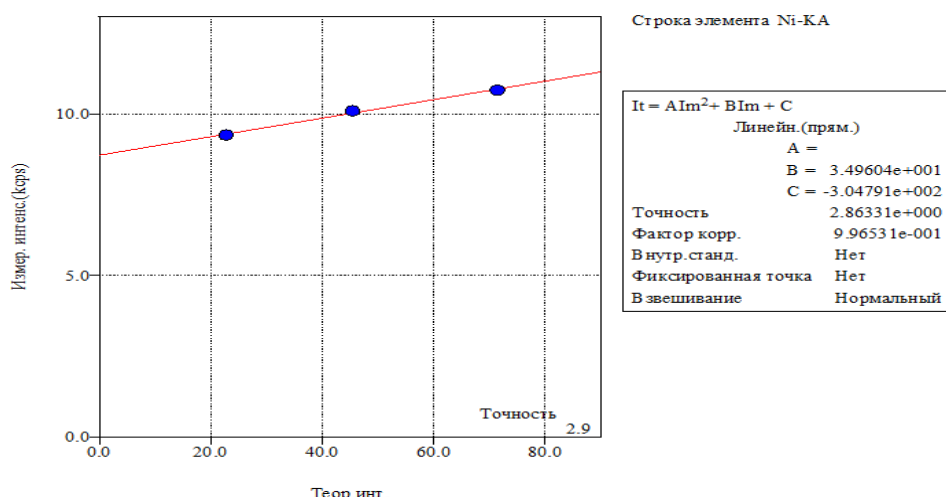


Рисунок 4. График калибровки для определения элементного состава

В данном случае синие точки представляют собой экспериментальные данные, а красная линия — это калибровочная линия, которая выражает связь между этими показателями. С помощью этой диаграммы была вычислена средняя точность по калибровочному уравнению.

$$I_t = A I_m^2 + B I_m + C$$

В данном случае:

I_t — теоретическая интенсивность (теоретическое значение),

I_m — измеренная интенсивность (экспериментальное значение),

A, B, C — коэффициенты калибровки:

A = 0 (не указано, отсутствует в уравнении),

B = 34,9604 — основной коэффициент,

C = -3,04791 — постоянное значение.

С помощью этого уравнения, используя измеренную интенсивность, определяется содержание элемента в образце. Согласно результатам расчётов, после калибровки была получена средняя точность, равная 2,86. Коэффициент коррекции составил 0,996, что близко к 1, что указывает на хорошее выполнение калибровки.

Таблица 2.

Образец	Измерение интенсивности.	Теоритические интенсивности.	Рассчитанные значение	Отклонение
1	9.33919	22.78845	21.71082	-1.07762
2	10.08551	47.46693	47.80250	2.33556
3	10.72485	71.41204	70.15410	-1.25794

Из рис. 4 таблицы 2 видно, что разница между измеренными и вычисленными значениями небольшая, что делает результаты надёжными. Такие результаты калибровки важны для полупроводниковых материалов, покрытий, металлургии и других областей, где требуется составной анализ.

Выводы. В работе проведено детальное исследование элементного состава и

морфологии тонких никелевых плёнок, сформированных методом ионно-плазменного осаждения с последующим вакуумным отжигом.

Экспериментальные данные, полученные методами РФЭС, РД, СЭМ и ПЭМ, показали фазовый переход от NiSi к NiSi₂ и подтвердили механизм диффузии атомов Ni в кремниевую подложку.

Установлено, что процесс образования NiSi₂ сопровождается решёточной диффузией, латеральным ростом кристаллов, формированием полостей на границах зёрен.

Анализ глубинного профилирования продемонстрировал закономерное распределение элементов по слоям, подтвердив наличие переходной области между Ni и Si, где формируются силицидные фазы.

Калибровочный анализ показал высокую достоверность полученных результатов (коэффициент коррекции 0,996), что свидетельствует о надёжности применённых методик исследования. Полученные результаты имеют практическое значение для разработки тонкоплёночных полупроводниковых структур и совершенствования свойств металл–полупроводниковых контактов в современной микро- и нанoeлектронике.

Список использованной литературы

1. Eshboboev, S.N., Ergashev, Y., Tashatov, A.K. (2025). Surface morphology and structural features of nickel silicide thin films fabricated by Ion-plasma deposition. *O‘zbekiston milliy universiteti xabarları*, [3/2], ISSN 2181-7324. 494-497.
2. Lavoie, C., d’Heurle, F. M., Detavernier, C., & Cabral, C. (2003). Towards implementation of a nickel silicide process for CMOS technologies. *Microelectronic Engineering*, 70, 144–157. [https://doi.org/10.1016/S0167-9317\(03\)00320-1](https://doi.org/10.1016/S0167-9317(03)00320-1)
3. Nurbobo Ugli, E. S. & Karshievich, T. A. (2025). Study of the process of formation of heterostructural nanofilms Me_xSi_y/Si and Ga_xMe_{1-x}As/GaAs by ion implantation. *J. Phys. Sci.*, 36(1), 17–25. <https://doi.org/10.21315/jps2025.36.1.2>
4. Liu, C. M., Liu, W. L., Hsieh, S. H., Tsai, T. K., & Chen, W. J. (2005). Interfacial reactions of electroless nickel thin films on silicon. *Applied Surface Science*, 243, 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2004.09.002>
5. Zhao, F. F., Zheng, J. Z., Shen, Z. X., Osipowicz, T., Gao, W. Z., & Chan, L. H. (2004). Thermal stability study of NiSi and NiSi₂ thin films. *Microelectronic Engineering*, 71, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.mee.2003.09.018>
6. Pilipenko, V. A., Solovjov, J. A., & Gaiduk, P. I. (2021). Nickel silicide formation with rapid thermal treatment in the heat balance mode. *Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 65(1), 111–118. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2021-65-1-111-118>
7. Peter, A. P., Meersschart, J., Richard, O., Moussa, A., Steenberg, J., Schaekers, M., & Adelmann, C. (2015). Phase formation and morphology of nickel silicide thin films synthesized by catalyzed chemical vapor reaction of nickel with silane. *Chemistry of Materials*, 27, 245–254. <https://doi.org/10.1021/cm504198g>
8. Dovranov, K.T., Vinnichenko, M., Korablev, V., Normuradov, M., Eshboboyev, S., Egamberdiyeva, O. Raman and IR Spectrum Analysis of CrSi₂ Thin Films Formed in Direct Current and Variable Frequency Modes of a Magnetron Sputtering Device. *International Conference on Electrical Engineering and Photonics, EExPolytech*, 2024, pp. 304–307. DOI:10.1109/EExPolytech62224.2024.10755629
9. Nakahigashi, K., & Shimomura, Y. (1975). Electron microscope observations on nickel-oxide whiskers. *Journal of Crystal Growth*, 28(3), 367–371. [https://doi.org/10.1016/0022-0248\(75\)90131-3](https://doi.org/10.1016/0022-0248(75)90131-3)
10. Bhaskaran, M., Sriram, S., Holland, A. S., & Evans, P. J. (2008). Characterisation of nickel silicide thin films by spectroscopy and microscopy techniques. *Micron*, 40(1), 99–103. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2008.07.001>
11. Iwai, H., Ohguro, T., & Ohmi, S.-I. (2002). NiSi silicide technology for scaled CMOS. *Microelectronic Engineering*, 60, 157–169. [https://doi.org/10.1016/S0167-9317\(02\)00394-5](https://doi.org/10.1016/S0167-9317(02)00394-5)

O'ZGARMAS KECHIKUVCHI ARGUMENTLI BIR O'LCHOVLI GIPERBOLIK TENGLAMA UCHUN BIRINCHI BOSHLANG'ICH-CHEGARAVIY MASALA**Yangiboyev Zoyir**

Qarshi davlat universiteti, dotsent

Nurmamatova Iroda

Qarshi davlat universiteti, magistr

Shuxratova Guliza

Qarshi davlat universiteti, magistr

yangiboyev_zs@qarshidu.uz

0000-0002-5970-6468

UDK 517.95

Annotatsiya. Ushbu maqolada o'zgarmas kechikuvchi argumentli bir o'lchovli giperbolik turdagi tenglama uchun birinchi boshlang'ich-chegaraviy masala ko'rib chiqiladi. Kechikish vaqti va fazoviy o'zgaruvchilarda mavjud bo'lgan tenglama ko'rib chiqilgan. Masalani shakllantirish turli xil chegaraviy shartlar, jumladan, Dirixle va Neyman shartlari uchun ko'rib chiqiladi. Klassik yechimning mavjudligi va yagonaligi uchun shartlar o'rnatiladi va boshlang'ich ma'lumotlarga va kechikuvchi parametrga nisbatan yechimning turg'unligini ta'minlaydigan aprior baholar olinadi. Kechikishning yechimlarning sifat xususiyatlariga, shu jumladan, to'liq tarqalishi va susayishiga ta'siriga alohida e'tibor beriladi. Taqdim etilgan natijalar xotiraga ega dinamik sistemalarni tahlil qilish, elastik va viskoelastik muhitda jarayonlarni modellashtirish va taqsimlangan parametrlarga ega sistemalarda boshqaruv masalalarini o'rganishda qo'llanilishi mumkin.

Tayanch so'zlar: giperbolik tenglama, kechikuvchi argument, boshlang'ich-chegaraviy masala, yechimning mavjudligi va yagonaligi, xarakteristikalar usuli, to'liq jarayoni.

THE FIRST INITIAL-BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A ONE-DIMENSIONAL HYPERBOLIC EQUATION WITH A CONSTANT LAG ARGUMENT

Abstract. This article examines the first initial-boundary value problem for a one-dimensional hyperbolic equation with a constant delay argument. The problem formulation is considered for various types of boundary conditions, including the Dirichlet and Neumann conditions. Conditions for the existence and uniqueness of a classical solution are established, and a priori estimates are obtained that ensure the stability of the solution with respect to the initial data and the delay parameter. Particular attention is paid to the influence of the delay on the qualitative properties of solutions, including wave propagation and attenuation. The presented results can be applied in the analysis of dynamic systems with memory, modeling processes in elastic and viscoelastic media, and in the study of control problems in systems with distributed parameters.

Keywords: hyperbolic equation, delayed argument, initial-boundary problem, existence and uniqueness of solution, method of characteristics, wave process.

Kirish. O'zgarmas kechikuvchi argumentli giperbolik tenglamalarni o'rganish differensial tenglamalar nazariyasi va amaliy matematikada muhim tadqiqot yo'nalishi hisoblanadi. Ushbu tenglamalar uzluksiz muhitda to'liq va tebranish jarayonlarini tasvirlash uchun ishlatiladi, bu yerda sistemaning javobi uning oldingi holatlariga bog'liq bo'lib, material xotirasining fizik xususiyatlarini yoki boshqaruv signalini uzatishdagi kechikishni aks ettiradi. Kechikuvchi funksional-differensial tenglamalar sohasida fundamental natijalarga R.Bellman va K.Kuklar, shuningdek, vaqt kechikishlari bilan sistemalarning turg'unligi nazariyasi asoslarini ishlab chiqqan J.Xeyl erishdilar. Rus ilmiy maktabiga A.A. Samarskiy, O. A. Ladijenskaya, Y.A. Mitropolskiy va N.N. Bogolyubovlar giperbolik tenglamalarni kechikish bilan yechishning yaxshi usullarini, korrektiligi va sonli usullarini o'rgandilar. A. B. Aleshin, N. A. Lyaxov, I. D. Chubarov, A. G. Bessonov va boshqa mualliflarning keyingi tadqiqotlari ana shunday masalalar yechimining mavjudligi, yagonaligi va yechimlarning turg'unligini tahlil qilishga bag'ishlangan.

Tadqiqot metodologiyasi. O'zgaras koeffitsiyentli va kechikuvchi argumentli bir o'lchovli giperbolik tenglamalar uchun aralash masalani o'rganishning uslubiy asosi xususiy hosilali differensial tenglamalar nazariyasidan analitik, funksional-analitik va sonli usullarning kombinatsiyasi va ayirmali argumentli tenglamalardir. Funksional-differensial tenglamalarni kechiktirish bilan o'rganish usullari hosilalar nafaqat funksiyaning joriy qiymatlariga, balki uning o'tmishdagi holatlariga ham bog'liq bo'lgan holatlarga moslashtirilgan klassik differensial tenglamalar nazariyasini ishlab chiqishga asoslangan. Kechikuvchi argumentli giperbolik tenglamalar uchun bunday usullar yechimlarning mavjudligi, yagonaligi va turg'inligini aniqlashga, shuningdek, samarali raqamli algoritmlarni ishlab chiqishga imkon beradi.

1. Masalaning qo'yilishi. $D = \{(x, y), 0 < x < l, t > 0\}$ sohada

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

ko'rinishdagi o'zgaras koeffitsiyentli va o'zgaras kechikuvchili giperbolik tipdagi bir o'lchovli chiziqli tenglama uchun boshlang'ich-chegaraviy masalani ko'rib chiqaylik, bu yerda $a_1 \geq 0, a_2 \geq 0, a_1 + a_2 \geq 0$.

(1) tenglamani $t > -\tau$ da

$$u|_{x=0} = \nu_1(t), u|_{x=l} = \nu_2(t), \quad (2)$$

birinchi turdagi bir jinsli bo'lmagan chegara shartlari va $0 < x < l, -\tau < t \leq 0$ da

$$u = \varphi(x, t), u = \psi(x, t) \quad (3)$$

umumiy boshlang'ich shartlar bilan to'ldiramiz. (1) tenglamaga va (3) boshlang'ich shartga kiritilgan f va φ, ψ funksiyalar uzluksiz, (2) chegaraviy shartdagi $\nu_1(t), \nu_2(t)$ funksiyalar t ga nisbatan uzluksiz differensiallanuvchi deb faraz qilamiz. Bundan tashqari, (2) chegara va (3) boshlang'ich shartlar muvofiqlik shartlarini qanoatlantiradi, ya'ni

$$\nu_1(l) = \varphi(0), \nu_2(0) = \varphi(l),$$

$$\nu_1'(0) = \psi(0), \nu_2'(0) = \psi(l)$$

munosabatlari bajariladi deb faraz qilamiz.

(1) o'zgaras kechikuvchi argumentli giperbolik tenglama bilan tavsiflangan bir o'lchovli masalalarni yechish uchun o'zgaruvchilarni ajratish usulini qo'llaymiz. Yechimni bir necha funksiyalar yig'indisi ko'rinishida izlaymiz. [1, 2] dan (1)-(3) masala yechimini

$$u = u_0(x, t) + u_1(x, t) + u_2(x, t) \quad (4)$$

yig'indi ko'rinishida izlaymiz, bunda

$$u_0(x, t) = \nu_1(t) + \frac{x}{l}(\nu_2(t) - \nu_1(t)) \quad (5)$$

funksiya bir jinsli bo'lmagan (2) chegaraviy shartlarni qanoatlantiradi va $u_1 = u_1(x, t)$ va $u_2 = u_2(x, t)$ funksiyalar quyida ifodalangan bir jinsli (nol) chegaraviy shartli oddiyroq boshlang'ich-chegaraviy masalalarni yechish orqali aniqlanadi.

Masala 1. u_1 funksiya o'zgaras kechikuvchi argumentli xususiy hosilali

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} = a_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} + b_1 u_1 + b_2 w_1, w_1 = u_1(x, t - \tau) \quad (6)$$

tenglamaning bir jinsli chegaraviy shart

$$u_1|_{x=0} = 0, u_1|_{x=l} = 0, t > -\tau \quad (7)$$

va bir jinsli bo'lmagan

$$\begin{aligned} u_1|_{t=0} &= \Phi(x), 0 < x < l, -\tau \leq t \leq 0, \\ \frac{\partial u_1}{\partial t}\bigg|_{t=0} &= \Psi(x), 0 < x < l, -\tau \leq t \leq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

boshlang'ich shartlarni qanoatlantiradi, bunda

$$\begin{aligned} \Phi(x) &= \varphi(x) = \nu_1(0) + \frac{x}{l}(\nu_2(0) - \nu_1(0)), \\ \Psi(x) &= \psi(x) - \nu'_1(0) - \frac{x}{l}(\nu'_2(0) - \nu'_1(0)). \end{aligned} \quad (9)$$

Masala 2. u_2 funksiya o'zgaras kechikuvchi argumentli

$$\frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} = a_1 \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2} + b_1 u_2 + b_2 w_2 + F(x, t), w_2 = u_2(x, t - \tau), \quad (10)$$

chiziqli bir jinsli bo'lmagan xususiy hosilali differensial tenglamani qanoatlantiradi, bunda

$$\begin{aligned} F(x, t) &= \frac{\partial^2}{\partial t^2}(\nu_1(t) + \frac{x}{l}(\nu_2(t) - \nu_1(t))) + b_1(\nu_1(t) + \frac{x}{l}(\nu_2(t) - \nu_1(t))) + \\ &+ b_2(\nu_1(t - \tau) + \frac{x}{l}(\nu_2(t - \tau) - \nu_1(t - \tau))) \end{aligned} \quad (11)$$

va nol (bir jinsli) chegaraviy va boshlang'ich shartlarni qanoatlantiradi:

$$u_2|_{x=0} = 0, u_2|_{x=l} = 0, t > -\tau \quad (12)$$

$$u_2|_{t=0} = 0, \frac{\partial u_2}{\partial t}\bigg|_{t=0} = 0, t > -\tau. \quad (13)$$

Natijalar va muhokama. 1-masala yechimi. (7) chegaraviy va (8) boshlang'ich shartli kechikuvchi argumentli (6) chiziqli bir jinsli xususiy hosilali differensial tenglamani ko'rib chiqamiz. Birinchidan, biz (6) tenglamaning xususiy yechimlarini

$$u_1 = X(x)T(t) \quad (14)$$

ikkita funksiyalarning ko'paytmasi ko'rinishida izlaymiz. (14) ni (6) ga qo'yamiz, elementar almashtirishlardan keyin

$$X(x)[T''(t) - b_1 T(t) - b_2 T(t - \tau)] = X''(x)[a_1 T(t) + a_2 T(t - \tau)] \dots (15)$$

ni olamiz. Hosil bo'lgan tenglamada o'zgaruvchilarni ajratib, chiziqli ikkinchi tartibli oddiy differensial tenglamaga

$$X''(x) = -\lambda^2 X(x),$$

va ikkinchi tartibli kechikuvchi argumentli

$$T''(t) = (b_1 - a_1 \lambda^2)T(t) + (b_2 - a_2 \lambda^2)T(t - \tau)$$

oddiy differensial tenglamalarga kelamiz. u_1 funksiya (7) bir jinsli chegaraviy shartlarni qanoatlantirashi kerakligini hisobga olib, (14) dan foydalanib, $X(x)$ funksiya uchun

$$X(0) = X(l) = 0 \quad (18)$$

bir jinsli chegaraviy shartlarga kelamiz. Shturm-Liouville masalasining alohida holi bo'lgan (16), (18) bir jinsli masalaning notrivial yechimlari faqat λ parametrning quyidagi

$$\lambda_n = \frac{n\pi}{l}, n = 1, 2, \dots \quad (19)$$

diskret qiymatlari uchun mavjud va mos keladigan xos funksiyalar

$$X_n(x) = \sin \frac{n\pi x}{l} \quad (20)$$

ko'rinishga ega. Xos qiymatlarni (19) va (17) formulalardagi o'rniga qo'yib, biz $T(t)$ uchun kechikuvchi argumentli ikkinchi tartibli ODTni olamiz:

$$T_n''(t) = \left[b_1 - a_1 \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \right] T_n(t) + \left[b_2 - a_2 \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \right] T_n(t - \tau). \quad (21)$$

(6)-(7) chiziqli chegaraviy masalaning yechimini

$$u_1(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) T_n(t) \quad (22)$$

qator ko'rinishida izlaymiz, bunda $u_{1n}(x, t) = X_n(x) T_n(t)$ funksiyalar (6) tenglamaning (7) bir jinsli chegaraviy shartlarni qanoatlantiruvchi xususiy yechimlardir.

(21) kechikuvchi argumentli ODT ning boshlang'ich shartlarini topish uchun $\lambda = \lambda_n$ da (8) ning birinchi boshlang'ich shartini xos funksiyalarda yoyilmasi ko'rinishida ifodalaymiz:

$$\Phi(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \Phi_n(t) X_n(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \Phi_n(t) \sin \frac{n\pi}{l} x, 0 \leq x \leq l, -\tau \leq t \leq 0. \quad (23)$$

(23) ni $X_m(x) = \sin \frac{m\pi}{l} x (m = 1, 2, \dots)$ ga ko'paytirib, 0 dan l gacha x o'zgaruvchiga nisbatan integrallaymiz, so'ngra $X_n(x)$ va $X_m(x)$ xos funksiyalar $n \neq m$ da ortogonal ekanligini, ya'ni

$$\int_0^l X_n(x) X_m(x) dx = 0$$

munosabat qanoatlantirilishini hisobga olib, $n \neq m$ da

$$\Phi_n(t) = \frac{2}{l} \int_0^l \Phi(\xi, t) X_n(\xi) d\xi, -\tau \leq t \leq 0 \quad (24)$$

yoki

$$\Phi_n(t) = \frac{2}{l} \int_0^l \Phi(\xi, t) \sin \frac{n\pi}{l} \xi d\xi, -\tau \leq t \leq 0, \quad (25)$$

bu yerda $\Phi(\xi, t)$ funksiya (9) formula orqali aniqlanadi. (22) va (23) munosabatlardan $\lambda = \lambda_n$ da (17) kechikuvchi argumentli ODT ning boshlang'ich shartlarini $-\tau \leq t \leq 0$ da

$$T_n(t) = \Phi_n(t), T_n'(t) = \Phi_n'(t) \quad (26)$$

ko'rinishda topamiz, bunda $\Phi_n(t)$ funksiyalar (25) ifoda bilan berilgan.

$T_n(t)$ funksiyaning aniqlagandan so'ng (6)-(7) berilgan masala yechimi (22) qator bilan aniqlanadi.

2-masala yechimi. Endi kechikuvchi argumentli (10), (11) chiziqli bir jinsli bo'lmagan xususiy hosilali differensial tenglama uchun bir jinsli (12) chegaraviy va (13) boshlang'ich shartlarni qanoatlantiruvchi masalani ko'rib chiqamiz. Birinchidan, (10) tenglamaning bir jinsli bo'lmagan qismidagi $F(x, t)$ funksiyaning (20) xos funksiyalar bo'yicha qatorga yoyamiz:

$$F(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t) \sin \frac{n\pi}{l} x, F_n(t) = \frac{2}{l} \int_0^l F(\xi, t) \sin \frac{n\pi}{l} \xi d\xi, \quad (27)$$

bunda $F(x, t)$ funksiyalar (11) formula bilan aniqlanadi. (10)-(13) masalaning yechimini (12) bir jinsli chegaraviy shartlarni qanoatlantiradigan

$$u_2(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} u_{2n}(t) \sin \frac{n\pi}{l} x \quad (28)$$

qator ko'rinishda izlaymiz. (28) ni (10) ga qo'yib, $u_{2n}(t)$ funksiyaga uchun

$$u_{2n}''(t) = \left[b_1 - a_1 \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \right] u_{2n}(t) + \left[b_2 - a_2 \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \right] u_{2n}(t - \tau) + F_n(t) \quad (29)$$

kechikuvchi argumentli chiziqli bir jinsli bo'lmagan ODT ni olamiz, bunda $F_n(t)$ funksiya (27) formulaning ikkinchisi yordamida topiladi. Masalaning shakllantirishni yakunlash uchun (29) tenglama (13) va (28) dan kelib chiqadigan bir jinsli boshlang'ich shartlar

$$u_{2n}(t) = 0, u_{2n}'(t) = 0, -\tau \leq t \leq 0, \quad (30)$$

bilan to'ldiriladi. (29), (30) masala kechikuvchi argumentli chiziqli bir jinsli bo'lmagan ikkinchi tartibli ODT uchun Koshi masalasi. $u_{2n}(t)$ funksiyani topib, uni (28) ga qo'yib, (10)-(13) masalaning yechimini topamiz:

$$u_2(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} u_{2n}(t) \sin \frac{n\pi}{l} x. \quad (31)$$

(4) ga (5), (22), (31) funksiyalarni qo'yib, (1)-(3) masala yechimini topamiz.

2 Mavjudlik va yagonalik teoremasi.

Teorema (mavjudlik va yagonalik). a_1, a_2, b_1, b_2 va $\tau > 0$ parametrlar berilgan bo'lsin, $l > 0$. Quyidagi shartlar qanoatlantirsin deb faraz qilamiz:

$$1) \nu_1, \nu_2 \in C^2[-\tau, T], \varphi \in C^1[0, l] \times [-\tau, 0], \psi \in C[0, l] \times [-\tau, 0],$$

$$2) \text{ ozod had } f(x, t) \in C[0, l] \times [0, T],$$

$$3) \text{ chegarada muvofiqlik sharti o'rinli: } -\tau < t \leq 0 \text{ uchun } \varphi(0, t) = \nu_1(t), \varphi(l, t) = \nu_2(t).$$

U holda har qanday $T > 0$ uchun berilgan tenglamani va chegaraviy hamda boshlang'ich shartlarni qanoatlantiruvchi yagona $u(x, t)$ yechim mavjud.

Isbot. Bir jinsli chegaraviy shartlar bilan bog'liq masalalarga keltirish orqali isbotlaymiz. Yechimni

$$u(x, t) = u_0(x, t) + u_1(x, t) + u_2(x, t)$$

ko'rinishda ifodalaymiz, bunda

$$u_0(x, t) = \nu_1(x, t) + \frac{x}{l} [\nu_2(t) - \nu_1(t)]$$

(2) chegaraviy shartlarni, $u_1(x, t), u_2(x, t)$ funksiyalar esa bir jinsli chegaraviy shartlarga ega masalalarni qanoatlantiradi.

Xos funksiyalarda yoyish. Biz Shturm-Liouville masalasining xos funksiyalari sistemasidan foydalanamiz:

$$X_n(x) = \sin \frac{n\pi x}{l}, \lambda_n = \frac{n\pi}{l}, n = 1, 2, \dots$$

Yechimlarni

$$u_1(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) X_n(x), \quad u_2(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} U_n(t) X_n(x)$$

qatorlar ko‘rinishda izlaymiz. (1) tenglamaga qo‘yib va X_n funksiyalarning ortogonalidan foydalanib har bir n uchun mustaqil tenglamalarga ega bo‘lamiz:

$$\begin{aligned} T_n''(t) &= \alpha_n T_n(t) + \beta_n T_n(t - \tau), \\ U_n''(t) &= \alpha_n U_n(t) + \beta_n U_n(t - \tau) + F_n(t), \end{aligned} \quad (32)$$

bunda

$$\alpha_n = b_1 - a_1 \lambda_n^2, \beta_n = b_2 - a_2 \lambda_n^2, F_n(t) = \frac{2}{l} \int_0^l F(x, t) X_n(x) dx.$$

Har bir n uchun (31) masala funksional-differensial tenglamalar nazariyasida [1, 2] o‘zgaras koeffitsiyentli chiziqli differensial tenglama bo‘lib, $[-\tau, 0]$ bo‘yicha berilgan bunday Koshi masalalari har qanday chekli intervalda $[0, T]$ da C^2 sinfdagi yagona yechimga ega.

Baholash va yaqinlashish. Boshlang‘ich berilganlarning $(\varphi, \psi, \nu_1, \nu_2 \in C^2$ fazo bo‘yicha) regulyarligidan kelib chiqadiki, Furrye koeffitsiyentlari $\Phi_n(t)$ va $F_n(t)$ $O(1/n^2)$ kabi kamayuchi funksiyalar. (31) tenglamalar va chiziqli ODTlar yechimlari turg‘unligi haqidagi lemmadan kelib chiqadiki, biror $C > 0$ uchun $[0, T]$ da

$$|T_n(t)| + |T_n'(t)| \leq \frac{C}{n^2}, |U_n(t)| + |U_n'(t)| \leq \frac{C}{n^2}$$

tengsizlik o‘rinli bo‘ladi. Bu u_1 va u_2 uchun qatorlarning hosilalari bilan bir xilda tekis yaqinlashishini va shuning uchun klassik yechimning mavjudligini kafolatlaydi.

Yagonaligi. u va $\tilde{u}$ bir xil shartlarga ega bo‘lgan masalaning ikkita yechimi bo‘lsin. $v = u - \tilde{u}$ ayirma bir jinsli tenglamani qanoatlantiradi. $v = \sum v_n(t) X_n(x)$ yoyilma har bir n uchun bir jinsli ODT larga olib keladi, ularning yagona yechimi $v_n \equiv 0$ bo‘ladi. Shuning uchun $v \equiv 0$. Yechimning mavjudligi va yagonaligi isbotlangan.

Xulosa. Qo‘yilgan masalaning yechimi mavjudligi va yagonaligi shartlari olindi. Mavjudlik va yagonalik haqidagi teorema isbotlandi. Xarakteristikalar usuli yordamida yechimning mavjudligi va yagonaligi uchun shartlar olindi. Yechimning apriori baholari taqdim etildi va kechikish parametrining to‘lqin jarayoniga ta’siri tekshirildi. Olingan natijalar xotirali muhitda tebranish jarayonlarini modellashtirishda va kechikish bilan bir xil bo‘lmagan sistemalarda to‘lqinlarning tarqalishi masalalarida qo‘llanilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Hali, J.K. Theory of functional differential equations. Spring-Verlag. New York, 1977. p 365.
2. Bellen, A., Zennaro, M. Numerical methods for delay differential equations. Oxford university press, 2003. p.336.
3. Самарский А.А., Гулин А.Б. Численные методы. –Наука, 1995. – 590 с.
4. Жданов В.М. Методы решения уравнений с запаздывающим аргументом. –Минск: Наука и техника, 1982.- 208 с.
5. Н. А. Ляхов, И. Д. Чубаров. Гиперболические уравнения с запаздыванием и их приложения. Вестник МГТУ, 2005. – С. 99-110.
6. М. Д. Кошанова, М. А. Муратбекова, Б. Х. Турметов. О разрешимости начально-краевой задачи для нелокального гиперболического уравнения. Вестник национальной

инженерной академия. № 1(87), 2023. – С. 133-143.

7. Imomnazarov Kh.Kh., Khujaev L.Kh., Yangiboev Z.Sh. On one inverse dynamic problem of poroelasticity for a porous medium. // Математические заметки СВФУ Апрель-июнь, Том 29, № 2, 2022. с.19-30.

8. Жабборов Н.М., Имомназаров Х.Х. Некоторые начально-краевые задачи механики двухскоростных сред.- Издательство Национального университета Узбекистана имени Улугбека, 2012. – 187 с.

9. Imomnazarov Kh.Kh., Khujaev L.Kh., Yangiboev Z.Sh. The inverse problem for a system of poroelasticity equations: the case of an unknown coefficient with a lower term depending on time. // Bulletin of the Institute of Mathematics. Vol. 5, №3, 2022, pp.143-150.

10. A. D. Polyanin. Delay Ordinary and Partial Differential Equations. Chapman & Hall/CRC. 2023 y. p 418.

11. Имомназаров Х.Х., Янгибоев З.Ш. Прямые и обратные задачи для систем уравнений гиперболического типа. Lap Lambert Academic Publishing. Германия. 2022.–169 с.

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА

Эшматов БаходирЭлиевич

Университет экономики и педагогики, в.и.профессор к.ф-м.н

eshmatovbahodir@mail.ru

ORCID 0009-0002-3684-1410

УДК.517.95

Аннотация. В работе исследуется одна краевая задача в прямоугольной области с однородными краевыми условиями. Доказывается существование и единственность решения, а также его непрерывная зависимость от заданных функций. В последние годы возрос интерес к исследованию дифференциальных уравнений высокого порядка, в которых неизвестная функция содержится под знаком производной дробного порядка. Это обусловлено как развитием теории дробного интегрирования и дифференцирования, так и широкими приложениями в различных областях науки — физике, механике, химии, инженерии, теории аномальных диффузионных процессов и других областях естествознания. Поскольку уравнения высокого порядка обобщают уравнения целочисленного порядка, а также ввиду сравнительно небольшого количества систематизированных аналитических и численных методов их исследования, данное направление является приоритетным для развития общей теории дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: Краевая задача, начальные условия, прямоугольная область, дифференцируемая функция, единственные решения, граничные условия.

Annotatsiya. To‘rtburchakli sohada berilgan chegaraviy masala o‘rganiladi. Bir jinsli chegaraviy shartlar berilgan. Yagona yechim mavjudligi va uning funksiyalarga uzluksiz bog‘liqligi isbotlanadi.

So‘nggi yillarda noma’lum funksiya kasr tartibli hosila belgisi ostida joylashgan yuqori tartibli differensial tenglamalarni o‘rganishga qiziqish ortdi. Bunga ham kasrli integrallash va differensiallash nazariyasining rivojlanishi ham fizikada, mexanikada, kimyoda, muhandislikda, anomal diffuziya jarayonlarida va boshqa tabiiy fanlarning turli sohalarida qo‘llanilishi sabab bo‘lmoqda. Yuqori tartibli tenglama butun son tartibli tenglamani umumlashtirganligi, shuningdek, bunday tenglamalar uchun tizimlashtirilgan analitik va sonli usullarning nisbatan kamligi bu yo‘nalishni umumiy differensial tenglamalar nazariyasi uchun ustuvor qiladi.

Kalit so‘zlar: chegara masalasi, boshlang‘ich shartlar, to‘rtburchak soha, differensiallanuvchi funksiya, yagona yechim, chegara shartlari.

Введение. В данной работе рассматривается уравнение колебания прямоугольной балки. К этому уравнению приходят во многих задачах о колебании карметона, при расчете устойчивости вращающихся валов, а также при изучение вибрации кораблей [1], [2]. Исследуется одна краевая задача в прямоугольной области. Заданы однородные краевые условия. В качестве начальных условий заданы производные первого и второго порядков. Доказывается существование

единственного решения и его непрерывная зависимость от заданных функций. Эта задача отличается от известных задач тем, что $u(x, 0)$ заменяется на $u_{tt}(x, 0)$.

Методология исследования. Исследуется одна краевая задача в прямоугольной области. Заданы однородные краевые условия. В качестве начальных условий заданы производные первого и второго порядков. Доказывается существование единственного решения и его непрерывная зависимость от заданных функций.

В области $\Omega = \{(x, t) : 0 < x < p, 0 < t < T\}$ рассмотрим уравнение

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x, t), \quad (1)$$

Задача Б. Найти в области Ω решение $f(x, t) \in C^2(\bar{\Omega}) \cap C_{x,t}^{4,2}$ уравнения (1), удовлетворяющее условиям

$$u(0, t) = 0, u(p, t) = 0, 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(0, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(p, t) = 0, 0 \leq t \leq T, \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = \varphi(x), 0 \leq x \leq p, \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(x, 0) = \psi(x), 0 \leq x \leq p, \quad (5)$$

Краевые задачи для уравнения (1) изучены в [3], [4], [7]. Граничные условия (2) и (3) соответствуют случаю подпертых концов балки.

Обсуждения и результаты. 1. Единственность решения задачи (1)-(5).

Теорема 1. Решение задачи (1)-(5) единственно, если оно существует.

Доказательство. Докажем, что однородная задача (1)-(5) имеет только тривиальное решение. Известно [3], что функции

$$X_n(x) = \sqrt{\frac{2}{p}} \sin \lambda_n x, \lambda_n = \frac{n\pi}{p}, n = 1, 2, \dots$$

образуют в $L_2(0, p)$ полную ортонормированную систему. Следуя [4], рассмотрим функции

$$\alpha_n(t) = \int_0^p u(x, t) X_n(x) dx, 0 \leq t \leq T, \quad (6)$$

На основании (6) введем функции

$$\alpha_{n,\varepsilon}(t) = \int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} u(x, t) X_n(x) dx, 0 < \varepsilon < p, \quad (7)$$

причем $(\varepsilon, p - \varepsilon) \neq 0$. Дважды дифференцируя (7) по t , из соответствующего однородного уравнения (1) получаем:

$$\alpha_{n,\varepsilon}(t) = \int_{\varepsilon}^{p-\varepsilon} \frac{\partial^4 u}{\partial x^4}(x, t) X_n(x) dx. \quad (8)$$

Интегрируя четыре раза по частям правую часть (8) по x , переходим к пределу при $\varepsilon \rightarrow 0$ с учетом условий (2), (3) и находим:

$$\alpha_n''(t) + \lambda_n^4 \alpha_n(t) = 0.$$

Его решение имеет вид:

$$\alpha_n(t) = a \cos \lambda_n^2 t + b_n \sin \lambda_n^2 t, \quad (9)$$

Для нахождения неизвестных коэффициентов, используем однородные условия (4), (5), которые переходят в следующее:

$$\alpha_n''(0) = 0, \alpha_n'(T) = 0, \quad (10)$$

Решение задачи (9), (10) имеет вид $\alpha_n(t) = 0$. Учитывая это, в силу полноты

функций $X_n(x)$ находим $u(x,t)=0$ в $\overline{\Omega}$.

Теорема 1 доказана.

Замечание 1. Однородное уравнение

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial t^4} = 0 \quad (11)$$

с условиями (2), (3) и

$$u(0,t)=0, \quad 0 \leq x \leq p, \quad (12)$$

$$u_t(x,0)=0, \quad 0 \leq x \leq p, \quad (13)$$

также имеет только тривиальное решение. Это следует из того, что уравнение (4) с условиями $\alpha_n(0)=0$, $\alpha'_n(0)=0$ имеет решение $\alpha_n(t)=0$, поэтому $u(x,t)=0$ и $\overline{\Omega}$.

Теперь приведем другой вариант доказательства единственности решения задачи (1) – (5). Из него выводится полезное следствие.

Лемма 1. Пусть $f(x,t)=0$ в $\overline{\Omega}$, $\varphi(x)=0$, $\psi(x)=0$, $0 \leq x \leq p$, уравнение (11) выполняется в замкнутой области $\overline{\Omega}$. Тогда однородное условие

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(x,0)=0, \quad 0 \leq x \leq p \quad (14)$$

равносильно условию (12).

Доказательство. Пусть имеет место условие (14). В уравнении (11) положим $t=0$. Тогда в силу (14) имеем

$$\frac{\partial^4 u}{\partial t^4}(x,0)=0 \quad (15)$$

Интегрируя его, находим

$$u(x,0)=c_1x^3+c_2x^2+c_3x+c_4,$$

где c_1, c_2, c_3, c_4 – произвольные постоянные. Используя условия (2) и (3) получаем (12).

Пусть теперь имеет место (12). Дифференцируя его четыре раза по x , имеем (15). В уравнении (11) положим $t=0$ и учитывая (15), получаем (14). Следовательно, условия (12) и (14) равносильны.

Лемма 1 доказана.

СЛЕДСТВИЕ 1. Из леммы 1 следует, что начальные условия нельзя задавать в виде

$$u(x,t)=\varphi(x), \quad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(x,0)=\varphi(x), \quad 0 \leq x \leq p.$$

Следствие 2. Из леммы 1 следует единственность решения задачи (1) – (5).

2. Существование решения задачи (1) – (5).

Решение уравнения (1) ищем в виде

$$u(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty} u_n(t)X_n(x). \quad (16)$$

Функции $f(x,t)$, $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ разложим в ряд Фурье по функциям $X_n(x)$

$$f(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty} f_n X_n(x), \quad (17)$$

$$\varphi(x)=\sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n X_n(x), \quad (18)$$

$$\psi(x)=\sum_{n=1}^{\infty} \psi_n X_n(x), \quad (19)$$

где :

$$f_n(t) = \int_0^p f(x,t) X_n(x) dx, \quad (20)$$

$$\varphi_n = \int_0^p \varphi(x) X_n(x) dx, \quad (21)$$

$$\psi_n = \int_0^p \psi(x) X_n(x) dx. \quad (22)$$

Подставляя (16) и (17) в уравнение (1), получаем

$$u''_n + \lambda_n^4 u_n(t) = f_n(t).$$

Его решение, удовлетворяющее условиям $u''_n(0) = \varphi_n$, $u''_n(T) = \psi_n$ имеет вид

$$u_n(t) = \frac{\varphi_n}{\lambda_n^2} \sin \lambda_n^2 t - \frac{\psi_n}{\lambda_n^4} \cos \lambda_n^2 t + \frac{f_n(0)}{\lambda_n^4} \cos \lambda_n^2 t + \frac{1}{\lambda_n^2} \int_0^t f_n(\tau) \sin \lambda_n^2(t-\tau) d\tau.$$

Поставляя это в (16), получаем

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) \left[\frac{\varphi_n}{\lambda_n^2} \sin \lambda_n^2 t - \frac{\psi_n}{\lambda_n^4} \cos \lambda_n^2 t + \frac{f_n(0)}{\lambda_n^4} \cos \lambda_n^2 t + \frac{1}{\lambda_n^2} \int_0^t f_n(\tau) \sin \lambda_n^2(t-\tau) d\tau \right]. \quad (23)$$

Нам необходимо доказать абсолютную и равномерную сходимость ряда (23) и следующих рядов:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) \left[\varphi_n \cos \lambda_n^2 t + \frac{\psi_n}{\lambda_n^2} \sin \lambda_n^2 t + \frac{1}{\lambda_n^2} \int_0^t f'_n(\tau) \sin \lambda_n^2(t-\tau) d\tau \right] \quad (23^a)$$

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) \left[\lambda_n^2 \varphi_n \sin \lambda_n^2 t - \psi_n \cos \lambda_n^2 t + f_n(t) - \frac{1}{\lambda_n^2} f'_n(0) \sin \lambda_n^2 t - \frac{1}{\lambda_n^2} \int_0^t f''_n(\tau) \sin \lambda_n^2(t-\tau) d\tau \right], \quad (24)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) \left[-\lambda_n^2 \varphi_n \sin \lambda_n^2 t + \psi_n \cos \lambda_n^2 t + \frac{1}{\lambda_n^2} f'_n(0) \sin \lambda_n^2 t + \frac{1}{\lambda_n^2} \int_0^t f''_n(\tau) \sin \lambda_n^2(t-\tau) d\tau \right]. \quad (25)$$

Предварительно докажем несколько лемм.

Лемма 2. Пусть $f(x,t) \in C^1(\bar{\Omega})$, $f(0,t) = f(p,t) = 0$, $\frac{\partial f}{\partial x} \in Lip_{\alpha}[0,p]$

равномерно по t , $0 < \alpha < 1$, тогда ряд (17) сходится абсолютно и равномерно в $\bar{\Omega}$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Интегрируя по частям (20), находим

$$f_n(n) = \frac{1}{\lambda_n} f_n^{(1,0)}(t),$$

где:

$$\frac{1}{\lambda_n} f_n^{(1,0)}(t) = \int_0^p \frac{\partial f(x,t)}{\partial x} \sqrt{\frac{2}{p}} \cos \lambda_n x dx,$$

причем [5]

$$|f_n^{(1,0)}(t)| \leq \frac{c}{n^{\alpha}}, \quad c = \text{const} > 0.$$

Тогда

$$|f_n(t)| \leq \frac{cp}{\pi} \cdot \frac{1}{n^{1+\alpha}}$$

и ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{1+\alpha}}$ сходится по интегральному признаку Коши. Поэтому ряд (17)

сходится абсолютно и равномерно в $\bar{\Omega}$.

Лемма 2 доказана.

ЛЕММА 3. Пусть $\varphi(x) \in w_2^1(0,p)$, $\varphi(0) = \varphi(p) = 0$. Тогда ряд (18) сходится абсолютно и равномерно.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Интегрируя по частям (21), получаем:

$$\varphi_n = \frac{1}{\lambda_n} \varphi_n^{(1)},$$

где:

$$\varphi_n^{(1)} = \int_0^p \varphi'(x) \sqrt{\frac{2}{p}} \cos \lambda_n x dx,$$

причем по неравенству Бесселя [6]

$$\sum_{n=1}^{\infty} |\varphi_n^{(1)}|^2 \leq \|\varphi'\|_{L_2(0,p)}^2 \text{ Dalee } \sum_{n=1}^{\infty} |\varphi_n| = \frac{p}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} |\varphi_n^{(1)}|.$$

Применяя неравенство Буняковского для сумм [6], находим:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} |\varphi_n^{(1)}| \leq \left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{n=1}^{\infty} |\varphi_n^{(1)}|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \leq \frac{\pi}{\sqrt{6}} \|\varphi'\|_{L_2(0,p)}.$$

Здесь мы воспользовались равенством $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$. Отсюда следует

абсолютная и равномерная сходимость ряда (18) в $\overline{\Omega}$.

Лемма 3 доказана.

ЛЕММА 4. Пусть $\psi(x) \in w_2^1(0, p)$, $\psi(0) = \psi(p) = 0$. Тогда ряд (19) сходится абсолютно и равномерно в $\overline{\Omega}$.

Доказательство аналогично доказательству леммы 3.

ЛЕММА 5. Пусть $\varphi(x) \in w_3^2(0, p)$, $\varphi(0) = \varphi(p) = 0$, $\varphi''(0) = \varphi''(p) = 0$. Тогда ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) \cdot \lambda_n^2 \sin \lambda_n^2 t \quad (26)$$

сходится абсолютно и равномерно в $\overline{\Omega}$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Интегрируя по частям (21) три раза, имеем:

$$\varphi_n = \frac{1}{\lambda_n^3} \varphi_n^{(3)},$$

где:

$$\varphi_n^{(3)} = \int_0^t \varphi'''(x) \sqrt{\frac{2}{p}} \cos \lambda_n x dx,$$

причем

$$\sum_{n=1}^{\infty} |\varphi_n^{(3)}| \leq \|\varphi'''\|_{L_2(0,p)}^2.$$

Достаточно показать сходимость ряда:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n^2 |\varphi_n| \leq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n} |\varphi_n^{(3)}| \leq \left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^2} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{n=1}^{\infty} |\varphi_n^{(3)}|^2 \right)^{\frac{1}{2}} \leq \frac{p}{\sqrt{6}} \|\varphi'''\|_{L_2(0,p)}.$$

Отсюда следует абсолютная и равномерная сходимость (26) в $\overline{\Omega}$.

Лемма 5 доказана.

ЛЕММА 6. Если $\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} \in C(\overline{\Omega})$ то ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{X_n(x)}{\lambda_n^2} f_n'(0) \sin \lambda_n^2 t$

сходится абсолютно и равномерно в $\overline{\Omega}$.

Доказательство очевидно.

ЛЕММА 7. Если $\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} \in C(\overline{\Omega})$, $\frac{\partial^2 f}{\partial t^2}(x,t) \in L_2(\Omega)$,

$$\text{то ряд } \sum_{n=1}^{\infty} \frac{X_n(x)}{\lambda_n^2} \int_0^t f_n''(0) \sin \lambda_n^2(t-\tau) d\tau \quad (27)$$

сходится абсолютно и равномерно.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Покажем, что мажорантный ряд сходится. В самом деле

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^2} \int_0^t |f_n''(\tau)| d\tau \leq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{P}{n\pi} \sqrt{\int_0^T dt \int_0^T [f_n''(t)] dt} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{P^2}{\pi^2} \frac{\sqrt{T}}{n^2} \|f_n''(t)\|_{L_2(0,T)} = c \frac{P^2 T}{\pi^2} \left\| \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \right\|_{L_2(\Omega)},$$

где: $c = \left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} \right)^{\frac{1}{2}}$

Отсюда следует, что ряд (27) сходится абсолютно и равномерно в $\overline{\Omega}$.

ТЕОРЕМА 2. Пусть:

- 1) $f(x, t) \in C^1(\overline{\Omega})$, $f(0, t) = f(p, t) = 0$, $\frac{\partial f}{\partial x} \in Lip_\varepsilon[0, p]$, равномерно по t , $0 < \alpha < 1$;
- 2) $\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \in L_2(\Omega)$;
- 3) $\varphi(x) \in w_2^3(0, p)$, $\varphi(0) = \varphi(p) = 0$, $\varphi''(0) = \varphi''(p) = 0$;
- 4) $\psi(x) \in w_2^3(0, p)$, $\psi(0) = \psi(p) = 0$.

Тогда ряды (23)-(25) сходятся абсолютно и равномерно в $\overline{\Omega}$. Решение (23) удовлетворяет уравнению (1), условиям (2)-(5), непрерывно зависит от функций $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $f(x, t)$ и $u(x, t) \in C_{x,t}^{4,2}(\overline{\Omega})$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Складывая ряды (24) и (25), убедимся, что решение (23) удовлетворяет уравнению (1). Из свойств функции $X_n(x)$ следует, что решение (23) удовлетворяет условиям (1) и (3). В рядах (23^a) и (25) переходя к пределу при $t \rightarrow 0$ убедимся, что решение (23) удовлетворяет условиям (4) и (5). Из абсолютной и равномерной сходимости рядов (24) и (25) в области $\overline{\Omega}$ следует, что $u(x, t) \in C_{x,t}^{4,2}(\overline{\Omega})$. Непрерывная зависимость решения от функций $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $f(x, t)$ следует из оценки

$$\|u\|_{C(\overline{\Omega})} \leq c(\|\varphi\|_{C[0,p]} + \|\psi\|_{C[0,p]} + \|f(x, 0)\|_{C[0,p]}) + \|f(x, t)\|_{C(\overline{\Omega})},$$

которая легко получается из (23).

Список использованной литературы

1. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики. М: Наука-1977.-736 с.
2. Крылов А.Н. О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики.-М.-Л., 1950.-312 с.
3. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. Ч.2.-М., 1973.
4. Моисеев Е.И. О решении спектральным методом одной нелокальной краевой задачи. // Дифференциальные уравнения. 1999. Т., 35. № 8. - С. 1094-1100.
5. Бари Н.К. Тригонометрические ряды. -М.: 1961.-208 с.
6. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Элементы функционального анализа. -М.: 1965.-311с
7. Аманов, Н.Жураев, Б.Э.Эшматов. Краевая задача для уравнения колебания балки. Тезисы докладов Республиканской научной конференции с участием зарубежных ученых «Неклассические уравнения математической физики и их приложения». - Ташкент, 23-25 октября, 2014. - 39 с.
8. Alikhanov A.A. A priori estimates for solutions of boundary value problems for fractional-order equations // Differential Equations, 2010, Vol. 46, No.5, pp. 660–666.
9. Sakamoto K., Yamamoto M. Inverse source problem with a final overdetermination for a fractional diffusion equation // Math. Control Relat. Fields. -AIMS, 2011.-v.1.-P. 509-518.
10. Berdyshev A.S., Cabada A, Kadirkulov B.J. The Samarskii-Ionkin type problem for the fourth order parabolic equation with fractional differential operator // An Inter. J. Computers and Mathematics with Applications. - Elsevier, 2011. - v. 62. - № 10. - P. 3884 – 3893.

KUBIK-KVARTIK OPTIK MUHITLARNING SOLITONLARI

Suyunov Laziz Abdumannon o'g'li

Qarshi davlat universiteti, o'qituvchi

lasuyunov@gmail.com

ORCID 0009-0005-5940-8769

UDK 538.9

Annotatsiya. Tadqiqotimiz shuni ko'rsatadiki, ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi tartibli dispersiyaga ega bo'lgan nohiziqli muhitlarda stasionar impuls yechimlar mavjud bo'la oladi. Variatsion yaqinlashuvga asoslangan holda, bunday solitonlarning asosiy parametrlarini baholash imkonini beruvchi nazariy model ishlab chiqildi. Tahlil natijalariga ko'ra, kechiktirilgan (retarded) koordinatalar sistemasida soliton tezligi chiziqli to'liqlar gruppaviy tezligining teskarisi bilan doimo mos kelavermaydi. Shuningdek, impuls spektrining chiziqli to'liqlar spektri bilan o'zaro ta'siri stasionar solitonlarning shakllanishida muhim rol o'ynashi mumkinligi aniqlandi. Sonli modellashtirishlar ushbu nazariy xulosalarning to'g'riligini tasdiqladi. Bundan tashqari, turli sistemalarda hosil bo'ladigan solitonlar o'rtasidagi almashuv bog'lanishlar ham keltirib chiqarildi. Yuqori tartibli juft dispersiyaga ega muhitlardagi solitonlar uchun umumlashtirilgan model ham taklif etildi.

Kalit so'zlar: Nohiziqli muhit, sekin o'zgaruvchi amplituda, to'liq soni, dispersion munosabat, gruppaviy tezlik, chirp, fazaviy sinxronizm.

SOLITONS IN CUBIC-QUARTIC OPTICAL MEDIA

Abstract. Our study provides strong evidence that nonlinear media with second-, third-, and fourth-order dispersion can support stationary pulse solutions. Using a variational-based approach, we formulate a theoretical framework that allows us to estimate the key parameters of these solitons. The analysis reveals that, in the retarded reference frame, the soliton velocity does not necessarily coincide with the reciprocal of the group velocity of linear waves. Furthermore, it is demonstrated that the spectral interaction between the pulse and linear waves can play a crucial role in determining whether stationary solitons can form. Numerical simulations confirm the validity of these theoretical predictions. We also establish transformation relations connecting solitons arising in different systems. In addition, a generalized model is proposed for solitons in media characterized by higher-order even dispersion terms.

Key words: Nonlinear medium, slowly varying envelope, wave number, dispersion relation, group velocity, chirp, phase matching.

Kirish. Ikkinchi tartibli dispersiya – ya'ni gruppaviy tezlik dispersiyasi (GTD) – bilan kubik (Kerr) nohiziqlik o'rtasidagi muvozanat optik solitonlarning hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday solitonlar – o'z parametrlarini o'zgartirmagan holda tarqaladigan turg'un impulslardir [1]. Bundan tashqari, ular o'zaro ta'sirlashgandan keyin ham shaklini va parametrlarini saqlab qoladi. Yuqori tartibli dispersiya, Raman chastotaviy siljishi va o'z-o'zini tiklash kabi qo'shimcha effektlar soliton parametrlarini o'zgartirishi mumkin [1].

Yaqinda shuni aniqlashdiki, faqat to'rtinchi tartibli dispersiya va Kerr nohiziqlik mavjud bo'lgan muhitlarda ham turg'un impulslar shakllanishi mumkin [2]. Bu impulslar "sof-to'rtinchi-tartibli solitonlar" (STTS) deb ataladi. STTS xususiyatlari nazariy va tajribaviy ravishda bir qator ishlarda o'rganilgan, masalan [2–9]. Ularning stasionar va dinamik xususiyatlari [5] maqolada bayon qilingan. Xususan, STTS impulslarda tebranuvchi dumlar mavjudligi ko'rsatilgan [10]. STTS asosida ishlaydigan lazer yaratish g'oyasi esa [6] maqolada taklif qilingan. Sof to'rtinchi tartibli dispersion muhitlarda STTS larning rivojlanishi [4, 7] maqolalarda ko'rib chiqilgan.

Ushbu maqolada biz ikkinchi, uchinchi (UTD) va to'rtinchi tartibli dispersiyaga (TTD) ega bo'lgan umumiy to'rtinchi tartibli dispersiv muhitlarni o'rganamiz. Shuni ko'rsatamizki, bunday muhitda ham turg'un lokal impulslar tarqala oladi. Barcha dispersion hadlar ishtirok etgani sababli, bunday impulslarni STTSdan farqlash maqsadida "umumiy to'rtinchi-tartibli solitonlar" (UTTS) deb ataymiz. Stasionar solitonlarning

parametrlari variatsion yondashuv yordamida taxminan topildi. Sistema parametrlari fazosida UTTS mavjud bo'ladigan sohalar aniqlangan. Shuningdek, umumiy to'rtinchi tartibli muhitdagi harakatlanuvchi solitonlar bilan sof to'rtinchi tartibli muhitdagi solitonlar o'rtasidagi bog'liqlik ko'rsatildi. Natijalar yuqori tartibli dispersiya hollariga umumlashtirildi.

Tadqiqot metodologiyasi. Nochiziqli dispersion muhitda optik impulsning tarqalish tenglamasi sifatida umumlashgan nochiziqli Shredinger tenglamasidan (NShT) foydalanish mumkin [1,2],

$$iA_z - \frac{\beta_2}{2} A_{\tau\tau} - i \frac{\beta_3}{6} A_{\tau\tau\tau} + \frac{\beta_4}{24} A_{\tau\tau\tau\tau} + \sigma |A|^2 A = 0, \quad (1)$$

bu yerda $A(\tau, z)$ elektr maydonning sekin o'zgaruvchi amplitudasi, τ vaqt, z masofa, β_j , $j = 2 - 4$ j -inchi tartibli dispersion parameter, σ Kerr nochiziqli parameter.

Chiziqli to'liqlarning dispersion munosabati (1) tenglama uchun quyidagi ko'rinishga ega

$$\zeta(\omega) = \frac{\beta_2}{2} \omega^2 + \frac{\beta_3}{6} \omega^3 + \frac{\beta_4}{24} \omega^4 \quad (2)$$

Bu munosabatdan $\zeta_1(\omega) \equiv \zeta'(\omega) = \beta_2 \omega + \beta_3 \omega^2/2 + \beta_4 \omega^3/6$ gruppaviy tezlikka teskari kattalikni hamda $\zeta_2(\omega) \equiv \zeta''(\omega) = \beta_2 + \beta_3 \omega + \beta_4 \omega^2/2$ chiziqli to'liqlarning ikkinchi tartibli dispersion parametrini aniqlaymiz.

Tenglama (1) quyidagi ko'rinishdagi Lagranj funksiya zichligiga ega:

$$\Lambda = \frac{i}{2} (A^* A_z - A A_z^*) + \frac{\beta_2}{2} |A_\tau|^2 + i \frac{\beta_3}{12} (A_\tau^* A_{\tau\tau} - A_\tau A_{\tau\tau}^*) + \frac{\beta_4}{24} |A_{\tau\tau}|^2 + \frac{\sigma}{2} |A|^4 \quad (3)$$

Biz sech funksiya ko'rinishidagi sinov funksiyasidan foydalanamiz:

$$A(\tau, z) = A_0 \operatorname{sech}\left(\frac{\tau - \tau_c}{w}\right) \exp\left[i\left(\phi - b(\tau - \tau_c) + c(\tau - \tau_c)^2\right)\right] \quad (4)$$

Lagranj funksiya Lagranj funksiya zichligi orqali $L = \int_{-\infty}^{\infty} \Lambda d\tau$ munosabatdan topiladi [2,3]. Eyler-Lagranj tenglamalarini qo'llab quyidagi tenglamalar sistemasini aniqlaymiz:

$$a' = -c \left(2\zeta_2(b)w + \frac{\beta_4}{3} \left((1 - 6\pi^{-2})w^{-1} + \frac{7\pi^2}{5} c^2 w^3 \right) \right), \quad (5)$$

$$c' = 2\zeta_2(b)(c^2 - \pi^{-2}a^{-4}) - \pi^{-2}\sigma N a^{-3} + \frac{7\beta_4}{15}(\pi^2 c^4 a^2 - \pi^{-2}a^{-6}), \quad (6)$$

$$\tau'_c = \zeta_1(b) + \frac{\beta_3 + \beta_4 b}{6}(w^{-2} + \pi^2 c^2 w^2), \quad (7)$$

$$\phi' = \frac{\beta_2}{2} \left(\frac{2}{3} w^{-2} - b^2 \right) + \frac{\beta_3}{6} (b w^{-2} - 2b^3 - \pi^2 b c^2 w^2) + \quad (8)$$

$$\frac{\beta_4}{360} (21w^{-4} - 45b^4 + 10c^2(\pi^2 - 6) - 60\pi^2 b^2 c^2 w^2 - 7\pi^4 c^4 w^4) + \frac{5\sigma N}{12} w^{-1},$$

va $b' = 0$, bu yerda hosila belgisi (shtrix) z bo'yicha hosilani bildiradi. Soliton energiyasini ya'ni normani bildiruvchi parametr z ga bog'liq emas, ya'ni invariant kattalik bo'lib $N = 2A_0^2 w$ ga teng.

(5) va (6) tenglamalar yopiq sistemani tashkil qiladi, chunki ularning o'ng tomoni τ_c va ϕ ga bog'liq emas. (7) va (8) tenglamalarning o'ng tomoni mos ravishda kechiktirilgan koordinatalar sistemasida $1/v$ soliton tezligi va δ faza koeffitsiyentini

aniqlaydi. (5) va (6) tenglamalardan yana bir invariant kattalik – effektiv Gamiltonianni aniqlaymiz:

$$H_{\text{eff}} = 7\pi^4 \beta_4 a^4 c^4 + 10c^2 \left((\pi^2 - 6) \beta_4 + 6\pi^2 \zeta_2(b) a^2 \right) + 360\zeta(b) + 7\beta_4 a^{-4} + 60\zeta_2(b) a^{-2} + 60\sigma N a^{-1}. \quad (9)$$

Effektiv Gamiltonian orqali (5) tenglamani zarrachaning effektiv potentsialdagi harakatini tavsiflovchi tenglamaga keltirish mumkin.

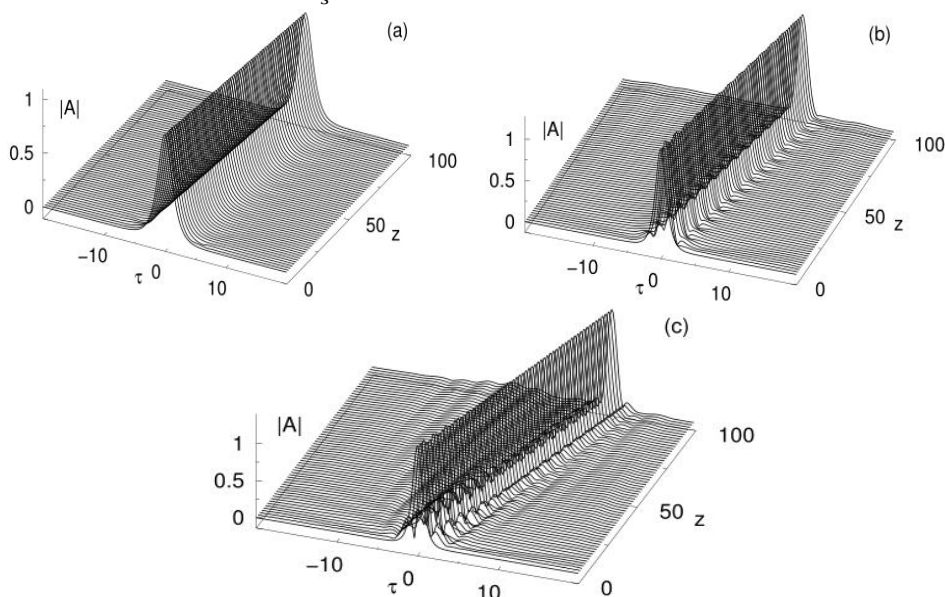
Statsionar holatlar faqat $c = 0$ da mavjud ekanligidan foydalanib, soliton kengligi w uchun statsionar tenglamani (5) va (6) tenglamalardan olamiz:

$$w^3 + r_1 w^2 + r_2 = 0, \quad (10)$$

$$r_1 = \frac{2\zeta_2(b)}{\sigma N}, \quad r_2 = \frac{7\beta_4}{15\sigma N}.$$

Soliton dispersion munosabat ya'ni soliton tarqalish doimiysining chastotaga bog'liqligini (1) tenglamadan Fur'e almashtirish yordamida aniqlash mumkin:

$$\zeta_{\text{sol}} = \delta_s + \frac{\omega - b}{v_s}. \quad (11)$$



1-rasm. Dispersion parametrlarning a) $(\beta_2, \beta_3, \beta_4) = (-1, 0.2, -0.2)$, b)

$(\beta_2, \beta_3, \beta_4) = (-0.2, 0.2, -1)$, c) $(\beta_2, \beta_3, \beta_4) = (0.2, 0.2, -1)$ qiymatlarida hamda $\sigma = 1$, $N = 2$ bo'lganda solitonlarning dinamikasi.

Fazaviy sinxrinizm shartiga ko'ra [4,11] soliton nurlantiruvchi chiziqli to'lqinlarning chastotasi

$$\zeta_{\text{sol}}(\omega_r) = \zeta(\omega_r) \quad (12)$$

shartdan topiladi. Agar bu chiziqlar kesishsa, soliton o'zidan ω_r chastotali chiziqli to'lqin nurlaydi, bu holda solitonni turg'un deya olmaymiz. Aksincha, ular kesishmasa soliton turg'un hisoblanadi.

Natijalar va muhokama. Nazariy prognozlarning to'g'riligini tekshirish maqsadida (1) tenglamani fizik faktorlar bo'yicha parchalash metodi (split-step Fourier method) yordamida sonli evolyutsiyasini tekshirdik. Boshlang'ich shart sifatida variatsion yaqinlashuvdan topilgan nazariy yechim tanlangan. 1-rasmida normasi $N = 2$ bo'lgan solitonlarning tarqalish dinamikasi tasvirlangan. 1c-rasmida soliton uzoq masofagacha tebratuvchi dumga ega. Tebratuvchi dumga ega solitonlarning oddiy solitonlardan farqi shundaki, ular bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashib bog'langan holat hosil qila oladi.

Kvadratik va kubik dispersiya mavjud bo'lgan muhitlarda ($\beta_4 = 0$) soliton

dispersion chizig'i $\zeta_{\text{sol}}(\omega)$ bilan chiziqli to'liqin dispersioni $\zeta(\omega)$ kesishadi. Shu sababli bunday muhitlarda har doim rezonans chiziqli to'liqinlar hosil bo'ladi. Nazariya bunday sharoitda ham solitonlar mavjud bo'lishini bashorat qilgan bo'lsa-da, energiya solitondan chiziqli to'liqlarga uzluksiz oqib o'tadi va natijada solitonlar to'liq statsionar bo'la olmaydi. Agar rezonans chastota soliton spektrining markazi b dan ancha uzoqda bo'lsa, solitonning turg'unlik vaqti ancha katta bo'lishi mumkin. Bundan farqli ravishda, to'rtinchi tartibli dispersion had hisobga olinganda, b parametrning shunday qiymatlari topiladiki, ularda $\zeta_{\text{sol}}(\omega)$ chizig'i $\zeta(\omega)$ bilan kesishmaydi. Masalan, bunday chastotalar ko'pincha $\zeta(\omega)$ funksiyasining ekstremumlari yaqinida yuzaga keladi.

Yuqoridagi mulohazalar quyidagi umumiy xulosaga olib keladi: nochiziqli muhitlarda dispersiyaning istalgan tartibiga ega bo'lgan sharoitlarda lokalizatsiyalangan impulslar mavjud bo'lishi mumkin. Agar dispersiyaning eng yuqori tartibdagi hadi toq bo'lsa, bunday impulslar chiziqli nurlanishning doimiy tarqalishi sababli statsionar bo'lmaydi (faqat kvazistatsionar bo'lishi mumkin). Agar eng yuqori tartibdagi dispersiya hadi juft bo'lsa, unda statsionar va turg'un impulsning mavjud bo'lishi ehtimoli mavjud. Buning zaruriy sharti – soliton dispersion munosabati chiziqli to'liqinlar dispersioni bilan kesishmasligi.

Shuningdek, "kiritilgan solitonlar" (embedded solitons) haqida ham eslatib o'tish lozim. Bunday lokalizatsiyalangan impuls spektri chiziqli to'liqinlar spektrining ichida joylashadi [11, 12]. Ular asosan ko'p komponentli sistemalarda kuzatiladi [12], garchi kubik-kvintik nochiziqlikka ega skalyar sistemalarda ham mavjud bo'lishi mumkin [11]. Biroq, bunday solitonlar faqat sistema parametrlari o'rtasidagi aniq mosliklarda paydo bo'ladi. Ma'lum bo'lgan adabiyotlar bo'yicha, faqat kubik nochiziqlikka ega sistemalarda embedded solitonlar kuzatilmagan.

(1)-tenglama bo'yicha bajarilgan ko'p sonli raqamli tajribalar shuni ko'rsatadiki, agar spektrlar kesishsa (variatsion usul yordamida topilgan soliton parametrlari uchun), unda $\beta_4\sigma > 0$ bo'lgan holatda statsionar solitonlar mavjud emas.

Xulosa va takliflar. Xulosa qilib aytganda, biz 2-4 tartibli dispersiya mavjud bo'lgan muhitlarda stasionar impuls – umumiy kvartik solitonlar – tarqala olishini ko'rsatdik. (1)-tenglamaning sonli hisoblari ushbu impulsning yetarlicha uzoq masofalarda turg'un ekanini tasdiqlaydi. Sistema parametrlari orqali ifodalangan UTTSning mavjudlik shartlari aniqlab berildi. Muhimi, bunday solitonlar GTD musbat bo'lgan holatda ham, manfiy bo'lgan holatda ham yuzaga kelishi mumkin. Turli energiya va soliton chastotalariga ega stasionar solitonlarning parametrlari taxminiy shaklda topildi va ularning qiymatlari raqamli natijalarga juda yaqin. Shuningdek, kvartik dispersiyaga ega umumiy muhitlarda soliton tezligi odatda chiziqli to'liqlarning guruh tezligi teskarisiga to'g'ri kelmasligi isbotlandi. Impulsning chiziqli to'liqlar bilan rezonans o'zaro ta'siri stasionar solitonlarning shakllanishiga to'sqinlik qilishi ham ko'rsatildi. (1)-tening yechimlarini (15)-tening yechimlari bilan bog'laydigan transformatsiyalar ham olingan. Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, agar eng yuqori tartibli dispersiya hadi juft bo'lsa, umumiy ko'rinishdagi dispersiyaga ega muhitlarda turg'un solitonlar mavjud bo'lishi mumkin.

Natijalarimiz nolinear dispersiyali muhitlarda impuls dinamikasini, xususan superkontinuum hosil bo'lishi jarayonini tushinishda yangi qarashni taklif qiladi. Odatda, bu jarayon faqat GTD mavjud bo'lgan standart NShT modelining solitonlariga kichik buzilish sifatida talqin qilinadi. Ammo bizning natijalar shuni ko'rsatadiki, impuls dinamikasini yuqori tartibli dispersiya bilan bog'liq stasionar solitonlarga moslashuv jarayoni sifatida ham ko'rish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. G. P. Agrawal. Nonlinear Fiber Optics. 4th ed. Academic Press. 2007. pp. 51-53.
2. A. Blanco-Redondo, C. M. de Sterke, J. E. Sipe, T. F. Krauss, B. J. Eggleton, and C. Husko. Pure-quartic solitons. Nature communications. 2016. Vol. 7, №10427.
3. K. K. K. Tam, T. J. Alexander, A. Blanco-Redondo, and C. M. de Sterke. Stationary and dynamical properties of pure-quartic solitons. Optics letters. 2019. Vol. 44, №3306.
4. A. F. J. Runge, D. D. Hudson, K. K. K. Tam, C. M. de Sterke, and A. Blanco-Redondo. The pure-quartic soliton laser. Nature photonics. 2020. Vol. 14, №492.
5. O. Melchert, A. Yulin, and A. Demircan. Dynamics of localized dissipative structures in a generalized Lugiato-Lefever model with negative quartic group-velocity dispersion. Optics letters. 2020. Vol. 45, №2764.
6. Y. Li, J. Dai, J. Liu, Z. Weng, W. Hu., D. Lu. Evolution of pure-quartic solitons studied by the variational approach. Optics communications. 2022. Vol. 524, №128790.
7. N. Akhmediev, A. Buryak, and M. Karlsson. Radiationless optical solitons with oscillating tails. Optics communications. 1994. Vol. 110, №540.
8. M. Karlsson and A. Hook. Soliton-like pulses governed by fourth order dispersion in optical fibers. Optics communications. 1994. Vol. 104, №303.
9. N. Akhmediev and M. Karlsson. Cherenkov radiation emitted by solitons in optical fibers. Physical review A. 1995. Vol. 51, №2602.
10. V. E. Zakharov and E. A. Kuznetsov. Optical solitons and quasisolitons. Journal of experimental and theoretical physics. 1998. Vol. 86, №1035.
11. E. N. Tsoy and C. M. de Sterke. Theoretical analysis of the self-frequency shift near zero-dispersion points: Soliton spectral tunneling. Physical review A. 2007. Vol. 76, №043804.
12. J. Fujioka and A. Espinosa. Soliton-like solution of an extended NLS equation existing in resonance with linear dispersive waves. Journal of physical society of Japan. 1997. Vol. 66, №2601.

**CHEKSIZ ELASTIK FAZODA SFERIK QATLAMNING NOSTATSIONAR
TEBRANISHI****Shukurov A.M.**

Qarshi davlat universiteti, professor

Shukurovamon@yandex.ru

ORCID 0000-0002-5555-9149

УДК 539.6

Annotatsiya. Maqolada elastik fazosidagi sferik qatlamning nostatsionar tebranishi haqidagi masala o'rganilgan bo'lib, masalaning yechish algoritmi o'lchovsiz vaqt bo'yicha Laplas almashirishlarining tasvirlar fazosida o'zgaruvchilarni to'liq bo'lmagan ajratish usuli yordamida ishlab chiqilgan. Tasvirlar fazosida masala cheksiz chiziqli algebraik tenglamalar sistemasini yechishga keltirilgan. Bu sistemaning yechimi darajali ko'rsatkichlar bo'yicha cheksiz qatorlar shaklida topilgan. Qatorlar koeffitsiyentlariga nisbatan rekurrent ifodalar hamda ular uchun boshlang'ich shartlar olingan. Vaqt bo'yicha Laplas integral almashirishlarining tasvirlar fazosida qalin sferik qatlam hamda elastik muhit nuqtalarida ko'chish vektori va kuchlanish tenzori komponentalari uchun ifodalar topilgan. Funktsiyalarning tasvirlari ratsional funksiya kabi aniqlanib, ularning originalga o'tish analitik usul yordamida amalga oshirilgan. Sonli sinovlar turli muhitlar uchun o'tkazilgan.

Kalit so'zlar: Nostatsionar to'lqinlar, sferik qatlam, elastik muhit, Laplas integral almashirishlari, cheksiz sestema, cheksiz qator, ko'chish vektori, kuchlanish tenzori.

**NON-STATIONARY VIBRATIONS OF A SPHERICAL LAYER IN AN INFINITE
ELASTIC SPACE**

Abstract. This article examines the problem of transient oscillations of a spherical layer in elastic space and develops an algorithm for solving it using the method of incomplete separation of variables in the image space of the Laplace transform with respect to dimensionless time. The problem is reduced to solving a system of infinite linear algebraic equations in image space. The solution to this system is found in the form of infinite series in power exponents. Recurrence

expressions for the coefficients of the series and initial conditions for them are obtained. Expressions are found for the components of the displacement vector and the stress tensor at points of a thick spherical layer and an elastic medium in the image space of the Laplace transforms with respect to time. The function images are defined as rational functions, and their transformation to the initial state is performed using an analytical method. Numerical experiments for various media are conducted.

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

Kirish. Matematik modellashtrish zamonaviy ilmiy tadqiqot va o'rganish usuli sifatida fan va zamonaviy texnologiyalarning turli sohalarida qo'llanilyapti. Uzluksiz muhitlarda nostatsionar to'lqin jarayonlarini o'rganishda yangi fundamental va amaliy muammolarning paydo bo'lishi matematik modellashtrishdan faol foydalanishni davom ettirishni taqozo etadi. Uzluksiz muhitda statsionar bo'lmagan to'lqin jarayonlari bilan bog'liq muammolarning dolzarbligi texnologiyaning turli sohalarining rivojlanishi, dinamik ta'sir kuchlar ostida ishlaydigan yangi qurilmalarni yaratish, shuningdek, geofizika, seysmologiya, konchilik, fuqarolik va sanoat qurilishi va boshqa ko'plab sohalaridagi muammolar bilan bog'liq.

Hozirgi vaqtda uzluksiz muhitlarda to'lqinlarning tarqalishi va difraksiyasini o'rganishga bag'ishlangan juda ko'p sondagi ilmiy tadqiqot ishlari mavjud. Masalan, elastik yarim fazoda sferik bo'shliqdan nostatsionar ko'ndalang siljish to'lqinlarining tarqalishi [1] tadqiqotda o'rganilgan. Ko'chish vektori va kuchlanish tenzorining komponentlari uchun formulalar olingan. [2] maqolada tekisliklar bilan chegaralangan ideal suyuqliklar qatlamida sferik bo'shliqdan nostatsionar to'lqin tarqalishining o'qsimetrik masalasi qaralgan. Laplas tasvir fazosida masala cheksiz matritsali tenglamani yechishga keltirilgan. Sonli natijalar sferik bo'shliq yaqinida bosim o'zgarishi grafiklar shaklida tasvirlangan.

[3] da yassi seysmik to'lqinning ko'ndalang tushishi natijasida yuzaga kelgan yer osti quvurining statsionar tebranishlari o'rganilgan. Qiya to'lqinni quvur bo'ylab yuqori tezlikda tarqaladigan bir nechta bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar shaklida ifodalanishi mumkinligi ko'rsatilgan. 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.

Maqola [5] qalin devorli sferik qobiqdan elastik fazoda kososimmetrik ko'ndalang siljish to'lqinlarining tarqalishi masalasiga bag'ishlangan. O'lchovsiz vaqtga nisbatan integral Laplas almashtirishi qo'llanilgan. Fazoda siljish vektori va kuchlanish tenzorining komponentlari uchun formulalar olingan. Originalga o'tish qoldiq nazariyasi yordamida amalga oshirilgan. Sonli tajribalar o'tkazilgan. [6] maqolada izotropik sferik qatlamda kososimmetrik ko'ndalang to'lqinlarning tarqalishi masalasi ko'rib chiqilgan. O'lchovsiz vaqtga nisbatan integral Laplas almashtirishi va o'zgaruvchilarni to'liq bo'lmagan ajratish usuli qo'llanilgan. Ko'chish vektori va kuchlanish tenzorining komponentlari uchun formulalar olinadi. Sonli tajribalar natijalari grafiklar shaklida berilgan.

[7] da suyuqlik va qattiq jismlardagi zarba to'lqini jarayonlarini modellashtrishning ucho'lchovli uslubiyoti, shuningdek, suyuqlik va konstruksiyalarning o'zaro ta'sirini modellashtrish masalalari o'rganilgan. [8] da esa sirtlarga normal tipdagi zarbalar paytida aylanma yupqa qobiqlarida paydo bo'ladigan elliptik chegaraviy qatlam uchun chegara masalaning yechish usuli ishlab chiqilgan. Maqolada elliptik chegaraviy qatlam tenglamalarini yechish usuli eksponensial formadagi Laplas yechimining tasvirlarining asimptotik shakldan foydalanishga asoslangan hamda sharsimon qobiq holi uchun olingan analitik yechimlar asosida normal kuchlanishning sonli natijalari olingan.

Ushbu maqola chegaralanmagan elastik fazodagi qalin sferik qatlamning nostatsionar tebranishi haqidagi masalani o'rganishga bag'ishlangan. Ishning maqsadi va

vazifasi – masalaning yechish algoritmini ishlab chiqish va sonli eksperimentlar asosida qatlam hamda atrof muhitda nostatsionar to‘lqin jarayonlarini tahlil etishdan iboratdir.

Tadqiqot metodologiyasi. Aytaylik, cheksiz bir jinsli chiziqli elastik fazoda sferik elastik qatlam joylashgan bo‘lib, u ichki va tashqi tomondan radiuslari mos ravishda r_1 va r_2 ($r_1 < r_2$) bo‘lgan o‘zaro konsentrik sferik sirtlar bilan chegaralangan. Ushbu fizik jarayonni o‘rganish uchun boshlang‘ich nuqtasi O sferik qatlam markazida bo‘lgan (r, θ, φ) sferik koordinatalar sistemasi kiritilgan.

Vaqtning boshlang‘ich $\tau = 0$ paytida sferik qatlam ichki sirtiga tekis taqsimlagan normal $q_1(\tau, \theta)$ sirt kuchi ta’sir etadi. Natijada qatlam va atrof muhitda faqat nostatsionar bo‘ylama to‘lqin tarqaladi.

Masalaning o‘qsimmetrik ekanligini e’tiborga olib, muhit va qatlam harakati ko‘chish ϕ_κ potentsiallariga nisbatan to‘lqin tenglamalari orqali tasvirlanadi ($\kappa = 0, 1$; indeks “0” muhitni, “1” indeks esa sferik qatlamni bildiradi, nuqtalar bilan vaqtga bo‘yicha differetsiallash belgilangan):

$$\gamma_\kappa^2 \ddot{\phi}_\kappa = \Delta \phi_\kappa, \quad (1)$$

bu yerda Δ - sferik koordinatalar sistemasida Laplas operatori.

Boshlang‘ich shartlar – bir jinsli:

$$\phi_\kappa|_{\tau=0} = \dot{\phi}_\kappa|_{\tau=0} = 0. \quad (2)$$

Cheksizlikda esa to‘lqin so‘nadi:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \phi_0 = 0. \quad (3)$$

Sferik qatlam ichki sirtida chegaraviy shart

$$\sigma_{rr}^{(1)}|_{r=r_1} = q_1(\tau, \theta) \quad (4)$$

ko‘rinishga ega.

Sferik qatlam bilan atrof muhit o‘rtasidagi kontakt shartlar

$$\sigma_{rr}^{(1)}|_{r=r_2} = \sigma_{rr}^{(0)}|_{r=r_2}, \quad v_1|_{r=r_2} = v_0|_{r=r_2} \quad (5)$$

tengliklar bilan ifodalanadi. Bu yerda v_κ va $\sigma_{rr}^{(\kappa)}$ lar ($\kappa = 0, 1$) mos ravishda muhit va qatlamning kuchlanish-deformatsiya holati komponentalari.

Ko‘chish ϕ_κ potentsiallari v_κ , $\sigma_{rr}^{(\kappa)}$, $\sigma_{\theta\theta}^{(\kappa)}$ muhit va qobiqning kuchlanish-deformatsiya holati komponentalari bilan o‘zaro quyidagi

$$\begin{aligned} v_\kappa &= \partial \phi_\kappa / \partial r, \quad \sigma_{rr}^{(\kappa)} = \partial v_\kappa / \partial r + 2\chi_\kappa v_\kappa / r, \\ \sigma_{\theta\theta}^{(\kappa)} &= \chi_\kappa \sigma_{rr}^{(\kappa)} + (1 + \chi_\kappa - 2\chi_\kappa^2) v_\kappa / r, \end{aligned} \quad (6)$$

munosabatlar orqali bog‘langan.

Masalani yechish uchun o‘lchovsiz vaqtga nisbatan integral Laplas integral almashtirishlari [9] va o‘zgaruvchilarni to‘liq bo‘lmagan ajratish usuli qo‘llanilgan.

Tasvirlar fazosida berilgan va noma’lum funksiyalar $P_n(\cos \theta)$ Lejandr ortogonal ko‘phadlari [10] bo‘yicha cheksiz qatorlarga yoyilib, masala qatorlar koeffitsiyentlariga nisbatan cheksiz chiqli algebraik tenglamalar sistemasiga keltirilgan. Uni matritsali tenglamalar ko‘rinishida yozib olamsiz:

$$\mathbf{L}\mathbf{A}y^2 + \mathbf{U}_1\mathbf{B} - \mathbf{U}_2\mathbf{B}y^2 = \mathbf{q}y, \quad y = e^{-r_1\gamma_1 p}, \quad (7)$$

$$\mathbf{N}\mathbf{A}x^2 + \mathbf{G}_1\mathbf{B} - \mathbf{G}_2\mathbf{B}x^2 = 0, \quad x = e^{-R_2\gamma_1 p}$$

$$\mathbf{A}(s) = \|A_0^L(s), A_1^L(s), \dots\|^T, \quad \mathbf{B}(s) = \|B_0^L(s), B_1^L(s), \dots\|^T,$$

$$\mathbf{q}(p) = \|q_0(p), q_1(p), q_2(p), \dots\|^T$$

Bu yerda $\mathbf{U}_\kappa$, $\mathbf{G}_\kappa$ lar elementlari mos ravishda $U_{\kappa n}(p)$, $G_{\kappa n}(p)$ ($\kappa=1,2$) bo'lgan cheksiz matritsalar; $\mathbf{L}$, $\mathbf{N}$ lar esa elementlari mos ravishda $L_n(p)$, $N_n(p)$ bo'lgan cheksiz diagonal matritsalar.

Hosil bo'lgan (7) matritsali tenglamalarning yechimini eksponentialar bo'yicha cheksiz qatorlar ko'rinishida

$$\mathbf{A} = \sum_{ij=0}^{\infty} \mathbf{a}_{ij}(p) x^i y^{-j-1}, \quad \mathbf{B} = \sum_{ij=0}^{\infty} \mathbf{b}_{ij}(p) x^i y^{-j-1} \quad (8)$$

izlaymiz.

Bu qatorlar ko'effitsentlarga nisbatan rekurrent ifodalar va boshlang'ich shartlar olingan.

$$a_{00}^{(1,n)}(p) = \frac{q_n(p)}{L_n(p)}, \quad \mathbf{a}_{ij}(p) = 0, \quad \mathbf{b}_{ij}(p) = 0, \quad i \geq 0, \quad j = 0, 1;$$

$$i + j \neq 0, \quad i \geq 0, \quad j \geq 0;$$

$$\mathbf{a}_{ij}(p) = \mathbf{E}_2(p) \mathbf{b}_{i-1,j}(p), \quad i \geq 1, \quad j = 0, 1; \quad \mathbf{b}_{ij}(p) = \mathbf{G}_2(p) \mathbf{a}_{i-1,j}(p), \quad i \geq 1, \quad j \geq 0;$$

$$\mathbf{a}_{ij}(p) = \mathbf{E}_2(p) \mathbf{b}_{i-1,j}(p) - \mathbf{E}_1(p) \mathbf{b}_{i-1,j-2}(p), \quad i \geq 1, \quad j \geq 2;$$

$$\mathbf{b}_{ij}(p) = \mathbf{G}_2(p) \mathbf{a}_{i-1,j}(p) - \mathbf{G}_1(p) \mathbf{a}_{i-1,j-2}(p), \quad i \geq 1, \quad j \geq 0;$$

$$\mathbf{E}_\kappa(p) = \left\| \frac{U_{np}^{(\kappa)}(p)}{L_n(p)} \right\|, \quad \mathbf{G}_\kappa(p) = \left\| \frac{G_{np}^{(\kappa)}(p)}{N_n(p)} \right\|, \quad \kappa=1,2; \quad n, p=0,1,2,\dots$$

Bu munosabatlar qatorlar ko'effitsentlari va izlanayotgan yechimni Laplas almashtirishlari parametrining ratsional funksiyalari ko'rinishda aniqlashga va ularning tasvirlaridan originalga o'tishda qoldiqlar nazariyasidan foydalanish imkonini beradi [11].

Tasvir fazosida kuchlanish tenzori va ko'chish vektori komponentalari uchun formulalar olingan.

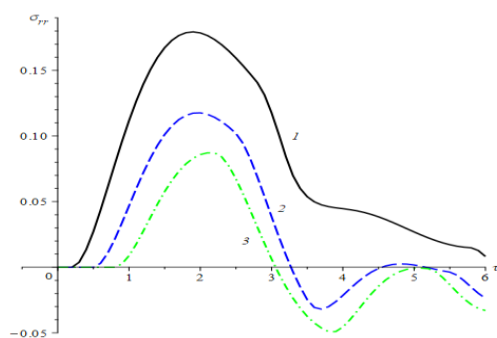
$$v_{1n}^L(r, s) = -r^{-n-2} (\gamma_1 s)^{-n} D_{n1}(r \gamma_1 s), \quad \sigma_{rrn}^{(1)L}(r, s) = r^{-n-3} (\gamma_1 s)^{-n} \beta_1 W_{n1}(r \gamma_1 s),$$

$$v_{0n}^L(r, s) = -\frac{R_{n1}(\xi) e^{-\xi} e^z}{r^2 \xi^n R_{n1}(z)} D_{n1}(r_2 \gamma_1 s), \quad \sigma_{rrn}^{(0)L}(r, s) = \frac{\beta_0 Q_{n1}(\xi) e^{-\xi} e^z}{r^3 \xi^n r_2^2 Q_{n1}(z)} W_{n1}(r_2 \gamma_1 s),$$

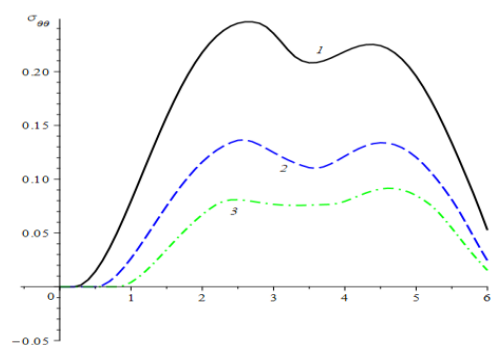
$$D_{n1}(\xi) = \sum_{i,j=0}^{\infty} \left[R_{n1}(\xi) a_{ij}^{(n)}(s) e^{-\xi} + (-1)^n G_{n1}(\xi) b_{ij}^{(n)}(s) \right] x^i y^{-j-1},$$

$$W_{n1}(\xi) = \sum_{i,j=0}^{\infty} \left[Q_{n1}(\xi) a_{ij}^{(n)}(s) e^{-\xi} + (-1)^n E_{n1}(\xi) b_{ij}^{(n)}(s) \right] x^i y^{-j-1}.$$

Natijalar va muhokama. Sonli eksperiment natijalari cheksiz granit ($E_0 = 5 \cdot 10^{10}$ Pa, $\nu_0 = 0.15$, $\rho_0 = 3 \cdot 10^3$ kg / m³) fazoda ichki va tashqi radiuslar mos ravishda $r_1 = 1.0$, $r_2 = 2.5$ bo'lgan konsentrik sferik sirtlar bilan chegaralangan po'lat ($E_1 = 20.1 \cdot 10^{10}$ Pa, $\nu_1 = 0.3$, $\rho_1 = 7.8 \cdot 10^3$ kg / m³) sferik qatlamning nostatsionar tebranish jarayoni uchun olingan. U holda o'lchovsiz parametrlar $\gamma_0 = 0.71$, $\gamma_1 = 1.0$, $\chi_0 = 0.1765$, $\chi_1 = 0.43$ qiymatlar bilan aniqlanadi. Qatlam ichki sirtiga esa $q_1(\tau, \theta) = f(\tau) H(\tau)$, $f(\tau) = p_0 \tau^2 e^{-\tau}$, $p_0 = 1$ нормал kuch ta'sir etadi. $H(\tau)$ - Xevisayd birlik funksiyasi. Sonli eksperiment natijalari θ burchakka bog'liq emas. Quyidagi 1 va 2-rasmlarda qatlamning kuchlanish $\sigma_{rr}^{(1)}$, $\sigma_{\theta\theta}^{(1)}$ komponentalarining vaqt bo'yicha o'zgarishi grafiklari tasvirlangan. Bu yerda $r = 1.2$, (egri chiziq 1), $r = 1.5$ (egri chiziq 2) va $r = 1.8$ (egri chiziq 3).

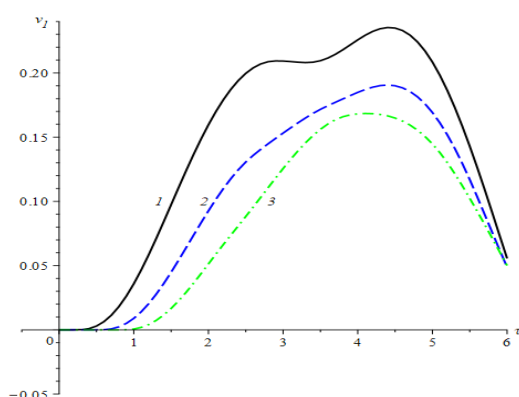


1-rasm.

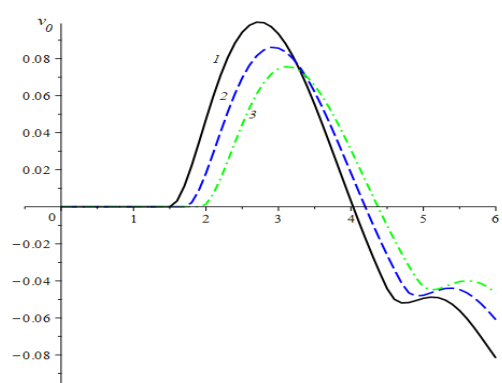


2-rasm.

3 va 4-rasmlarda esa qatlam va muhitda ko'chish vektori v_1 , v_0 komponentalarining vaqt bo'yicha o'zgarishi grafiklari tasvirlangan. Bu yerda ham 3-rasmda $r = 1.2$, (egri chiziq 1), $r = 1.5$ (egri chiziq 2) va $r = 1.8$ (egri chiziq 3).



3-rasm.



4-rasm.

4-rasmda esa $r = 2.5$, (egri chiziq 1), $r = 2.8$ (egri chiziq 2) va $r = 3.1$ (egri chiziq 3).

Xulosa. Elastik fazosidagi sferik qatlamning nostatsionar tebranishi masalasining yechimi uchun samarali taqribiy analitik yechish algoritmi ishlab chiqilgan. Laplas integral almashtirishlarining tasvirlar fazosida masala cheksiz algebraik matritsali tenglamalar sistemasini yechishga keltirilib, uning yechimi cheksiz qatorlar shaklida izlanishi rekurrent ifodalar va ular uchun boshlang'ich shartlar olindi. Kuchlanish-deformatsiya holati komponentalarining vaqt bo'yicha o'zgarishining sonli eksperiment natijalari ko'rsatadiki, elastik muhit qatlam chegarasidan qaytuvchi to'lqinlar atrof muhit va qatlamning kuchlanish deformatsiya holatiga ta'sir etadi. Olingan natijalarni dinamik kuchlanishlar ta'sirida ishlovchi yangi konstruksiyalarni yaratishda va yer osti inshootlarni loyihalashtirishda foydalanish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Горшков А.Г., Тарлаковский Д.В., Шукуров А.М. Распространение нестационарных волн сдвига от сферического включения в упругом полупространстве // Известия РАН, МТТ., 2004, № 6, С. 62–68.
2. 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>
3. Исраилов М.Ш., Действие косой сейсмической волны на подземный трубопровод// Механика твердого тела РАН, 2022, № 5, с. 58-69. DOI 10.3103/S0025654422050089
4. Dzyuba V.V., Kubenko V.D. Vnutrennyaya osesimmetrichnaya zadacha o vzaimodeystvii tonkoy uprugoy silindricheskoy obolochki, zapolnennoy sjimayemoy jidkostyu i

pogrujennoy v bezgranichnyuyu sjimayemuyu jidkost, s ossilliruyushey sferoy//Akusticheskiy vestnik, 2002. Tom 5, N 2. S. 33 – 42.

5. 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>

6. Shukurov A., and Musurmonova M. Propagation of skew-symmetric nonstationary waves in an elastic spherical layer, AIP Conf. Proc. 2024, 3004, 040009, <https://doi.org/10.1063/5.0199588>

7. 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

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. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z – преобразования. – М.: Наука, 1971. – 288 с.

10. Кузнецов Д.С. Специальные функции. – М.: Высшая школа, 1985. – 423 с.

11. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функции комплексного переменного. – М.: Наука, 1987. – 688 с.

TELOMERLANISH REAKSIYASI ASOSIDA ALIFATIK SPIRTLAR SINTEZI**Abdullayev Jahongir Urozaliyevich**

O'zbekiston Milliy universiteti kimyo fakulteti, PhD

jahongir.urazaliyevich@mail.ru

ORCID 0009-0008-6706-1699

UDK 546.215+547.262.264.284.311

Annotatsiya. Tadqiqot ishining asosiy maqsadi tabiiy gazni qayta ishlash mahsuloti bo'lgan etilendan zanjirda to'rt va undan ortiq uglerod saqlagan to'yingan spirtlar sintezini amalga oshirishdan iborat. Ishda 2-metilpropanol-1 sintez qilingan va jarayonning optimal sharoiti aniqlangan. Mahsulot unumiga turli faktorlarning bog'liqligi o'rganilgan. Harorat va bosimning mahsulot tarkibi va unumiga bevosita ta'sir etishi ham o'rganildi. Tadqiqot davomida reaksiyalar etil spirti, vodorod peroksid, atseton va etilen ishtirokida olib borilib, turli harorat (60–120 °C) va bosim (25–40 atm.) sharoitlari o'zganildi. Telomerlanish reaksiyalarida reaksiyon muhit sharoiti, ya'ni harorat, bosim, reaktivlarning nisbati mahsulot turiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Ushbu tadqiqot ishi telomerlanish reaksiyalari asosida kislorodli organik birikmalar olishning o'ziga xos usullarini tavsiflab beradi.

Kalit so'zlar: etilen, etil spirti, vodorod peroksid, benzoil peroksid, atseton, izo-butanol, monomer, telogen, telomerlanish, erituvchi, sirt faol moddalar, katalitik reaksiyalar.

**SYNTHESIS OF ALIPHATIC ALCOHOLS BASED ON THE
TELOMERIZATION REACTION**

Abstract. The main objective of this research is to carry out the synthesis of saturated alcohols containing four or more carbon atoms in the chain from ethylene, a product of natural gas processing. In this study, 2-methylpropanol-1 was synthesized, and the optimal conditions for the process were determined. The influence of various factors on product yield was investigated. The direct effects of temperature and pressure on product composition and yield were also studied. During the research, reactions were carried out involving ethyl alcohol, hydrogen peroxide, acetone, and ethylene under varying temperature (60–120 °C) and pressure (25–40 atm) conditions. In telomerization reactions, it was established that the reaction medium conditions—namely temperature, pressure, and the ratio of reactants—significantly affect the type of product obtained. This research describes specific methods for obtaining oxygen-containing organic compounds based on telomerization reactions.

Keywords: ethylene, ethanol, hydrogen peroxide, benzoyl peroxide, acetone, iso-butanol, monomer, telogen, telomerization, solvent, surfactants, catalytic reactions.

Kirish. Tabiiy gazni qayta ishlash mahsulotlari ichida etilen ishlab chiqarish muhim o'rinni egallaydi. Bu jarayonda xomashyo sifatida etandan tortib gazoylgacha bo'lgan turli xildagi uglevodorodlardan foydalaniladi. Olingan etilenning ko'p qismi polietilen ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Ammo etilen asosida yanada ko'plab turli xildagi murakkab birikmalarni, jumladan, qimmatbaho olefinlar, sikloalkanlar, texnik yuvish vositalari, flotatsiya reagentlari, sintetik yog' kislotalar va alifatik spirtlarni sintez qilish mumkin [1]. Bular orasida to'yingan spirtlar sanoat miqyosida katta amaliy ahamiyatga ega. Masalan: izo-propil spirti meditsinada, kimyo sanoatida va atseton ishlab chiqarishda xomashyo sifatida, 2-metilpropanol-1 asosan erituvchi va boshqa kimyoviy moddalarni ishlab chiqarishda oraliq modda sifatida, izo-amil spirti esa validol, erituvchilar, karbon kislotalar ishlab chiqarishda va parfyumeriya sanoatida, oktil spirti izomerlari asosan plastifikatorlar, sirt faol moddalar, parfyumer-kompozitsiyalar va h.k. ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Detsil, undetsil, dodetsil (lauril), tridetsil, spirtlari esa asosan anion aktiv va noionik sirt faol moddalar, flotatsiya reagentlari ishlab chiqarishda xomashyo sifatida amaliy ahamiyatga ega [2, 3].

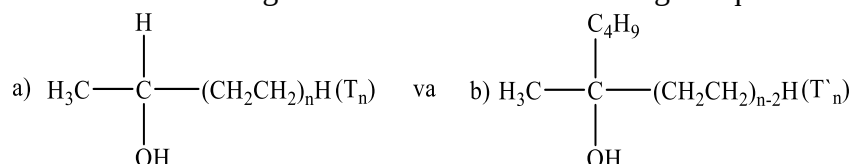
Respublikamizda alifatik spirtlardan metil va etil spirtlari sanoat miqyosida ishlab chiqariladi, lekin turli sohalar uchun zarur bo'lgan boshqa alifatik spirtlar ishlab chiqarilmaydi. Ularga bo'lgan ehtiyoj import evaziga qoplanadi. Ushbu spirtlarni Respublikamizda mahalliy xomashyolar asosida ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish imkoniyatlari mavjud [4, 5].

Sanoat uchun zarur bo'lgan spirtlarni ishlab chiqarishning noan'anaviy usullaridan biri etilenning telomerlanish reaksiyalari orqali kichik molekulyar spirtlardan yuqori spirtlar olish hisoblanadi. Telomerlanish X-Y (telogen) birikmaning ikki bo'lagi orasiga M monomerning takrorlanuvchi fragmentini kiritishdan iborat zanjirli reaksiya bo'lib, natijada gomologik telomerlar $X-M_n-Y$ ($n=2-40$) to'plami yuzaga keladi. Telomerlanishda monomer sifatida ko'pincha to'yinmagan birikmalardan foydalaniladi. To'yingan spirtlar va etilen orasidagi reaksiya erkin radikal telomerlanish mexanizmi asosida boradi. Bu jarayonda o'sayotgan radikal gomolitik qayta guruhlanishi hisobiga telomerning uglerod zanjirida tarmoqlanishni yuzaga keltiradi. Zarur mahsulot sintezi uchun dastlabki moddalar konsentratsiyasini, bosimni, haroratni va inisiatorni tanlash orqali jarayonni optimallashtirish mumkin [6].

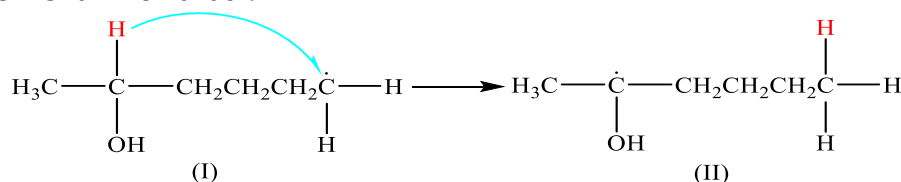
Telomerlanishning muhim xususiyati bu – zanjir uzatishning xususiy konstantasi: $C_n = k_n/k_p$ bu yerda k_n – zanjir uzatish tezlik konstantasi; k_p – n monomer zvenosidan telomer radikalining o'sish tezligi konstantasi.

Telomer aralashmasining tarkibi zanjir uzatish konstantalarining qiymatlari bilan aniqlanadi va kerakli komponent uchun reaktivlar konsentratsiyasini, bosimni, haroratni va inisiatorni tanlash orqali optimallashtirilishi mumkin.

Jarayonda vodorod atomining 1,5 ko'chishi orqali radikallarning qayta tuzilishi natijasida ikkilamchi spirtlar hosil bo'ladi. Ayniqsa, etilenni etanol bilan telomerlanishda vodorod atomining 1,5 ko'chishi bilan radikallarning qayta guruhlanishi chuqurroq ketadi. Reaksiya mahsulotida ikki turdagi telomerlar aralashmasi borligi aniqlandi:



Normal tuzilishga ega bo'lgan ikkilamchi spirtlarning hosil bo'lishi (T_n) odatiy telomerlanish reaksiyasining natijasi bo'lib, bu telogendagi α -C-H bog'ining gomolitik uzilishi tufayli amalga oshadi. Uchlamchi spirtlarning hosil bo'lishi (T'_n) α -uglerod atomidan keyingi zanjirning o'sishi bilan hosil bo'lgan oraliq radikal (I) va (II) ning qayta guruhlanishi bilan izohlanadi.



Etilenni etanol bilan telomerlanish jarayonida hosil bo'lishi mumkin bo'lgan telomerlar va ularning o'zaro nisbatlari o'rganildi (1, 2-jadvallar).

1-Jadval.

Etilenni etanol bilan telomerlanishida hosil bo'ladigan telomerlar

$[M/S]_{0.1}^*$	$K_M, \%$	Telomerlar unumi, mol/%							
		T_1	T_2	T'_3	T_3	T'_4	T_4	$T'_{>4}$	$T_{>4}$
0,13	30	22,0	13,7	1,2	15,8	1,4	12,6	2,2	30,4
0,20	30	27,0	12,2	1,2	13,7	0,8	11,5	2,1	31,6

*Monomer va telogening mollar nisbati

2-Jadval.

Zanjirni uzatish doimiyliklari $[C]_n^{um}$

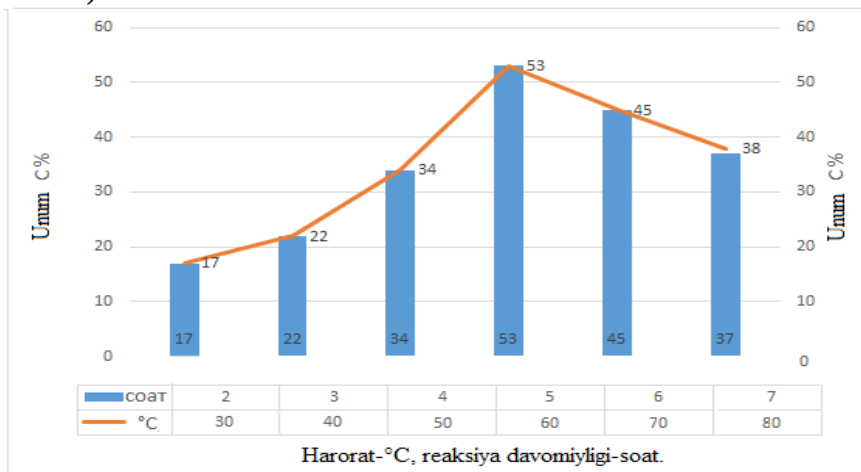
C^*	n			
	1	2	3	4
$[C]_n^{um} \cdot 10^2$	$5,4 \pm 0,7$	$3,3 \pm 0,3$	$4,9 \pm 0,5$	$5,4 \pm 0,6$

Tadqiqot metodologiyasi. Etilenni etanol bilan erkin radikal telomerlanish reaksiyalaridan kimyoviy birikmalar ko'pchilik sinflarining gomologik qatori vakillarini sintez qilishda foydalanish mumkin. Bu elementorganik birikmalar sintezi uchun, ayniqsa, istiqbolli metodlardan hisoblanadi [1,3].

Bu usulda yuqori molekular spirtlar olish uchun xomashyo sifatida etil spirti va etilendan, katalizator sifatida atseton, inisiator sifatida esa vodorod peroksid va organik peroksidlardan foydalanish mumkin. Bunda etilen – monomer, etil spirti – telogen vazifasini bajaradi. Jarayon asosan 100 °C gacha bo'lgan haroratda, 6.0 MPagacha bosim, reaksiya davomiyligi 1-6 soatda olib boriladi va bunda boshlang'ich spirtga mos ravishda turli xil telomerlar hosil bo'ladi [7]. Mahsulot turi jarayon haroratiga, etilennning bosimiga, ayniqsa, reaksiya davomiyligiga bog'liq bo'ladi. Texnologik parametrlarni tanlash orqali hosil bo'ladigan mahsulot turini va unumini boshqarish mumkin [8].

Bu usul yordamida 2-metilpropanol-1 sintezi muhim ahamiyatga ega bo'lib, tannarxining arzonligi sababli butanol-1 o'rnini bosishi mumkin. Bundan tashqari erituvchi sifatida, nitroselluloza va kauchuklarga qo'shimcha, bosma siyohlarning, lakning [9], gidravlik suyuqliklarning tarkibiy qismi, bo'yoq ketkazish vositasi sifatida va parfyumeriya sanoatida ishlatiladi [10].

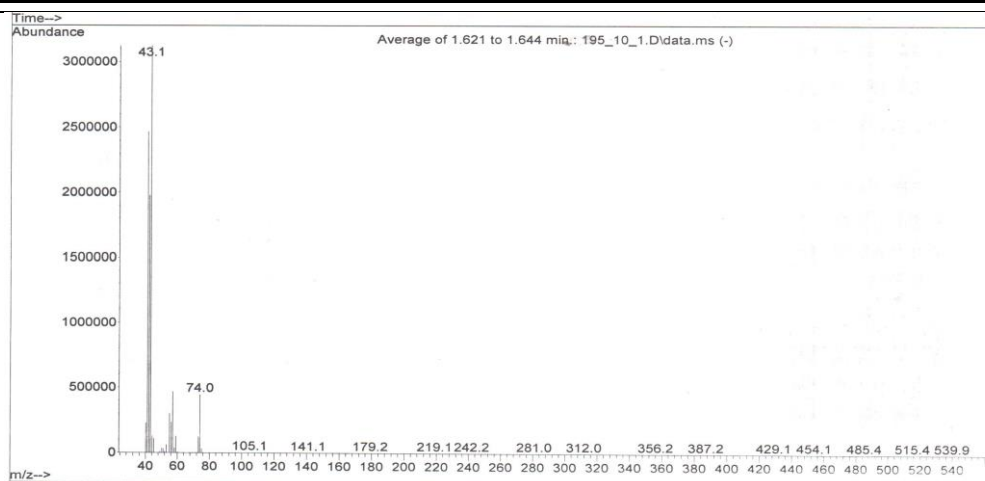
Sintez jarayoni yuqori bosimga chidamli germetik raektorda olib borildi. Boshlang'ich modda sifatida etil spirti va etilen gazidan foydalanildi. Reaksiyon muhitda bosim etilen gazi hisobiga hosil qilinadi [11]. 2-Metilpropanol-1 sintezi turli sharoitlarda amalga oshirildi va bunda harorat 30-100 °C, bosim 10-40 atm., reaksiya davomiyligi 2-6 soatni tashkil etdi. 2-Metilpropanol-1 sintezida mahsulot unumiga reaksiya davomiyligi va harorat ta'siri o'rganildi. Olingan natijalar tahlili asosida 2-metilpropanol-1 sintezi uchun maqbul sharoit sifatida harorat 60 °C, bosim 35 atm., reaksiya davomiyligi 5 soat bo'lishi aniqlandi (1-rasm).



1-rasm. 2-Metilpropanol-1 unumiga reaksiya davomiyligi va harorat ta'siri

2-Metilpropanol-1 hosil bo'lishida reaksiya davomiyligi 2 soatdan 5 soatgacha uzaytirilganda mahsulot unumi mos ravishda 17 dan 53 % gacha oshdi. Reaksiya davomiyligining yanada oshirilishi mahsulot unumining kamayishiga olib keldi, masalan, 6 soatda unum 45 % ni tashkil etdi. Jarayonda haroratning mahsulot unumiga ta'siri ham tadqiq qilindi. Bunda tajribalar 30 – 80 °C oralig'ida amalga oshirildi va mahsulot unumi 60 °C da nisbatan yuqori bo'lishi aniqlandi. Grafikdan ko'rish mumkinki, haroratning yanada oshirilishi sintez qilingan mahsulot unumining nisbatan pasayishiga olib keldi.

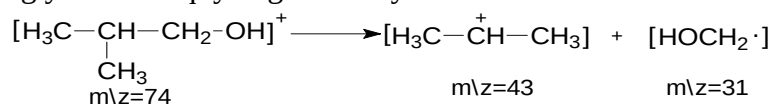
Natijalar va muhokama. Sintez qilingan 2-metilpropanol-1 ning xromato-mass spektrida uning molekular massasiga va parchalanishidan hosil bo'ladigan bo'lakli ionning massasiga mos keladigan ionning hosil bo'lishi aniqlandi. Bunda 2-metilpropanol-1 ning molekular ion cho'qqisi 74.0 ga teng bo'ldi. Quyida boshlang'ich 2-metilpropanol-1 ning molekular ionidan hosil bo'lgan bo'lakli ionning xromato-mass spektri keltirilgan (2-rasm).



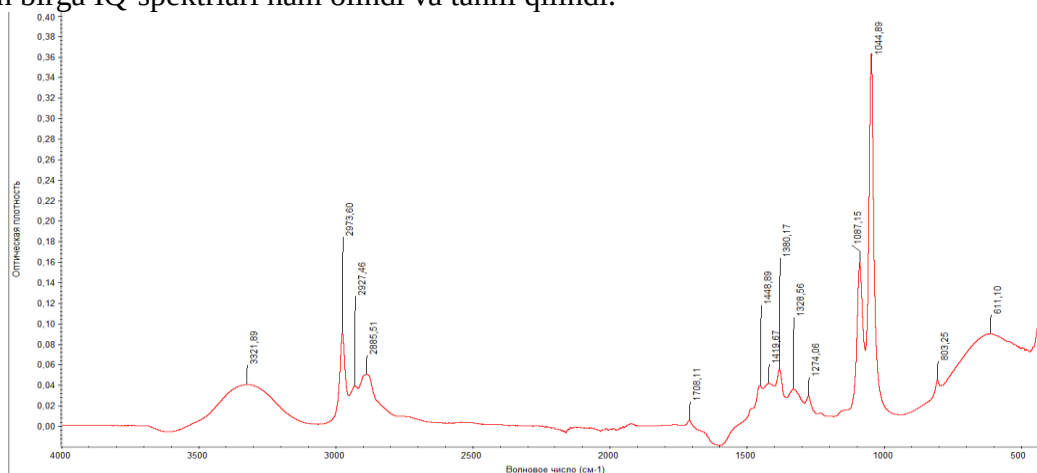
2-rasm. 2-Metilpropanol-1 ning xromato-mass spektri

2-Metilpropanol-1 xromato-mass spektrometriga kiritilgandan keyin, tanlangan sharoitda 1.621 dan 1.644 minut oralig'ida m/z 74.0 bo'lgan 2-metilpropanol-1 molekular ioni hosil bo'ldi. O'z navbatida 2-metilpropanol-1 ionidan 1.664 minutda $-\text{CH}_2\text{-OH}$ radikalining ajralib chiqishidan m/z 43 ionining ajralishi namoyon bo'ldi. Bu cho'qqi m/z 43.1 bo'lgan izo-propil ioniga mos keladi.

2-Metilpropanol-1 ning xromato-mass spektrida bo'lakli ionlarga parchalanishining yo'nalishi quyidagi umumiy holda tasvirlanadi.



Sintez qilingan mahsulotlarni analiz qilishda xromato-mass spektroskopiya usuli bilan birga IQ-spektrlari ham olindi va tahlil qilindi.



3-rasm. 2-Metilpropanol-1 ning IQ-spektri

2-Metilpropanol-1 ning IQ-spektrida gidroksil guruhlarining vodorod bog'lanishlari intensiv tebranish signali 3321 cm^{-1} sohada, uglerod bilan bog'langan gidroksil guruhining (C-OH) intensiv valent tebranish signali 1044 cm^{-1} sohada kuzatildi. Metilen (CH_2) guruhining assimetrik valent tebranish signali yuqori intensivlik bilan 2927 cm^{-1} sohada, urchuqsimon tebranish signali esa 1328 cm^{-1} sohada namoyon bo'ldi; metin (CH) guruhining valent tebranishi 2885 cm^{-1} sohada, metil guruhining assimetrik valent tebranishi esa yuqori intensivlik bilan 2973 cm^{-1} sohada, assimetrik deformatsion tebranish signali 1448 cm^{-1} sohada kuzatildi.

Xulosa. Amalga oshirilgan tajribalar asosida xulosa qilib shuni aytish mumkin-ki, yuqori bosimda etilen va etil spirti asosida 2-metilpropanol-1 sintezi tadqiqi amalga oshirildi. Mahsulot unumiga reaksiya davomiyligi va harorat ta'siri aniqlandi, jarayon borishi optimallashtirildi, mahsulot tuzilishi xromato-mass va IQ-spektrlari yordamida isbotlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Зильберштейн Т.М. Тримеризация этилена на модифицированном хром-пиррольном катализаторе. - Автореферат. - Томск, 2013.
2. Beata Kolesinska, Justyna Fraczyk, Michal Binczarski, Magdalena Modelska, Joanna Berlowska, Piotr Dziugan, Hubert Antolak, Zbigniew J. Kaminsk, Izabela A. Witonska, Dorota Kregiel. // Butanol Synthesis Routes for Biofuel Production: Trends and Perspectives. 23 January 2019
3. Hahn H.-D., Dämbkes G., Rupprich N., Bahl H., Frey G. D. Butanols // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. - Wiley. - 2013.
4. Abdullaev J.U., Nurmanov S.E., Parmanov A.B., Mirkhamitova D.X. Synthesis of aliphatic alcohols on the base on ethylene//National Association of Scientists. Yekaterinburg, Russia, -2020, № 60. P. 34-36.
5. A.B.Parmanov, S.E.Nurmonov, Sh.Djumagulov, J.Isomiddonov. Synthesis of divinyl ester of adipic acid // European Journal of Molecular & Clinical Medicine. ISSN: 2515-8260. Vol. 07, Iss. 07, 2020. P. 909-920.
6. Петров А. А., Генусов М. Л., Ионная теломеризация. - Л., 1968.
7. Лисицкий В.В., Расулев З.Г., Лапонов А.С., Борисов И.М., Вахитов Х.С. // Способ получения алифатических спиртов, содержащих три и более атомов углерода. 10.01.2004
8. Falbe, Jürgen; Bahrmann, Helmut; Lipps, Wolfgang; Mayer, Dieter. "Alcohols, Aliphatic". Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH.
9. Бубнов Ю.Н. Аллилбораны. Принципы реагирования и применения в органическом синтезе // Вестник Московского университета: Серия 2. Химия. - 2005. - Т. 46, № 3. - С. 140-144.
10. Gangolli, S. (1999), The Dictionary of Substances and Their Effects, 5 (2 ed.), London: Royal Society of Chemistry, p. 523, ISBN 978-0-85404-828-1, retrieved 2010-01-17
11. J.U.Abdullaev, D.X.Mirkhamitova, S.E.Nurmanov. Synthesis of 2-methylpropanol-1 on the base of ethylene //«Innovative ways to solve current problems in the development of food, oil and gas and chemical industries» - Inter. conf. Bukhara - November 12-14, 2020. P. 298-301.

FENILATSETILEN ASOSIDA BENZOY KISLOTA VINIL EFIRI SINTEZI VA TEXNOLOGIYASI**Parmanov Askar Basimovich**

O'zbekiston Milliy universiteti

asqar.parmenov@mail.ru

ORCID 0000-0003-1020-1511

UDK 547.478; 547.314.2; 661.744

Annotatsiya. Ushbu maqolada fenilatsetilen asosida benzoyni kislota vinil efirining sintezi va texnologiyasi o'rganilgan. Turli kompleks metall katalizatorlari $[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_3(\text{OH}_2)](\text{NO}_3)_2$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ va $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$ ishtirokida olib borilgan reaksiyalarda Markovnikov va anti-Markovnikov birikish mahsulotlari – 1-fenilvinil benzoat va stiril benzoat izomer aralashmalari hosil bo'lishi aniqlangan. Reaksiya jarayonining mexanizmi kvant-kimyoviy hisoblashlar asosida tahlil qilindi va regioselektivlikka katalizator tarkibidagi ligandlarning fazoviy xususiyatlari ta'sir ko'rsatuvchi omil ekanligi ko'rsatib o'tildi. Sintez qilingan vinil efirlarning fizik-kimyoviy xossalari spektroskopik usullar yordamida o'rganildi hamda texnologik jihatdan olish imkoniyatlari tahlil qilindi.

Kalit so'zlar: fenilatsetilen, benzoyni kislota, vinil efirlar, kompleks katalizator, Markovnikov qoidasiga binoan qo'shilish, regioselektivlik, texnologiya.

SYNTHESIS AND TECHNOLOGY OF VINYL ESTER OF BENZOIC ACID BASED ON PHENYLACETYLENE

Abstract. This study investigates the synthesis and technology of vinyl ester of benzoic acid based on phenylacetylene. Reactions were carried out in the presence of various complex metal catalysts $[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_3(\text{OH}_2)](\text{NO}_3)_2$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ and $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$ resulting in Markovnikov and anti-Markovnikov products - 1-phenylvinyl benzoate and styryl benzoate, respectively. Quantum-chemical calculations were performed to analyze the reaction mechanism, demonstrating that the

regioselectivity strongly depends on the steric and electronic properties of the ligands in the catalyst coordination sphere. The synthesized vinyl esters were characterized using spectroscopic techniques, and their technological applicability was evaluated.

Keywords: phenylacetylene, benzoic acid, vinyl esters, complex catalysts, Markovnikov addition, regioselectivity, technology.

Kirish. Alifatik va aromatik karbon kislotalarning turli terminal alkinlar bilan reaksiyasi turli o'tish metall katalizatorlari ishtirokida boradigan reaksiyalar misollarida keng o'rganilgan [1]. Bunda turli terminal alkinlar bilan karbon kislotalarning reaksiyasi Markovnikov va anti-Markovnikov birikish mahsulotlari olingan. Birikish alkin molekulasining uch bog'iga kompleks katalizator metall ionining kordinatsiyalanishi hisobiga sodir bo'ladi [2]. Birikish mahsuloti metall ionining alkin molekulasining birinchi holatdagi uglerod atomiga birikishidan ikkinchi holatdagi uglerod atomining musbat zaryad qiymatini oshiradi, natijada karbon kislotaning nukleofil birikishidan anti-Markovnikov birikish mahsuloti alkenil efirlarning izomer aralashmalari hosil bo'ladi. Aksincha alkin molekulasining ikkinchi holatdagi uglerod atomiga metall ionining kordinatsiyalanib birikishidan birinchi holatdagi uglerod atomining musbat zaryad qiymatini oshiradi. Bunda karbon kislotaning nukleofil birikishidan Markovnikov birikish mahsuloti vinil efirlar sintez qilinadi. Adabiyot manbalarda turli xil katalitik sistemalar qo'llanilgan. Bu katalizatorlar ishtirokida reaksiyaning regioselektiv va stereoselektiv birikish natijasida Markovnikov birikish mahsulot vinil efirlar va anti-Markovnikov birikish mahsulot alkenil efirlarning izomer aralashmasi turli nisbatlarda hosil bo'lgan [3,4].

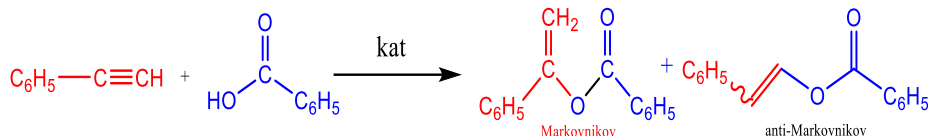
Tadqiqot metodologiyasi. *1-Fenilvinil benzoat sintez qilish.* Uch og'izli 100 ml hajmli mexanik aralashtirgich, qaytarma sovutkich, tomizgich voronka bilan jihozlangan kolbaga 1.22 g (10 mmol) benzoy kislota (C_6H_5COOH), 1.02 g (1,1 ml, 10 mmol) fenilatsetilen (C_6H_5CCH), 0,0542 g (0.1 mmol) kompleks katalizator ($[Zn(C_4H_7N_3S_2)_4](NO_3)_2$) solib 20 ml toluolda eritildi. Ishlatilgan katalizatorlar adabiyot manbalari asosida sintez qilingan [5,6]. Reaksiya aralashma 110 °C haroratda 24 soat vaqt davomida aralashtirildi, dietil efiri bilan (3x15 ml) ekstraksiya qilindi. Ekstrakt $NaHCO_3$ ning 0.5 M eritmasi, $NaHSO_4$ ning 1 M suvli eritmasi, distillangan suv, kaliy xloridning to'yingan eritmasi bilan ketma-ketlikda yuvildi. Ekstrakt 5 g Na_2SO_4 yoki K_2CO_3 yordamida 12 soat davomida quritildi va filtrlandi. Erituvchi vakuumda ajratib olindi va qoldiq massasi o'zgarmay qolguncha vakuumli eksikatorida quritildi. Hosil bo'lgan mahsulotlar silikagel kolonkali xromatografiya orqali *n*-geksan/etilatsitet sistemasi (9:1) ajratildi. Ushbu usul yordamida benzoy kislota (1.22 g, 0.01 mol) bilan fenilatsetilen (1.1 ml, 0.01 mol) reaksiyasidan umumiy 1.5 g (67%) vinil birikmalar: shundan 1-fenilvinil benzoat – 1.2 g (80.0%), $T_{qayn.} = 75-76/10$ °C, $R_f = 0.44$; stiril benzoat-0.3 g (20%), oq kristall modda, $T_{suyuq.} = 48$ °C, $R_f = 0.68$ sintez qilindi.

Natijalar va muhokama. Vinil efirlarni arzon va ommaviy metall katalizatorlari asosida sintez qilish hozirgi vaqtda dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. So'nggi o'n yillikda rux va kobalt birikmalari ishtirokida kechadigan organik reaksiyalar keng qo'llanilmoqda. Qimmatbaho metall birikmalarini arzon metall birikmalari bilan almashtirish esa nafaqat iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi, balki yuqori faollik va turli xil selektivlikka erishish imkonini ham beradi [7,8]. Kobalt katalizatori ishtirokida alkinlarni faollashtirib gidrogenlash, gidroborlash va gidroatsillash kabi reaksiyalar yetarlicha o'rganilgan bo'lib, jarayon $Co(I)-H$ oraliq mahsuloti hosil bo'lishi orqali amalga oshadi. So'nggi yillarda esa turli katalitik organik reaksiyalarda kobalt tuzlari hamda tridentat liganda ega komplekslar yuqori faollik namoyon qilmoqda. Xususan, tarkibida azot va fosfor atomlari mavjud bo'lgan tridentat NNN, NNP va PNP tipli liganda ega kobalt komplekslari sintez qilingan [9].

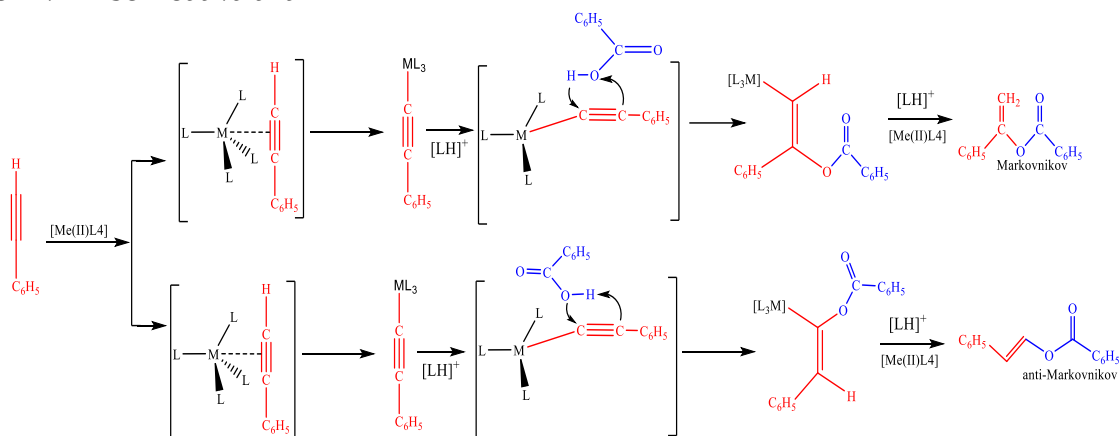
Ma'lumki terminal alkinlar bilan karbon kislotalarning reaksiyasidan Markovnikov va anti-Markovnikov birikish mahsulotlarining aralashmasi turli nisbatda hosil bo'ladi

[279; 5336-5344 b., 280; 498-525 b.]. Ushbu reaksiya ilk bor 1980-yilda ruteniyning kompleks katalizatori ishtirokida amalga oshirilgan. Keyinchalik rodiy, reniy, iridiy, oltin va bimetall kompleks katalizatorlar ishtirokida tadqiqotlar olib borilgan.

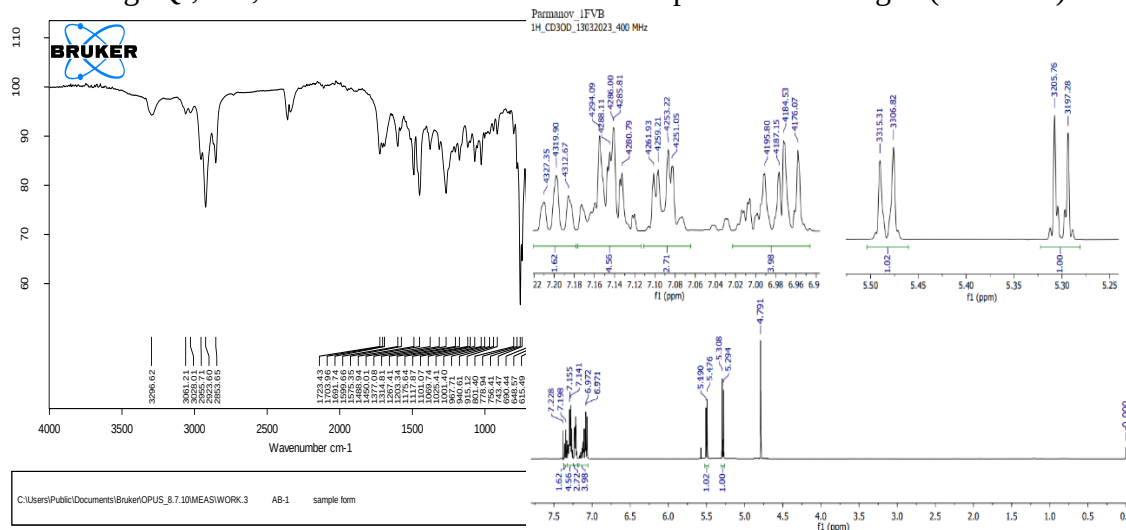
Ushbu tadqiqot ishida fenilatsetilenga benzoy kislotaning birikishidan vinil birikmalar sintezi jarayonlari $[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_3(\text{OH}_2)](\text{NO}_3)_2$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ va $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$ kompleks katalizatorlari ishtirokida amalga oshirilgan. Quyida reaksiya sxemasi keltirilgan.



Adabiyot manbalari asosida fenilatsetilenga karbon kislotalarning katalizator ishtirokida birikishida quyidagi mexanizm taklif qilindi [10]. Bu yerda reaksiyaning regioselektivligi metall ionining alkin uchbog'iga kordinatsiyalanishiga bog'liq. Metall ionining uchbog' tutgan fenilatsetilen molekulasidagi ikkinchi uglerod atomiga kordinatsiyalanishi natijasida birinchi holatdagi (C_1) uglerod atomi qisman musbat zaryadlanadi. Karboksil ionining nukleofil birikish reaksiyasidan Markovnikov birikish mahsuloti hosil bo'ladi. Aksincha metall ionining birinchi holatdagi uglerodga birikishi, ikkinchi holatdagi uglerod (C_2) atomining qisman musbat zaryadlanishiga olib keladi va karboksil ionining nukleofil hujumidan anti-Markovnikov birikish mahsuloti olinadi. Benzoy kislotaning fenilatsetilen bilan reaksiyasidan Markovnikov birikish mahsuloti 1-fenilvinil benzoat va anti-Markovnikov birikish mahsuloti stilril benzoat hosil bo'ladi.



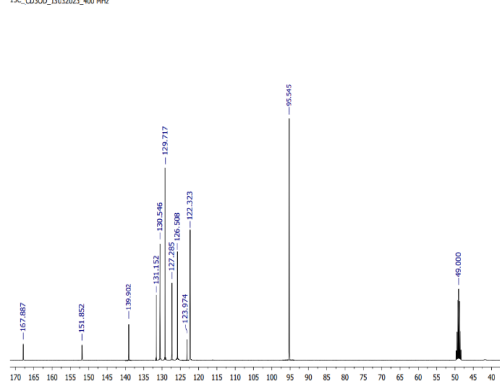
Quyida benzoy kislota va fenilatsetilen reaksiyasidan hosil bo'lgan 1-fenilvinil benzoatning IQ-, ^1H -, ^{13}C YAMR- va xromato-mass spektrlari keltirilgan (1-4-rasm).



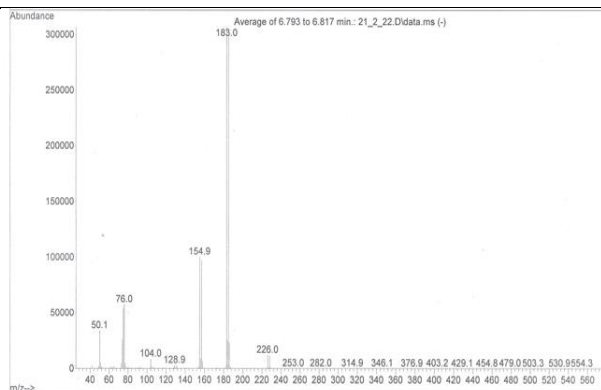
1-rasm. 1-Fenilvinil benzoatning IQ-spektri

2-rasm. 1-Fenilvinil benzoatning ^1H YAMR -spektri

Pressure: 117.78
13C_CD300_13C3001_400 MHz



3-rasm. 1-Fenilvinil benzoatning ^{13}C YAMR -spektri



4-rasm. 1-Fenilvinil benzoatning xromato-mass spektri

Reaksiya toluol eritmasida 110 °C haroratda, 24 soat davomida olib borildi. Boshlang'ich benzoy kislotasi va fenilatsetilen 1:1 mol nisbatda, katalizator esa boshlang'ich benzoy kislotaga nisbatan 1 mol % olindi [11]. Olingan natijalar jadvalda keltirilgan (1-Jadval).

1-Jadval

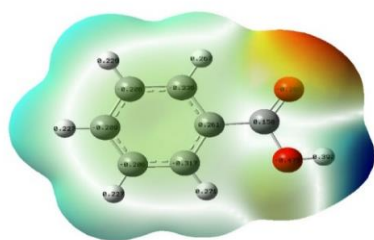
Benzoy kislotaning fenilatsetilen bilan reaksiyasi.

No	Katalizator	Umumiy unum, %	1-Fenilvinil benzoat unumi, %	Stiril benzoat unumi, %
1	$[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$	67	80	20
2	$[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_3(\text{OH}_2)](\text{NO}_3)_2$	63	82	18
3	$[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$	60	85	15
4	$[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$	55	90	10

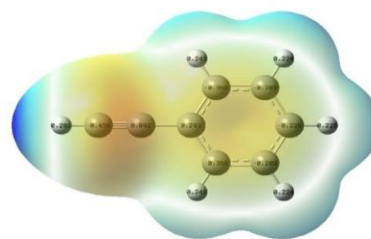
Olingan natijalardan ko'rinadiki, barcha kompleks katalizatorlar ishtirokidagi reaksiyalarda Markovnikov birikish mahsuloti 1-fenilvinil benzoat ko'proq miqdorda hosil bo'lishi kuzatildi. Katalizatorlarning faolligi va regiosektivligi ligandning metall ioni atrofida joylashuvi va egallagan fazoviy hajmiga bog'liq. Yuqorida keltirilgan kompleks birikmalardagi 1,3,4-tiadiazol va tiazol ligandlari geterotsiklik birikmalarni o'z ichiga oladi. Ushbu ligandlar va ularning tarkibidagi (metiltio, etiltio, etil) o'rinbosarlar tufayli ma'lum fazoviy hajmga ega bo'ladi. Markaziy metall ioni (Co va Zn) to'rtta ligandlar bilan kordinatsiyalanadi. Ligand hajmi kichik (masalan, 2-amino-5-metiltio-1,3,4-tiadiazol) yoki kam ligandlarga ega metall ioniga fenilatsetilen molekulasini osonroq yaqinlashib Markovnikov birikish mahsulotini hosil qiladi, aksincha, katta hajmga ega ligandlar (masalan, 2-amino-5-etiltio-1,3,4-tiadiazol) anti-Markovnikov birikish mahsulotini hosil qiladi. Tetrakis-(2-amino-5-etiltio-1,3,4-tiadiazol)-rux (II) dinitrat kompleksida to'rtta tiadiazol ligandlari mavjud bo'lib zich koordinatsion sferani hosil qiladi, bu esa substrat (fenilatsetilen) uchun bo'shliqni kamaytirishi natijasida anti-Markovnikov birikish mahsuloti hosil bo'lishini ta'minlaydi. Aksincha, kichikroq ligandlarga ega metall ioni, masalan, kobalt kompleks katalizatori ($[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$), Markovnikov birikish mahsuloti hosil bo'lishini ta'minlaydi. Eng yuqori faollikka $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$ katalizatori bilan erishildi. Benzoy kislotaning tetrakis-(2-amino-5-etiltio-1,3,4-tiadiazol)-rux(II) dinitrat kompleks katalizator ishtirokida fenilatsetilen bilan reaksiyasida mahsulotning umumiy unumi 67% ni tashkil etdi. Markovnikov qoidasi bo'yicha birikish mahsuloti: 1-fenilvinil benzoat (80%) ko'proq hosil bo'ldi, anti-Markovnikov birikish mahsuloti-stiril benzoat esa 20% ni tashkil etdi. Kobaltning $[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ katalizatori ishtirokidagi reaksiyada mahsulotning umumiy unumi 55 % ni, 1-fenilvinil benzoat 90%, stiril benzoat esa 10% ni tashkil etdi [12-15].

Fenilatsetilen va benzoy kislotasi orasida rux va kobaltning kompleks katalizatorlari ishtirokida boradigan reaksiyalarning kvant-kimyoviy hisoblashlari amalga oshirildi. Quyida benzoy kislotasi va fenilatsetilen reaksiyasi misolida tushuntirilgan. Benzoy kislotasi,

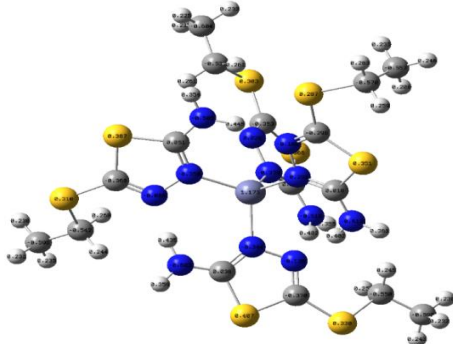
fenilatsetilen va rux kompleks katalizatori molekulasida zaryadlarning taqsimlanishi quyida keltirilgan (5-10 rasm).



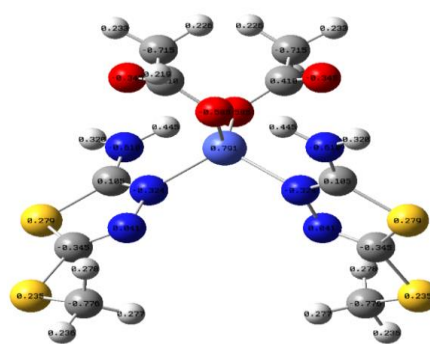
5-rasm. Benzoy kislotasi molekulasida zaryadlarning taqsimlanishi



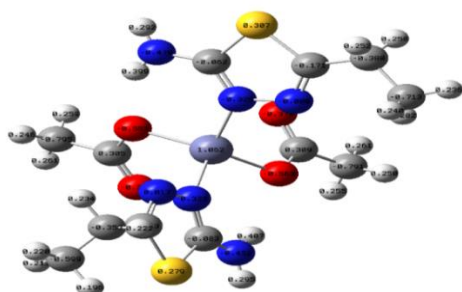
6-rasm. Fenilatsetilen molekulasida zaryadlarning taqsimlanishi



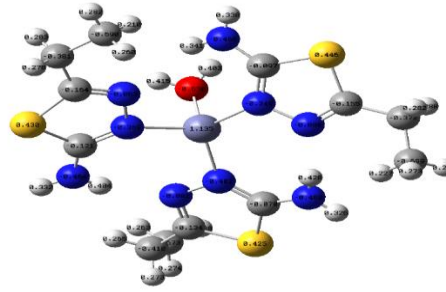
7-rasm. Tetrakis-(2-amino-5-etiltio-1,3,4-tiadiazol)-rux(II) dinitrat ($[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$) molekulasida elektron zaryadlarning taqsimlanishi



8-rasm. Diatsetato-di (2-amino-5-metiltio-1,3,4-tiadiazolo) kobalt(II) ($[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2](\text{CH}_3\text{COO})_2$) molekulasida elektron zaryadlarning taqsimlanishi



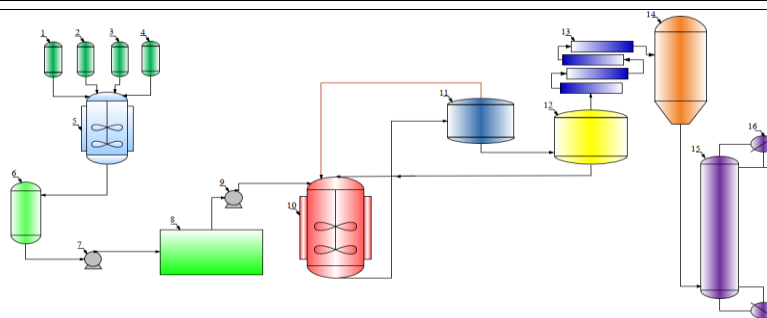
9-rasm. Bis(2-Amino-5-etil-1,3,4-tiadiazol)-diatsetato-rux(II) ($[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$) molekulasida elektron zaryadlarning taqsimlanishi



10-rasm. Akva-tris(2-amino-5-etil-1,3,4-tiazol)-Rux (II) dinitrat ($[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_3(\text{OH}_2)](\text{NO}_3)_2$) molekulasida elektron zaryadlarning taqsimlanishi

Fenilatsetilen molekulasida zaryadlarning atomlarda taqsimlanishi shuni ko'rsatdiki, uch bog' tutgan uglerod atomlarining ikkinchi uglerod atomida manfiy zaryad qiymati yuqoriligi (-0.456) va tetrakis-(2-amino-5-etiltio-1,3,4-tiadiazol)-rux(II) dinitrat molekulasidagi rux ionining musbat zaryad qiymati (1.17) yuqoriligi sababli, fenilatsetilenning ikkinchi uglerod atomiga rux ioni kordinatsiyalanadi. Buning natijasida benzoy kislotaning nukleofil birikish reaksiyasidan Markovnikov birikish mahsuloti 1-fenilvinil benzoat ko'proq miqdorda hosil bo'ladi. Bundan tashqari rux kompleks katalizatorining fenilatsetilen bilan hosil qilgan kompleksining tautomerlanishidan metall viniliden hosil bo'ladi. Natijada stiril benzoat ham kam miqdorda hosil bo'ladi. Bundan tashqari ishda foydalanilgan $[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_3]$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ va $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$ katalizatorlari molekulasida zaryadlarning taqsimoti shuni ko'rsatadiki, ligandning asosiligi qanchalik yuqori bo'lsa Markovnikov birikish mahsuloti ko'proq hosil bo'lishi aniqlandi.

Ushbu ishda fenilatsetilen va benzoy kislotaning katalizator ishtirokida reaksiyasi asosida Markovnikov va anti-Markovnikov birikish mahsulotlari 1-fenilvinil benzoat va stiril benzoat vinil birikmalarini ishlab chiqarish texnologiyasi yaratildi (11-Rasm).



11-rasm. Fenilatsetilen va karbon kislota asosida aromatik karbon kislotalarning vinil birikmalarini olish texnologiyasi

1, 2, 3, 4 – konteynerlar; 5 – saturator; 6, 8 – rezervuar; 7, 9 – nasoslar; 10 – reaktor; 11 – separator; 12 – ekstraktor; 13 – yuvish kolonnalari; 14 – quritish kolonnasi; 15 – rektifikatsiya kolonnasi; 16 – Markovnikov birikish mahsulotit fraksiyasi; 17 – anti-Markovnikov birikish mahsuloti fraksiyasi.

Fenilatsetilen asosida benzoy kislotaning vinil efirlarini sintez qilishda hosil boʻladigan oraliq va qoʻshimcha mahsulotlarning tarkibi, miqdori aniqlandi, ular ikkilamchi qayta ishlanib texnologik jarayonda takroran berildi, natijada mahsulot unumini oshirishga, uning tannarxini tushirishga, chiqindi mahsulotlar miqdorini kamaytirishga va ekologiyani kam zararlantirishga erishildi.

Xulosa. Ushbu ishda benzoy kislotani fenilatsetilen bilan reaksiyasi kompleks katalizatorlar $[\text{Co}(\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{S}_2)_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_3(\text{OH}_2)](\text{NO}_3)_2$, $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{S})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2]$ va $[\text{Zn}(\text{C}_4\text{H}_7\text{S}_2)_4](\text{NO}_3)_2$ ishtirokida amalga oshirildi. Reaksiya jarayoni toluol eritmasida, 110 °C haroratda, 1 mol % katalizator ishtirokida 24 soat vaqt davomida olib borilganda Markovnikov va anti-Markovnikov birikish mahsulotlari aralashmasi hosil boʻlishi aniqlandi. Benzoy kislotaning vinil efirlarini fenilatsetilendan sintez qilish jarayonida kvant-kimyoviy hisoblash orqali molekullarda zaryad va elektron zichlikning taqsimlanishi aniqlandi, reaksiyalarning borish mexanizmi taklif etildi. Molekulaning kvant-kimyoviy hisoblashlar Gaussian 09W, Gauss View 6.0.16 programmasida yarim emperik usulida toʻliq geometrik parametrlarni optimallashtirish bilan oʻrganildi. Vinil efirlarni atmosfera sharoitida gomogen-katalitik usulda, katalizatorlar ishtirokida ishlab chiqarishning olish texnologiyasi ishlab chiqildi. Bunda jarayonda hosil boʻladigan qoʻshimcha oraliq mahsulotlar va reaksiyaga kirishmagan boshlangʻich xomashyoni takror qayta foydalanish orqali mahsulot unumini oshirishga erishildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.B.Parmanov, S.E.Nurmanov, Sh.Sh.Tursunov, S.Sh.Saidobbozov, J.N. Todjiev, L.U.Bozorov. Addition of aromatic carboxylic acids to phenylacetylene in the presence of zinc and cobalt complex catalysts. *Azerbaijan Chemical Journal*. 2025, № 2. P. 114-125.
2. Парманов А.Б., Нурманов С.Э., Мавлоний М.И., Мамадаминов Х.У., Зиядуллаев М.Э. Ароматик карбон кислоталарнинг винил эфирлари синтези ва уларни ўсимлик патоген замбуруғларига қарши фаоллиги. “ҚарДУ хабарлари” илмий ахборотномаси. 2022 й. № (4/1) 54. Б.75-79.
3. Hua R., Tian X. $\text{Re}(\text{CO})_5\text{Br}$ -Catalyzed addition of carboxylic acids to terminal alkynes: A high anti-Markovnikov and recoverable homogeneous catalyst // *The journal of organic chemistry*. – 2004. – T. 69. – №. 17. – S. 5782-5784.
4. Park K. et al. Synthesis of aryl alkynyl carboxylic acids and aryl alkynes from propiolic acid and aryl halides by site selective coupling and decarboxylation // *Tetrahedron letters*. – 2012. – T. 53. – №. 7. – S. 733-737.
5. Ishankhodzhaeva M.M. et al. Crystal and molecular structure of 2-amino-5-ethyl-1, 3, 4-thiadiazole and its zinc (II) nitrate complex // *Russian journal of general chemistry*. – 2000. – T. 70. – №. 7. – S. 1113-1119.;
6. Torambetov B.S., Kadirova Sh.A., Abdireymov A.Zh. Synthesis and study BY X-ray diffraction method of the bis (acetato)-bis (2-amino-5-methyltio-1, 3, 4-thiadiazole) cobalt (II) complex // *Spectroscopy of coordination compounds*. – 2020. – P. 302-303.

7. Molnar A., Papp A. Ruthenium-catalyzed C–H activation and coupling reactions in organic synthesis // Current organic chemistry. – 2016. –T. 20. –№. 4. –S. 381-458.
8. Cheung K.C. et al. A dinuclear ruthenium catalyst with a confined cavity: selectivity in the addition of aliphatic carboxylic acids to phenylacetylene // Chemical communications. – 2013. – T. 49. – №. 7. – S. 710-712.
9. Y. S., Leong W.K. Synthesis and structure of some ruthenium-rhenium heterodinuclear complexes and their catalytic activity in the addition of carboxylic acids to phenylacetylene // Journal of organometallic chemistry. –2006. –T. 691. –№. 6. – S. 1216-1222.
10. Yang D. et al. Co-catalysis over a tri-functional ligand modified Pd-catalyst for hydroxycarbonylation of terminal alkynes towards α,β -unsaturated carboxylic acids // Green chemistry. – 2019. – T. 21. – №. 19. – S. 5336-5344.
11. Parmanov A.B., Nurmanov S.E., Torambetov B.S., Bekboyeva N.U., Xolmuxammedov N.D. Fenilatsetilen asosida vinil birikmalar sintezi // Orolbo‘yi hududlarida kimyo va kimyoviy texnologiya rivojlanishining hozirgi zamon tendensiyalari // QorDU. Res. Konf. 13 mart, Nukus - 2023. -B. 169-170.
12. Moselage M., Li J. Ackermann L. Cobalt catalyzed C–H activation. ACS Catal. -2016, -№ 6. -P. 498–525.
13. Tokmic K., Fout A.R. Alkyne semihydrogenation with a well-defined nonclassical Co–H₂ catalyst: A H₂ spin on isomerization and E selectivity // J. Am. Chem. Soc. -2016, -№ 138, -P. 13700–13705.
14. Yu S., Wu C., Ge S. Cobalt-catalyzed asymmetric hydroboration/cyclization of 1,6-enynes with pinacolborane // J. Am. Chem. Soc. -2017, № 139. -P. 6526–6529.
15. Parmanov A.B., Nurmanov S.E., Torambetov B.S., Tursunov SH.SH., Bekboyeva N.U. Fenilatsetilen bilan karbon kislotalar reaksiyasida metall katalizatorlarning roli // “Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi: bugungi holati, muammolari va istiqbollari”. Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. 28-29 aprel, Termiz-2023. -B. 256-257.

**KIMYOVIY BIRIKMA 2-ALKILTIO-5-MORFOLINO-1,3,4-TIADIAZOL
PREPARATINING PIYOZ ZARARKUNANDALARI TAMAKI TRIPSI (THRIPS
TABACI LIND) VA PIYOZ PASHSHASI (DELIA ANTIQUA)GA TA’SIRI**

I.I. Abdullayev

b.f.d., professor, Xorazm Ma'mun akademiyasi. Xiva

H.O'Jumanazarov.

(PhD) Xorazm Ma'mun akademiyasi. Xiva

hasanjumanazarov31@gmail.com

ORCID 0009-0002-6338-9220

UDK 574.3:595.732.1

Annotatsiya. Mazkur maqolada Xorazm viloyati piyoz dalalari sharoitida keng tarqalgan zararkunanda hasharotlar, ayniqsa, ular orasida dominant turlar sifatida katta zarar yetkazuvchi vakillaridan tamaki tripsi (Thrips tabaci lind) va piyoz pashshasi (Delia antiqua)ning bioekologik xususiyatlari aniqlangan. Tadqiqot o'tkazilgan zararkunanda hasharotlarning lichinkalik bosqichi hamda ularning qishlash holatlari haqida ma'lumotlar berilgan. Shu ma'lumotlar asosida tripsi (Thrips tabaci lind) va piyoz pashshasi (Delia antiqua)larga qarshi kimyoviy kurash chorasi sifatida kimyoviy getrohalqali birikma 2-alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparati qo'llanilib ularning biologik samaradorligi ko'rsarilgan. Tadqiqot natijalarga ko'ra, 2-Alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparatini ishchi suyuqligi purkalgan tamaki tripsi va piyoz pashshalari bir haftadan so'ng nobud bo'lishi (55,6%) qayd qilindi. Aynan nobud bo'lgan fitofaglar preparat ta'siridan ekanligi nazorat variantlari bilan taqqoslash va urg'ochi tabaqalarida keyingi avlodlar rivojlanmaganligi haqida ma'lumotlar berilgan.

Kalit so'zlar: piyoz, insektisid, trips, piyoz pashshasi, g'umbak, samaradorlik, hasharot, getrohalqali birikma.

**THE EFFECT OF THE CHEMICAL COMPOUND 2-ALKYLTHIO-5-
MORPHOLINO-1,3,4-THIADIAZOL ON ONION PESTS: ONION THRIPS (THRIPS
TABACI LIND) AND ONION FLY (DELIA ANTIQUA)**

Abstract. This article identifies the biological and ecological characteristics of widespread

pest insects in the onion fields of the Khorezm region, focusing specifically on the dominant and most damaging species: the onion thrips (*Thrips tabaci* Lind.) and the onion fly (*Delia antiqua*). The study provides data on the larval stage of the investigated pests and their overwintering conditions. Based on this information, a chemical control measure using the heterocyclic compound preparation 2-alkylthio-5-morpholino-1,3,4-thiadiazol was applied against the onion thrips (*Thrips tabaci* Lind.) and the onion fly (*Delia antiqua*), and its biological effectiveness is presented. According to the research results, it was recorded that 55.6% of the onion thrips and onion flies were destroyed one week after spraying with the working solution of the 2-alkylthio-5-morpholino-1,3,4-thiadiazol preparation. Data is provided confirming that the destruction of the phytophages was due to the effect of the preparation, based on comparisons with control variants and the observed lack of development of subsequent generations in the treated plots.

Keywords: onion, insecticide, thrips, onion fly, larva, effectiveness, insect, heterocyclic compound.

Kirish. Dunyo aholi sonining ko'payib ekin maydonlarning qisqarishi, ekin maydonlarida zararkunanda hasharotlar sonining ortishiga sabab bo'lmoqda. Ayniqsa insonning sabzavot ekinlariga bo'lgan talabi ortmoqda. Bular ichida piyozdoshlar oilasiga mansub o'simliklar alohida o'rin tutadi. Piyoz ekinlar Liliaceae oilasi, *Allium* avlodiga mansub bo'lib, turli mamlakatlarda, asosan sholg'omsimon, shallot piyoz, Porey piyozi, shnit piyozi, sarimsoq piyozi yetishtiriladi. Shu bilan birgalikda ushbu o'simliklarning zararkunandalari ularga jiddiy zarar keltiradi[7]. Lekin amaliyotda piyoz zararkunadalarining rivojlanishi oldini olish uchun ularni yillar bo'yicha ketma-ket ekish tavsiya qilinmaydi. Ularni boshqa ekinlar bilan almashtirib ekish muhim ahamiyat kasb etadi. Piyoz pashshasi, shira bitlari, tripslar, ayrim qo'ngizlar ularning hosiliga xavf solishi mumkin. Zararkunandalar sabzavot ekinlari va piyozning potensial hosiliga kuchli ta'sir qiladi [10]. Zararkunandalar tomonidan piyozning zararlanishi natijasida 20-25 % yoppasiga zararkunandalar rivojlangan yillarda 50-60% hosil kamayadi [1].

Bugungi kunda tamaki tripsiga qarshi kurashda 10 sotix maydonga Karate 5% em.k. (40 ml), Mospilan 20% n.kuk. (25-30 ml), shuningdek, Malathion, Matador, Silencer, Delegate, Success, Entrust, Movento, Exirel, Agri-Mek insektitsidlar fermer xo'jaliklarida keng foydalanib kelinmoqda. Bundan tashqari, sabzavot zararkunandalari qarshi kurashda kimyoviy vositalardan amaliyotda keng foydalanish yo'lga qo'yilgan. Sekin ta'sir qiluvchi pestitsidlar asosida tayyorlangan kimyoviy preparatlar piyoz zararkunandalarni boshqarish uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Bu uslub kimyoviy preparatning atrof-muhitga zararini kamaytiradi.

Tadqiqot metodologiyasi. Zararkunandalarni daladagi miqdorini aniqlash O'zbekiston O'simliklarni himoya qilish ITI (Ilmiy tadqiqot instituti) tomonidan ishlab chiqilgan uslublar bo'yicha aniqlandi. Tajriba o'tkazish va ma'lumotlarning statistik tahlili Sh.S. Muhammadaliyev, B.A. Sulaymonov, M.I. Rashidovlarning "Ekinlar zararli organizmlari rivojlanishi va tarqalishining bashorati" uslubiy qo'llanmasi hamda (2002-y.) [2], A.Sh. Hamroyev, B.A. Hasanov, J.A. Azimov, R.O. Ochilovlarning "Boshqali don, sholi, makkajo'xori ekinlari zararkunanda kasalliklariga va begona o'tlarga qarshi uyg'unlashtirilgan kurash tizimi" uslubiy qo'llanmasi (1999-y.) bo'yicha olib borildi [3]. Zararkunanda bilan zararlangan dalalarda, dalaning zararlanishi 100 ta o'simlik orqali o'rganilib, zararlangan o'simliklar soni uning umumiy soniga bo'lib aniqlandi.

Zararkunandalarni bitta o'simlikka to'g'ri keladigan soni kuzatib borildi. Pestitsidlarni sinash Sh.T. Xo'jaevning "Qishloq xo'jaligida pestitsidlarni ishlatish hamda tadqiqot o'tkazish usul va shartlari" kitobi (2020-y.) asosida olib borildi.[4] Insektitsidning biologik samaradorligi Abbot bo'yicha quyidagi formula asosida hisoblandi [5].

$$U=(a/b)*100 [6]$$

Bunda:

U – dalaning umumiy zararlanish darajasi.

A – zararlangan o'simliklar soni.

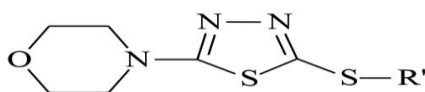
B – o'rganilgan o'simliklar soni.

Natijalar va ularning tahlili. Piyoza zararkunandalardan piyoz pashshasi tuproqda g'umbak shaklida qishlaydi, ularning tashqi ko'rinishi bog'bonlarga yaxshi tanish bo'lib: uzunligi 5-7 mm uzunlikdagi bronza-jigarrang cho'zinchoq pilla, yaltiroq yuzaga ega. Lichinkalar qishlash uchun chuqurroqqa harakatlanadi, g'umbaklari 15-20 sm chuqurlikda joylashadi. Tripslar juda mayda hasharotlar bo'lib, kattaligi 0,5-2 mm gacha bo'lgan cho'zinchoq nozik tanadan iborat [6]. Bosh qismi kichik, 6-9 gacha bo'g'inli mo'ylovlari bor, og'iz apparatidagi xartumi tanasiga qarab cho'zilgan, sanchib so'ruvchi, oyoqlarining xarakterli xususiyati – tez yurishga moslashgan bo'lib, barmoqlari bir bo'g'imli timoqsiz, oxirida pufaksimon harakatchan so'rg'ichlar bor. Shuning uchun ularni ko'pincha pufak oyoqlilar deb ham yuritiladi. Imagosi juda qisqa, soddalashgan, uning qanoti chetida hoshiyaga o'xshash uzun ingichka tuklari bo'ladi. Shuning uchun tripslarni hoshiyaqanotlilar deb ham yuritiladi [8,9]. Hozirgi davrda zararkunandalarga qarshi kurashishda turli xil kimyoviy moddalar sinovdan o'tkazilib kimyoviy kurash samaradorligi aniqlanmoqda. Shunday kimyoviy birikmalardan hisoblangan geterohalqali birikmalar kompleksi asosida bir qancha biologik aktiv moddalar yaratilgan. Bular orasida, ayniqsa, samaradorligi yuqori hisoblangan 5-almashgan amino-1,3,4-tiadiazolin-2-tionlarning hosilalari olingan. Birikma tarkibidagi fungitsidlar, gerbitsidlar, insektitsidlar muhim rol o'ynaydi. 5-almashgan amino-1,3,4-tiadiazolin-2-tionlarning hosilalar asosida yangi preparatlar samaradorligini piyoz zararkunandalari sinovdan o'tkazish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi.

Shundan kelib chiqqan holda biz 5-almashgan amino-1,3,4-tiadiazolin-2-tionlar asosida sintez qilingan eng muhim bo'lgan 2-Alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparatini 5 ta takrorlanishda tadqiqotlar o'tkazib, uning samaradorligi tamaki tripsi (*Thrips tabaci* Lind) va piyoz pashshasi (*Delia antiqua*) da aniqlandi

1-rasm. 2-Alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol formulasi

Ushbu preparat ishchi suyuqligi piyozlarga purkash orqali amalga oshirildi. Bu preparatning biologik samaradorligi respublikamizda ishlab chiqilgan o'xshash



preparatlardan farqli, ko'proq urg'ochi jinsiy tabaqalarga ta'sir qilib, tuxumning rivojlanish jarayoniga ta'sir ko'rsatishi kuzatildi. Tajriba variantlarimizda preparatning me'yorini aniqlash uchun har bir variantda sadoqlarda alohida qilib tamaki tripsi va piyoz pashshalari qo'yildi. (2-rasmga qarang) Nazorat ishlari dala sharoitida 15 kun davomida ular uchun optimal harorat +20°C da olib borildi. Nazorat variantidagi fitofaglariga preparat o'rniga tozalangan suvdan foydalanildi.



2-rasm. Sadoq usulida dala sharoitidagi tajribalar

Tadqiqot natijalarga ko'ra, 2-Alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparatining ishchi suyuqligi purkalgan tamaki tripsi va piyoz pashshalari bir haftadan so'ng nobud bo'lishi (55,6%) qayd qilindi. Aynan nobud bo'lgan fitofaglar preparat ta'siridan ekanligi nazorat variantlari bilan taqqoslash va urg'ochi tabaqalarida keyingi avlodlar

rivojlanmaganligi bilan asoslandi. Shuningdek, bir haftadan so'ng zararkunanda hasharotlarning preparatlar ta'sirida nobud bo'lishi orta boshlashi asoslandi.

1-jadval

Variantlar	Tabaci va <i>Delia antiqua</i> fitofaglariga qarshi kimyoviy preparat samaradorligi				
	3-kun	6-kun	9-kun	12-kun	15-kun
<i>Thrips tabaci</i>	41,5±0,3	55,6±0,5	75,6±0,8	79,4±0,9	81,3±0,7
<i>Thrips tabaci</i> (nazorat)	-	-	-	-	10,7±0,2
<i>Delia antiqua</i>	65,2±0,4	74,6±0,7	78,3±0,9	85,7±1,1	88,4±0,8
<i>Delia antiqua</i> (nazorat)	-	-	-	14,5±0,1	-

2-Alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparatining piyoz fitofaglariga qarshi kimyoviy preparat samaradorligi (Sadoq usulida)

1-jadval ma'lumotlariga ko'ra, *Thrips tabaci*ga nisbatan qo'llanilgan 2- Alkiltio - 5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparatining samaradorligi 15 kunda 81,3 % ni tashkil etgan bo'lsa, *Delia antiqua*ga nisbatan qo'llanilgan preparatning biologik samaradorligi 88,4 % ni tashkil etganligi qayd qilindi. Nazarot variantning 12- va 15-kunlarida *Delia antiqua* va *Thrips tabaci* (14,5/10,7 %) ning faqat tabiiy o'limi kuzatildi. Shuni hisobga olgan holda, nazorat variantda fitofaglar qayd etilmadi (1-jadval). Tadqiqotlarimizda, 2-Alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparati hasharotlarning tullash davrida xitinni sintez qilishini susaytirish xususiyatiga ega bo'lib, rivojlanishning keyingi bosqichiga o'tishini kechiktiradi, natijada moddalar almashinuvi buzilishiga va oxir-oqibat hasharotning nobud bo'lishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida preparatni zararkunanda hasharotlarga qarshi insektitsid sifatida ishlatish imkon beradi.

Xulosa qilib aytgan Xorazm viloyati piyoz dalalari sharoitida o'tkazilgan tajribalar natijasida 2-Alkiltio-5-morfolino-1,3,4-tiadiazol preparatini ishchi suyuqligi purkalgan tamaki tripsi va piyoz pashshlari bir haftadan so'ng nobud bo'lishi samaradorligi o'rtacha (55,6%) qayd qilindi. Aynan nobud bo'lgan fitofaglar preparat ta'siridan ekanligi nazorat variantlari bilan taqqoslash va urg'ochi tabaqalarida keyingi avlodlar rivojlanmaganligi qayd qilindi. Shuningdek, bir haftadan so'ng zararkunanda hasharotlarning preparatlar ta'sirida nobud bo'lishi orta boshlashi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Абдуллаев Э. Резистентность тлей к инсектицидам на хлопчатнике и пути у преодоления: - Авторефюдисс....канд.-х.наук. 06.01.11. - Москва:ТМСХА, 1988. – 22 с.
2. Мухаммадалиев Ш.С, Сулаймонов Б.А, Рашидов М.И. Экинлар зарарли организмлари ривожланиши ва тарқалишининг башорати. / Услубий қўлланма. – Тошкент, 2002. – Б. 55-58.
3. Хамраев А.Ш. Способ сохранения энтомофагов // Защита и карантин растений //– Москва, 1995 –№ 7 - С-17-18.
4. Хўжаев Ш.Т. Қишлоқ хўжалигида инсектицидларни ишлатиш ҳамда тадқиқот ўтказиш усул ва шартлари. – Тошкент, 2020.– Б. 25-28.
5. Abbott J. Abbott's formula is a simple mathematical equation to correct for control mortality in bioassays. 1925. pp. 14-16.
6. Jacks, H., and R. A. Harrison. Control of onion thrips. II. Final selection of insecticides. N.Z. J. Sci. Technol. A 35. 1953.: pp. 164-167.
7. Kumar A, Kosta V.K, Nirmal A, Taram S.K. Seasonal incidence of major insect pests of onion in relation to biotic and abiotic factors. Bulletin of Environment Pharmacology and Life Sciences 6: 201: 2017. P. 205.
8. Maughan, F.B. 1933. Naphthalene for the control of the onion thrips. J. Econ. Entomol. 26: pp. 143-147.
9. Nault, B.A. and Shelton, A.M. Insecticide efficacy and timing of sprays for onion thrips control, In: Proceedings, 2008 of sprays for onion thrips control, In: Proceedings, 2008 Empire State Fruit and Vegetable Expo, 12–14 Februar 2008. Syracuse, NY. pp. 52-56.

10. Shelton, A. M., J. P. Nyrop, R. C. North, C. Petzoldt, and R. Foster. 1987. Development and use of a dynamic sequential sampling program for onion thrips, *Thrips tabaci*, on onions. *J. Econ. Entomol.* 80: pp. 1051-1056.

6-METIL- 2,3-TRIMETILEN 3,4-DIGIDROPIRIMIDIN-4-ONNING AROMATIK ALKDEGEDLAR BILAN KONDENSATSIYA REAKTSIYSINI ERITUVSHILARNING TA'SIRINI O'RGANISH

Xakimova Zuxra Mallayevna

Qarshi davlat universiteti, dotsent, k.f.n.

zuxrahakimova06@gmail.com

ORCID ID 0009-0004-1495-4267

Bo'ronova Sitara Farxod qizi

Qarshi davlat universiteti, magistr

boronavasitora@gmail.com

ORCID ID0009-0000-0213-2048

UDK 547.735,854

Annotatsiya. Pirimidin va xinazolin qatorida ko'plab birikmalar sintez qilinganligiga, ularning reaksiya qobiliyatlari va biologik faolligi o'rganilgan bo'lishiga qaramasdan 6-metil-2,3-tri(tetra-, -penta-)metilen-3,4-digidropirimidin-4-onlar sintezi, ularning kimyoviy xossalari hamda biologik faolligi to'g'risida adabiyotlarda ma'lumotlar deyarli yo'q. Shulardan kelib chiqib mazkur dissertatsiya ishi ularning sintezini amalga oshirish, turli xil kimyoviy o'zgarishlarni, olingan birikmalarning biologik faolliklarini o'rganishga hamda ularga tuzilish jihatdan yaqin bo'lgan 2,3-polimetilen-3,4-digidroxinazolin-4-onlar bilan olingan birikmalarni zamonaviy yuqori samarali yupqa qatlamli xromatografiya yordamida tahlil qilishga taqqoslashga qaratilgan. 6-Metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onlarni sintez qilish, ularni turli xil sharoitlarda aldegidlar bilan ta'sirlanishini o'rganish va ularning yo'nalishlarini 2,3-polimetilen-3,4-digidroxinazolin-4-onlarning reaksiyalari bilan taqqoslash. Sintez qilingan birikmalarning zamonaviy yuqori samarali yupqa qatlam xromatografiya (YuSYuQX) tahlil qilish uslublari yaratildi.

Tayanch so'zlar: Pirimidin, xinazolin, tri-, -tetra-, -penta-, yuqori samarali yupqa qatlamli xromatografiya, aromatik

STUDY OF THE EFFECT OF SOLVENTS ON THE CONDENSATION REACTION OF 6-METHYL-2,3-TRIMETHYLENE 3,4-DIHYDROPYRIMIDIN-4-ONE WITH AROMATIC ALKODEHS

Abstract. Despite the fact that many compounds in the pyrimidine and quinazoline series have been synthesized and their reactivity and biological activity have been studied, there is almost no information in the literature about the synthesis, chemical properties, and biological activity of 6-methyl-2,3-tri(tetra-, penta-)methylene-3,4-dihydropyrimidin-4-ones. Based on this, the present dissertation is aimed at carrying out their synthesis, studying various chemical transformations, investigating the biological activities of the obtained compounds, and comparing them with structurally related 2,3-polymethylene-3,4-dihydroquinazolin-4-ones using modern high-performance thin-layer chromatography. The synthesis of 6-methyl-2,3-trimethylene-3,4-dihydropyrimidin-4-ones, their interactions with aldehydes under different conditions, and the comparison of their reaction pathways with those of 2,3-polymethylene-3,4-dihydroquinazolin-4-ones are also studied. Modern high-performance thin-layer chromatography (HPLC) methods for analyzing synthesized compounds have been developed.

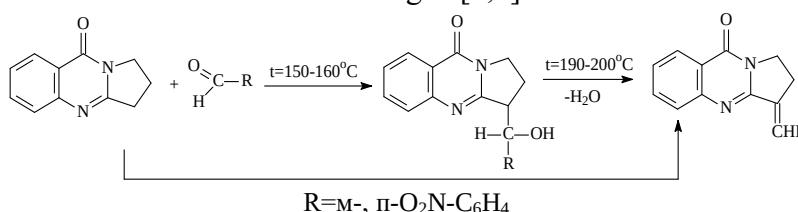
Keywords: Pyrimidine, quinazoline, high-performance thin-layer chromatography (HPTLC), aromatic

Kirish. Pirimidin halqali birikmalar biologik jihatdan hayotiy muhim molekularlar hisoblanadi, chunki ular DNK va RNKning asosiy tarkibiy qismlari bo'lgan azotli baialari — sitozin, timin va uratsilni o'z ichiga oladi. Ular qayta tiklanadigan energiyaning ham muhim manbayi, shuningdek, gormonlar, vitaminlar va dori vositalarining faol tarkibiy qismi bo'lib xizmat qiladi. Shu jihatdan pirimidin asoslari amaliy jihatdan qiziqarlidir.

2,3-Polimetilenpirimidinlarning birinchi va uchinchi holatlaridagi azot atomlari, ikkinchi va uchinchi holatlaridagi metilen guruhlari, pirimidin halqasining uglerod atomlari va ulardagi o‘rinbosarlarning mavjudligi ularning kimyoviy o‘zgarishlarini har xil yo‘nalishda ketishini ta‘minlaydi. Polimetilen zanjiri bilan kondensirlangan pirimidinlar ko‘rsatilgan markazlar bo‘yicha reaksiyaga kirishishi sababli ham nazariy, ham amaliy jihatdan katta qiziqish o‘yg‘otadi.

Ma‘lumki α -holatida metil- yoki faollangan metilen guruhi tutuvchi organik moddalar (atsetosirka, siansirka, malon efirlari, atsetilatseton va boshqalar) va geterotsiklik birikmalar (piridin, piridazin, xinolin, xinoksalin va boshqalar) singari pirimidinlarning α -metil (metilen) guruhlariidagi vodorodlar harakatchan. Bunga sabab $N^1=C^2$ qo‘sh bog‘ning ta‘sirida α -uglerod atomidan elektronlar u tomon siljiydi va natijada vodorod atomlarining proton holida ajralib chiqishi osonlashadi, ya‘ni ular faollashadi [1,2].

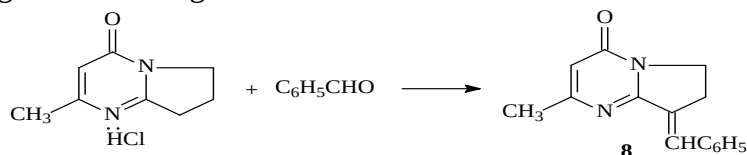
Tadqiqot metodologiyasi. Adabiyotlarda keltirilganidek, 2,3-trimetilen-3,4-digidro-xinazolin-4-onlarni aldegidlar bilan reaksiyalari o‘rganilgan bo‘lib, reaksiya unumi va yo‘nalishi aldegidning tabiatiga va reaksiyaning o‘tkazilish sharoitiga bog‘liq bo‘lgan. 2,3-Trimetilen-3,4-digidroxinazolin-4-onni aldegidlar bilan reaksiyasida asosan ariliden mahsulotlar hosil bo‘lgan. Aromatik aldegidlardagi elektronoakseptor o‘rinbosarlar (m -NO₂-, p -NO₂-) reaksiya unumini oshirish bilan birga reaksiya yo‘nalishiga ham ta‘sir qilishi ko‘rsatilgan. Reaksiya 150-160°C da qizdirish bilan olib borilganda α -ariloksarilmetil mahsulotlar, 190-200°C da qizdirilganda esa tegishli α -arilidenxinazolin-4-onlar hosil bo‘lishi kuzatilgan [3,4]:



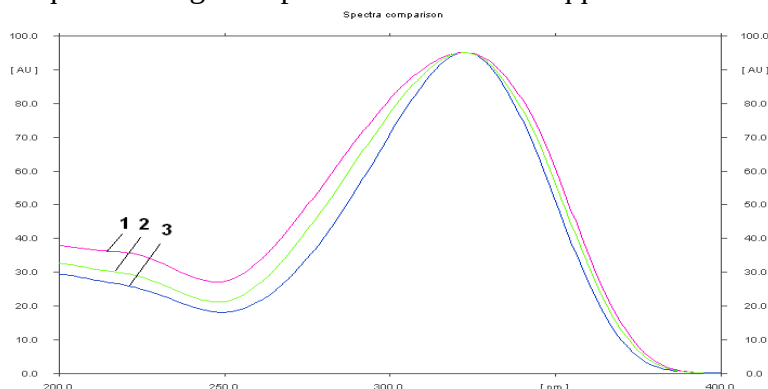
2,3-Trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onlarni aromatik aldegidlar bilan reaksiyalari to‘g‘risida adabiyotlarda hech qanday ma‘lumotlar yo‘q. Shundan kelib chiqib biz moddalarni aldegidlar bilan kondensatsiya reaksiyasini o‘rganish va olingan natijalarni adabiyotlar ma‘lumotlari bilan taqqoslash maqsad qilindi.

Olingan natijalar va ularning tahlili. 6-Metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onning aromatik aldegidlarni dastlabki vakili benzaldegid bilan reaksiyasini turli xil sharoitlarda erituvchilar ta‘sirini o‘rgandik. Bunda kondensatsiyaning muqobil sharoitini topish uchun uni geksan, sirka kislotasi va xloroform eritmalarida qaynatish bilan, shuningdek, erituvchisiz turli xil haroratlarda (120-125, 135-140, 160-165 °C) qizdirish bilan olib bordik. Tekshirish natijalari reaksiya erituvchilarda olib borilganda boshqa erituvchilarga nisbatan sirka kislotasida reaksiyalar unumi nisbatan yuqori (60 %) bo‘lganligi aniqlandi. Reaksiyani erituvchisiz, 135-140 °S da qizdirilganda reaksiya unumi (60 %) sodir bo‘lganligi aniqlandi.

Reaksiyaning temperaturasi 120-125 °C olib borilganda 42 % unum bilan kerakli mahsulot hosil bo‘ldi. Uni 160-165 °S da o‘tkazilganda esa mahsulot unumi 48,5 % bo‘lganligi va undan tashqari boshqa qo‘shimcha moddalar hosil bo‘lishi kuzatildi. Hosil bo‘layotgan mahsulot unumlari YUSYUQX usulida aniqlandi. Ushbu reaksiyadan maqsad α -holatda asimmetrik markaz hosil qilib kondensatsiya reaksiyalarini o‘rganishdan iborat edi. Reaksiya natijasida esa metilen guruhlari sonining ko‘pligi reaksiyaning α -ariliden mahsulotlarining hosil bo‘lishiga sabab bo‘ldi.



Turli xil usulda olingan α -benziliden-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-on R_f qiymatlaridan tashqari ularning UB-spektrlari bilan ham taqqoslandi.

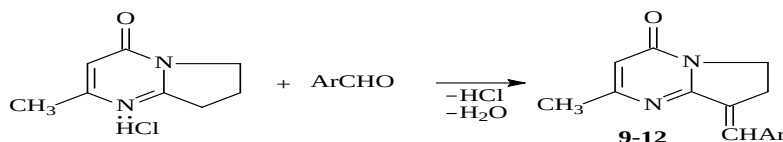


1-rasm. Uch xil usulda olingan α -benziliden-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onni UB-spektrlari.

Reaksiya 1-erituvchisiz qizdirish bilan; 2-geksan eritmasida;
3-sirka kislotasi eritmasida olib borilgan.

Olingan moddalarning YUSYUQX tahlilida R_f qiymatlarining bir xil chiqishidan tashqari ularning UB-spektrlarini ustma-ust tushishi ham ularning aynan bir xil mahsulotlar ekanligidan dalolat beradi.

Yuqoridagi reaksiya boshqa aldegidlar: o-gidroksi-, p-nitro-, m-nitro-, 3,4-dimetoksibenzaldegidlar bilan ham olib borildi va tegishli α -ariliden-6-metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onlar sintez qilindi. Olingan natijalarga ko'ra aromatik aldegidlardagi elektronoakseptor o'rinbosarlar reaksiya unumining oshishiga olib kelishi aniqlandi:

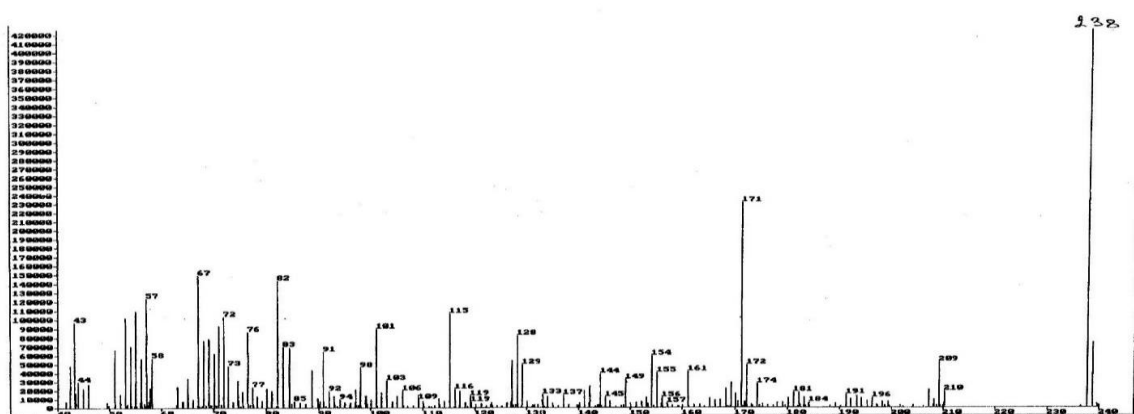


Ar=C₆H₄-OH-o; C₆H₄-NO₂-m; C₆H₄-NO₂-p; C₆H₃(OCH₃)₂-3,4

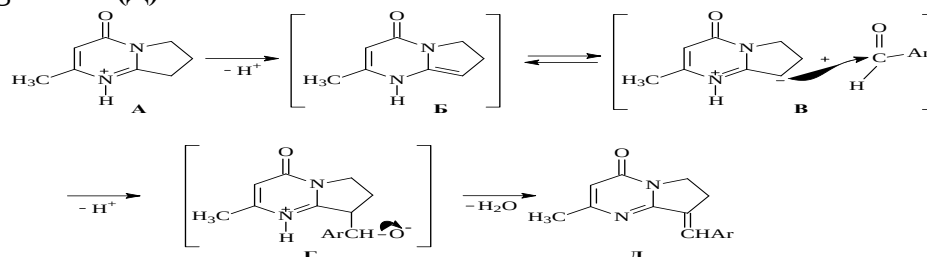
Tajribalar davomida moddalar sintezini quyidagicha amalga ochirdik 1 g (6,6 mmol) 6-metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-on va 0,7 ml (0,735g, 6,9 mmol) benzaldegid aralashmasi 135-140°C da 1 soat davomida qizdirildi. Sovitilgandan so'ng 20 ml 2n HCl eritmasida eritildi, erimay qolgan qismi filtrlandi, eritma qismi neytrallandi va tushgan cho'kma filtrlab olindi, suv bilan yuvib quritildi, CCl₄ da qayta kristallangandan so'ng 0,95 g (60 %) α -benziliden-6-metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-on ajratib olindi. Sistema (b) R_f=0,35. T_{suyuq}=163-165°C IQ-spektr: 1678 $\nu_{C=O}$, 1631 $\nu_{N=C}$.

¹H YAMR-spektr: 3,20 (2H, t.d., β -CH₂), J=8,6 Gs., 2,4 Gs., 4,02 (2H, t. γ -CH₂), J=7,6 Gc., 5,98 (1H, k. H-5), J=7,6 Gc. 7,90 (1H, t, CH), J=2,7 Gc., 7,30 (2H, d, 2,6-Ar-H), J=0,9 Gs., 7,60 (2H, d, 3,5-Ar-H), J=8,8 Gc. 7,44 (1H, d, 4-CH), J=8,8 Gc.

Mass-spektr: m/z 238(100%), 210(M⁺-28,5%), 209(M⁺-1,-28.13%), m/z 171(56%).



Reaksiya kislotali sharoitda olib borilganda dastlab 6-metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-on kislota protoni bilan N1-azot atomidagi umumlashmagan elektronlar hisobiga to'rtlamchi bog' hosil qiladi (**A**), undan bitta proton chiqib ketib, qo'shbog' ko'chishi hisobiga tegishli oraliq mahsulotlar hosil bo'ladi (**B**), hosil bo'lgan oraliq mahsulot aldegidlarning uglerod atomlari ta'siri (**V**) natijasida 6-metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-on oksimetiledin hosilasining proton bilan to'rtlamchi birikmasi hosil bo'ladi (**G**). Undan bir molekula suv chiqib ketish hisobiga ariliden hosilasiga o'tadi (**D**).



2,3-Trimetilen-3,4-digidroksiazolin-4-onning elektronoakseptor guruhi saqllovchi aromatik aldegidlar bilan reaksiyasi nisbatan yumshoqroq sharoitda olib borilganda α -oksimetil mahsulot hosil bo'lgan bo'lsa,

6-metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onda esa bu holat kuzatilmadi. 6-Metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onning aldegidlar bilan reaksiyasida nisbatan yumshoqroq sharoitdagi jarayon tegishli oksimetil mahsulot hosil bo'lish bilan to'xtamasdan, kerakli ariliden mahsulotlargacha o'tishiga sabab, xinazolin-4-onlarda pirimidin halqasiga elektronoakseptor benzol halqasi kondensirlanganligi bilan tushuntirish mumkin.

6-Metil-2,3-trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-onda esa pirimidin halqasiga elektrono-donor metil guruhi birikkan, natijada hosil bo'lgan oraliq birikmaning α -holatidan suv ajralish reaksiyasi oson ketadi. Bunda metil guruhining elektronlarini pirimidin halqasiga siljishi natijasida N-1 atomidagi musbat zaryad kamayadi. Ushbu birikmalarning aldegidlar bilan reaksiyasi faqat α -uglerod atomiga ketishiga sabab α -holatdagi vodorodlarni $N=C$ - qo'sh bog'i borligi tufayli harakatchanligidandir, chunki ushbu holatdagi elektronlar qo'sh bog' orqali N-1 atomiga siljiydi. Metil guruhi ta'sirida esa xuddi shu siljish qisman bo'lsa-da kompensatsiya bo'ladi va reaksiya yo'nalishi o'zgaradi, ya'ni xinazolin-4-on hosilalarining azot atomidagi δ^2 pirimidin-4-onlardagi δ^1 ga nisbatan katta bo'ladi.

Yuqoridagi reaksiyalarni 6-metil-2,3-tetrametilen-3,4-digidropirimidin-4-onda ham o'tkazildi. Reaksiyalar geksan va sirka kislota eritmalarida qaynatish bilan hamda erituvchisiz qizdirish bilan olib borildi. Barcha sharoitlarda reaksiya ketmaganligi kuzatildi. Natijalar YUSYUQX usulida tekshirib borildi. Xuddi shu singari 2,3-pentametilen-3,4-digidropirimidin-4-on ham aromatik aldegidlar bilan reaksiyaga kirishmasligi aniqlandi: Aytib o'tish joizki. 2,3-pentametilen-3,4-digiroksiazolin-4-on ham aromatik aldegidlar bilan kondensirlanmaydi. Ammo 2,3-tetrametilen-3,4-digiroksiazolin-4-on bu reaksiya natijasida α -ariliden-2,3-tetrametilen-3,4-digidroksiazolin-4-onni hosil qiladi.

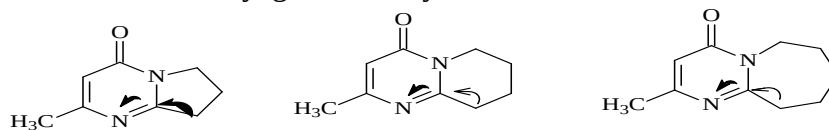
Lekin 2,3-trimetilen-3,4-digiroksiazolin-4-onning m- va p-nitrobenzaldegid bilan ta'sirlanishi kabi reaksiyada oraliq modda α -gidroksiarilmetil-2,3-tetrametilen-3,4-digidroksiazolin-4-on hosil bo'lmaydi.

6-Metil-2,3-tetrametilen-3,4-digidropirimidin-4-on va 2,3-pentametilen-3,4-digiroksiazolin-4-onlarning bunday farqlanishi keyingi birikmaning benzol halqasi bilan kondensirlangani bilan izohlanadi.

Xulosa. 2,3-Trimetilen-3,4-digidropirimidin-4-ondan farqli o'laroq 2,3-tetra- va -pentametilen-3,4-digidropirimidin-4-onlarni aldegidlar bilan reaksiyaga kirishmasligini qo'yidagicha tushuntirish mumkin.

Polimetilen guruhida metilen guruhi sonini oshishi bilan ularning elektrodonorlik xususiyati tufayli α -uglerod atomidagi protonlarning harakatchanligi kamayadi.

Shuning uchun reaksiya jarayonida N-1 atomiga siljiyotgan elektron zichlik 2,3-holatlardagi metilen guruhlari ta'sirida kamayadi. Bu jarayon metilen guruhlari soni oshishi bilan ko'proq namoyon bo'ladi. Natijada 2,3-tetra- va -pentameten-3,4-digidropirimidin-4-onlar reaksiyaga kirishmaydi:



2,3-Tetrameten-3,4-digidroksinazolin-4-onni tegishli pirimidin-4-onlardan farqli o'laroq reaksiyaga kirishishi N-1 atomidagi bo'sh elektronlarni benzol halqasining π -elektronlari bilan tutashishi sababli sodir bo'ladi.

Ta'kidlab o'tish joizki olingan 2,3-trimetilen-3,4-digiroksinazolin-4-onning va ularning α -holatda hosil qilgan kondensatsiya reaksiyalari hosilalarini muhim reagentlar bilan ta'sirlanishi ham biologik faol birikmalar nuqtayi nazaridan ahamiyatlidir.

Shuning uchun ushbu birikmalarning biologik faolligini keng miqyosda tashkil etishni va chuqur tahlil qilishni talab etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Хакимова Зухра Маллаевна, Чориев Азимжон Уралович. Синтез и исследование биологической активности органических соединений класса пиримидинонов // *Universum: Химия и Биология*- 2025. № 2 июль - С-39-41
2. Бурунова С.Ф. [и др.]. Хлорацетилирование тимола // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн.* 2025. 4 (130).- С. 60-63.
3. Хакимова З.М., Мукаррамов Н.И., Шахидоятов Х.М.. Окисление 2,3-пентаметил-3,4-дигидрохиназолина гидрохлорида // *Химия и химическая технология*.- Ташкент, 2010. -№3.- С. 23-25.
4. Xakimova Z., Xudoyberdiyeva O. Oksidlash reaksiyalari asosida 4-gidroksi-2,3-pentameten-3,4-digidroksinazolin-4-on sintezi // *QarDu xabarlari jurnal* -2024 2(2) 121-125 bet.
5. Чориев Азимжон Уралович, Хакимова Зухра Маллаевна. Реакции хлористого хлорацетила с 4-амилфенолом и 4-тРЕТ-амилфенолом. // *Universum: Химия и Биология*- 2025. № 2 май С-68-72.
6. Элмуратов Б.Ж., Абдуразаков А.Ш, Шахидоятов Х.М. Синтез и бактерицидная активность 6Н(нитро)-9-арилидендезоксизазицинонов и их перхлоратов // *Химия природ. соедин.* –Ташкент, 2008. -№1. -С. 383-386.
7. Абдуразаков А.Ш, Элмуратов Б.Ж., Шахидоятов Х.М. Взаимодействие 6-бром-2,3-триметил-3,4-дигидрохиназолин-4-она с ароматическими альдегидами // *Узб. хим. журн.*-Ташкент, 2007. -№1. -С. 46-50.
8. Хакимова З.М., Мукаррамов Н.И., Шахидоятов Х.М. Конденсация 6-метил-2,3-триметил-3,4-дигидропиримидин-4-она с ароматическими альдегидами // *Узб. хим. журн.*-Ташкент, 2009. -№6. –С. 22-25.
9. Хакимова З.М., Мукаррамов Н.И., Шахидоятов Х.М. Синтез 6-метил-2,3-три(тетра,пента)метил-3,4-дигидропиримидин-4-онов // Кимёнинг долзарб муаммолари илмий-амалий конференция материаллари. –Самарканд, 2009, -91 бет.
10. Мукаррамов Н.И., Окманов Р.Я., Утаева Ф.Р., Тургунов К.К., Ташхаджаев Б., Хакимова З.М., Шахидоятов Х.М. Синтез и структура 6-бром-4-гидрокси-2,4-тетраметил-3,4-дигидрохиназолина и его смешанного кристалла с 4-гидрокси-2,3-тетраметил-3,4-дигидрохиназолином // *Химия природ. соедин.* – Ташкент, 2009. -№6. –С. 716-720.
11. Самаров З.У., Хакимова З.М., Окманов Р., Ташхаджаев 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.
12. Хакимова З.М., Мукаррамов Н.И., Шахидоятов Х.М.. Окисление 2,3-пентаметил-3,4-дигидрохиназолина гидрохлорида // *Химия и химическая технология*.- Ташкент, 2010. -№3.-С. 23-25.
13. 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-динитродезоксипеганинов, 6Н(бром)пеганолов // Химия природ. соедин.- Ташкент, 2008, - №5. -С. 505-509.

14 Шахидиятов Х.М., Самаров З.У., Мукаррамов Н.И., Левкович М.Г., Абдуллаев Н.Д., Ташходжаев Б., Яссер Баракат, Ураков Б.А. Химическая модификация алкалоида 2,3-тетраметил-3,4-дигидро-хиназолона-4 // Химия природ. соедин. –Ташкент, 2007. –№4. – С. 364–370.

TARKIBIDA MIS SAQLAGAN FTALOSIANIN KOMPLEKSI VA IZOINDOL LIGAND MOLEKULASINING KVANT-KIMYOVIY XOSSALARI TAHLILI

D.X. Shukurov

Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, dotsent

X.X. Turayev

Termiz davlat universiteti, professor

I.A. Umbarov

Termiz davlat universiteti, professor

dkhursanovich@mail.ru

ORCID 0000-0001-9228-5645

UDK 667.287.5.

Annotatsiya. Ushbu maqolada tarkibida mis (Cu) II ionini saqlagan ftalosianin kompleksi tarkibidagi ligand molekulasining kvant-kimyoviy xossalari Gaussian dasturi yordamida tahlil qilindi. Hisob-kitoblar zichlik funksional nazariyasi (ZNF) asosida B3LYP funksionali va 6-31G bazis to'plami orqali bajarildi. Ligand molekulasining elektron zichligi taqsimoti, HOMO–LUMO energiya oralig'i, dipol momenti, elektrostatik potensial yuzalari hamda reaktivlik indeksi aniqlanib, ularning kompleksning umumiy barqarorligiga ta'siri tahlil etildi. Tadqiqot natijalari mis ionining koordinatsion muhitdagi elektronik roli va ligand bilan o'zaro ta'sirini chuqur anglashga yordam berdi. Olingan nazariy ma'lumotlar kompleksning fotofizik, katalitik va yarimo'tkazuvchanlik xossalarini baholashda muhim ahamiyatga ega bo'lib, kelgusidagi eksperimental tadqiqotlar uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: mis, ftalosianin, ligand, kvant-kimyoviy tahlil, Gaussian dastur, HOMO–LUMO, kompleks birikma.

QUANTUM-CHEMICAL ANALYSIS OF A COPPER-CONTAINING PHTHALOCYANINE COMPLEX AND THE ISOINDOLE LIGAND MOLECULE

Abstract. In this study, the quantum-chemical properties of a ligand molecule within a phthalocyanine complex containing a copper (Cu^{2+}) ion were analyzed using the Gaussian software package. The calculations were performed based on density functional theory (DFT) using the B3LYP functional and the 6-31G basis set. The electronic density distribution, HOMO–LUMO energy gap, dipole moment, electrostatic potential surfaces, and reactivity indices of the ligand molecule were determined, and their influence on the overall stability of the complex was evaluated. The results of the study provided a deeper understanding of the electronic role of the copper ion in the coordination environment and its interaction with the ligand. The theoretical data obtained are of significant importance for evaluating the photophysical, catalytic, and semiconducting properties of the complex and serve as a scientific foundation for future experimental research.

Keywords. copper, phthalocyanine, ligand, quantum-chemical analysis, Gaussian software, HOMO–LUMO, coordination complex.

Kirish. Energetika sohasida kuzatilayotgan global muammolar, xususan, an'anaviy energiya manbalarining kamayib borishi, atrof-muhitning tobora ifloslanib borayotgani hamda iqlim o'zgarishlari insoniyatni barqaror va ekologik toza alternativ energiya manbalariga o'tishga undamoqda. Ushbu muqobil manbalar ichida quyosh energiyasi eng istiqbolli, toza va cheksiz resurs sifatida ajralib turadi [1]. So'nggi yillarda quyosh nurlarini elektr energiyasiga aylantirishga xizmat qiluvchi texnologiyalar, xususan,

quyosh fotoelementlariga ilmiy va amaliy qiziqish sezilarli darajada ortmoqda. An'anaviy kremniy asosidagi fotoelementlarga nisbatan iqtisodiy va texnologik afzalliklarga ega bo'lgan bo'yoqqa sezgir quyosh elementlari (Dye-Sensitized Solar Cells – DSSC) esa, ayniqsa, katta e'tiborga sazovor bo'lmoqda [2].

DSSC texnologiyasi dastlab 1991-yilda M.Grätzel va B.O'Regan tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, uning ishlash mexanizmi bo'yoq molekulalarining yorug'lik ta'sirida fotoaktivlanishi va buning natijasida elektr toki hosil bo'lishiga asoslanadi [3]. DSSC qurilmasi quyidagi asosiy komponentlardan tashkil topgan: shaffof o'tkazuvchi elektrod (odatda FTO yoki ITO), yarim o'tkazgich (asosan nanozarrachali titan (IV) oksid TiO_2), yorug'likka sezgir bo'yoq (sezgirlashtiruvchi molekula), elektrolit (odatda yodid/triyodid eritmasi) va qarshi elektrod (odatda platina bilan qoplangan). Bu tizimda bo'yoq muhim funksiyani bajaradi u quyosh nurlarini yutib, hosil bo'lgan fotoinduksiyalangan elektronlarni TiO_2 sirtiga uzatadi [4-5]. Shu sababli, bo'yoq molekulasining kimyoviy tuzilishi va fotofizik xususiyatlari DSSC samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Bo'yoq sezgir quyosh elementlari uchun ideal bo'yoq quyidagi xususiyatlarga ega bo'lishi kerak: keng yutilish spektriga (ultrabinafsha, ko'rinadigan va yaqin infraqizil – UV–VIS–NIR) ega bo'lishi, yuqori molyar yutilish koeffitsiyenti, kimyoviy barqarorlik, TiO_2 sirtiga mustahkam bog'lanish qobiliyati hamda tez elektron uzatish imkoniyati [6].

Bu talablarni qondira oladigan istiqbolli sinf molekulalaridan biri ftalosianinlardir, ayniqsa, markaziy qismida metall atom tutuvchi ftalosianinlar katta ilmiy qiziqish uyg'otmoqda [7]. Ftalosianinlar – bu keng π -konyugatsiyalangan aromatik makrotsiklik birikmalar bo'lib, tuzilish jihatidan tabiiy porfirinlar (masalan, xlorofill yoki gem) bilan o'xshashlikka ega [8]. Ularning umumiy formulasi $\text{C}_{32}\text{H}_{18}\text{N}_8$ bo'lib, markaziy qismiga turli metall ionlari (masalan, Zn^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+}) joylashtirilishi mumkin. Ushbu metall ionlar molekulaning optik, elektrokimyoviy va strukturaviy xossalarini sezilarli darajada o'zgartira oladi. Shuning uchun, metall ftalosianinlar DSSC uchun yuqori samarali bo'yoq sifatida chuqur o'rganilmoqda [9-10]. So'nggi yillarda metall komplekslari, xususan, ftalosianin asosidagi birikmalar materialshunoslik, kataliz, tibbiyot va sensor texnologiyalarida keng qo'llanilishi bilan ilmiy jamoatchilik e'tiborini tortmoqda [11]. Ftalosianin molekulalari o'zining yuqori termal va kimyoviy barqarorligi, boy π -elektron tizimi va turli metall ionlari bilan barqaror koordinatsion komplekslar hosil qilish xususiyati bilan ajralib turadi. Ayniqsa, mis (Cu) II ioni bilan hosil qilingan ftalosianin komplekslari fotodinamik terapiya, gaz sensorlari hamda yorug'likka sezgir materiallar sifatida quyosh elementlarida qo'llanilishi alohida ahamiyat kasb etadi. Mazkur komplekslarning fizik-kimyoviy xossalarini chuqur anglash va ulardagi ligand molekulasining elektron tuzilmasini aniqlash, ularning reaktivligini baholash hamda strukturaviy xususiyatlarini nazariy jihatdan tahlil qilish bugungi kundagi dolzarb ilmiy muammolardan biridir. Shu nuqtayi nazardan, kvant-kimyoviy hisoblashlar, xususan, zichlik funksional nazariyasi (ZFN) asosidagi yondashuvlar bu boradagi eng samarali usullardan biri sifatida keng qo'llanilmoqda [12-13].

Ushbu komplekslarning elektron xossalarini chuqur tushunish ularning funksional imkoniyatlarini baholashda muhim rol o'ynaydi. Ayniqsa, ligand molekulalarining eng yuqori egallangan molekulyar orbitali (HOMO) va eng past bo'sh molekulyar orbitali (LUMO) o'rtasidagi energiya farqini (HOMO–LUMO oralig'ini) tahlil qilish, birikmaning kimyoviy reaktivligi, barqarorligi va optik o'tishlariga oid muhim ma'lumotlarni beradi.

HOMO–LUMO tahlili orqali molekuladagi elektronlarning qanday taqsimlangani, qaysi fragmentlar reaktiv markazlar sifatida ishtirok etishi hamda kompleksning umumiy elektron xususiyatlari aniqlanishi mumkin [14-15].

Tadqiqotning maqsadi. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi tarkibida mis (Cu) II ionini saqlagan ftalosianin kompleksi tarkibidagi ligand molekulasi kvant-kimyoviy xossalari o'rganishdan iborat. Buning uchun Gaussian dasturida ZFN (B3LYP/6-31G) metodologiyasi asosida elektron zichlik taqsimoti, HOMO–LUMO energiya darajalari, dipol momenti, elektrostatik potensial yuzalari va boshqa muhim molekulyar parametrlarini aniqlash. Tadqiqot orqali ligand molekulasi kompleksdagi funksional roli, barqarorligi va potensial reaktiv markazlarini nazariy jihatdan tahlil qilish.

Tadqiqot usullari va vositalari. Tadqiqotda kvant-kimyoviy hisoblashlar zamonaviy nazariy yondashuvlardan biri bo'lgan Zichlik funksional nazariyasi (Density Functional Theory, DFT) asosida olib borildi. Hisoblashlar Gaussian 09 dasturiy ta'minoti yordamida bajarildi. Molekulyar geometriya optimallashtirildi va energiya minimumiga ega holat aniqlangandan so'ng, molekulaning asosiy kvant-kimyoviy xossalari hisoblab chiqildi. B3LYP funksionali va 6-31G bazis to'plami tanlanib, optimal muvozanatli aniqlik va hisoblash resurslarining samaradorligi ta'minlandi. Ligand molekulasini va kompleksning elektron zichligi, molekulyar orbitallari, HOMO (eng yuqori egallangan molekulyar orbitali) va LUMO (eng past bo'sh molekulyar orbitali) darajalari, elektrostatik potensial yuzalari (ESP), dipol momenti, qutblanish darajasi va boshqa parametrlar aniqlanib tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Ligand molekulasi kvant-kimyoviy xossalari. Ligandning kompleks hosil qilishdagi elektron xossalari aniqlash maqsadida uning kvant-kimyoviy parametrlariga asoslangan DFT hisoblashlari bajarildi. Hisoblashlar UB3LYP funksionali va 6-311G baza to'plamidan foydalangan holda Gaussian 09 dasturida olib borildi. Ligand molekulasi HOMO va LUMO energiyalari mos ravishda $-5,76$ eV va $-2,29$ eV ni tashkil etdi. Ular orasidagi energetik farq (1-rasm):

$$\Delta E = |E_{\text{LUMO}} - E_{\text{HOMO}}| = 3,47 \text{ eV}$$

Bu qiymat molekulaning reaktivlik darajasi mo'tadil ekanligini bildiradi, ya'ni u elektron donorlikka moyil bo'lgan, ammo haddan tashqari reaktiv bo'lmagan tizimdir.

HOMO orbitalining fazoviy taqsimoti molekula tarkibidagi konyugatsiyalashgan aromatik sistemalar va ularga tutashgan π -elektronlar bilan boyitilgan azot atomlarida lokalizatsiyalangan. Bu esa aynan ushbu atomlar orqali koordinatsion bog'lanish yuzaga kelishini taxmin qilishga asos beradi. LUMO orbitali molekulaning boshqa aromatik segmentlariga yo'naltirilgan bo'lib, u orqali reaktivlik kam ifodalanadi. Shunday qilib, HOMO komponentasi ligandning asosiy donorlik markazlarini aniqlaydi.

HOMO va LUMO energiyalaridan foydalanib aniqlangan kvant-kimyoviy parametrlar ligand molekulasi elektron taqsimoti va kompleks hosil qilishdagi potensialini baholashga imkon beradi. Quyida har bir parametrning fizik-kimyoviy mohiyati va ushbu ligand uchun hisoblangan qiymatlar asosida ularning talqini keltiriladi.

Ionlanish potentsiali (IP) molekuladan bir dona elektronni ajratib olish uchun zarur bo'lgan minimal energiya miqdorini ifodalaydi. Ligand molekulasini uchun bu qiymat $5,76$ eV ni tashkil etdi, bu esa uni reaksiya muhitida nisbatan oson ionlanuvchi, ya'ni elektron donorlikka moyil tizim sifatida baholashga asos beradi.

$$\text{IP} = -E_{\text{HOMO}} = -(-5,76) = 5,76 \text{ eV}$$

Elektron affinitet (EA) molekulaga qo'shimcha elektron qabul qilishda ajralib chiqadigan energiyani bildiradi. Hisoblash natijasida bu ko'rsatkich $2,29$ eV ga teng bo'ldi. Bu qiymat ligandning qisman akseptorlik xususiyatini ko'rsatadi, lekin komplekslanish jarayonida uning asosiy roli donorlikdan iborat bo'lishi ehtimolini oshiradi.

$$EA = -ELUMO = -(-2,29) = 2,29 \text{ eV}$$

Kimyoviy potensial (μ) molekuladagi o'rtacha elektron zichlik darajasini bildiradi. Bu qiymat $-4,025 \text{ eV}$ bo'lib, manfiy qiymatga ega potensial molekulani elektron taqsimot nuqtayi nazaridan barqaror, ya'ni energetik jihatdan to'yingan tizim sifatida tavsiflaydi. Bu holat ligandning metall ionlar bilan elektron almashishiga tayyorligini bildiradi.

$$\mu = \frac{E_{HOMO} + E_{LUMO}}{2} = \frac{-5,76 + (-2,29)}{2} = -4,025 \text{ eV}$$

Kimyoviy qattqlik (η) molekulani tashqi elektron almashuvga bo'lgan qarshilik darajasi bilan ifodalanadi. $1,735 \text{ eV}$ qiymatli qattqlik ligandning mo'tadil reaktiv ekanligini, ya'ni u reaksiyaga kirishish uchun yetarlicha yumshoq, ammo haddan ortiq beqaror emasligini ko'rsatadi.

$$\eta = \frac{E_{HOMO} - E_{LUMO}}{2} = \frac{3,47}{2} = 1,735 \text{ eV}$$

Yumshoqlik (S) qattqlikning teskari kattaligidir va molekulaning reaktivlik darajasini anglatadi. Ushbu ligand uchun $0,576 \text{ eV}^{-1}$ ga teng yumshoqlik, uning metall ion bilan koordinatsion bog' hosil qilishda yetarli darajada moslashuvchan va sezgirligini bildiradi.

$$S = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{1,735} = 0,576 \text{ eV}^{-1}$$

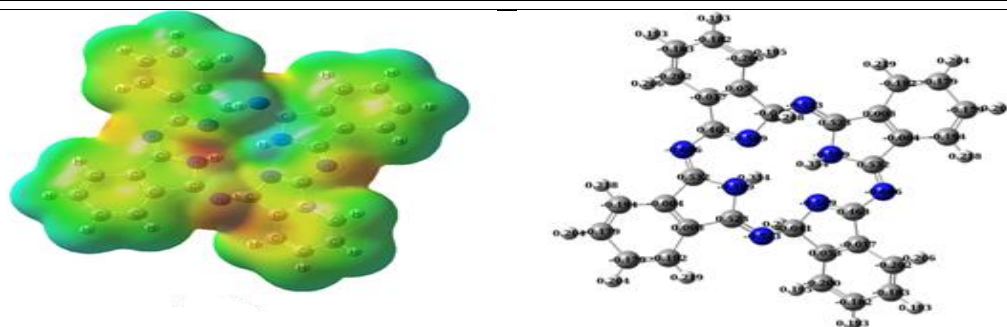
Ushbu parametrlar molekulaning komplekslanishga nisbatan elektron donorlik va reaksiyon faollik nuqtayi nazaridan qulay ekanini tasdiqlaydi. Xususan, past ionlanish potentsiali va mo'tadil elektrofillik indeksi ligandning metall ion bilan o'zaro ta'sirga kirishishini energetik jihatdan maqsadga muvofiq ekanini ko'rsatadi. Hisoblash natijalari shuni ko'rsatdiki, ligand molekulasida mavjud azot atomlarida salbiy qisman zaryadlarning aniq ifodalanishi kuzatiladi. Ular orasida eng salbiy zaryadga ega markazlar quyidagilardir:

$$N(1) = -0,606; N(2) = -0,590; N(3) = -0,559; N(4) = -0,539; N(5) = -0,523$$

Bu qiymatlar molekuladagi ushbu atomlarda elektron zichlik yuqori darajada to'planganini ko'rsatadi. Ayniqsa, $-0,606 \text{ eV}$ ga teng zaryadga ega azot atomlari komplekslanishda metall ionlar bilan bevosita koordinatsiyalanadigan donor markazlar sifatida ishtirok etadi. Bu azot atomlarining sp^2 -gibridlangan, planar geometriyaga ega bo'lishi ham ularning koordinatsiyaga tayyorligini kuchaytiradi.

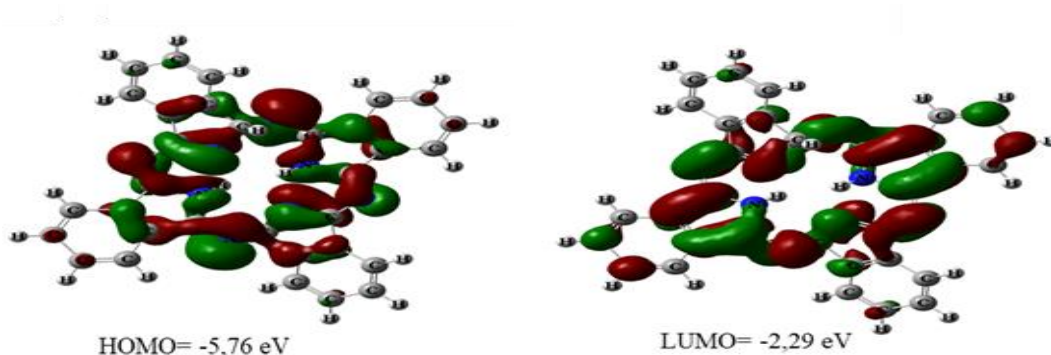
Shuningdek, salbiy zaryadga ega azotlar konyugatsiyalashgan π -sistemalarga ulangan bo'lib, bu ularning HOMO orbitaliga kuchli hissa qo'shayotganini bildiradi. Bu holat ligandning elektron donorlik xossasini HOMO–LUMO analizidagi fazoviy taqsimot bilan ham to'liq uyg'unlikda aks ettiradi. Uglerod atomlari bo'yicha qisman zaryadlar $-0,220$ dan $+0,204$ oralig'ida tarqalgan bo'lib, bu qiymatlar aromatik halqadagi elektron delokalizatsiya ta'sirida o'zgaruvchan bo'ladi. Ammo bu atomlarning qisman zaryad qiymatlari yuqori bo'lmaganligi sababli, ular koordinatsiyaga kirishishda ishtirok etmaydi va asosan molekulaning konformatsion stabiligini ta'minlaydi. Shuni alohida ta'kidlash joizki, ligandning elektron zichlik profilida donorlik qobiliyati markazlashgan holda va simmetrik tarzda bir necha azot markazlariga taqsimlangani bu molekulani polidentat ligand sifatida tavsiflashga asos beradi. Bu holat uning metall ionlar bilan barqaror va ko'p tarmoqli koordinatsion bog'lar hosil qilishga layoqatini ifodalaydi.

ESP xaritasining fazoviy-strukturaviy tahlili ligand molekulasida yuqori elektron zichlikka ega lokal donor markazlarining mavjudligini aniq tasdiqlaydi. Molekulaning yuzasida kuzatilgan kuchli manfiy elektrostatik potensial sohalari aynan π -konyugatsiyalashgan azot atomlari atrofida joylashgani, ushbu atomlarning elektron donorlik salohiyatining yuqoriligini ko'rsatadi. Bu holat ligandning metall ionlar bilan yuqori selektivlik va yo'naltirilganlik asosida koordinatsiyalashish qobiliyatiga ega ekanligini ilmiy asoslaydi (1-rasm).



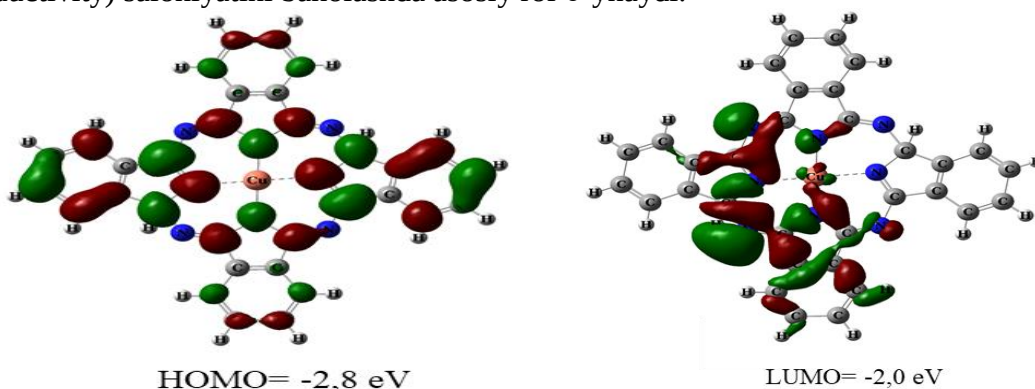
1-rasm. Izoindol ligandining ESP va Mulliken zaryad taqsimoti.

Donor markazlarning elektrostatik sirt bo'yicha lokalizatsiyasi esa, ushbu ligandni geometrik jihatdan tartiblangan va elektronik jihatdan faol koordinatsion tizim sifatida tavsiflash imkonini beradi. ESP xaritasida kuzatilgan elektron zichlik zonolari, o'z navbatida, HOMO–LUMO orbitalarining fazoviy joylashuvi hamda Mulliken zaryad taqsimoti bilan to'liq muvofiqlikda ekanligi qayd etildi. Bunday moslik ligand molekulasining kompleks hosil qilishdagi elektronik strukturasi, donorlik markazlarining xarakteri va ularning fazoviy faolligini yagona kvant-kimyoviy model asosida ishonchli tarzda talqin qilish imkonini beradi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ushbu ligand ko'p markazli, selektiv, va elektron zichligi jihatidan aniq ajralib turuvchi donor markazlariga ega molekula bo'lib, u metall ionlar bilan barqaror, energetik foydali va fazoviy yo'naltirilgan koordinatsion komplekslar hosil qilish uchun qulay asos bo'lib xizmat qiladi.



2-rasm. Izoindol ligandining HOMO-LUMO energiya darajalari.

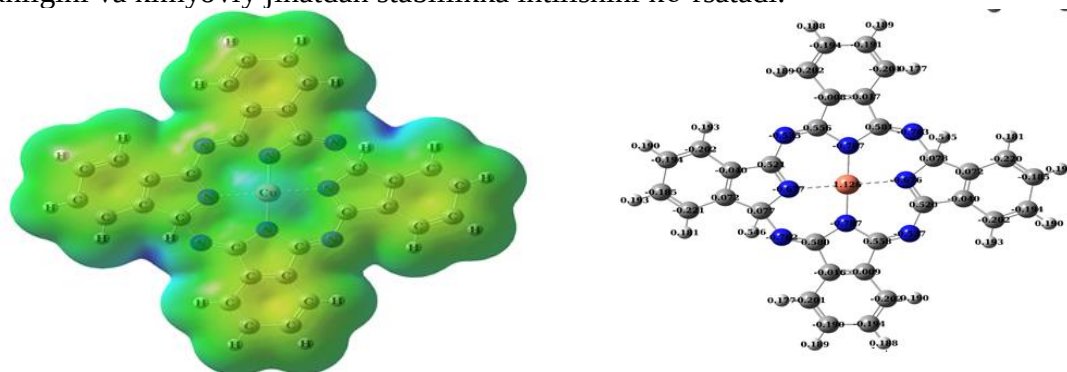
Kompleks birikmalarning yarim o'tkazuvchanlik xossalari ularning elektron tuzilishiga, molekulyar orbitallarning energiya darajalariga, zaryad zichligining fazoda taqsimlanishiga, shuningdek, elektrostatik potensial maydonlarining xarakteristikalariga chambarchas bog'liqdir. Ushbu parametrlar yarim o'tkazuvchi sifatida ularning samaradorligini belgilovchi asosiy mezonlar hisoblanadi. Ayniqsa, HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) va LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) orasidagi energetik tafovut (ΔE) ushbu tizimlarning elektron o'tishi va o'zgaruvchan tashuvchanlik (conductivity) salohiyatini baholashda asosiy rol o'ynaydi.



3-rasm. Mis ftalosianin kompleksining HOMO-LUMO energiya darajalari.

Mis (Cu) II asosidagi kompleksda HOMO darajasining energiyasi $-2,80$ eV, LUMO darajasi esa $-2,00$ eV ga teng bo'lib, bu ikki orbital orasidagi energetik tafovut $\Delta E = 0,80$ eV ni tashkil etdi. Bu qiymat ushbu kompleksda elektronni eksitatsiyalash uchun sezilarli darajada ko'proq energiya talab qilinishini bildiradi. Katta ΔE qiymati molekulaning termodinamik barqarorligini va kimyoviy inertligini ta'minlashda, bunday tizimlarda yarimo'tkazuvchanlik xossasi nisbatan past bo'lishi mumkin. HOMO va LUMO energiya darajalari 3-rasmda ko'rsatilganidek, eng yuqori egallangan molekulyar orbitali (HOMO) energiyasi $-2,8$ eV, eng past bo'sh molekulyar orbitali (LUMO) energiyasi esa $-2,0$ eV ga teng. Ushbu qiymatlar asosida HOMO–LUMO oralig'i: $\Delta E = E_{\text{LUMO}} - E_{\text{HOMO}} = (-2.0) - (-2.8) = 0.8$ eV. Bu nisbatan kichik energetik farq molekulaning yuqori reaktivlikka, oson elektron o'tishlarga, va ehtimoliy yarim o'tkazuvchan xossalarga ega ekanligini ko'rsatadi. Bunday strukturalar optoelektronika va sensor materiallar sifatida qo'llanilishi mumkin. HOMO va LUMO orbitalarining vizualizatsiyasi orbital zichlikning mis (Cu) II ion atrofida va azot atomlari bo'ylab taqsimlanganini ko'rsatadi, bu esa kompleks ichida π -elektron delokalizatsiyasi mavjudligini bildiradi. HOMO asosan periferik konyugatsiyalangan sistemada joylashgan, LUMO esa mis ion atrofida sezilarli konsentratsiyaga ega bo'lib, metall-ligand o'zaro ta'sirlarining kuchliligini ko'rsatadi.

ESP (Elektrostatik potensial) yuzasi ESP (Electrostatic Potential Surface) tasvirida molekuladagi elektron zichligining taqsimoti ko'rsatilgan. Ranglar quyidagicha izohlanadi: Qizil/sariq hududlar elektron zichligi yuqori, ya'ni elektron donor zonalar; Ko'k/yashil hududlar elektron zichligi past, ya'ni elektron akseptor zonalar. Ftalosianin strukturasi bo'ylab silliq, simmetrik taqsimot mavjud bo'lib, elektron taqsimoti markaziy mis ion orqali muvozanatlashgan. Bu holat molekulaning barqaror π -sistemaga ega ekanligini va kimyoviy jihatdan stabillikka intilishini ko'rsatadi.



4-rasm. Mis ftalosianin kompleksining ESP (Elektrostatik potensial) molekuladagi elektron zichlik taqsimoti va Mulliken zaryad taqsimoti.

Mullekin zaryad taqsimoti 4-rasmda keltirilgan Mulliken zaryadlar atomlardagi qisman zaryad taqsimotini ifodalaydi. Bu metod elektron zichlikni yadro atrofidagi orbital asosida baholaydi. Mis (Cu) II ionida ijobiy zaryad (ehtimol, $\sim +0.3$ dan yuqori), bu uning elektron akseptor ekanligini tasdiqlaydi. Azot (N) atomlarida esa manfiy zaryadlar ko'zga tashlanadi, bu ularning mis ion bilan koordinatsion bog' hosil qilishida donor sifatida ishtirok etayotganidan dalolat beradi. Zaryadlarning simmetrik taqsimoti kompleksning strukturaviy barqarorligi va metall-ligand o'zaro ta'sirining kuchliligini ko'rsatadi.

Xulosa va takliflar. Ushbu tadqiqotda ftalosianin kompleksi tarkibidagi ligand izoindol molekulasi hamda ushbu izoindol ligandi asosida olingan mis ftalosianin kompleksining kvant-kimyoviy xossalari va molekulaning HOMO va LUMO energiya darajalari, elektrostatik potensial (ESP) taqsimoti hamda Mulliken zaryad taqsimoti zichlik funksional nazariyasi metodologiyasi asosida tahlil qilindi. Gaussian dasturi yordamida amalga oshirilgan hisoblashlar natijasida molekulaning geometriyasi optimallashtirilib, asosiy elektron parametrlar aniqlandi. Natijalarga ko'ra, ligandning

HOMO darajasi $-5,76$ eV, LUMO darajasi esa $-2,29$ eV bo'lib, ular o'rtasidagi energiya farqi $3,47$ eV ni tashkil etdi. Bu nisbatan katta HOMO–LUMO oralig'i izoindol ligand molekulasini kimyoviy jihatdan barqaror, ammo reaktivlik darajasi nisbatan pastroq ekanligini ko'rsatdi. Orbital zichliklar vizualizatsiyasi HOMO va LUMO orbitalarining ligand strukturasida aniq joylashganligini ko'rsatib, molekulaning ichki elektron o'tish imkoniyatlarini tasdiqlaydi. Olingan kompleks birikma molekulasi HOMO energiyasi $-2,8$ eV, LUMO energiyasi esa $-2,0$ eV bo'lib, ular o'rtasidagi energiya farqi ($0,8$ eV) molekulaning kimyoviy reaktivligi yuqori ekanligini bildiradi. HOMO–LUMO orbitalarining fazoviy joylashuvi mis ion atrofidagi π -elektron delokalizatsiyasining mavjudligini va metall-ligand o'zaro ta'sirlarining samarali ekanligini ko'rsatadi. Olingan natijalar ftalosianin asosidagi metall komplekslarining elektron strukturasini chuqur tushunishga imkon berdi hamda bunday birikmalarning optoelektronika, kataliz, sensor hamda quyosh elementlari uchun sezgir bo'yoq pigment materiallar sifatida qo'llanilish salohiyatini tasdiqlaydi. Shuningdek, mazkur nazariy yondashuv kelgusidagi eksperimental tadqiqotlar uchun ishonchli ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Dresselhaus, M.S., Thomas. I.L., Alternative energy technologies. Nature 2001, pp. 332–337. <https://doi.org/10.1038/35104599>.
2. F.Rajab. Novel Nondestructive Measurement of Dye Adsorption on Solid Titania Films for Its Sensitized Solar Cells. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 2014. pp.169-175. doi: 10.4236/jmmce.2014.23021.
3. O'Regan, B. and Grätzel, M. (1991) A Low-Cost, High-Efficiency Solar Cell Based on Dye-Sensitized Colloidal TiO_2 Films. Nature, 353, pp.737-740. <http://dx.doi.org/10.1038/353737a0>
4. M. Gratzel. "Dye-sensitized solar cell". Journal of Photochemistry & Photobiology C: Photochemistry Reviews (2003) pp.145-153. [https://doi.org/10.1016/S1389-5567\(03\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1). Volume.4, Issue 2, 31.
5. Kay A, Grätzel M., Low-cost photovoltaic modules based on dye-sensitized nanocrystalline titanium dioxide and carbon powder, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 44(1). (1996), pp. 99-117.
6. M. Antonietta Loi et al., "Long-lived Photoinduced Charge Separation for Solar Cell Applications in Phthalocyanine Fulleropyrrolidine Dyad Thin Films," Journal of Materials Chemistry, (2003).vol.13, No.4, pp.700-704.
7. Kuan-Ch. Huang et al., "Enhanced Performance of a Quasi-Solid-State Dye-Sensitized Solar cell with Aluminum Nitride in its Gel Polymer Electrolyte," *Solar Energy Materials & Solar Cells*, (2011), vol. 95, №8, pp.1990-1995.
8. Pramod K. Singh et al., "Mesoporous Nanocrystalline TiO_2 Electrode with Ionic Liquidbased Solid Polymer Electrolyte for Dyesensitized Solar Cell application," *Synthetic Metals*, (2008), vol.158, №.14, pp.590-593.
9. Nazeeruddin M.K., Baranoff E., Grätzel M., Dye-sensitized solar cells" A brief overview. Solar Energy, 85 (2011), pp.1172-1178.
10. Zhang Y, Wang L, Liu B, Zhai J, Fan H, Wang D, Lin Y, Xie T., Synthesis Zn-doped TiO_2 microspheres with enhanced photovoltaic performance and application for dye –sensitized solar cell, *Electrochim. Acta* (2011); 56 (18): pp.6517-6523. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2011.04.118>.
11. Riyaz Ahmad Mohamed Ali and Nafarizal Nayan. Fabrication and analysis of dye-sensitized solar cell using natural dye extracted from dragon fruit. International Journal of Integrated Engineering Issue on Electrical and Electronic Engineering (2010). 2(3). <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/229>.
12. Chang H, Wu HM, Chen TL, Huang KD, Jwo CS, Lo YJ., Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from spinach and ipomoea, *J. Alloys Comp.* (2010); 495: pp.606-610. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.10.057>.
13. Kim I., Haverinen H.M., Wang Z., Madakuni S., Kim Y., Li J., Jabbour G.E. Efficient Organic Solar Cells Based on Planar Metallophthalocyanines. Chemistry of Materials. (2009). Vol.21.(18). pp.4256-4260. <https://doi.org/10.1021/cm901320p>

14. Errol G.Lewars. Computational Chemistry. Introduction to the Theory and Applications of Molekulyar and Quantum Mechanics. Springer Science-Business Media B.V.2011. pp 687.

15. Rebecca C. Wade, Outi M.H. Salo-Ahen Molecular Modeling in Drug- design Germany (HITS gGmbH/Heidelberg University) vs Finland (Abo Akademi University). 2019 y. pp 222.

TABIIY GAZ TARKIBIDAGI NAMLIK MIQDORINI ANIQLASH

A.Y. Ro‘ziqulov

Qarshi davlat universiteti

“Organik kimyo” kafedrası o‘qituvchisi

azimroziqulov156@gmail.com

ORCID 0009-0009-6045-5924

G‘Y. Ro‘ziqulov

Qarshi davlat texnika universiteti, PhD

gulom.roziqulov@bk.ru

ORCID 0000-0001-8606-7297

UDK 54.056/547.269.71

Annotatsiya. Tabiiy gaz aralashma hisoblanib, uni tashish va sanoat miqyosida qayta ishlash jarayonlarida tarkibidagi namlik(suv) bir qancha muammolarni yuzaga keltiradi. Qayta ishlash jarayoni past harorat, yuqori bosim ostida olib borishini hisobga oladigan bo‘lsak, aralashma tarkibidagi namlik kristallanib jarayonda qatnashadigan uskunalarni ishdan chiqaradi. Amalda ko‘pgina korxonalarda mavjud oz miqdordagi namlik ularga qo‘shiladigan metanol (metil spirti) qo‘shilishi bilan bartaraf etiladi. Metanolni zaharligini hisobga oladigan bo‘lsak, gazlarni ishlatilish sohalarini cheklab qo‘yadi. Tadqiqotda gaz quduqlarida namlik va ular tarkibidagi nordon gazlarni tozalash emas, balki markazlashgan bazaviy kon gazni kompleks tayyorlash qurilmasiga uzatilib shu yerda tozalaniladi. Kon sharoitida gazni tayyorlashning bunday tizimning qo‘llanilishi murakkab kon jihozlarini bazaviy konda konsentratsiyalash imkoniyatini berdi va buning bilan bazaviy kon atrofidagi mayda konlarda soddalashtirilgan sxemalardan foydalanish sharoitini tug‘diradi. Nordon gazlarni tozalashda ishlatilgan uch xil tarkibli absorbent eritmalari turli bosim va haroratlarda o‘rganildi.

Kalit so‘zlar: texnologiya, tovar gaz, uglevodorod-muz, izotermik, drossellanish, metildietanolamin, dietanolamin.

DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT IN NATURAL GAS

Abstract. Natural gas is considered a mixture, and its moisture (water) content causes a number of problems during its transportation and processing on an industrial scale. Considering that the processing process is carried out at low temperature and high pressure, moisture in the mixture crystallizes and destroys the equipment involved in the process. In practice, the small amount of moisture present in many plants is eliminated by adding methanol (methyl alcohol) to them. Given the toxicity of methanol, it limits the use of gases. During the study, moisture and sulfur dioxide contained in gas wells are not cleaned, but are transferred to a centralized basic mine gas treatment plant and cleaned there. The use of such a gas treatment system in mine conditions allowed the concentration of complex mining equipment in the base mine and thereby created conditions for the use of simplified schemes in small mines around the base mine. Absorbent solutions of three different compositions used in the purification of acid gases were studied at various pressures and temperatures.

Keywords: technology, commercial gas, hydrocarbon-ice, isothermal, throttling, methyl diethanolamine, diethanolamine.

Kirish. Hozirgi paytda yuqorida keltirilgan hamma mahsulotlarga ham sifat ko‘rsatkichlari standartlar va texnik talablar ko‘rinishida ishlab chiqilgani yo‘q. Ishlab chiqilgan standartlar ham 5 yil muddatga ishlab chiqilgan. Standartlar muddati tugagandan so‘ng texnika va texnologiyalarning rivojlanishi tayyorlanayotgan gaz mahsuloti sifatiga yangi, yanada qattiqroq talablarni qo‘llash imkoniyatini beradi. Texnik talablar esa chegaralangan sondagi korxonalarning mahsulot beruvchi va iste‘molchilar o‘rtasida

o'rnatilgan shartnomalar asosida istalgan muddatga tuziladi. Tovar gaz mahsulotlariga sifat ko'rsatkichlari tomonlarning o'zaro kelishuvi natijasida o'zgartirilishi mumkin.

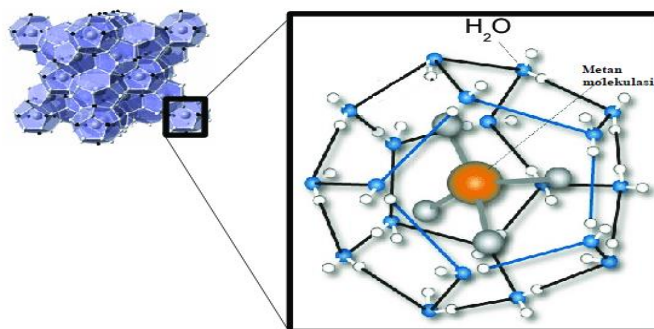
Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Tovar gaz mahsulotlari sifat ko'rsatkichlari o'rnatilishining asosiy prinsiplari ularni ishlab chiqarish va iste'mol qilish sharoitlarida nazorat qilish imkoniyatlaridan kelib chiqadi. Gaz va boshqa mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari sifatida talablarning o'rnatilishi gaz tayyorlash tizimida qo'llaniladigan texnika va texnologiyalarning qo'llanilish darajasi va gazning iste'mol xossalariidan kelib chiqadi. Masalan, agar tovar gaz tarkibida oltingugurtli birikmalarning umumiy miqdori 20 mg/m^3 dan yuqori bo'lmazligi talab qilinsa, bu holat vaqtinchalik konni ishlatish sharoitidan kelib chiqqan holda o'rnatiladi.

Qazib olinayotgan gaz tarkibida suv bug'lari va tomchilarining bo'lishi uglevodorod-muz ko'rinishidagi gidratlarning hosil bo'lishiga olib keladi.

Gaz gidratlari (klatratlar) – muayyan termobarik sharoitlarda vujudga keluvchi kristal birikmalar. Gaz gidratlari doimiy tarkibga ega bo'lmaganligi bois, nostexiometrik birikmalarga mansub sanaladi.[1;2;3]

Gazni qazib olish va uzatishda bosimning bosqichma-bosqich kamayishi namlikka to'yingan gaz haroratining pasayishiga olib keladi. Bunday sharoitlarda tabiiy gaz molekulası suv bilan o'zaro ta'sirlashib qattiq kristal zarralarni hosil qiladi.

Quduq va quvuruzatkichlarda suv bug'larining kondensirlanib, to'planishi muayyan sharoitlarda uglevodorodli gaz komponentlari (metan, etan, propan, butan)ning har bir molekulası 6–17 ta suv molekulası bilan bog'lanish qobiliyatiga ega (1-rasm). Suvning uglevodorodli gazlar bilan hosil qilgan fizik-kimyoviy birikması – qattiq kristal modda.



1-rasm. Gaz gidratining tuzilishi

Ular qizdirilganda yoki bosim pasayganda gaz va suvga tez parchalanadigan beqaror birikmalardir. Texnologik tizimning gidratsiz ishlash tarzini quyidagi sharoitda amalga oshirish mumkin:

$$P \leq P_{g.o} \quad \text{va} \quad T \geq T_{g.o}$$

Bu yerda: $P_{g.o}$, $T_{g.o}$ – eksperimental usul bilan aniqlanadigan gidrat hosil bo'lish muvozanat bosimi va harorati.[4;5;6]

1-jadval. Gidrat hosil bo'lish harorati

Gaz	CH_4	C_2H_6	$i - C_3H_8$	$n - C_4H_{10}$
$T_{kr}, ^\circ C$	21,5	14,5	5,5	1,5

Ko'rinib turibdiki, bosim qancha yuqori bo'lsa, $T_{g.o}$ shuncha baland bo'ladi. Yuqori bosimli sharoitlarda gidratlar kritik haroratdan yuqori qiymatlarda vujudga kelmaydi.

Tadqiqot metodologiyasi. Gidrat hosil qilishda nafaqat uglevodorodli komponentlar, balki gazdagi nonglevodorodli birikmalar ham ishtirok etadi. Gaz tarkibida vodorod sulfidi va is gazi miqdorining oshishi gidrat hosil bo'lish muvozanat haroratining oshishiga va muvozanat bosimining pasayishiga olib keladi (masalan, toza metan uchun 50 atm. bosimda gidrat hosil bo'lish harorati $60 ^\circ C$ ni tashkil etsa, H_2S miqdorining

oshganda uning qiymati 10 °C ni tashkil etadi.[6;7;8]

Azot saqlovchi tabiiy gazlar yanada quyi haroratlarda gidratlanadi hamda bu holda gidratlarning turg'unligi ortadi.

Suyuq uglevodorodli gazlarning gidratlanishi uchun yanada yuqori bosim va quyi harorat talab etiladi. Tabiiy gazlardan farqli ravishda suyuq uglevodorodli gazlarda tizimdagi bosim oshishi bilan gidratlanish ko'payadi.

Bundan tashqari, tabiiy gazlardagi singari issiqlik ajralib, tizimdagi harorat ko'tariladi. Hajm doimiy qolgani bois, harorat oshishi bilan tizimda bosim o'sadi.

Suyuq uglevodorodlar gidratlari hajm qisqarishi oqibatida bosim pasayishi bilan kuzatiladi. Chunki suyuq uglevodorodlar ishtirokida gidratlarning hosil bo'lishi anchayin qiyin kichadi. Jarayon boshlanishi uchun tizimning muvozanat sharoiti muayyan vaqt oralig'ida mos sharoitlarda turishi lozim. Biroq manfiy haroratlarda kichik muz kristallari hosil bo'lgach gidratlar tez hozil bo'la boshlaydi. Qizig'i, suyuq uglevodorodli gazlar gidratlari suvdan yengil.

Siqilgan gazlar kritik harorati havo haroratidan past bo'lgan uglevodorodlar hisoblanadi. Siqilgan gazning asosiy tarkibiy qismi bo'lgan metanni suyuq holatga o'tkazish uchun – 82 °C harorat talab etiladi. Atmosfera bosimida esa metan – 161 °C haroratda ham suyuq holatga o'tadi. – 82 °C haroratdan yuqori bo'lganda har qanday yuqori bosimda ham metan suyuq holatga o'tmaydi.

Yo'ldosh gazlar xalq xo'jaligida maishiy ehtiyojlar uchun va avtotransportlarda yoqilg'i uchun qo'llaniladi. Shuningdek, piroliz jarayonlari uchun xomashyo sifatida, texnologik jarayonlarda sovituvchi, erituvchi va boshqa bir qancha maqsadlarda tovar mahsulot yoki xomashyo sifatida foydalaniladi.

Neft xomashyolarini qayta ishlashda har bir destruktiv jarayonlardan zavod gazlari hosil bo'ladi. Zavod gazlari uglevodorod tarkibiga ko'ra bir-biridan farqlanadi. Termik kreking gazlari tarkibida metan va boshqa miqdorda to'yinmagan uglevodorodlarga boy bo'ladi. Katalitik kreking gazlarida butanlar va butilenlar miqdori ko'pligi bilan tavsiflanadi.

Gidrat hosil qiluvchi komponentlar asosan tabiiy gaz tarkibidagi yengil uglevodorodlar – metan, etan, propan, izobutan, shuningdek, azot, uglerod ikki oksidiva vodorod sulfid hisoblanadi. Tabiiy gaz gidratlari quyidagi formulaga egadir:

Metan geksagidrati - $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Etan oktagidrati - $\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Propan geptadekagidrati - $\text{C}_3\text{H}_8 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$

Izobutan geptadekagidrati - $i\text{-C}_4\text{H}_{10} \cdot 17\text{H}_2\text{O}$

Vodorod sulfid geksagidrati - $\text{H}_2\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

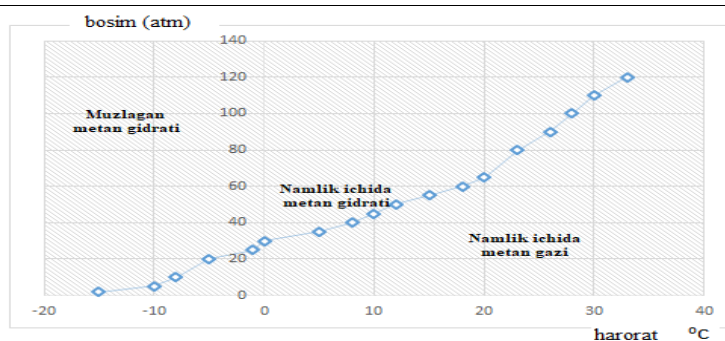
Azot geksagidrati – $\text{N}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Uglerod dioksidi geksagidrati – $\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Gidratlar ko'rinishi – oq kristal moddalar bo'lib, hosil bo'lish sharoitiga ko'ra muz yoki zichlashtirilgan qorga o'hshaydi. Uglevodorodli gaz gidratlarida suvli kristall panjara katta qismi suyuq propan va izobutan to'la bo'ladi, kichik qismida esa metan, etan, azot, vodorod sulfid va uglerod ikki oksidi bo'ladi.[4;5;6]

Gazdagi ushbu qo'shimchalar uzatish quvurlarida gidrat hosil bo'lishiga sabab bo'ladi hamda uni uzatish va qayta ishlash jarayonini qiyinlashtiradi.

Gidrat hosil bo'lishi gazning tarkibiga va termodinamik sharoitga (bosim va haroratga) bog'liq (1-rasm). Shuningdek, gidrat hosil bo'lishi suv tarkibidagi tuzlar miqdoriga ham bog'liq. Tuz miqdori ortishi bilan gidrat hosil bo'lishi harorati pasayadi.



2-rasm. Metan gidratining bosim-haroratga bog'liq fazaviy holati diagrammasi.

Bunday gaz gidratlarining magistral quvurlarda hosil bo'lishi oldini olish uchun ular dastlab namliklardan quritiladi.

Gaz bosimining pasayishi bilan har qanday sharoitlarda ham gazning namlikni saqlash turg'unligi oshib boradi. Agar gazni tashishda izotermik jarayon ta'minlanilsa, uning harakati davomida gaz suv bug'lari bilan to'yinmagan holatdalgicha qoladi. Shuning uchun kompressorlar orasidagi masofalarda izotermik jarayon orqali gaz gidratlari hosil bo'lishi oldi olinishi bosimning quvur uzunligi bo'yicha kamayishi hisobiga saqlanib turishi mumkin.

Quvurda gaz bosimining kamayishi bilan gaz gidratlari hosil bo'lish harorati pasayadi. Shuning uchun gaz tashishning izotermik jarayonida gaz gidratlari hosil bo'lishi ehtimolliklar quvur boshlang'ich qismida yuqori bo'ladi. Lekin amaliyotda izotermik gaz tashish gaz quvurlari alohida qismlaridagina bo'ladi. Quvurning atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvi va gaz drossellanishi natijasida uning harorati o'zgarishlari sodir bo'ladi. Namlik bo'yicha gazning maksimal ruxsat etilgan shudring nuqtasi gazning gaz quvurlarida soviydigan eng kichik haroratidir. Gaz namligining bosim va haroratga bog'liqligi 1- jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Gaz tarkibidagi namlik miqdori

№	Bosim, MPa	Har xil haroratda namlik miqdori, g/m ³				
		0	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C
1	14	0,075	0,055	0,038	0,029	0,020
2	12	0,081	0,060	0,041	0,030	0,021
3	10	0,086	0,065	0,045	0,033	0,023
4	8	0,100	0,073	0,050	0,037	0,025
5	6	0,120	0,086	0,069	0,043	0,029
6	4	0,158	0,113	0,078	0,055	0,037

Gazni magistral quvurlar orqali tashishda quvurlarning ko'rilishi va loyiha paytida yerga o'rnatilishi ham gaz gidratlari hosil bo'lishiga ta'sir etuvchi omillardan biri hisoblanadi. Quvurlarni yerga joylashtirishda ularning chuqurligi 0,8-1,53 m oraliqlarida bo'lishi qish oylarida haroratning -5-6°C dan oshib ketmasligini ta'minlaydi.

Gaz bosimining quvur uzunligi bo'yicha kamayishi hisobiga uni tashishda haroratini ushlab turish yilning har xil mavsumida alohida tadbirlarni ishlab chiqishni talab qiladi. Shuning uchun yilning qish va yoz oylarida quvurlardan tashilayotgan gaz shudring nuqtasi -2°C (qish oylari) va -7°C (yoz oylari) bo'lgunga qadar quritiladi. Tarmoq standartlariga ko'ra gaz tashish tizimlari texnologik jihozlarning ish qobiliyatini oshirish maqsadida gaz tarkibidagi suv bo'yicha shudring nuqtasi 8-13°C ga kamaytirilishi ko'zda tutiladi.

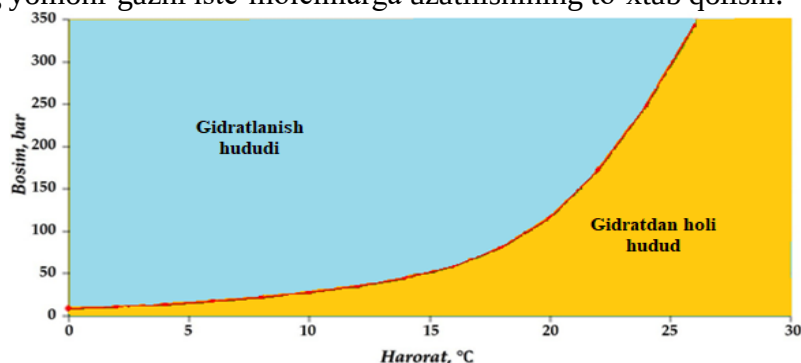
Tabiiy gaz tarkibidagi suyuq uglevodorodlarning bo'lishi gazni tashishda quvur bosimi kamayishini oshiradi va gaz tashish tizimi ishlash samaradorligiga salbiy ta'sir qiladi.[9;10]

Natijalar va muhokama. Gidrat muz yoki zichlashgan qor shaklida bo'ladi.

Gidratlar quvurning o'tkazuvchanlik qobiliyatini pasaytiradi, kompressorga ortiqcha yuklama tushiradi, quvurlar, jihozlarning korroziyasiga sabab bo'ladi (2-rasm).

Bundan tashqari, bu jarayonning salbiy oqibatlari sifatida quyidagilarni sanab o'tish mumkin:

- Quvuruzatkichlar, gazni qayta ishlash va ekspluatatsiya jihozlarining korroziyalanishi;
- gaz quvurlarida suyuqlik yig'ilib qolishi;
- quvuruzatkichning o'tkazuvchanligiga to'sqinlik vujudga keltirilishi va texnologik jihozlarning gidratli tiqinlar tufayli torayishi;
- eng yomoni-gazni iste'molchilarga uzatilishining to'xtab qolishi.



2-rasm. Tarkibi CH_4 – 87,9 %; C_2H_6 – 4,64 %; C_3H_8 – 2,45 %;

C_4H_{10} – 1,27 %; $n - C_5H_{12}$ – 0,57 % dan iborat gazning gidratlanish muvozanati grafigi

Sanoatda gaz ta'minoti tizimida bunday salbiy oqibatlarni bartaraf qilish maqsadida gazlar talab darajasiga qadar quritiladi. Quritish chuqurligi soha standart talablariga va kelgusi qayta ishlash texnologiyasiga ko'ra aniqlanadi. Magistral gaz quvurlariga uzatiladigan barcha gazlar namdan, albatta, quritilishi lozim. Harorat °C.[9;10].

Gidrat hosil bo'lishiga qarshi kurashda ingibirlash va quritish usullari mavjud. Ingibirlash gidratlanish haroratini pasaytiruvchi ingibitorlar – metanol, glikol qo'shiladi. Gaz tarkibiga ingibitor qo'shganda suvda eriydi, suv bug'lari bosimi pasayib, gidrat hosil bo'lish harorati pasayadi.

Xulosa va takliflar. Gidratlar hosil bo'lishiga qarshi ingibitorlar sifatida metanol va gazlarni quritishda glikollar keng qo'llaniladi. Metanol (CH_3OH) – metil spirti bo'lib, gaz oqimiga kiritilganda suv bug'larini yutadi va ularni past muzlash haroratidagi suvli spirt eritmasiga o'tkazadi.

Metanol yuqori to'yingan bug'lari bosimiga ega bo'lib, uni gazdan ajratish va regeneratsiyalash qiyin hamda yo'qotilishi katta. Shuning uchun metanol asosan quduq, shleyf, magistral quvurlarda gidratli tiqinlarini bartaraf qilish uchun qo'llaniladi. Ingibitor sifatida qo'llanilayotgan metanol regeneratsiya qilinmaydi. Shuningdek, quyi haroratli separatsiyalashda drossellash va siqishda gidratlanishni bartaraf qilishda (og'ir uglevodorodlarni ajratish maqsadida) ishlatiladi.

Ingibitor sifatida glikollar EG, DEGlarni ham keng ishlatiladi (metanol qimmat bo'lsada) regeneratsiya qilish oson (bug'latib).

Glikollar ham suv bug'iga to'yingandan keyin separatorlarda ajratiladi va so'ngra qayta tiklanadi.

Ingibitorlar sifatida kalsiy xlor ($CaCl_2$) eritmasi va litiy xlor ham ko'p qo'llaniladi. Gidratlar hosil bo'lishining oldini olishning yanada samarali usuli – bu gazlarni quritishdir, bunda namlik miqdori keskin kamayadi.

Shuning uchun tashish tizimida muhitning tarkibiga bog'liq ravishda uglevodorodlar bo'yicha shudring nuqtasini tanlash muhim hisoblanadi. Shuningdek, gazni tashishdan avval uning tarkibidagi suyuq uglevodorodlarni ajratib olish ulardan

foydalanish imkonini ham beradi. Shu maqsadda kon sharoitlarida qazib olinayotgan gaz tarkibidan suyuq va og'ir uglevodorodlarni ajratib olishga asosiy urg'u beriladi. Gaz tarkibidagi og'ir uglevodorodlar miqdori uning shudring nuqtasini tavsiflaydi. Gaz tarkibidagi suvga nisbatan suyuq va og'ir uglevodorodlarning bo'lishi farqi shundaki, bu holda og'ir uglevodorodlar va bosim bo'yicha gaz shudring nuqtalari o'rtasida to'g'ridan tug'ri bog'lanish yo'q.

Aniq intervallar oralig'ida bosim qiymatining kamayishi bilan suyuq fazada og'ir uglevodorodlar miqdori oshib boradi. Tabiiy gaz aralashmalari tarkibidagi bunday holati retrograd hodisasi bilan tushuntiriladi.

Tovar gaz sifati muhim ko'rsatkichlaridan biri uning tarkibidagi kislorodning miqdori hisoblanadi. Kislorodning gaz tarkibidagi maksimal miqdori 1% dan oshmasligi kerak. Kislorod miqdorining ruxsat etilgan qiymatdan oshishi gazning o'z-o'zidan yonish xavfini oshiradi, hamda jihozlar ichki korroziyasini jadallashtiradi.

Tarmoq standartlari tovar gaz tarkibidagi alohida uglevodorodlarning aniq miqdorlarini ruxsat etilgan qiymatlarini o'rnatmaydi. Bu holat turli konlarning tabiiy gaz xomashyosi tarkibiy jihatdan har xilligi bilan izohlanadi. Magistral quvurlarga uzatiladigan gazlarning asosiy sifat ko'rsatkichlari 2 - jadvalda keltirilgan.

Tabiiy gaz xomashyo ko'rinishidan tovar ko'rinishiga keltirish uning tarkibidagi uglevodorodlar miqdorining nisbatini kamaytirish bilan bir fazali holatini ta'minlash, uning tarkibidagi noguevodorod qo'shimchalarni ajratib olish orqali erishiladi.

Kon amaliyotida tabiiy gaz bir fazali tarkibiga erishish doimiy bir texnologik jarayonlar orqali amalga oshirilishi qiyinchiliklar tug'diradi va qo'shimcha ishlov berish usullarining qo'llanilishini taqozo qiladi. Masalan, gaz konlarni ishlatishning oxirgi bosqichlarida tarmoq standartlari talablariga javob beradigan tovar gaz olish uchun sun'iy ravishda sovitish qurilmalaridan asosiy binoning o'zida foydalanishga to'g'ri keladi.

Tovar gaz zaruriy ko'rsatkichlarini ta'minlash har bir konning o'zida amalga oshirilishi iqtisodiy jihatdan samaradorlikga ega bo'lmaydi. Shuning uchun gazni tayyorlash qurilmalari va texnologik jarayonlarini bazaviy konlarda amalga oshirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Masalan, Muborakneftgaz UShK ga tegishli Zevarda gaz kondensatli koni bazaviy kon sifatida qabul qilinib bazaviy kon va magistral quvurlar atrofida konlar esa xomashyosini bazaviy kon gazni kompleks tayyorlash qurilmasiga uzatadi.

2.1-jadval

Tabiiy gaz ko'rsatkichlari normalari

Ko'rsatkichlar	Yoz oylari	Qish oylari
Namlik bo'yicha gazning shudring nuqtasi	< 0	<-5
Uglevodorodlar bo'yicha gazning shudring nuqtasi	< 0	< 0
1 m ³ gaz tarkibidagi qo'shimchalar massasi, g		
- mexanik qo'shimchalar	< 0,003	< 0,003
- vodorod sulfid	< 0,02	< 0,02
- merkaptanli oltingugurt	< 0,036	< 0,036
Kislorodning hajmiy ulushi, %	< 1,0	< 1,0

Kon sharoitida gazni tayyorlashning bunday tizimni qo'llanilishi murakkab kon jihozlari bazaviy konda konsentratsiyalash imkoniyatini beradi va buning bilan bazaviy kon atrofida mayda konlarda soddalashtirilgan sxemalardan foydalanish sharoitini tug'diradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

- Кулиев А.М., Алекперов Г.З. Очистка газов от сернистых соединений при эксплуатации газовых месторождений. – Москва: Недра, 2007. – С. 206-208.
- Бекиров Т.М. Промысловая и заводская обработка природных и нефтяных газов. – Москва: Недра, 1980. – С.172-174.
- Кемпбел Д.М. Очистка и переработка природных газов. – Москва: Недра, 1977. –

C. 272-274.

4. Maddox R.N., Campbell J.M. Fluid Sweetening Sulfur Recoveri. A part of the Campbell Petroleum Series. Oil Gas J. Feb, 1999y, 211p.

5. Анисонян А.А., Мурзин В.И. Очистка малосернистого газа с высоким содержанием CO_2 от H_2S раствором карбоната калия. – Москва: Недра, 1999. – 132 с.

6. Семенова Т.А., Лейгас И.А., Аксельрод Ю.В. Очистка технологических газов. – Издание 2-ое. – Москва: Химия 1977. – С. 96-99.

7. Кузьменко Н.М. Афанасьев Ю.М., Фролов Г.С. Очистка природного газа от сернистых соединений. – Москва: Химия, 1977. – С.196-199.

8. Ильина Е.Н. Способы определения экономических показателей моноэтаноламинового способа очистки природного газа от сероводорода и производства серы - экономика газовой промышленности. – Москва: Недра, 1982. – С. 32.

9. Ro'ziqulov A., Qodirov A. Korroziya ingibitorlarini sintez qilish. // Ilm-fan va innovatsiya. Ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Qarshi: Qarshi davlat universiteti, 2016. – B. 90-94.

10. Ro'ziqulov A. Ro'ziqulov G'. Universal korroziya ingibitorlarini sintez qilish. // Muqobil energiya manbalaridan foydalanishda energiya tejankorlik muammolari. Respublika ilmiy-texnikaviy anjuman materiallari to'plami. – Qarshi, 2017. B-171-174

UGLEVODORODDA ERIYDIGAN 2-AMIN-2-METIL-4-PENTANON INGIBITORINI MAHALLIY XOMASHYOLAR ASOSIDA SINTEZLASH

A.Y. Ro'ziqulov

Qarshi davlat universiteti Organik kimyo kafedrası o'qituvchisi

Sh.B. Zoirova

Qarshi davlat universiteti talabasi

N.F. Qodirova

Qarshi davlat universiteti talabasi

azimroziqulov156@gmail.com

ORCID 0009-0009-6045-5924

УДК 54.056/547.269.71

Annotatsiya. Uglevodorod muhitlarda barqaror eriydigan korroziya ingibitorlarini yaratish neft-gaz sanoati uchun dolzarb masalalardan biridir. Ushbu tadqiqotda 2-amin-2-metil-4-pentanon asosida yuqori faol, selektiv ta'sirga ega bo'lgan yangi turdagi organik ingibitor sintez qilindi. Sintez jarayonida aminoketonning kimyoviy barqarorligi, uglevodorod fazasida eruvchanligi va metall yuzasi bilan adsorbsiyalanish qobiliyati baholandi. O'tkazilgan elektrokimyoviy sinovlar 2-amin-2-metil-4-pentanon tarkibli moddalar po'lat sirtida mustahkam himoya qatlamini hosil qilib, korroziya tezligini sezilarli darajada pasaytirishini ko'rsatdi. Shuningdek, ingibitorning H_2S mavjud bo'lgan agressiv muhitlardagi himoya samaradorligi, termik barqarorligi va boshqa organik erituvchilar bilan mosligi o'rganildi. Olingan natijalar 2-amin-2-metil-4-pentanon asosida mahalliy xomashyo bazasidan kelib chiqib korroziya ingibitorlari ishlab chiqarish iqtisodiy samaradorlikni oshirishi, import o'rnini bosuvchi innovatsion reagentlar yaratish imkoniyatini kengaytirishini tasdiqladi. Tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida amaliy qo'llash uchun yuqori istiqbolga ega.

Kalit so'zlari. mochevina, karbamid, gossipol smolasi, monoetanolamin, tiomochevina, Shiff asoslari, korroziya ingibitori.

SYNTHESIS OF A HYDROCARBON-SOLUBLE 2-AMINE-2-METHYL-4 PENTANONE INHIBITOR BASED ON LOCAL RAW MATERIALS

Abstract. The development of corrosion inhibitors that remain stable and soluble in hydrocarbon environments is one of the urgent challenges in the oil and gas industry. In this study, a new type of highly active and selective organic inhibitor based on 2-amino-2-methyl-4-pentanone was synthesized. During the synthesis process, the chemical stability of the aminoketone, its solubility in the hydrocarbon phase, and its adsorption ability on the metal surface were evaluated. Electrochemical tests demonstrated that compounds containing 2-amino-2-methyl-4-pentanone form a durable protective layer on steel surfaces, significantly reducing the

corrosion rate. In addition, the inhibitor's protective efficiency in aggressive environments containing H_2S , its thermal stability, and compatibility with other organic solvents were investigated. The obtained results confirmed that producing corrosion inhibitors based on 2-amino-2-methyl-4-pentanone from local raw materials can enhance economic efficiency and expand opportunities for creating innovative, import-substituting reagents. The research findings indicate high potential for industrial application of this inhibitor.

Keywords: urea, carbamide, gossypol resin, monoethanolamine, thiourea, Schiff bases, corrosion inhibitor.

Kirish. Neft-gaz sanoatida ishlatiladigan quvur liniyalari, burg'ulash jihozlari va nasos-kompressor tizimlari doimiy ravishda agressiv muhitlarning ta'sirida qoladi. Bu muhitlar tarkibida vodorod sulfidi (H_2S), karbonat anhidrid (CO_2), organik kislotalar, xloridlar va boshqa faolligi yuqori komponentlar bo'lib, ular metall yuzasida tezkor korroziya jarayonlarini boshlaydi. Bundan tashqari, uglevodorodlarga boy fazalarda korroziya jarayonlarini boshqarish yanada murakkablashadi, chunki ko'plab an'anaviy ingibitorlar bunday muhitlarda yetarlicha erimaydi yoki faol emulsiyalanishga uchraydi. Natijada metall sirtida uzluksiz himoya qatlami hosil bo'lmaydi va uskunalarning xizmat muddati sezilarli darajada qisqaradi. Shu sababli uglevodorod fazasida barqaror eriydigan, kimyoviy jihatdan faol va metall sirtiga kuchli adsorbsiyalanish qobiliyatiga ega bo'lgan organik korroziya ingibitorlarini yaratish ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. 2-amin-2-metil-4-pentanon (aminoketonlar sinfiga mansub) yuqori reaktivlikka, komplekslar hosil qilish xususiyatiga va metall bilan kimyoviy bog'lanish qobiliyatiga ega bo'lgani uchun perspektiv modda sifatida e'tirof etilmoqda. Ushbu birikmaning molekulyar tuzilishi uglevodorodlarda yaxshi eruvchanlikni, shuningdek, po'lat sirtida zich va barqaror himoya plyonkasi hosil qilish imkonini beradi. Ammo 2-amin-2-metil-4-pentanon asosidagi ingibitorlarning sintezi, ularning kimyoviy barqarorligi, har xil agressiv sharoitlarda samaradorligi hamda boshqa organik erituvchilar bilan mosligi yetarli darajada o'rganilmagan. Shu nuqtayi nazardan, ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – uglevodorod fazasida eriydigan selektiv korroziya ingibitorini sintez qilish, uning fizik-kimyoviy xususiyatlarini baholash va metall sirtini himoyalash mexanizmini aniqlashdan iborat.

Mazkur ishda 2-amin-2-metil-4-pentanon asosidagi ingibitorning sintezi, elektrokimyoviy tahlillari, termik barqarorligi va H_2S mavjud bo'lgan agressiv muhitlarda himoya faoliyati chuqur tahlil qilinadi. Olingan natijalar neft-gaz sanoatidagi korroziya muammolarini hal etishda ushbu moddaning amaliy qo'llanish istiqbolini belgilashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili. Uglevodorod muhitlarida ishlatiladigan ingibitorlardan talab qilinadigan asosiy xususiyat — yaxshi solubillik yoki amalida dispersiya hosil qila olish (masalan, nafta/fraksiyalar bilan moslik). Oddiy aminoketonlar suvda eriydigan yoki yarimpolyar bo'lishi mumkin; shuning uchun uglevodorod muhitlarida ishlatish uchun ularning strukturasini lipofilik (uglevodorod zanjirini yoki ester/alkil guruhlarini qo'shish) tarzda modifikatsiya qilish, yoki emulsiya/solvent tizimlarida formulalash talab etiladi. Amino-keton tipidagi molekulalar metall yuzaga adsorb bo'lib, sirt ustida fizik yoki kimyoviy qatlam hosil qiladi — bu qatlam elektrodda potentsialini o'zgartiradi va anod yoki katod jarayonlarini sekinlashtiradi. Amino guruhlar elektron juftligini taqdim eta olishi, keton oksigeni esa qo'shimcha koordinatsiyani ta'minlashi mumkin, natijada kuchli fleroy (chemisorbsion) yoki ko'proq fizik adsorbsion xulq kuzatiladi.[1;4;5]

Asosiy qism. Universal uglevodorodda eriydigan ingibitor ishlab chiqish maqsadida gossypol smolasini mochevina va monoetanolamin bilan kondensatsiyalanishi o'rganildi.

Boshlang'ich xomashyo, materiallar va mahsulotlarning tavsifi:

1. Mochevina (karbamid) – oq kristal modda, hidsiz.

Struktura formulasi - $H_2N - \overset{O}{\parallel} C - NH_2$

Molekulyar massasi, u.b. 60,06

Zichligi, 20 °C da, g/sm³ 1,335

Erish harorati, °C 132,7

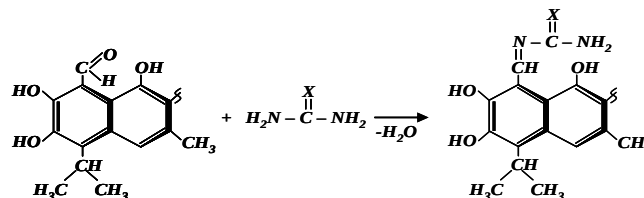
Suvda eruvchanligi, °C 108

Spirt, metanolida eriydi. [2]

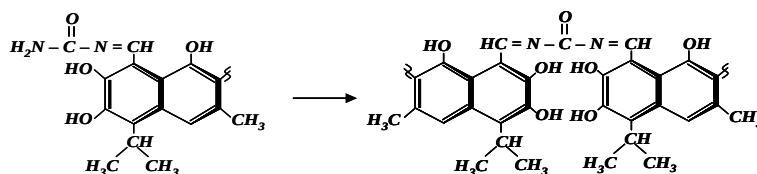
2. Monoetanolaminning vakuumli haydash qoldig'i qora rangli suyuqlik bo'lib, monoetanolaminning hosil bo'lish mahsulotlari aralashmasi hisoblanadi. Suvning miqdori-30%, monoetanolamin-10÷30 %. [2]

3. Gossipol smolasi – qora rangli qattiq massa. [2]

Gossipol qatroni tarkibidagi gossipol mochevina (tiomochevina) bilan quyidagi sxema bo'yicha reaksiyaga kirishib Shiff asoslarini hosil qiladi:



Karbamidning ikkinchi NH₂ –guruhi gossipolning yangi molekulasini bilan reaksiyaga kirishishi mumkin va quyidagi tuzilishdagi birikmani hosil qiladi:



Monoetanolaminning vakuumli haydash qoldig'i tarkibida aminlar va oligomerlar aralashmasi mavjud bo'lib, korroziya ingibitori sifatida xizmat qilishi mumkin. [8;9;10]

Gossipol smolasida-OH-guruhlari, azometin guruhlari va π -bog'-larning mavjudligi ularni metall sirtida adsorbsiyalanib mustahkam qobiq hosil bo'lish imkonini yaratadi.

2-Amin-2-metil-4-pentanon ingibitori kuchsiz xarakterli hidga ega. Gazkondensati va uglevodorodlarda yaxshi eriydi. 2-Amin-2-metil-4-pentanon ingibitorining asosiy ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

1 jadval

2-amin-2-metil-4-pentanon ingibitorining fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari

№	Ko'rsatkichlarning nomlanishi	Kattaligi
1	Himoyalash qobiliyati, vodorod sulfidi tarkibli suvuglevodorodli muhitda, %	90,0
2	Eruvchanligi: gazkondensatida suvda	
3	Qotish harorati, °C	minus-15
4	Kinematik qovushqoqligi, 200 °C da, mm ² /s	25
5	Quruq qoldiq, %	67
6	Ingibitorning zichligi, 200 °C da, g/sm ³	0,9-0,94

2-Amin-2-metil-4-pentanon laboratoriya sharoitida vodorod sulfidli, karbonat anhidrid va xlorid kislotali muhitlarda korroziya ingibitori sifatida sinab ko'rildi (2-3 jadval).[8;9;10]

2 jadval

2-amin-2-metil-4-pentanon ingibitorining karbonat anhidridli muhitda (P_{CO2}=1,0 MPa) D rsumli mustahkamlikdagi metallning korroziyalanishiga ta'siri, xona haroratida.

Ingibitorning konsentratsiyasi, mg/l	Tajriba vaqti, soat	Korroziya tezligi, g/m ² · soat	Himoyalash darajasi, %
Ingibitorsiz	20	3,7	-
200	20	0,137	96,29
Ingibitorsiz	40	3,8	-
200	40	0,172	96,46

Ingibitorsiz	60	3,5	-
200	60	0,138	96,0
Ingibitorsiz	80	3,4	-
200	80	0,135	95,94
I-1-A Etalon	80	0,3	41,17
400	80	0,2	94,12

Olingan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, 2-amin-2-metil-4-pen-tanon ingibitori barcha hollarda I-1-A etalon korroziya ingibitoriga nisbatan yuqori himoyalash darajasini beradi, ya'ni himoyalaniş darajasi 96% dan 96,46% gacha o'sishi kuzatildi, I-1-A Etalon korroziya ingibitorining himoyalaniş darajasi esa 94,12 % -ni tashkil etdi. Demak solishtirilgan I-1-A Etalon korroziya ingibitoriga nisbatan biz tomondan sintez qilingan korroziya ingibitori himoyalash darajasi ancha yuqori ekanligini ko'rsatib turibdi.[8;9;10]

3 jadval

Xona haroratida 2-amin-2-metil-4-pentanon ingibitorining vodorod sulfidli muhitda himoyalash darajasi

Gazkondensatida H ₂ S ning konsentratsiyasi, g/l	Ingibitorning konsentratsiyasi, mg/l	Korroziya tezligi g/m ² .soat	Himoyalash darajasi, %
Vaqt 1 kun			
2,5-2,7	Ingibitorsiz	3,9	-
	100	0,2	94,87
	250	0,31	92,05
	400	0,036	95,2
Vaqt 3 kun			
2,9 - 3,1	Ingibitorsiz	0,489	-
	100	0,013	97,3
	250	0,011	97,9
	400	0,014	97,0

2-Amin-2-metil-4-pentanon ingibitorining dastlabki 30 g miqdoridagi sinov namunasi laboratoriyada sintez qilib olindi va laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazildi. 4-jadval.

4 jadval

Xlorid kislotaning 15 % li eritmasida St -20 metalining korroziyalanishiga haroratning ta'siri.

Ingibitorning konsentratsiyasi 0,8 %

Tuz kislotasi erimasi	Korroziya tezligi, g/m ² .soat	Himoyalash darajasi, %
Xona harorati $\tau = 24$ soat		
Ingibitorsiz	5,2	-
Ingibitor bilan	1,3	75,0
Harorat 400 °C $\tau = 4$ soat		
Ingibitorsiz	48	99,0
Ingibitor bilan	0,6	75,0
Harorat 600 °C $\tau = 4$ soat		
Ingibitorsiz	13	-
Ingibitor bilan	2,0	98,0
Harorat 800 °C $\tau = 4$ soat		
Ingibitorsiz	610	-
Ingibitor bilan	2,0	99,6
Harorat 1000 °C $\tau = 1$ soat		
Ingibitorsiz	1020	-
Ingibitor bilan	4,3	99,5

Natijalar. “UKI-universal korroziya ingibitori” Zevarda konidagi uchta quduqda (№ 51, 86, 178) 8 m³ hajmdagi 3% li ingibitor eritmasini 12 m³ kondensat bilan qatlamga haydash usuli bilan va uchta quduqda (№ 302, 179, 240) 15 m³ hajmdagi 2,8 % li ingibitorli eritmani quvur orti sohasiga haydash usuli bilan ingibirlash amalga oshirildi. Ingibitorli eritmani haydashdan avval “Neftgaztadqiqot” OAJ xodimlari tomonidan korroziya nazorat namunalari o'rnatildi.

Quduqlarni ingibirlash ishlari tugatilgandan so'ng vaqt o'tkazmasdan ular ishchi

rejimga qo'yildi. Bir oydan keyin nazorat namunalari olindi va korroziya tezligi hamda himoyalash darajasi aniqlandi (5-jadval).

5 jadval

“UKI-universal korroziya ingibitori”ni kon sharoitlarida sinash natijalari

Quduq №	Namuna №	Namuna maydoni, S, m ²	Namunaning sinovgacha massasi, g	Namunaning sinovdan keyingi massasi, g	Massa yo'qotilishi, g	Ingibitorsiz korroziya tezligi, mm/g	Korroziya tezligi, mm/g	Himoyalash darajasi, %	O'rtacha himoyalash darajasi, %
51	4182	0,002104	19,6639	19,6067	0,0572	0,4068	0,0352	91,3	Pl.
51	14150	0,002149	22,4737	22,4165	0,0572	0,4068	0,0345	91,5	87,9
51	14189	0,002109	22,2591	22,1337	0,1254	0,4068	0,0771	81,1	3%
86	14177	0,002152	22,0089	21,986	0,0193	0,2388	0,0116	95,1	Pl.
86	14178	0,002000	18,208	18,1953	0,0127	0,2388	0,0082	96,6	94,9
86	14186	0,002212	23,6114	23,5837	0,0277	0,2388	0,0162	93,2	3%
178	14173	0,002004	15,107	15,0506	0,0564	0,1831	0,0365	80,1	Pl.
178	14187	0,002070	20,845	20,7532	0,0918	0,1831	0,0575	68,6	75
178	14192	0,002150	22,428	22,3566	0,0714	0,1831	0,0430	76,5	3%
179	14164	0,002090	18,0382	17,9455	0,0927	0,2810	0,0591	79,0	Zatr.
179	14168	0,002140	21,3437	21,274	0,0697	0,2810	0,0434	84,5	82,4
179	14172	0,001900	16,9086	16,844	0,0646	0,2810	0,0453	83,9	2,8%
240	14151	0,002220	22,5918	22,5462	0,0456	0,2655	0,0274	89,7	Zatr.
240	14152	0,002040	17,6645	17,6137	0,0508	0,2655	0,0332	87,5	86
240	14157	0,002084	20,7416	20,6628	0,0788	0,2655	0,0504	81,0	2,8%
302	4188	0,002062	19,3183	19,2808	0,0375	0,1581	0,0242	84,7	Zatr. 84,4 2,8%

Xulosa. UKI-universal korroziya ingibitori kon sharoitlarida sinovdan o'tkazilganda quduqlarga 3% (ayrim holatlarda 2,8%) konsentratsiyada yuborildi. Ishga tushirilgach bir oylik nazorat o'lchovlari bajarildi.

O'lchov natijalari korroziya tezligi juda past qiymatlarga tushganini ko'rsatadi (0,0020...0,0027 atrofida). Bu qiymatlar amaliyotda “past xavf” diapazoniga to'g'ri keladi.

Himoyalani sh darajasi ko'p hollarda 80–95% oralig'ida, o'rtacha esa ~85–90% atrofida qayd etilgan. Demak, ingibitor po'lat quvurlarni va uskunalarini korroziyadan samarali himoya qiladi.

Sinov davrida oqim-gidravlik ko'rsatkichlar barqaror qolgan, ingibitor ishchi rejimga xalaqit bermagan.

Quduqlar bo'yicha olingan natijalar bir-biriga yaqin bo'lib, preparatning kon sharoitlariga mosligi va natijaning takrorlanuvchanligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.Турсунов М.А., Юсупов Д., Икрамов А., Ярбобоев Т.Н., Мустафаев А.С., Хамраев К.Ш. Разработка, исследование свойств и освоение опытно-промышленного выпуска нового ингибитора сероводородной коррозии. // Кимёвий технология, назорат ва бошқарув, 2009. №5. – С.21-27.

2.Химический реактивы и высоко качественное химическое вещество, каталог. – Москва: Химия, 1990. - С. 153, 154.

3.Ро'ziqulov A.Y., Shamsiddinova S.X. Biogazni noorganik birikmalardan tozalash usullari // “Ishlab chiqarish korxonalariining energiya tejamkorlik va energiya samaradorlik muammolarini yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari, QarMII. 1-kitob. – Qarshi, 2016. –B. 345-347

4. Кленов И.И. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы.

– М.: Машиностроение, 1976. – С. 87-98.

5. Воробьева Г.И. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. – М.: Химия, 1975. – С. 121-127

6. Севастьянов М.И. Технологические трубопроводы нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов. – М.: Химия, 1972. – С. 142-147

7. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. – Л.: Химия, 1986. – С.210-214

8. Ro'ziqulov A., Qodirov A. Korroziya ingibitorlarini sintez qilish. // Ilm-fan va innovatsiya. Ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Qarshi: “Qarshi davlat universiteti” nashriyoti, 2016. – B.90-94

9. Ro'ziqulov A. Ro'ziqulov G'. Universal korroziya ingibitorlarini sintez qilish. // Muqobil energiya manbalaridan foydalanishda energiya tejamlilik muammolari. Respublika ilmiy-texnikaviy anjuman materiallari to'plami. – Qarshi, 2017. – B.171-174

10. Ro'ziqulov A. Qodirov A. Korroziya va mineral tuzlar to'planishiga qarshi ingibitorlar sintez qilish. // Ilm-fan va innovatsiya. Ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Qarshi, 2017. – B.40-43

POLIVINIL SPIRT/GELLYAN ASOSIDAGI IKKI TARMOQLI GEL POLIMER ELEKTROLITLARNING SINTEZI VA XOSSALARINI TADQIQ ETISH

Qalandarov Farhod Astonaqulovich

Qarshi davlat texnika universiteti

Tabiiy fanlar kafedrası dotsenti

farhodqalandarov@gmail.com

ORCID 0009-0001-3278-6998

UDK 678.746:541.135

Annotatsiya. Ushbu maqolada polivinil spirt (PVS) va gellyan (GG) asosida tayyorlangan ikki tarmoqli gel polimer elektrolitlarning (GPE) sintezi, tuzilishi hamda fizik-mexanik va elektrokimyoviy xossalari tadqiq etildi. Gel polimer elektrolitlar kimyoviy bog'lovchi moddalarsiz, ekologik toza “muzlatish–eritish” va KOH eritmasida bo'ktirish usullari orqali olindi. Gellyan konsentratsiyasining GPE ning mexanik mustahkamligi, cho'zilish xossalari, suv shimish qobiliyati va ion o'tkazuvchanligiga ta'siri o'rganildi. Tajribalar natijasida PVS/GG = 90:10 nisbatdagi namuna eng maqbul mexanik va elektrokimyoviy ko'rsatkichlarga ega ekanligi aniqlandi. KOH ning optimal konsentratsiyasi 8 M bo'lganda ion o'tkazuvchanlik 0,21 Sm/sm ga yetdi. XRD, XPS, FTIR va SEM tahlillari orqali gel polimer elektrolitlarning amorf tuzilishga ega ekanligi, vodorod bog'lanishlar mavjudligi hamda g'ovak morfologiya shakllanganligi tasdiqlandi. Olingan natijalar mazkur gel polimer elektrolitlarning superkondensatorlar va boshqa energiya saqlash qurilmalarida qo'llash uchun istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: polivinil spirt, gellyan, gel polimer elektrolit, ikki tarmoqli gidrogel, muzlatish–eritish usuli, KOH, ion o'tkazuvchanlik, mexanik xossalari, superkondensator.

Abstract. This article investigates the synthesis, structure, and physico-mechanical and electrochemical properties of double-network gel polymer electrolytes (GPEs) based on polyvinyl alcohol (PVA) and gellan gum (GG). Gel polymer electrolytes were prepared without chemical crosslinking agents, using environmentally friendly “freeze–thaw” and KOH solution soaking methods. The effect of gellan concentration on the mechanical strength, elongation properties, water absorption capacity, and ionic conductivity of the GPEs was studied. Experimental results showed that the sample with PVA/GG = 90:10 exhibited the most optimal mechanical and electrochemical performance. The ionic conductivity reached 0.21 S/cm at an optimal KOH concentration of 8 M. XRD, XPS, FTIR, and SEM analyses confirmed that the gel polymer electrolytes possess an amorphous structure, hydrogen bonding, and a porous morphology. The results indicate that the obtained gel polymer electrolytes are promising for applications in supercapacitors and other energy storage devices.

Keywords: polyvinyl alcohol, gellan gum, gel polymer electrolyte, double-network hydrogel, freeze–thaw method, KOH, ionic conductivity, mechanical properties, supercapacitor.

Kirish. Hozirgi kunda energiyani samarali saqlash va uzatishga bo'lgan ehtiyojning ortishi superkondensatorlar va boshqa elektroximik qurilmalar uchun xavfsiz va yuqori samarali elektrolit materiallarni ishlab chiqishni dolzarb masalaga aylantirdi. An'anaviy suyuq elektrolitlar yuqori ion o'tkazuvchanlikka ega bo'lsada, oqib ketish va mexanik beqarorlik kabi kamchiliklarga ega. Shu sababli gel polimer elektrolitlar yuqori ion o'tkazuvchanlik, mexanik moslashuvchanlik va ekspluatatsion xavfsizlikni ta'minlovchi muqobil material sifatida katta ilmiy qiziqish uyg'otmoqda [1-3].

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur ishda PVS/gellyan asosidagi ikki tarmoqli gel polimer elektrolitlar muzlatish–eritish va KOH eritmasida bo'ktirish usullari yordamida sintez qilinib, tarkib va ion konsentratsiyasining mexanik hamda elektrokimyoviy xossalarga ta'siri o'rganildi. Olingan natijalar yuqori ion o'tkazuvchanlikka va mexanik barqarorlikka ega gel polimer elektrolitlarni superkondensatorlar uchun istiqbolli material sifatida qo'llash imkoniyatini ko'rsatadi [2].

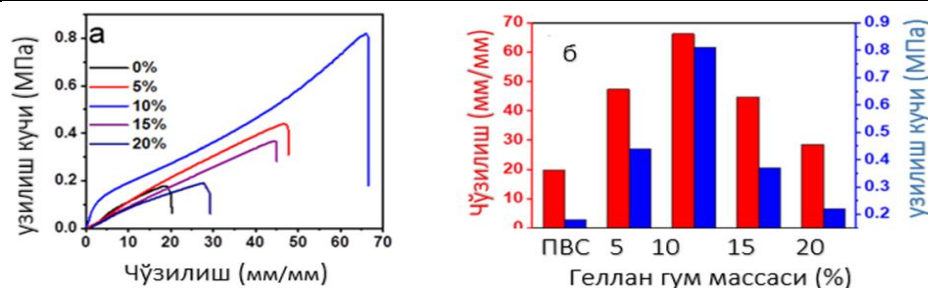
PVS va GG asosli gel polimer elektrolit murakkab bo'lmagan “muzlatish-eritish” va “bo'ktirish” texnologik jarayonlari asosida “ikki tarmoqli gidrogellar olish” usulida tayyorlandi. Bu usullarning asosiy axamyati jarayon tabiiy bo'lib, elementlar bir-biriga fizik jixatdan bog'lanadi va xech qanday kimyoviy moddalar tasir etirilmaydi. Malumki jismoniy bog'lar kimyoviy bog'lanishga nisbatan bir necha barobar mustaxkam, barqaror va stabil bo'ladi. Bu o'z navbatida GPEning tashqi tasirlarga chidamliligini oshiradi [3].

Dastlab ikki tarmoqli gidrogellarning birinchi tarmog'i yani PVS tarmoq shakllantirish muzlatish eritish usuli orqali amalga oshirildi. Bunda muzlatish-eritish sikllarining soni GPE ning mustaxkamlik ko'rsatkischiga ijobiy tasir ko'rsatadi. Shu boisdan ushbu eksperiment uchun muzlatish-eritish sikllar soni 5-marta deb belgilab bunda muzlatish davri 20 soat -20°C xaroratda va eritish sikli 4 soat mobaynida xona xaroratida amlaga oshirildi. Muzlatish jarayoni mobaynida PVS molekulalarining xarakat tezligi keskin pasayadi, natijada molekulalar bir-biri bilan yaqinlashib o'zaro bog'lanadi va mikrokristallar o'zaro bog'lanish nuqtalari sifatida shakllanadi [4]. Eritish jarayonida PVS molekulalari yana xarakatlana boshlaydi, kristallarning o'sishiga lib keladi va gidrogel tarmog'i shakllanadi. Ushbu usulning takrorlanishi natijasida tarmoq bog'lanishi yanada mustaxkamlanadi [5].

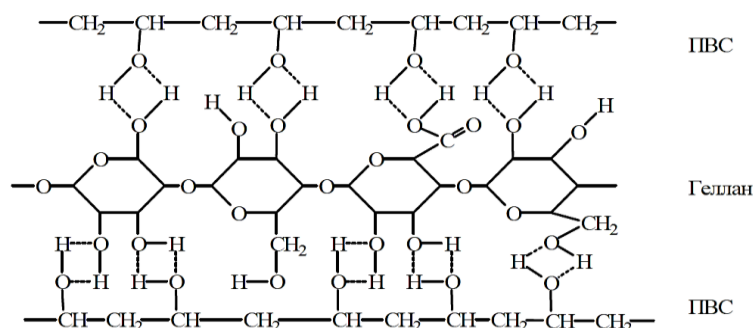
Ikkinchi tarmoq GG tarmog'i, muzlatish-eritish usulidan so'ng namunalarni KOH ning suvli eritmasiga bo'ktirish usuli orqali shakllantirildi. Bu jarayonda K^+ ionlari GGni bir-biriga bog'lash va ion o'tkazuvchanlikni taminlashga xizmat qiladi. Shu boisdan K^+ muxim rol o'ynab, u bir vaqtning o'zida ikkita vazifani bog'lovchi va o'tkazuvchi vazifasini bajaradi va GPE ning mustaxkamligini oshirishni taminlaydi [6,7].

Natijalar va muhokama. 1-rasmda PG GPE mexanik xususiyatlarining sinov natijalari keltirilgan. Garfikdan ko'rish mumkinki, GG ning massasi ortishi bilan GPE ning mexanik xususiyatlari xam mos ravishda ortib boriganini va GG konsentratsiyasi 10% ga yetganda eng yaxshi natijani qayd etganini ko'rish mumkin. Jumladan namunaning cho'zishdagi uzilish kuchi (tensile stress)dastlab 0.17 MPa dan 0.8MPa gacha, uzilishdagi uzayish ko'rsatkichi (cho'zilish, *elongation break*) 20 mm/mm dan 66.3 mm/mm ekanligini qayd etildi(1-rasm.a va b). Buning sababi shundan iboratki, gellan va sof PVS zanjirlari o'rtasida o'zaro elektrostatik kuchlar ta'sirida bog'lar hosil bo'lishi natijasida qattiq gidrogel hosil bo'ladi va uning mexanik mustahkamligi sof PVSga nisbatan 4-marta yuqori ko'rsatkichga erishar ekan. 2 rasmda gellan-poliviinil spirt qattiq gidrogelining kimyoviy tuzilishi va bog'lanishi keltirilgan. Gellan zanjiridagi karboksil va PVS zanjiridagi gidroksil guruhlar o'rtasida vodorod bog'lar hosil bo'lishi natijasida makroporali to'rtli qattiq va egiluvchan gidrogel hosil bo'ladi.

Namunada GG ulushining 10% dan ortishi natijasida uning mexanik xususiyatlarini kamiyib borishi kuzatildi, shu boisdan mexanik ko'rsatkichlardan kelib chiqqan xolda PG 10 eng maqbul nisbat sifatida etirof etildi.

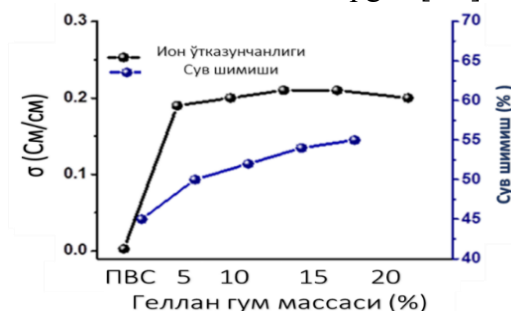


1-rasm. GG konsentratsiyasining GPE mexanik xususiyatlariga tasiri:
a) cho'zish/uzish sinovlarini grafik natijalari, b) sinov natijalarini ustun ko'rinishida taqqoslash



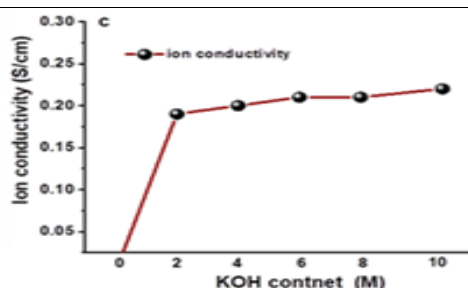
2-rasm. Gellan-polivinil spirt gidrogeli tuzilishi

Elektrolitlar uchun eng muxim ko'rsatkichlardan biri bu uning ion o'tkazuvchanlik qobiliyatidir. Aynan shu parametr uning ahamiyatini belgilab beradi. Shu boisdan keyingi sinov usuli sifatida PG 10 ning ion o'tkazuvchanlik xususiyatini aniqlash belgilab olindi. 3 rasmdan turli xil konsentratsiyadagi PG GPE ning ion o'tkazuvchanlik ko'rsatkichi 0.03 dan 0.21 Sm/sm² gacha ortganini ko'rishimiz mumkin. Sababi GG struktura tuzilishi jaxatidan g'ovak ko'rinishga ega bo'lib, GPE tarkibida ning massasi ortishi natijasida ionlarning xarakatlanishi uchun ion tunellar soni va mashruti ortadi va ionlarning samarali xarakatlanishiga imkon beriladi. Ion o'tkazuvchanlikka paralel xususiyati bo'lgan namunaning suv shimish qobiliyati xam mos ravishda 44% dani 55 % gacha o'sishini ko'rishimiz mumkin (3-rasm). GG tabiatan gigroskopik xususiyatga ega bo'lib, ushbu xususiyatidan keyingi jarayonlarda xam K⁺ ionlarini GPEga absorbsiyasida foydalaniladi. Bundan tashqari PVS kristalizatsiyasi natijasida amorf xududlarning kengayaishi xam xar ikki ko'rsatkichning o'sishiga sabab bo'ladi. Yuqoridagi xar ikki nazariya X-ray difraktometriya sinovlari yordamida xam o'z isbotini topgan [8,9].



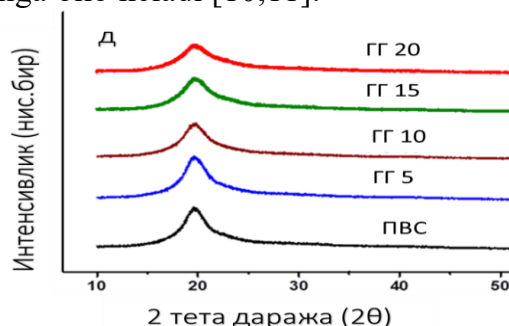
3-rasm. GPE ning ion o'tkazuvchanlik va suv shimish ko'rsatkichlari

KOH o'z navbatida GPening ion o'tkazuvchanlik xususiyatiga xam ijobiy tasir ko'rsatadi, albatta konsentratsiyaning ortishi ionlarning sonini ortishi bilan izoxlash mumkin, eng yaxshi ko'rsatkich 8 M yetganda 0.21 Sm/sm qayd etildi. Bundan keyin konsentratsiyaning ortishi bilan ion o'tkazuvchanlik kamaya boshladi, sababi yuqori konsentratsiyadagi KOH, PVSning kristal fazasi poydo bo'lishiga olib keladi va GPeda amorf struktura kamayib, ionlar xarakati uchun tunellar kamayishiga olib keladi vanatijada ion o'tkazuvchanlik keskin tushib ketadi (4-rasm)



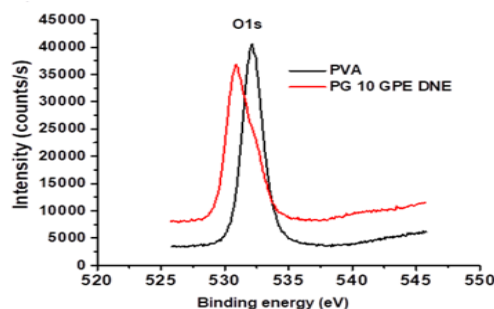
4-rasm. KOH konsentratsiyasining namuna ion o'tkazuvchanlik xususiyatiga tasiri

Tajribalarning yuqori aniqligini taminlash, oldinga surilayotgan farazlarni ilmiy tasdiqlash va GPE tarkibidagi elementlarning bog'lanish xarakterlarini o'rganish uchun bir necha struktura va morfologik tadqiq sinovlari amalga oshirildi. Jumladan GPE strukturasining amorf tuzilishga ega bo'lishi uning ion o'tkazishi va suvni shimish juda muxim shu boisdan turli xil konsentratsiyadagi PG GPE bo'ktirish usulidan so'ng X-ray difraktometr yordamida sinovdan o'tkazildi (5-rasm). Sof PVS yarim kristlal tabiatga ega bo'lib, $2\theta = 19.8^\circ$ va (101) kristal tekislikda aniq difraksiya piklariga ega. 6-rasmda namuna tarkibida GG ning ulushi ortishi bilan PVS piklarining intensivligi kamayib borishini yaqqol ko'rishimiz, bu PVS va GG o'rtasidagi vodorod bog'lanish mavjudligini va PVS GPE tarkibida kristallanishi natijasida amorf xududlarning yengayishini va natijada bog'lanish xisobiga mexanik xususiyatlarni, amorf xudud kengiyishi xisobiga ion o'tkazuvchanlikning ortishiga olib keladi [10,11].



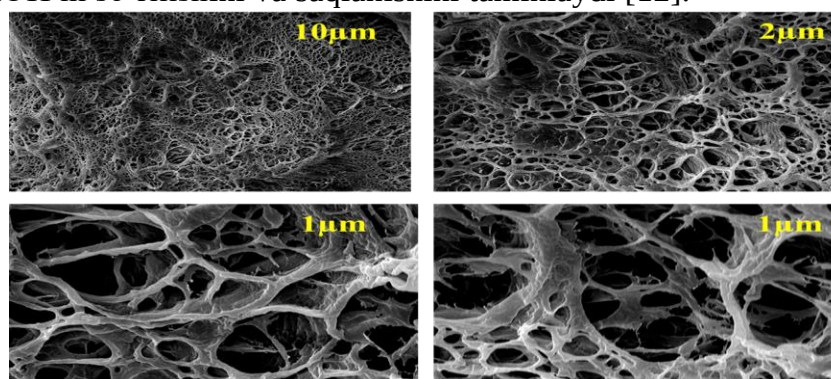
5-rasm. Namunalarning XRD natijalari

GPE namunaning tarkibidagi GG va PVS o'rtasidagi kimyoviy bog'lanishni aniqlash uchun X-ray fotoelektronik spektroskopiya (XFS) sinovlari o'tkazildi. Bunda eng yaxshi ko'rsatkichga ega PG 10 GPE va sof PVS piklari grafik tasvirlarda solishtirildi (6-rasm). Natijalar 531.4 va 532.1 yeV oraliqda O1s spektrida PG 10 GPE va sof PVS dekonvolyutsiyagandan so'ng, S-O (alifatik uglerodga aloxida bog'langan kislorod), S=O (aromatik uglerodga ikki marta bog'langan kislorod) C-O, C-OH va C=O gruxlar bilan aloqalarning mavjudligi O1s piklarda tahlillari bilan tasdiqlangan. PG10 GPE da C=O cho'qqisining PVSga nisbatan ancha kichikligini GG tarkibidagi karbonil guruxlarda chiqadigan bu cho'qqi bilan izoxlash mumkin, C-OH bog'lanishlar esa xar ikkala elementlar PVS va GG da xam mavjud [12].



6-rasm. Namunalarning XFS natijalari

Namunalarning sirt morfologiyasi skanerlovchi elektron mikroskop yordamida tadqiqi qilindi. 7-rasmda PG10 GPE namunaning kichik poralarni, g'ovakliklarni va tunellarni namoyon qiladi. Yuqorida takidlanganidek ushbu poralar namunada KOH ionlarining joylashuviga va ion o'tkazuvchanlikning ortishiga sabab bo'ladi. Sof gellan gum strukturasi qalin devorlar va silliq teshiklar qv nisbatan tkis yuzaga ega bo'lib, PG 10 GPE teshiklari ingichka va o'rgamchak to'riga o'xshash tolali tarmoqlardan tashkil topgan bo'lib, sirt yuzasixam notekis bo'ladi. Bundan tashqari rasmlardan PVS va GG joylashuvini yuza bo'ylab tekis taqsimlanganini, ular o'rtasida o'zoro bog'liqligini ko'rish mumkin. Bu taqsimlanish tarmoqlarning bog'liqligini, ikkala tarmoq namunaning mexanik xususiyatlarni yaxshilayadi, bunday tuzilishi tufayli suvni qabul qilish yaxshilanadi va namunaning ko'proq ion o'tkazuvchanlik uchun foydali va GPE tarkibiga KOH ni so'rilishini va saqlanishini taminlaydi [12].



7-rasm. Namunalarning sirt morfologiyasi

GPE amaliyotda SK lar bilan birgalikda qo'llanishida turli xildagi mexanik tasirlarga duch kelishi mumkin. Bunday tasirlar sarasiga bukilishi, og'irlik kuchlarining tasir etishi, deformatsiyalar, shikastlanish, cho'zilish va siqilish kabilar kiradi.

Namunlarning mexanik va ion o'tkazuvchanlik xususiyatlarini solishtirish

1-jadval.

KOH konsentratsiyasi (M)	Tensile stress (MPa)	Tensile strain (mm)	Ion o'tkazuvchanlik (Sm/sm)
0	0.17	19	0.003
2	0.23	22	0.2
4	0.28	33.9	0.21
6	0.54	58.5	0.21
8	0.81	66.3	0.21
1	0.56	49.2	0.23

Yuqoridagi jadvalda keltirilgan natijalar va o'tkazilgan sinovlar yakuniga ko'ra PG 10 GPE namunalar 8 M li KOH eritmasiga bo'ktirilganda eng yaxshi natijalar qayd etildi. Shu boisdan SKni tayyorlashda ushbu konsentratsiyaga bo'ktirilgan PG 10 GPE va aktivlashtirilgan uglerodli elektrodan foydalandik. Barcha sinov jarayonlarida SK simmetrik ko'rinishda bo'lib ikki elektrod o'rtasida elektrolit joylashgan.

Xulosa va takliflar. Mazkur tadqiqotda polivinil spirt va gellyan asosida ikki tarmoqli gel polimer elektrolitlar kimyoviy bog'lovchi moddalarsiz, ekologik xavfsiz muzlatish-eritish hamda KOH eritmasida bo'ktirish usullari orqali sintez qilindi. Gellyan konsentratsiyasi va ishqoriy muhitning gel polimer elektrolitlarning mexanik hamda elektrokimyoviy xossalriga ta'siri tizimli ravishda o'rganildi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, PVS/GG = 90:10 nisbatdagi namuna eng yuqori mexanik mustahkamlik va moslashuvchanlik ko'rsatkichlarini namoyon etdi. KOH eritmasining optimal konsentratsiyasi 8 M bo'lganda ion o'tkazuvchanlik 0,21 Sm/sm qiymatga yetib, elektrolitning funksional samaradorligi sezilarli darajada oshdi. XRD, XPS, FTIR va SEM tahlillari gel polimer elektrolitning amorf tuzilishga ega ekanligini,

polimerlar orasida vodorod bog'lanishlar shakllanganini hamda ion tashish uchun qulay g'ovak morfologiya hosil bo'lganini tasdiqladi.

Olingan natijalar PVS/gellyan asosidagi gel polimer elektrolitlarning yuqori ion o'tkazuvchanlik, mexanik barqarorlik va xavfsizlik xususiyatlariga ega istiqbolli material ekanligini ko'rsatib, ularni superkondensatorlar va boshqa elektroximik energiya saqlash qurilmalarida qo'llash imkoniyatini asoslaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Conway B.E. Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications. – New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999.
2. Zhang H., Lin Y., Zhang Q. Polymer gel electrolytes for flexible supercapacitors: Progress and challenges. // Journal of Power Sources. – 2018. – Vol. 396. – P. 425–441.
3. Armand M., Tarascon J.M. Building better batteries. // Nature. – 2008. – Vol. 451. – P. 652–657.
4. Wang Y., Song Y., Xia Y. Electrochemical capacitors: mechanism, materials, systems, characterization and applications. // Chemical Society Reviews. – 2016. – Vol. 45. – P. 5925–5950.
5. Peppas N.A., Khare A.R. Preparation, structure and diffusional behavior of hydrogels in controlled release. // Advanced Drug Delivery Reviews. – 1993. – Vol. 11. – P. 1–35.
6. Hassan C.M., Peppas N.A. Structure and applications of poly(vinyl alcohol) hydrogels produced by conventional crosslinking or by freezing/thawing methods. // Advances in Polymer Science. – 2000. – Vol. 153. – P. 37–65.
7. Tang Q., Wu J., Zhang Q. Gellan gum-based hydrogel electrolytes with high ionic conductivity for supercapacitor applications. // Electrochimica Acta. – 2017. – Vol. 246. – P. 120–128.
8. Хайдаров Туймурод Зойирович, Рахманкулов Аликул Амирович, Каримов Маъсуд Убайдулло Угли, Джалилов Абдулахат Турапович очистка и выделение углеродных нанотрубок // Universum: технические науки. 2023. №9-4 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-i-vydelenie-uglerodnyh-nanotrubok> (дата обращения: 17.12.2025).
9. Li Z., Zhang J., Lou X.W. Gellan gum and polymer composite electrolytes for flexible energy storage devices. // Journal of Materials Chemistry A. – 2019. – Vol. 7. – P. 21348–21356.
10. Ratner M.A., Shriver D.F. Ion transport in solvent-free polymers. // Chemical Reviews. – 1988. – Vol. 88. – P. 109–124.
11. Bruce P.G., Scrosati B., Tarascon J.M. Nanomaterials for rechargeable lithium batteries. // Angewandte Chemie International Edition. – 2008. – Vol. 47. – P. 2930–2946.
12. Xaydarov T.Z., Rahmonqulov A.A., Karimov M.U., Djalilov A.T. Trajectory analysis of carbon nanoparticles // QarDU xabarları Ilmiy-nazariy, uslubiy jurnal, 5/1(60) 2023 Sentyabr. B. 7-13.

SARIMSOQPIYOZ VA PIYOZNING OLTINGUGURTLI BIRIKMALARI ASOSIDA TURLI XIL KASALLIKLARNI OLDINI OLISH VA DAVOLASH

Mamatkulova O'g'ilxon Odilovna

Qo'qon Universiteti Andijon filiali

Umumiy kimyo kafedrası v.b.dotsenti

mamatkulovaogilxon@mail.ru

ORCID 0009-0002-1778-6137

UDK 615.322:616

Annotatsiya. Ushbu maqolada sarimsoqpiyoz (*Allium sativum* L.) va piyoz (*Allium cepa* L.) tarkibidagi oltingugurt saqlovchi biologik faol birikmalarning kimyoviy xususiyatlari hamda ularning tirik organizmdagi farmakologik ahamiyati o'rganilgan. Xususan, allitsin, diallil sulfid, diallil disulfid, S-allilsistein kabi birikmalarning antibakterial, fungitsid va antioksidant xossalari tahlil qilingan. Ushbu birikmalarning grammusbat va grammanfiy bakteriyalar, zamburug'lar hamda ayrim viruslarga qarshi ta'siri ilmiy manbalar asosida yoritilgan. Shuningdek,

sarimsoqpiyoz va piyoz asosida yaratilgan tabiiy dori vositalarining sintetik preparatlarga nisbatan afzalliklari, ularning kasalliklarni oldini olish va davolashdagi samaradorligi asoslab berilgan. Maqolada ushbu o'simliklar asosida ishlab chiqilgan tabiiy dori vositalarining sintetik preparatlarga nisbatan afzalliklari, xususan, kam nojo'ya ta'sirga ega ekanligi va organizm tomonidan yaxshi o'zlashtirilishi ta'kidlangan. Natijada sarimsoqpiyoz va piyozning xalq tabobati hamda zamonaviy farmatsiya sohasidagi istiqbollari yoritilib, ularni kasalliklarning oldini olish va davolashda qo'llash imkoniyatlari asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: ,sarimsoqpiyoz,piyoz, diallil sulfid, diallil disulfid, allitsin, zamburug', bakteriya, oltingugurt.

PREVENTION AND TREATMENT OF VARIOUS DISEASES BASED ON SULPHUR COMPOUNDS IN GARLIC AND ONION

Abstarct. This article investigates the chemical properties of sulfur-containing biologically active compounds found in garlic (*Allium sativum* L.) and onion (*Allium cepa* L.), as well as their pharmacological significance in living organisms. In particular, the antibacterial, fungicidal, and antioxidant properties of compounds such as allicin, diallyl sulfide, diallyl disulfide, and S-allylcysteine are analyzed. Based on scientific sources, the effects of these compounds against Gram-positive and Gram-negative bacteria, fungi, and certain viruses are highlighted. In addition, the advantages of natural medicinal products derived from garlic and onion over synthetic drugs, as well as their effectiveness in the prevention and treatment of diseases, are substantiated. The article emphasizes that plant-based preparations have fewer side effects and are well absorbed by the body. As a result, the prospects of using garlic and onion in traditional medicine and modern pharmacy are demonstrated, and their potential applications in disease prevention and treatment are justified.

Key words: garlic, onion, diallyl sulfide, diallyl disulfide, allicin, fungus, bacteria, sulfur.

Kirish. Sarimsoqpiyoz o'simligi (*Allium sativum* L.) piyozdoshlar oilasiga (*Amaryllidaceae*) mansub bo'lib, hozirda 850 dan ortiq turi fanga ma'lum. Sarimsoqpiyoz o'tkir hidga ega bo'lgan va butun dunyoda ziravor vosita sifatida keng qo'llaniladigan piyozli sabzavotlardan biri hisoblanadi. Hozirda butun dunyo bo'yicha oziq-ovqat sifatida, hamda turli kasalliklarni oldini olish va davolashda *Allium sativum* L turlaridan keng foydalanib kelinmoqda[1]

Piyoz (*Allium*) — loladoshlar oilasiga mansub ikki yillik va ko'p yillik o'tsimon o'simliklar turkumi, sabzavot va manzarali ekin. Shimoliy yarim sharda 500 ga yaqin turi ma'lum. Eng ko'p turlari O'rta Osiyo, Kavkaz, Sharqiy Sibirda, kamroq turi Evropada va Uzoq Sharqda uchraydi. O'zbekistonda piyozning doyra piyoz (qirqbarg piyoz), piskom piyoz (tog' piyoz), ko'rimsiz piyoz, g'adir-budur piyoz, havorang piyoz (gulpiyoz), yovvoyi piyoz, Shubert piyozi (cho'chqa piyoz), qorator piyozi (cho'chqaquloq), novcha piyoz (anzur piyoz), chimyon piyoz, Seversov piyozi kabi 15 yovvoyi turi o'sadi. Asosan, 6 turi — osh piyoz (vatani O'rta Osiyo va Afg'oniston), batun piyoz (vatani Sharqiy Sibirning janubi), porey piyoz (vatani O'rta dengiz bo'ylari) va boshqalar ekib yetishtiriladi [2].

Sarimsoqpiyozning kimyoviy tarkibi biologik faol birikmalarga boy bo'lib, uning asosiy qismini hujayralar sitoplazmasida joylashgan muhim komponent hisoblangan alliin (0,3%) birikmasi tashkil etadi.

Alliin hidsiz hamda mikroorganizmlarga qarshi ta'sirga ega emas. Tirik organizmlardagi murakkab biokimyoviy jarayonlarda hujayralar vakuolarida to'plangan allinaza fermenti ta'sirida alliin allitsinga aylanadi. Ushbu biokimyoviy jarayonda sarimsoqpiyozni istemol qilish natijasida fermentlar bir qancha murakkab jarayonlarni amalga oshirib allitsin birikmasiga aylantiradi. Hosil bo'lgan allitsin birikmasi sarimsoqpiyozga o'ziga xos hid va achchiq ta'm beradi. Allitsinni birinchi marta 1944 yilda Chester J. Kavallito va Jon Xeyls Beylilar tomonidan sintez qilib olingan [3]

Allitsin birikmasi beqaror birikma bo'lib, xona haroratida u bir necha kun ichida parchalanadi. Allitsin birikmasi juda kuchli antibakterial birikma hisoblanib gram-musbat, gram-manfiy bakteriyalar va sil tayoqchasining rivojlanishiga to'sqinlik qiladi.

Sarimsoqpiyoz tarkibida turli xil biologik faol birikmalar, jumladan oltingugurt saqlovchi hamda fenol birikmalari mavjud.

Sarimsoqpiyoz tarkibidagi oltingugurt saqlovchi birikmalar nafaqat antioksidantlar ba'liki organizmni turli mikroorganizmlardan himoya qilishda muhim o'rin tutadi. Sarimsoqpiyoz tarkibidagi suvda eruvchan oltingugurtli birikmalar

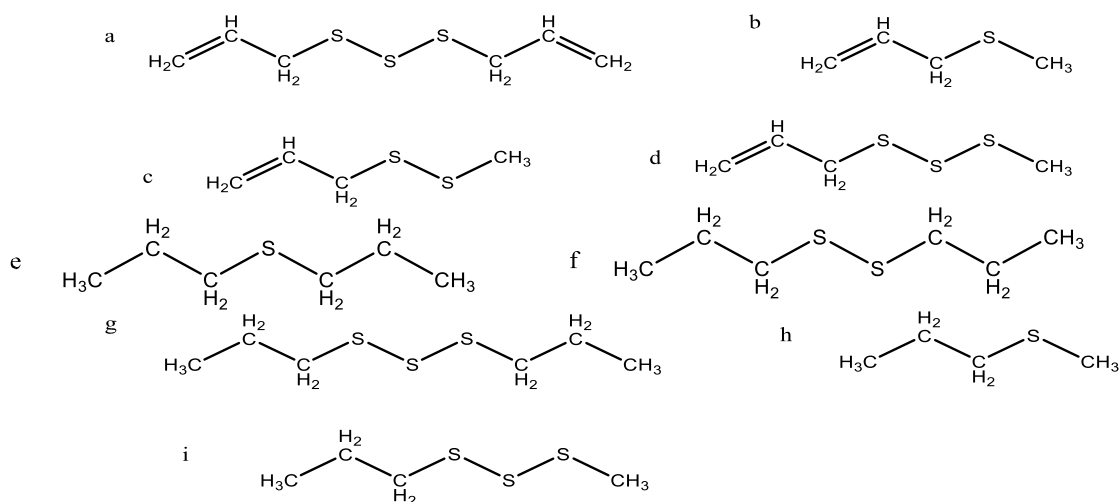
Sarimsoqpiyoz tarkibidagi suvda eruvchan oltingugurtli birikmalar tirik organizmlarda oqsil almashunuvida ishtirok etishi bilan muhim ahamiyat kasb etadi. Jumladan S-allilsistein, allilmerkaptosistein, allilmerkaptan birikmalar fungisid, va bakterosid xossalarini namoyon etishi ilmiy manbalarda keltirilgan.

Sarimsoqpiyoz tarkibidagi oltingugurt saqlovchi birikmalar organizmda biokimyoviy jarayonlarda sulfo guruhlarini hosil qilgach, diallil sulfid va diallil disulfidni o'zaro inkubatsiyalanishi natijasida S-allilmerkaptosistein hosil qiladi. Hosil bo'lgan S-allilmerkaptosistein esa organizmda qon hosil bo'lishida muhim ro'l o'ynaydi [4].

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqotda tizimli tahlil, taqqoslash, ilmiy adabiyotlarni sharhlash hamda analitik tahlil usullaridan foydalanildi. Sarimsoqpiyoz va piyoz tarkibidagi oltingugurt saqlovchi birikmalarning kimyoviy va biologik xususiyatlari bo'yicha mahalliy va xorijiy ilmiy manbalar o'rganildi. Turli tadqiqotlar natijalari asosida biologik faol birikmalarning antibakterial va fungitsid xususiyatlari solishtirildi. Shuningdek, farmasevtik preparatlar tarkibidagi sarimsoqpiyoz ekstraktlarining ta'siri tahlil qilinib, ularning sintetik dori vositalariga nisbatan afzalliklari baholandi. Olingan ma'lumotlar umumlashtirilib, ilmiy xulosalar chiqarildi.

Ko'plab tadqiqotlarda sarimsoqpiyoz tarkibidagi oltingugurt saqlovchi birikmalar turli o'smalarni rivojlanishiga to'sqinlik qiluvchi fermentlarni ingibirlashda ishtirok etishi bayon etilgan Shundan kelib chiqib sarimsoqpiyoz tarkibidagi oltingugurt saqlovchi birikmalar miqdori ushbu mahsulotni ozuqaviy qiymatini belgilashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Sarimsoqpiyozning asosiy faol ta'sir etuvchi moddalari tarkibida oltingugurt saqlovchi birikmalar bo'lib, unga o'ziga xos hid beradi. Ushbu birikmalar grammusbat va grammanfiy bakteriyalar, stafilokokklar, zamburug'lar va dizenteriyani keltirib chiqaradigan mikroorganizmlarga qarshi samarali ta'sir etishi ilmiy manbalarda keltirilgan. Sarimsoqpiyoz tarkibidagi mikroorganizmlardan himoya qiladigan tarkibida oltingugurt saqlovchi birikmalar



a) diallil trisulfid b) allilmetil sulfid c) allilmetil disulfid d) allilmetil trisulfid
e) dipropil sulfid f) dipropil disulfid g) dipropil trisulfid h) propil metilsulfid

Sarimsoqpiyozning asosiy birikmasi allitsinning *Escherichia coli*, *Escherichia faecalis*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus subtilis*, *Serratia marcescens* kabi mikroorganizmlarga ta'siri o'rganilgan. Allitsin shuningdek viruslarga qarshi, zamburug'larga qarshi, antiprotozoal, insektitsid xususiyatlariga ega ekanligi ilmiy tadqiqotlarda o'z isbotini topgan.

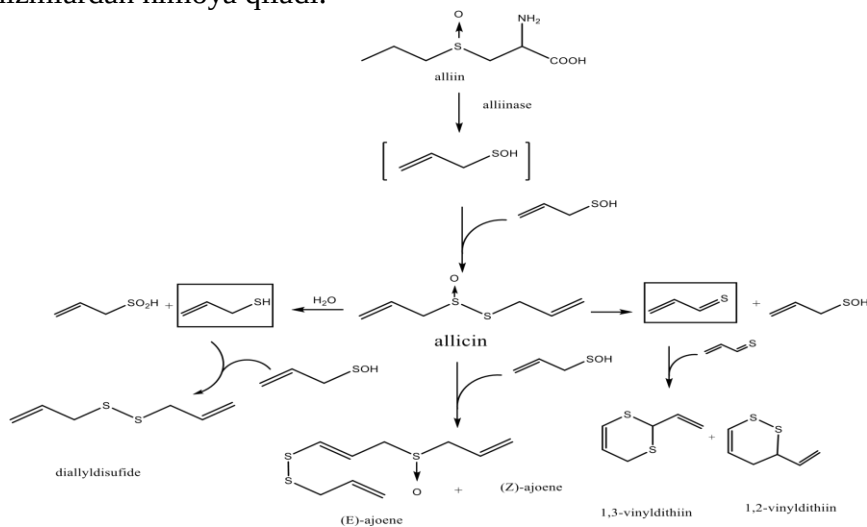
M. Titus rahbarligida sarimsoqpiyozni suvli ekstraktini *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, *Pseudomonas aeruginosa* hamda *Klebsiella* bakteriyalariga qarshi antibiotik xususiyatlari o'rganish ustida tadqiqotlar olib borilgan Serbiyalik olimlar T.D. Kundakovic va boshqalar tomonidan sarimsoqpiyoz pastasini grammusbat bakteriyalardan *Staphylococcus aureus*,

Micrococcus flavus, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*lar va grammanfiy bakteryalardan *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* shuningdek zamburug' *Candida albicans*larning antibakterial hamda fungitsid xususiyatlari o'rganilgan.

Ushbu kompozitsia yuqori antibakterial faollikka ega bo'lib, og'iz bo'shlig'i va yuqori nafas yo'llari kasalliklariga qarshi kurashda bakteriyalar va zamburug'larning ko'payishiga to'sqinlik qilgan

Yog'li (0,06%) va efir moylari (2% gacha) tarkibida allitsin, ajoen va boshqa bir qator uchuvchan oltingugurtli birikmalari mavjud bo'lib, ular ham bakteritsid xususiyatga ega [6].

Piyoz tarkibida fitonsidlar, vitaminlar va boshqa biologik faol komponentlar to'plami tufayli piyoz va uning po'stlog'i organizmning deyarli barcha a'zolari va tizimlari – yurak, qon tomirlari, o'pka, jinsiy a'zolar, teri va boshqa a'zolari sog'lig'ini tiklashga yordam beradi. Piyoz tarkibida fitonsidlar organizmni turli xil mikroorganizmlardan himoya qiladi.



Vinilditiinlar va boshqa oltingugurt saqllovchi organik birikmalarini o'z ichiga olgan oziq-ovqatlarni iste'mol qilish, oshqozon va yo'g'on ichak saratoni rivojlanish xavfini kamaytirishi ko'plab ilmiy tadqiqotlarda o'z aksini topgan[8].

Natijalar va muhokama. Hozirgi kunda sarimsoqpiyoz va uning ekstrakti asosida farmasevtik preparatlarning keng assortimenti olinib amaliyotda qo'llanilib kelinmoqda. Dunyo bo'yicha tarkibida sarimsoqpiyozning turli ekstraktlari, hamda kukunidan tabletkalar va boshqa ko'rinishga ega dorivor preparatlar patentlangan.

Alloxol- jigar hujayralarining sekretiya funksiyasini faollashtirib o't pufagi va jigar kasalliklarini davolashda ishlatiladi. Safro kislotalarining sintezini rag'batlantiradi; safro va qon o'rtasidagi osmotik gradientni oshiradi, bu esa suv va elektrolitlarning safro

kapillyarlariga filtratsiyasini kuchayishiga olib keladi, o't yo'llari orqali safro oqimini tezlashtiradi, infeksiyaning tarqalishini oldini oladi hamda yallig'lanish jarayonining intensivligini pasaytiradi. Preparat ichakda yaxshi so'riladi, qolgan qismi najas bilan chiqariladi [7].

Kyolic -biologik faol qo'shimchasi kuniga 2 ta kapsuladan ichishga tavsiya etiladi. Ushbu biologik faol qo'shimcha tarkibida sarimsoqpiyoz suvli ekstrakti, soya fasulyasidan lesitin kombinatsiyasi asosida AQShni Kaliforniya shtadida ishlab chiqariladi. Kyolic BFQsi moddalar almashinuvini tartibga soluvchi, viruslarga qarshi chidamlilikni oshirishda, vitamin yetishmovchiligida oshqozon-ichak traktida yaxshi samara berishi ilmiy manbalarda takidlangan.

Garlic Allium - sarimsoqpiyoz, piyoz ekstraktlardan olingan kukun bo'lib, qon bosimi va xolesterin darajasini meyyorlashtirishda yordam beradi hamda sog'lom immunitetni, hujayralarning normal o'sishi, yangilanishiga yordam beradi.

Garlic Allium BFQsi ichak devorlarida oziq mahsulotlarni so'rilishini maksimal darajada oshiradi va ichaklarda 4200 mkg faol allitsin birikmasini hosil bo'lishini ta'minlaydi. Ushbu miqdor bir bo'lak yangi sarimsoqpiyozda bo'lganiga teng miqdor bo'lib, kunlik extiyojni qondirish bilan birga organizm turli mikroorganizmlar keltirib chiqaradigan kasalliklarga chidamliligini oshirishga yordam beradi.

Annavaviy tibbiyotda, XX asrning o'rtalaridan tarkibida piyoz ekstrakti saqlagan ikkita preparati ma'lum bo'lgan:

"Allilchep" (*Allicerum*) - bu mikroblarga qarshi ichak preparatlari guruhiga kiruvchi spirtli ekstrakti hisoblanib, ateroskleroz uchun xavfli omil bo'lgan disbiyoz va kolit, giperkolesterolemiya (qondagi xolesterin miqdorining oshishi) bilan yuzaga keladigan diareya kasalligini oldini olish va davolashda qo'llanishga tavsiya etiladi. Ushbu preparatni kuniga uch marta diareya uchun 15-20 tomchi (patologiya bartaraf etilgunga qadar) va gipolipidemik ta'sir uchun (uzoq vaqt davomida) 20-30 tomchi ichish tavsiya etiladi.

"Allilgliser" (*Allilglycer*)—piyozning kuchsiz hidga ega bo'lgan, sariqjigarrang steril glitserin bilan aralashtirilgan piyoz ekstrakti. Preparat *Trichomonadidae* parazit mikroorganizmi tomonidan keltirib chiqaradigan kasalliklarini davolash uchun ishlatiladi (masalan, vaginit). Kasallikni davolash uchun tamponlar Allilgliserol bilan singdiriladi va bemorlarning qiniga 6 dan 12 soatgacha qo'yiladi. Davolash kursi odatda 15-25 kun bilan cheklanadi. [8].

Xulosa va takliflar. Sarimsoqpiyoz va piyozning oltingugrtli birikmalari grammusbat va grammanfiy bakteriyalar, stafilokokklar, zamburug'lar va dizenteriyani keltirib chiqaradigan mikroorganizmlarga qarshi samarali ta'sir etishi asosida juda ko'plab kasalliklarni oldini olish va davolash mumkinligini xisobga olib zamburug'li va bakteriyalarga qarshi kurasha oladigan va sintetik dori vositalarni o'rnini bosa oldigan tabiiy biollogik faol oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqishni ko'paytirishni maqsad qilingan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ajami M., Vazirijavid R. Garlic (*Allium Sativum L.*) // Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements. – Academic Press, 2019. – P.227-234.
2. А. В. Кисилева, И.В.Киров, Л.И. Хрусталева Генетика 2014. Т. 50, № 6 С. 670-676 (Генетика растений) ISSN 0016-6758
3. C.J. Cavallito et al. Allicin, the Antibacterial Principle of *Allium sativum*. I. Isolation, Physical Properties and Antibacterial Action // Journal of the American Chemical Society. 1944. Vol. 66. – Issue 11. – P. 1950-1951. <https://doi.org/10.1021/ja01239a048>
4. Xu B.M., Su J.D., Zhang T. (2009) Analysis of the correlation of garlic growth traits and yield. Modern Agricultural Science and Technology 1: 19–21.
5. Dorman, H.J., Deans, S.G. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 2000, 88, 308–316.

6. Keys, Ancel (1980). "Wine, Garlic, and Chd in Seven Countries". *The Lancet*. 315 (8160): 145–146.
7. Харкевич Д.А. «Фармакология»: учебник /Д.А. Харкевич / - 12-е изд., испр., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. –760 с.
8. Ried K, Travica N, Sali A. The effects of Kyolic aged garlic extract on gut microbiota, inflammation, and cardiovascular markers in hypertensives: the gargic trial. *Frontiers in Nutrition*. 2018; 5:122.
9. Banerjee S.K., Maulik S.K. Effect of garlic on cardiovascular disorders // *Nutrition Journal*. 2002. Vol.1. P.4–10.
10. Lanzotti V. The analysis of onion and garlic // *Journal of Chromatography A*. 2006. Vol.1112. P.3–22.

MARGANETS(II)NING, GETEROAUKSIN VA NIKOTINAMID ASOSIDAGI ARALASH LIGANDLI KOMPLEKS BIRIKMASI: SINTEZI, FIZIK- KIMYOVIY XOSSALARI VA TUZILISHI

Ismailova Shahla Atanazarovna

Xorazm Ma'mun akademiyasi mustaqil tadqiqotchisi

shaxloismoilova48@gmail.com

ORCID 0009-0003-7678-0330

UDC: 544.142.2:546.712:547.751:547.826.1

Annotatsiya. Ushbu maqolada marganets(II) ionining biologik faollikka ega bo'lgan geteroauksin (indol-3-sirka kislotasi) va nikotinamid ligandlari bilan hosil qilgan yangi aralash ligandli koordinatsion kompleks birikmasini sintez qilish sharoitlari hamda uning tuzilish xususiyatlari o'rganilgan. Kompleks birikmaning tarkibi va tuzilishi element tahlili hamda zamonaviy fizik-kimyoviy usullar, jumladan infraqizil spektroskopiya va termogravimetrik tahlil yordamida aniqlangan. Tadqiqotning nazariy qismida zichlik funksionali nazariyasi (DFT) doirasida B3LYP funksionali va 6-31G(d,p) bazis to'plami asosida kvant-kimyoviy hisoblashlar amalga oshirilgan. Hisoblashlar natijasida markaziy marganets(II) ionining koordinatsion sferasi, bog' uzunliklari va valent burchaklari aniqlanib, ligandlarning metall atomi bilan bog'lanish mexanizmi tahlil qilingan. Olingan natijalar geteroauksinning karboksil guruhi orqali, nikotinamidning esa azot yoki karbonil guruhi orqali koordinatsiyalanishini ko'rsatdi. Shuningdek, yangi kompleksning o'simliklar fiziologiyasiga ijobiy ta'siri, jumladan o'sishni stimullovchi va fungitsidlik xossalari tajribaviy ravishda baholandi.

Kalit so'zlar: marganets (II), geteroauksin, nikotinamid, kompleks birikma, sintez, IQ-spektroskopiya, kvant-kimyoviy tadqiqot, DFT, biologik faollik.

SYNTHESIS, PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES, AND STRUCTURE OF A MIXED-LIGAND MANGANESE(II) COORDINATION COMPLEX WITH HETEROAUXIN AND NICOTINAMIDE

Abstract. In this article, the synthesis conditions and structural characteristics of a new mixed-ligand coordination complex of the manganese(II) ion with biologically active heteroauxin (indole-3-acetic acid) and nicotinamide ligands are investigated. The composition and structure of the synthesized complex were determined using elemental analysis and modern physicochemical methods, including infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis. In the theoretical part of the study, quantum chemical calculations were carried out within the framework of density functional theory (DFT) using the B3LYP functional and the 6-31G(d,p) basis set. As a result of the calculations, the coordination sphere, bond lengths, and valence angles of the central manganese(II) ion were determined, and the nature of ligand-metal bonding was analyzed. The results showed that heteroauxin coordinates to the metal center through its carboxyl group, while nicotinamide coordinates via the nitrogen atom of the pyridine ring or the carbonyl group. In addition, the positive effect of the new complex on plant physiology, including growth-stimulating and fungicidal properties, was experimentally confirmed.

Keywords: manganese(II); heteroauxin; nicotinamide; coordination complex; synthesis; IR spectroscopy; quantum chemical calculations; DFT; biological activity.

Kirish. So'nggi yillarda biologik faol organik ligandlar asosida yangi koordinatsion kompleks birikmalarni yaratish va ularning tuzilish–xossa–faollik o'zaro bog'liqligini o'rganish koordinatsion kimyoning muhim yo'nalishlaridan biriga aylandi. Ayniqsa, o'simliklar fiziologiyasida muhim rol o'ynaydigan mikroelementlar va fitogormonlar ishtirokidagi kompleks birikmalar qishloq xo'jaligida samaradorligi yuqori bo'lgan yangi preparatlarni yaratish nuqtayi nazaridan dolzarb hisoblanadi. Shunga qaramay, marganets(II) ionining biologik faol ligandlar, xususan geteroauksin va nikotinamid bilan hosil qilgan aralash ligandli komplekslari yetarli darajada tizimli tadqiq etilmagan.

Marganets(II) o'simliklarning fotosintez va fermentativ jarayonlarida muhim mikroelement bo'lsa, geteroauksin o'sish va rivojlanishni tartibga soluvchi asosiy fitogormonlardan biridir. Nikotinamid esa yuqori koordinatsion faollikka ega bo'lib, biologik tizimlarda muhim funksiyalarni bajaradi. Ushbu ligandlarning marganets(II) ioni bilan birgalikda aralash ligandli kompleks hosil qilishi metall–ligand o'zaro ta'sirlarining yangi jihatlarini aniqlash imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi marganets(II) ionining geteroauksin va nikotinamid bilan hosil qilgan yangi aralash ligandli kompleks birikmasini sintez qilish hamda uning fizik-kimyoviy xossalari va tuzilishini eksperimental va nazariy usullar yordamida o'rganishdan iborat. Tadqiqot natijalari marganets(II) asosidagi biologik faol komplekslar haqidagi ilmiy tasavvurlarni kengaytirib, ularni qishloq xo'jaligida qo'llash imkoniyatlarini ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Hozirgi vaqtda koordinatsion kimyo sohasida biologik faol ligandlar ishtirokida sintez qilinadigan metall kompleks birikmalarini o'rganish ilmiy tadqiqotlarning ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Bunday komplekslar farmatsevtika, bioorganik kimyo hamda materialshunoslik sohalarida qo'llanilishi bilan alohida ahamiyat kasb etmoqda [1].

O'tish metallari orasida marganets(II) ionlari biologik tizimlarda muhim fiziologik funksiyalarni bajarishi, xususan fermentativ jarayonlarda katalitik faollik ko'rsatishi bilan ajralib turadi. Shu bois Mn(II) asosidagi koordinatsion birikmalarni sintez qilish, ularning barqarorligi, koordinatsion muhitlari va strukturaviy xususiyatlarini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar keng ko'lamda olib borilmoqda [2]. Adabiyotlarda marganetsning karboksilat va azot tutuvchi ligandlar bilan hosil qilgan komplekslari yuqori koordinatsion xilma-xillikka ega ekani qayd etilgan [3].

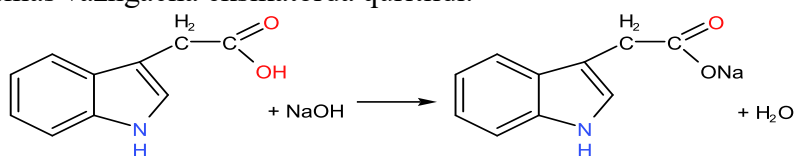
Geteroauksin (indol-3-sirka kislotasi) biologik faol fitogormon bo'lib, uning molekulasidagi karboksil guruhi metall ionlari bilan koordinatsiyalanish qobiliyatiga ega. Ilmiy manbalarda geteroauksinning Cu(II), Zn(II), Co(II) va Ni(II) ionlari bilan hosil qilgan komplekslari sintez qilingan hamda ularning spektral, termik va magnit xossalari tadqiq etilgan [4]. Mazkur ishlar geteroauksinning monodentat yoki bidentat ligand sifatida ishtirok etishini ko'rsatadi.

Nikotinamid esa piridin halqasiga ega biologik faol azotli ligand bo'lib, metall ionlari bilan barqaror koordinatsion bog'lanish hosil qilishi bilan tavsiflanadi. Adabiyotlarda nikotinamidning turli o'tish metallari, jumladan Mn(II) ionlari bilan komplekslari o'rganilib, unda ligandning asosan piridin azoti orqali koordinatsiyalanishi aniqlangan [5]. Bunday komplekslarning fizik-kimyoviy xossalari va biologik faolligi alohida ilmiy qiziqish uyg'otmoqda.

Shu bilan birga, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, geteroauksin va nikotinamid asosidagi aralash ligandli Mn(II) komplekslari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar yetarli darajada tizimlashtirilmagan. Xususan, ushbu ligandlarning bir vaqtning o'zida Mn(II) ioniga koordinatsiyalanishi natijasida hosil bo'ladigan komplekslarning sintez sharoitlari, fizik-kimyoviy xossalari va tuzilish parametrlari bo'yicha ma'lumotlar cheklangan [6]. Ularning spektral (IR, UV–Vis), termik hamda magnit xususiyatlarini kompleks ravishda tahlil qilish zarurati mavjud.

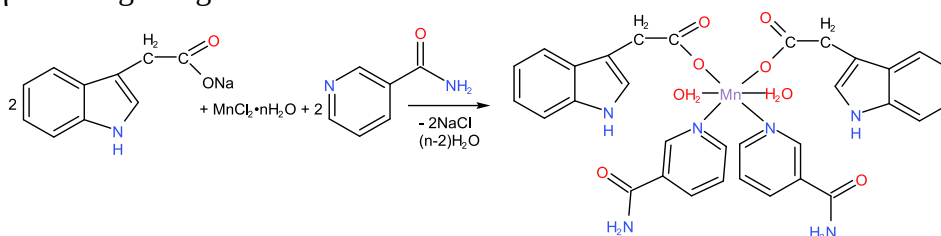
Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, mazkur tadqiqot Mn(II) ning geteroauksin va nikotinamid bilan aralash ligandli kompleks birikmasini sintez qilish, uning fizik-kimyoviy xossalari va tuzilishini har tomonlama o'rganish orqali mavjud ilmiy bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot obyekti sifatida marganets (II) xlorid kristallogidрати ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), geteroauksin (indol-3-sirka kislotasi, $\text{C}_{10}\text{H}_9\text{NO}_2$ va nikotinamid (vitamin PP, $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}$) tanlab olindi. Barcha reagentlar "kimyoviy toza" (k.t.) markasiga ega bo'lib, qo'shimcha tozalamasdan foydalanildi. Erituvchi sifatida distillangan suv va etil spirti (96%) qo'llanildi. Kompleks birikma eritmali cho'ktirish usuli bilan sintez qilindi. Buning uchun 0,01 mol geteroauksinning spirtli eritmasiga 0,01 mol nikotinamid qo'shildi va magnitli aralashtirgichda 40-50°C haroratda aralashtirildi. Hosil bo'lgan ligandlar aralashmasiga 0,01 mol $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ tuzi distillangan suvda eritib tomchilatib qo'shildi. Reaksiya muhiti 10%li NaOH eritmasi yordamida pH=6.8-7.2 oralig'igacha keltirildi. Hosil bo'lgan cho'kma filtrlanib, distillangan suv va efirda yuvildi, so'ngra o'zgarmas vazngacha eksikatorida quritildi.



1-rasm. Geteroauksinning natriyli tuzini olish reaksiyasi

Hosil bo'lgan to'q pushti rangli mayda kristalli cho'kma etanol bilan yuvilgan holda, byuxner voronkasi yordamida vakuumda filtrlanadi va quritiladi. Cho'kma sovuq metanol bilan bir necha marta yuviladi hamda koordinatsion birikma tarkibida xlorid ionlarining yo'qligi, 0.1M AgNO_3 eritmasi bilan tekshirilib ko'riladi. Sintezlangan kompleks birikmaning og'irligi o'lchanadi va reaksiya unumi hisoblanadi [7,8]. Reaksiya unumi $\eta = 72\%$ ga teng.



2-rasm. Geteroauksinning $[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ tarkibli kompleks birikmasining sintez reaksiyasi

Natijalar tahlili. Sintez qilingan yangi kompleks birikmalarning element tahlili amalga oshirildi [9] (1-jadval).

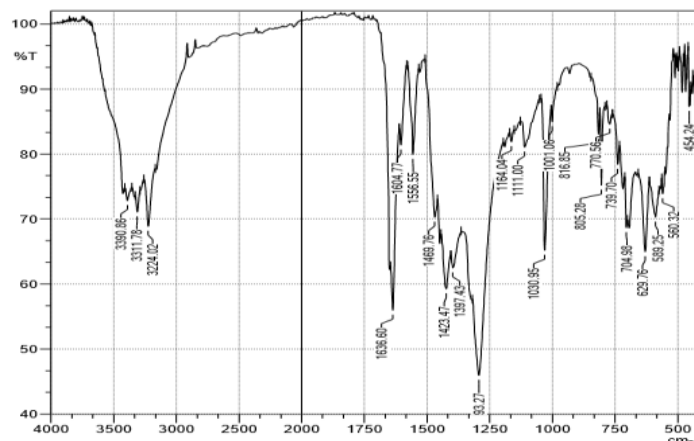
1-jadval

Rux va geteroauksin, hamda nikotinamidli koordinatsion birikmalar element analizi natijalari

№	Koordinatsion birikma formulasi	Brutto formulasi:	Kimyoviy elementlar	Nazariy %	Amaliy %
1	$[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$	$\text{C}_{32}\text{H}_{32}\text{N}_6\text{O}_8\text{Mn}$ $M=568 \text{ g/mol}$	C	56,22	56,06
			H	4,73	4,62
			N	12,31	12,14
			O	18,71	-
			Mn	8,04	7,96

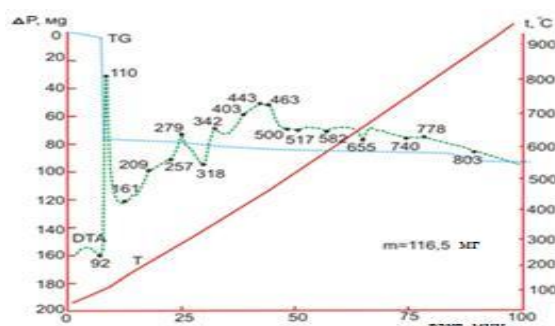
Dastlabki komponentlar bilan kompleks spektridagi farqlar asosida yangi ta'sirlashuv hamda yangi bog'lar haqida xulosa chiqarish imkoni mavjudligi sababli olingan komplekslarning tuzilishini tahlil qilishda IQ-spektroskopiya usuli ma'lumotlaridan foydalaniladi. IQ spektrlar yutilish sohalari "SHIMADZU" firmasining IR Traser-100 ($400\text{--}4000 \text{ cm}^{-1}$) spektrometrida qayd qilindi [10]. $[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ kompleks birikmasining IQ-spektri nikotinamid molekulasida ν_{CO} chastotasi mos ravishda 739 cm^{-1} dan quyi sohaga 705 cm^{-1} siljigan. Geteroauksin molekulasida CO bog'ining 1659 cm^{-1} dagi 1637 cm^{-1} gacha o'zgargan intensiv polosasi kuzatilgan. Halqa tebranishini ifodalovchi 1604 cm^{-1} da kichik intensiv cho'qqi mavjud. $[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$

kompleks birikma hosil bo'lishida nikotinamid molekulası CO bog'i, geteroauksın molekulası esa karboksıl guruxı COO⁻ orqalı koordinatsiyalanışı aniqlandı. 3312 sm⁻¹ va 3224 sm⁻¹ sohada NH₂ guruhining assimetrik va simmetrik tebranishları kuzatıldı (3-rasm).



3-rasm. $[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ kompleks birikmasining IQ-spektri

Termik tahlil – fazaviy aylanishlar haroratini, ekzotermik va endotermik jarayonlar termik tabiatini aniqlashga imkon beruvchi usuldir. Bu usulda differentsial termik tahlil, termogravimetriya va derivatogravimetriyadan foydalaniladi. Differentsial termik tahlil – fazaviy o'tishlar (degidratatsiya, termik dissotsialanish, polimorf o'zgarishlar), shuningdek og'irlik o'zgarmasdan boradigan jarayonlar (suyuqlanish, kristallanish, polimorf o'zgarishlar va h.k.z.) haqida ma'lumot beradi. Termik analiz F.Paulik-L.Paulik-L.Erdey sistemali derivatografda 9 grad/min. tezlikda galvanometrning sezgirligi T-900, TG-200, DTA, DTG-1/10. Tutgich sifatida qopqoqsiz 10 mm diametrli platina tigel ishlatildi. Etalon sifatida Al₂O₃ dan foydalanildi [11,12]. $[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ kompleks birikma DTT natijasiga ko'ra 92°C haroratda degidratatsiya jarayoni kuzatildi. Suvning chiqish haroratiga ko'ra uni tashqi sferada joylashgan ekanligini bilishimiz mumkin. 161°C haroratda nikotinamid molekulasining termik o'tishi va parchalanishi (CO₂, H₂O, NH₃) kuzatildi. 209°C haroratlar geteroauksin molekulasini bosqichma-bosqich parchalanishi haroratiga xos. 257°C da rux nitratining parchalanishi kuzatildi. Shuningdek, kompleks birikma termolizida boshqa endo- va ekzo effektlar kuzatildi (4-rasm).



4-rasm. $[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ kompleks birikmasining derivatogrammasi

Xulosa va takliflar. Tadqiqot doirasida marganets (II) ionining biologik faol ligandlar — geteroauksin va nikotinamid bilan yangi aralash ligandli $[\text{Mn}(\text{IAA})_2(\text{NIA})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ tarkibli kompleks birikmasi muvaffaqiyatli sintez qilindi. Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalarga kelindi: Element tahlili va IQ-spektroskopik ma'lumotlar kompleksning tarkibi va tuzilishini tasdiqladi. Geteroauksin metall ioni bilan karboksilat guruhi orqali, nikotinamid esa piridin halqasidagi azot atomi orqali koordinatsiyalanishi isbotlandi. Olingan kompleksning tarkibi va tuzilishi fizik-kimyoviy usullar, xususan, elementar tahlil, IR-spektroskopiya hamda termik tahlil natijalari asosida aniqlandi. Spektroskopik ma'lumotlar ligandlarning marganets(II) ioni bilan koordinatsiyalanishini

tasdiqlab, kompleksda geteroauksinning karboksilat guruhi va nikotinamidning amid funksional guruhi ishtirok etishini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari sintez qilingan kompleks birikmaning barqarorligini va muvofiq koordinatsion muhitga ega ekanligini namoyon etdi. Olingan natijalar biologik faol metall komplekslarni yaratish va ularning potentsial amaliy qo'llanilishlarini o'rganishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Cotton F.A., Wilkinson G., Murillo C.A., Bochmann M. Advanced Inorganic Chemistry. — 6th ed. — New York: Wiley, 1999. — 1356 p.
2. Greenwood N.N., Earnshaw A. Chemistry of the Elements. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2018. — 1600 p.
3. Lever A.B.P. Inorganic Electronic Spectroscopy. - Amsterdam: Elsevier, 2017. - 864 p.
4. Sharma V., Singh P., Kumar R. Coordination behavior of indole-3-acetic acid with transition metal ions // *Journal of Coordination Chemistry*. — 2021. — Vol. 74, № 6. — P. 987–1001.
5. Al-Shaalan N.H. Synthesis and spectral studies of nicotinamide metal complexes // *Spectrochimica Acta Part A*. — 2020. — Vol. 228. — 117789.
6. Patel R.N., Patel D.K. Mixed ligand complexes of Mn(II): synthesis and characterization // *Inorganic Chemistry Communications*. — 2022. — Vol. 138. — 109310.
7. Мукимова Г.Ж. Синтез и исследование координационных соединений сукцинатов некоторых 3d-металлов с амидами: Автореф. дис ... канд. хим. наук. — Ташкент, 1999. — С. 35-38.
8. Sharipova L.A., Azizov T.A., Ibragimova M.R. Acetamide and nicotinic acid of monotype ligand coordination compounds of zinc nitrate // *Universum: chemistry and biology*, - Moskva, 2021. №5 (83).- P. 45-49.
9. Fadeeva, V. P., Tikhova, V. D., Nikulicheva, O. N. Elemental analysis of organic compounds with the use of automated CHNS analyzers // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2008. – Vol. 63, No. 11. – P. 1094–1106.
10. Nakamoto K. IR and Raman spectra of inorganic and coordination compounds. - Moscow: Mir, 1991.- P. 536.
11. Gabbott P.(ed.) Principles and Applications of Thermal Analysis. Singapore: Wiley-Blackwell, 2008. – P. 480.
12. Sharipova L.A. Synthesis, structure and properties of coordination compounds of zinc nitrate with homogeneous and mixed ligand ligands: Dis... Ph.D., Ph.D. - Bukhara, 2022.- P. 120.

**QASHQADARYO VILOYATI NISHON TUMANINING U.YUSUPOV HUDUDI
TUPROQLARINING AGROKIMYOVIY XOSSALARI VA SHO‘RLANISH
DARAJASI**¹Diyorova Muhabbat Xurramovna²O‘roqov Quvondiq Musurmon o‘g‘li¹Qarshi davlat universiteti professor v.b.²Farg‘ona davlat universiteti 2-bosqich doktoranti

УДК 631.4

Annotatsiya. Ushbu maqolada keltirilgan tuproq namunalari haydov qatlamida amalda kuchsiz sho‘rlangan, yer bo‘yicha tuzlarning miqdori 0,36-2,6 m/sm oralig‘ida bo‘lib, sho‘rlanmagan va kuchsiz sho‘rlangan tuproqlar toifasiga kiradi. O‘rganilgan tuproq namunalarining o‘simlik o‘sib rivojlanishida katta ahamiyatga ega bo‘lgan yuqori qatlam tarkibi gumus bilan kam harakatchan, fosfor bilan kam va juda kam darajada va almashinuvchi kaliy bilan o‘rtacha darajada ta‘minlanganligi qayd etildi. Shunga ko‘ra, tuproq ishqoriyligi ildizdan daraxtlarga boradigan ozuqalar miqdorining kamayishi yoki ko‘payishiga ta‘sir ko‘rsatadi. Ishqoriylik o‘zgarishi daraxt uchun zararli alyumin va manganets miqdorining ko‘payishiga olib kelishi, bundan tashqari, ishqoriylik ildizlarning o‘shishiga, azotni tuproqda aylanishiga va mikroorganizmlar holatiga salbiy ta‘sir ko‘rsatganligi kuzatilgan.

Kalit so‘zlar: Neytral, ishqoriy, kalsiy, xlor, karbonat, sulfat, fizik-kimyoviy, bakteriologik, rezavor, nordon, alyumin va manganets, mikroorganizm, gumus, sideratlar, xantal, uglevod, kaliy, azot, fosfor, kaliy, gulkurtak.

**AGROCHEMICAL PROPERTIES AND SALINATION LEVEL OF SOILS IN
THE U.YUSUPOV TERRITORY OF NISHON DISTRICT, KASHKADARYA
REGION**

Abstract. This article establishes that in the arable horizon of the presented soil samples, they actually belong to the category of non-saline and slightly saline soils, since the salt content according to the Es indicator is within the range of 0.36-2.6 m/cm. It was noted that the top layer of the studied soil samples, which is important for the growth and development of plants, is characterized by a low humus content, low and very low supply of mobile phosphorus and an average level of exchangeable potassium. Accordingly, soil alkalinity affects the reduction or increase in the amount of nutrients supplied from the roots to the trees. It has been established that changes in alkalinity lead to an increase in the content of aluminum and manganese, which are harmful to trees. In addition, alkalinity negatively affects root growth, the nitrogen cycle in the soil, and the state of microorganisms.

Keywords: Neutral reaction, alkalinity, calcium, chlorine, carbonate, sulfate, physicochemical, bacteriological, berry, acid reaction, aluminum and manganese, microorganism, humus, green manure, mustard, carbohydrate, potassium, nitrogen, phosphorus, potassium, flower bud.

Kirish. Hozirgi vaqtda “dunyoda global iqlim o‘zgarishi natijasida, har yili 12 million gektar yer cho‘llanish va qurg‘oqchilik tufayli degradatsiyaga yuz tutib, oziq-ovqat ishlab chiqarish keskin pasayishi va narxlarining ko‘tarilishi kuzatilmoqda, qolaversa, tuproq qoplamlarida biologik xilmaxillikning kamayishiga olib kelmoqda” [1]. Shunga ko‘ra, aholining oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabini qondirishda qo‘riq yerlardan tarqalgan tuproq qoplamlarining tuproq xossalarini ilmiy asosda hozirgi holatini aniqlash, iqlim va yer resurslaridan oqilona foydalanib tuproq xossalarini yaxshilash va chorva mollari uchun yem-xashak ishlab chiqarish bo‘yicha iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lgan tadbirlarni ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi [2].

Bugungi kunda dunyoda tuproq degradatsiyasi turlari va ularning kelib chiqishi sabablarini tizimlashtirish tuproq xossalariga ta‘sirini aniqlab tuproq xossalarini yaxshilash, tuproq unumdorligini va o‘simliklar hosildorligini oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda [3]. O‘rta Osiyo davlatlarida foydalaniladigan yaroqli bo‘lgan yerlarning 77,0% o‘simlik qoplamining buzilishi, 3,6% maydon Orol dengizining qurishi natijasida tuproq sho‘rlanishi, 1,5% maydon deflyatsiya, 2,4% texnogen cho‘llanishga

uchragan. Yuqoridagi ma'lumotlardan kelib chiqib sug'oriladigan yerlarda tuproq meliorativ holatini yaxshilash, organik dehqonchilik tizimini yo'lga qo'yish, zamonaviy texnologiyalarni qo'llagan holda tuproqning hozirgi holatini aniqlash va unumdorligini oshirish degradatsiya jarayonlarining oldini olishga alohida e'tibor qaratilmoqda [4].

Mavzuning dolzarbligi. Mamlakatimizda qishloq xo'jaligi yerlaridan samarali foydalanish masalasi strategik vazifa bo'lganligi uchun, mazkur mavzu davlat tomonidan tartibga solinadigan va doimiy ravishda e'tiborda bo'lgan masalalardan biri hisoblanadi. Shunga ko'ra, davlat rahbari tomonidan ushbu yo'nalishda bir qator huquqiy hujjatlar qabul qilingan bo'lib, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 10-iyundagi PQ-277-son "Yerlar degradatsiyasiga qarshi kurashishning samarali tizimini yaratish chora-tadbirlari" to'g'risidagi qarorida yerlar degradatsiyasi jarayonlarining oldini olish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish [5]. "Mamlakatda yerlar degradatsiyasiga qarshi kurashish va uning salbiy oqibatlarini yumshatish, hududlarda cho'llanish va qurg'oqchilikning oldini olish, bioxilmaxillikni asrab qolish, tuproq unumdorligini saqlash va oshirish, degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash, ushbu yo'nalishdagi ilg'or ilmiy ishlanmalar va innovatsiyalardan keng foydalanish asosida mintaqalarni barqaror rivojlantirishga erishish" bo'yicha bir qator vazifalar belgilab berilgan [6,7].

Tadqiqot obyekti va uslublari. Tadqiqot obyekti sifatida Qashqadaryo viloyati Nishon tumanining U.Yusupov hududi tuproqlari xizmat qiladi. Tadqiqot uslubi asosini monografik sharhlash usuli tashkil etgan va qiyosiy-tahliliy jihatdan asoslangan [8].

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Qashqadaryo viloyati Nishon tumanining U.Yusupov hududi "Jannat Garden" MChJ dala maydonidan olib kelingan tuproq namunalarida kimyoviy tahlil ishlarini bajarish natijalari bo'yicha o'simliklar normal o'sishi va rivojlanishi uchun tuproq tarkibidagi suvda eruvchan tuzlar miqdori ma'lum chegaradan oshmasligi kerak, ya'ni ular sho'rlanmagan bo'lishi lozim.

Keltirilgan tuproq namunalarining haydov qatlamida Yes miqdori 0,36-2,6 m/sm oralig'ida bo'lib, ya'ni ular tarkibidagi suvda eruvchan tuzlarning umumiy miqdori bo'yicha sho'rlanmagan va kuchsiz sho'rlangan tuproqlar toifasiga kiradi (1-jadval).

1-jadval Tuproqlar tarkibidagi Yes miqdoriga ko'ra sho'rlanish darajasi

Kesma №	Qatlam chuqurligi	Yes m/sm	Sho'rlanish darajasi	pH	Muhiti
1	0-30	0,75	Sho'rlanmagan	8,2	Kuchsiz ishqoriy
	30-50	0,97	Sho'rlanmagan	8,1	Kuchsiz ishqoriy
	50-100	0,49	Sho'rlanmagan	8,1	Kuchsiz ishqoriy
2	0-30	0,52	Sho'rlanmagan	8,2	Kuchsiz ishqoriy
	30-50	2,5	Kuchsiz sho'rlangan	8,6	Kuchsiz ishqoriy
	50-100	0,80	Sho'rlanmagan	8,5	Kuchsiz ishqoriy
3	0-30	0,85	Sho'rlanmagan	8,0	Kuchsiz ishqoriy
	30-50	2,7	Kuchsiz sho'rlangan	8,4	Kuchsiz ishqoriy
	50-100	0,50	Sho'rlanmagan	8,3	Kuchsiz ishqoriy
4	0-30	0,36	Sho'rlanmagan	8,7	Kuchsiz ishqoriy
	30-50	0,80	Sho'rlanmagan	8,6	Kuchsiz ishqoriy
	50-100	0,54	Sho'rlanmagan	8,5	Kuchsiz ishqoriy
5	0-30	2,6	Kuchsiz sho'rlangan	8,8	Kuchsiz ishqoriy
	30-50	2,4	Kuchsiz sho'rlangan	8,4	Kuchsiz ishqoriy
	50-100	2,2	Kuchsiz sho'rlangan	8,3	Kuchsiz ishqoriy

Tuproq muhiti (pH) darajasi 7 dan past bo'lsa, kislotali, 7,0-neytral ko'rsatkich, 7 dan 9 gacha bo'lsa, ishqoriylikni anglatadi. O'zbekistonning aksariyat qishloq xo'jaligi yerlarida rN ko'rsatkichi 7 bilan 8 oralig'ida bo'ladi, tuproqlar kuchsiz ishqoriylashgan hisoblanadi. 2-jadval pH ma'lumotlariga ko'ra o'rganilgan tuproqlar pH ko'rsatkichlari 8,1-8,7 oralig'ida tebranib, kuchsiz ishqoriylikni ifoda etadi.

Meva o'simliklarning yaxshi o'sishida tuproq eritmasi reaksiyasi – pH katta ahamiyatga ega. Bu kalsiy hamda o'simliklar uchun zararli hisoblangan bir qator tuzlar – xlor, karbonat, sulfat tuzlariga bog'liq. pH har xil darajada bo'lganda tuproqda fizik-

kimyoviy hamda bakteriologik jarayonlar turlicha kechadi va shu tufayli mevali daraxtlar pH darajasiga har xil munosabatda bo'ladi. Tuproq eritmasi reaksiyasiga nisbatan mevali daraxtlar uch guruhga bo'linadi. Rezavor mevalilar uchun nordon va bir oz nordon tuproqlar (pH 4,6–5,7); urug' mevalilar (olma va nok) uchun bir oz nordon va neytral tuproqlar (pH 6,5–7); danak mevalilar, ayniqsa o'rik, urug' mevalilardan behi uchun kam ishqorli tuproqlar yaxshi hisoblanadi.

Tuproq ishqoriyligi ildizdan daraxtlarga boradigan ozuqalar miqdorining kamayishi yoki ko'payishiga ta'sir ko'rsatadi. Ishqoriylik o'zgarishi daraxt uchun zararli alyumin va marganets miqdorining ko'payishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, ishqoriylik ildizlarning o'sishiga, azotni tuproqda aylanishiga va mikroorganizmlar holatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Suv ishqoriyligi pH 6,5–7,5 bo'lganda tuproqdagi foydali elementlarning eng ko'p qismi daraxt o'zlashtira oladigan holatga o'tadi.

Kimyoviy tahlil ma'lumotlariga ko'ra, keltirilgan tuproq namunalarida gumus miqdori yuqori qatlamlari 0,623-0,786 foizni tashkil etib, bu tuproqlar amaldagi klassifikatsiyaga ko'ra gumus bilan kam darajada ta'minlangan tuproqlar guruhini tashkil qiladi. (2-jadval).

Kimyoviy tahlil ma'lumotlariga ko'ra 1(ga)maydon uchun.

Chirik go'ng – 30-40t/ga (kuzda yoki bahorda).

Kompost yoki biogumus – 10-20 t/ga

Yashil o'g'it (sideratlar) – xantal, beda, va boshqa yashil ekinlar ekib, keyin tuproqqa aralashtiriladi. (2-jadval).

Harakatchan fosfor miqdoriga ko'ra o'rganilgan tuproq namunalarining yuqori qatlamlari 14,0-27,0 mg/kg bo'lib, ushbu tuproq namunalari harakatchan fosfor bilan juda kam va kam darajada ta'minlangan tuproqlar guruhiga kiradi. Kimyoviy tahlil ma'lumotlariga ko'ra 1(ga) maydon uchun 100-150 kg kuzda yoki erta bahorda beriladi (superfosfat yoki ammofas).

2-jadval Tuproqdagi gumus va ozuqa moddalari miqdori

Kesma №	Qatlam chuqurligi sm	Gumus		Fosfor P ₂ O ₅		Kaliy K ₂ O	
		miqdori %	Ta'minla nish darajasi	miqdori, mg/kg	Ta'minla nish darajasi	miqdori, mg/kg	Ta'minla nish darajasi
1	0-30	0,786	Kam	27,0	Kam	206	O'rtacha
	30-50	0,625	Kam	14,0	Juda kam	126	Kam
	50-100	0,415	Juda kam	13,0	Juda kam	104	Kam
2	0-30	0,655	Kam	26,0	Kam	214	O'rtacha
	30-50	0,586	Kam	12,1	Juda kam	136	Kam
	50-100	0,496	Juda kam	10,0	Juda kam	114	Kam
3	0-30	0,623	Kam	14,0	Juda kam	219	O'rtacha
	30-50	0,446	Juda kam	12,1	Juda kam	138	Kam
	50-100	0,431	Juda kam	15,0	Juda kam	117	Kam
4	0-30	0,675	Kam	21,0	Kam	224	O'rtacha
	30-50	0,696	Kam	28,1	Kam	156	Kam
	50-100	0,796	Kam	8,0	Juda kam	164	Kam
5	0-30	0,623	Kam	15,0	Juda kam	239	O'rtacha
	30-50	0,436	Juda kam	14,1	Juda kam	168	Kam
	50-100	0,441	Juda kam	6,0	Juda kam	167	Kam

Fosfor. Uglevodlarning hosil bo'lishida qatnashadi. Fosfor yetishmaganda kraxmal shakarga aylanmaydi, moy moddalarining paydo bo'lishi, fotosintez jarayoni keskin sustlashadi, ildiz, barg va novdalar yaxshi rivojlanmaydi, natijada hosildorlik kamayib ketadi.

Almashinuvchi kaliy miqdori bo'yicha tuproqlar 206-239 mg/kg oralig'ida tebranib, haydov qatlami o'rtacha, pastki qatlamlar kam darajada ta'minlangan tuproqlar guruhini tashkil etadi. Kimyoviy tahlil ma'lumotlariga ko'ra 1(ga) maydon uchun 30-50kg agar zarurat bo'lsa, meva pishish davrida (kaliy sulfat yoki kaliy xlorid). (jadval-2)

Kaliy. Kaliy barg orqali havodan karbonat angidrid olishni yaxshilaydi, suvning shimilishini jadallashtiradi, uglevodlarni harakatlantiradi hamda shakar, kraxmal va oqsillar hosil qilishda katta ahamiyatga ega [9]. Daraxtlarni sovuqqa, qurg'oqchilikka va kasalliklarga chidamliligini oshiradi. Kaliy kurtaklarda, o'simlikning o'sish va hosil tugish organlarida, ayniqsa, ko'p to'planadi. O'simliklar rivojlanishida va ularda uglevodlar hosil bo'lishida kaliyning ahamiyati katta. Kaliy bilan oziqlantirish darajasi oshirilganda azotning o'simlikka o'tishi va unda azotli organik birikmalarning to'planishi tezlashadi.

Azot, fosfor, kaliy kabi asosiy mineral moddalarning o'simlik hayotida ahamiyati katta.

Azot. Azot daraxtlarning o'sishi, gullashi, meva tugishi va meva sifatini yaxshi bo'lishida muhim hisoblanadi [10]. Azotning yetishmovchiligi meva kurtaklar rivojlanishini va meva tugishini kamaytiradi hamda solkashlikni paydo qiladi. Azotni keragidan ortiqcha solish novdalar o'sishini kuchaytirib, quyosh nurlarining kam tushishi sababli gulkurtaklarning kam rivojlanishiga olib keladi va hosildorlikni kamaytiradi. Bundan tashqari, meva sifatini yomonlashtirib, chirishga moyil qilib qo'yadi.

Har bir nav pishish davriga muvofiq turli azot solish dasturini talab etadi. Azot solish dasturi to'g'ri amalga oshirilganda gektariga sarflanadigan azotning miqdorini yarmigacha kamaytirish mumkin [11,12]. Erta bahorda azot berish tavsiya etilmaydi, chunki solingan azotning ko'p qismi kuchli o'sishga sarflanadi, kurtaklarning uyg'onishi notekis bo'ladi va keyingi yilda meva tugishi yomonlashadi. Erta bahorda solingan azot gulkurtaklarga emas, balki yangi novda va mevalarga sarflanib ketadi. Mevalarga ko'p azotning kirishi saqlanishga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Yozda solingan azot keyingi yil uchun rivojlanayotgan gulkurtaklarga sarflanadi. Faqatgina yozda o'sishdan to'xtagan daraxtlargagina solinadigan azot gulkurtaklar rivojlanishiga sarflanib, foyda beradi. O'sishda davom etayotgan daraxtlarda o'sishni kuchaytiradi va keyingi yilga zaxira bo'lish o'rniga befoyda sarflanadi.

Xulosa. 1. Bog' barpo qilinadigan maydonning tuproq-iqlim sharoiti meva ekinlari uchun qulay bo'lishi lozim, ayniqsa, harorat omili hal qiluvchi ahamiyatga ega. O'zbekistonning hamma tuproq-iqlim sharoitli hududlarda meva ekinlari o'sishi mumkin. Lekin, ulardan mo'l va sifatli hosil olishda tashqi muhit omillarining qulay bo'lishi katta ahamiyatga ega. Masalan, meva ekinlarning issiqsevar turlarini va erda gullaydigan navlarini (bodom, o'rik, shaftoli va boshqalar) qishki sovuq bo'ladigan va bahorda qora sovuq bo'lib turadigan hududlarda ekish yaramaydi. Bunday joylarga sovuqqa chidamli, kech gullaydigan urug'li meva turlarini ekish maqsadga muvofiq bo'ladi.

2. Ushbu o'rganilgan tuproq namunalarining haydov qatlamlari amalda kuchsiz sho'rlangan, Yes bo'yicha tuzlarning miqdori 0,36-2,6 m/sm oralig'ida bo'lib, sho'rlanmagan va kuchsiz sho'rlangan tuproqlar toifasiga kiradi O'rganilgan tuproq namunalarining o'simlik o'sib rivojlanishida katta ahamiyatga ega bo'lgan yuqori qatlami tarkibi gumus bilan kam harakatchan fosfor bilan kam va juda kam darajada va almashinuvchi kaliy bilan o'rtacha darajada ta'minlanganligi qayd etildi.

3. O'simliklarning me'yorda o'sishi va meva berishi uchun faqat ular ko'p miqdorda o'zlashtiradigan makroelementlar-azot, fosfor, kaliy, kalsiy, oltingugurt, magniy va temir zarurdir. Bundan tashqari, mikroelementlar – bor, marganets, rux, mis, kobalt va molibden kabi mikroelementlar ham zarurdir.

4. O'zbekistonda zamonaviy intensiv bog'larda daraxtning dastlabki yillarida azot va fosforgia bo'lgan talabi katta bo'ladi. Meva berish davri boshlangandan keyin kaliyga bo'lgan talab ortadi. Shuni inobatga olgan holda o'g'it me'yorlarini belgilash lozim.

5. Fosfor tuproqda azot yoki kaliyga nisbatan juda sekin eriydi. O'zbekiston sharoitida u asosan tuproqqa solingan joyida singiydi, eng yaxshi sharoitlarda 30 kun ichida u 8–10 sm ga siljishi mumkin, asosan o'tloq tuproqlarda. Shuning uchun uni yerga erta, o'sish davridan oldin, kuzdan boshlab mumkin qadar chuqurroq, ildizlarga yaqinroq qilib solish kerak. O'g'it qancha chuqur va ildizlarga yaqin solinsa, u shunchalik samarali bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. <https://www.thegef.org/what-we-do/topics/land-degradation#desertification-drought>
2. <https://www.thegef.org/what-we-do/topics/land-degradation#desertification-drought>
3. Diyorova M.X. Qashqadaryo vohasi tuproqlarining unumdorligi va ekologiyasi // Monografiya. – Samarqand: Fan bulog'i, 2023. – B. 7-11b.
4. <https://lex.uz/en/docs/-6058690>
5. Qurbonov M.M. Qashqadaryo konus yoyilmalaridagi degradatsiyaga uchragan tuproqlarning unumdorligini oshirish yo'llari: Biol.f.f. dok. diss. avtoref. – Toshkent, 2022. – 33 b;
6. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 10-iyundagi PQ-277-son "Yerlar degradatsiyasiga qarshi kurashishning samarali tizimini yaratish chora-tadbirlari" to'g'risidagi Qarori <http://Lex.uz>
7. Qashqadaryo viloyati tuproq-meliorativ xaritasi. «Irrigatsiya Uzbekistana», 3-tom. – Toshkent, 1979. – 358 c.
8. Mamadiyrov F.D. Sug'oriladigan och tusli bo'z tuproqlar xossalari organik o'g'itlar, dukkakli don va yem-xashak ekinlarining ta'siri: Q/x fan.fals. dokt. avtoref. – Toshkent, 2022. 15- bet.
9. Аринушкина. Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. МГУ.1970. – 488 с.
10. Nabyeva G.M., Nurgalshev N.A. Surxondaryo viloyati Qumqurg'on sayxon massivi yaylov yerlarining iqlim sharoiti.// O'zbekiston zamini, 2022. 44-45-bet.
11. Diyorova M.X. Qashqadaryo vohasi tuproqlarining unumdorligi va ekologiyasi. // Monografiya. – Samarqand: Fan bulog'i, 2023. – B. 71-78..
12. Баиров.А.Ж., Ташкузиев.М.М., Рихсиевой.Х.Т., Курвантаев.Р., Каримбердиевой.А.А и Саттаров. Д.С. Руководство к проведению химических и агрофизических анализов почв при мониторинге земель. Государственный комитет по земельным ресурсам Республики Узбекистан. Государственный научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии. Т. 2004. – 260 с.

ORGANIK DEHQONCHILIK YURITISHNING AFZALLIGI

Atoev Baxtiyor Qo'ldoshivech,

Tuproqshunoslik va agrokimyoviy tadqiqotlar instituti,
qishloq xo'jaligi fanlari doktori, katta ilmiy xodim

baxtiyor.atoev@mail.ru

ORCID 0009-0002-0639-3821

UDK 631.4:075.3 va 581.1:631.8

Annotatsiya. Maqolada organik dehqonchilik yuritishning afzaligi to'g'risida so'z boradi. Tadqiqotlarimizda haydalma (0-30 sm chuqurlik) qatlamning o'zida chiqindi (turli go'nglar), qoldiqlar(kuzgi bug'doy qoldiqlari, chuchik suv loyqasi) va mineral o'g'itlardan foydalanib kompost tayyorlangan, har xil o'g'it fonida kuzgi bug'doy bilan dala tajribalari o'tkazilgan. Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproqlarda va sug'oriladigan o'tloqi tuproqlarda ham 10 tonna/ga chiqindi, qoldiqlar va (sof holda) $N_{154}P_{112}K_{35}$ kg/ga o'g'it me'yorlarida ko'paygan. Organik o'g'itlar tuproq xossa xususiyatlarini yaxshilagan. Tadqiqotlarda chiqindi va qoldiqlardan foydalanib, organik o'g'itlar tayyorlab tuproqning haydalma (0-30 sm) qatlamini kompostga aylantirish agrotekhnologiyasi yaratilgan. Tuproqda tabiiy ozuqa elementlar miqdori ko'paygan. O'g'itlar samaradorligi ko'tarilib, sof daromad olishga erishilgan.

Kalit soʻzlar: organik dehqonchilik, sugʻoriladigan sur tusli qoʻngʻir-oʻtloqi va sugʻoriladigan oʻtloqi tuproq, kompost tayyorlash, ozuqa elementlar.

ADVANTAGES OF ORGANIC FARMING

Abstract. The article talks about the advantages of organic farming. In our research, compost was prepared in the arable layer (0-30 cm depth) with waste (various manures), residues (winter wheat residues, water sludge) and mineral fertilizers. Experiments show that when we applied 10 ton/ha manure and $N_{154}P_{112}K_{35}$ kg/ha (in pure calculation), the number increased in irrigated gray-meadow and irrigated meadow soils. Organic fertilizers have a special role in the increase of organic, macro and microelements in the soil. Organic fertilizers improve soil properties. In the research, an agrotechnology of turning the arable layer (0-30 cm) of the soil into compost was created, using waste and residues, preparing organic fertilizers.

The amount of natural nutrients in the soil has increased. Fertilizer efficiency has increased and net income has been achieved.

Keywords: organic farming, irrigated meadow-brown and irrigated meadow soil, compost preparation, nutrients.

Kirish. Bugungi kunda oziq-ovqat va qishloq xoʻjaligi mahsulotlari bilan xalqni taʼminlash har qanday mamlakatlar oldida turgan eng dolzarb masalalardan biri. Buning uchun tuproqlar sof va doimo ozuqaga boy boʻlishi kerak. Gap shundaki, hozir agrotexnologiyalar qanchalik rivojlangan boʻlmasin, agar yer unumdor boʻlmasa, qishloq xoʻjaligi mahsulotlarini yetishtirib boʻlmaydi, yaʼni koʻzlangan hosilni olish mushkul. Bugungi kunda soni tobora ortib borayotgan aholini sifatli oziq-ovqat mahsulotlari bilan yetarli miqdorda taʼminlash masalasi bizda, qolaversa, dunyoning barcha mamlakatlarida organik mahsulotlar yetishtirish ustuvor vazifalardan biriga aylanib bormoqda. Tuproqlarimiz turli sabablar bilan degradatsiyaga, eroziyaga uchrab, tuproq xossalariga taʼsir qilib tuproqning potensial qobiliyati pasaymoqda, yaʼni boshqacha qilib aytganda, tuproqlarning turgʻun xossalarining buzulib, unumdorlik yildan yilga pasayib boradi, yerlarning tabiiy ishlab chiqarish ahamiyati pasayadi. Bu borada, Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 10-iyunda “Yerlar degradatsiyasiga qarshi kurashishning samarali tizimini yaratish chora-tadbirlari toʻgʻrisida”gi 277-sonli qarorida yoki 2024-yil 13-fevraldagi “Qishloq xoʻjaligi yerlari degradatsiyasiga qarshi kurashish, tuproqning gumus miqdori va unumdorligini oshirishni qoʻllab-quvvatlashning qoʻshimcha chora-tadbirlari toʻgʻrisida”gi 71-son qarori, respublikamiz tuproqlarining degradatsiya, eroziyaga uchragan hududlarini aniqlash va salbiy holatlarning oldini olishga qaratilgan muhim vazifalar amalga oshirilmoqda [1 va 2]. Shuning uchun tuproq unumdorligini oshirishda, ozuqa elementlar bilan boyitish va qishloq xoʻjaligi ekinlaridan yuqori va sifatli hosil yetishtirishning ilmiy asoslangan yechimlarini topish dolzarb masalalardan hisoblanadi. Keyingi yillarda tuproqlarimizda ozuqa elementlar miqdori, ayniqsa organik(chirindi) miqdori kamayib ketmoqda, buning natijasida oʻsimliklarning ozuqa elementlarni oʻzlashtirishida qiyinchiliklar yuzaga kelmoqda. Bunday holatda organik dehqonchilik yuritish orqali baʼzi muammolarga yechim topish mumkun boʻladi [11].

Tadqiqot obyekti, uslub va materiallar. Tadqiqot obyekti Navoiy viloyati Qiziltepa tumani Toshrobot massividagi fermer xoʻjaliklarining sugʻoriladigan sur tusli qoʻngʻir-oʻtloqi va sugʻoriladigan oʻtloqi tuproqlari hisoblanadi.

Dala tadqiqotlari, tuproq va oʻsimlik namunalarini olish, agrokimyoviy tahlillar, fenologik kuzatuvlar “Dala tajribalarini oʻtkazish uslublari”[3], tuproq va oʻsimlik namunalarining kimyoviy tahlillari «Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии» asosida olib borildi. [4]. Tajriba natijalarining ishonchlilik darajasi B.A. Dospexovning “Методика полевых опытов” kitobida berilgan matematik usul bilan aniqlandi [5].

Natijalar va munozara. Keyingi vaqtlarda tuproq unumdorligini koʻpaytirish, mahalliy oʻgʻitlarni samarali qoʻllash hisobiga uning tarkibidagi ozuqa moddalarini

to'ldirish juda katta ahamiyat kasb etmoqda, chunki respublika tuproqlarida gumus miqdori kamayib ketayotganligi aniqlangan. Go'ng organik o'g'itlarning eng asosiy turi bo'lib, uning sifati ko'p jihatdan to'g'ri jamg'arilishi va saqlanishiga bog'liq. Tajriba sxemasi, kuzgi bug'doyni oziqlantirish tizimi ishlab chiqildi. Tajriba uchun yer, o'g'it tayyorlash uchun mahsulotlar, ekin navlari tayyorlab qo'yilgan. Dala tajribasi qo'yishdan oldin kuzgi bug'doy qoldiqlari, loyqa va go'nglar miqdori, nisbatlari aniqlangan.

Tadqiqotlarida kuzgi bug'doyning bitta ("Vassa") navi bilan 5 variant 3 qaytariqda o'tkazilgan. Tajribada o'rganiluvchi har bir variantning qatori oralig'i 0,6 metr, bir qaytariq eni (40 ta qator) 24 metr, uzunligi 11,875 metr, bir qaytariq 285,0 m², 3 qaytariq 855,0 m². 5 variant bilan hisoblash maydonchasi 4275 m². Umumiy qatorlar uzunligi 218 ta (130,8 metr), eni 42,225 (shundan variantlar orasi 39,225) metr bo'lib, umumiy maydoni 5523,03 m².

Tadqiqotlar o'tkazalayotgan Toshrahot massivi Qiziltepa tumanining shimoliy qismi Malikcho'l hududida joylashgan bo'lib, 3 ta geomorfologik ko'rinishga ega[6,7]:

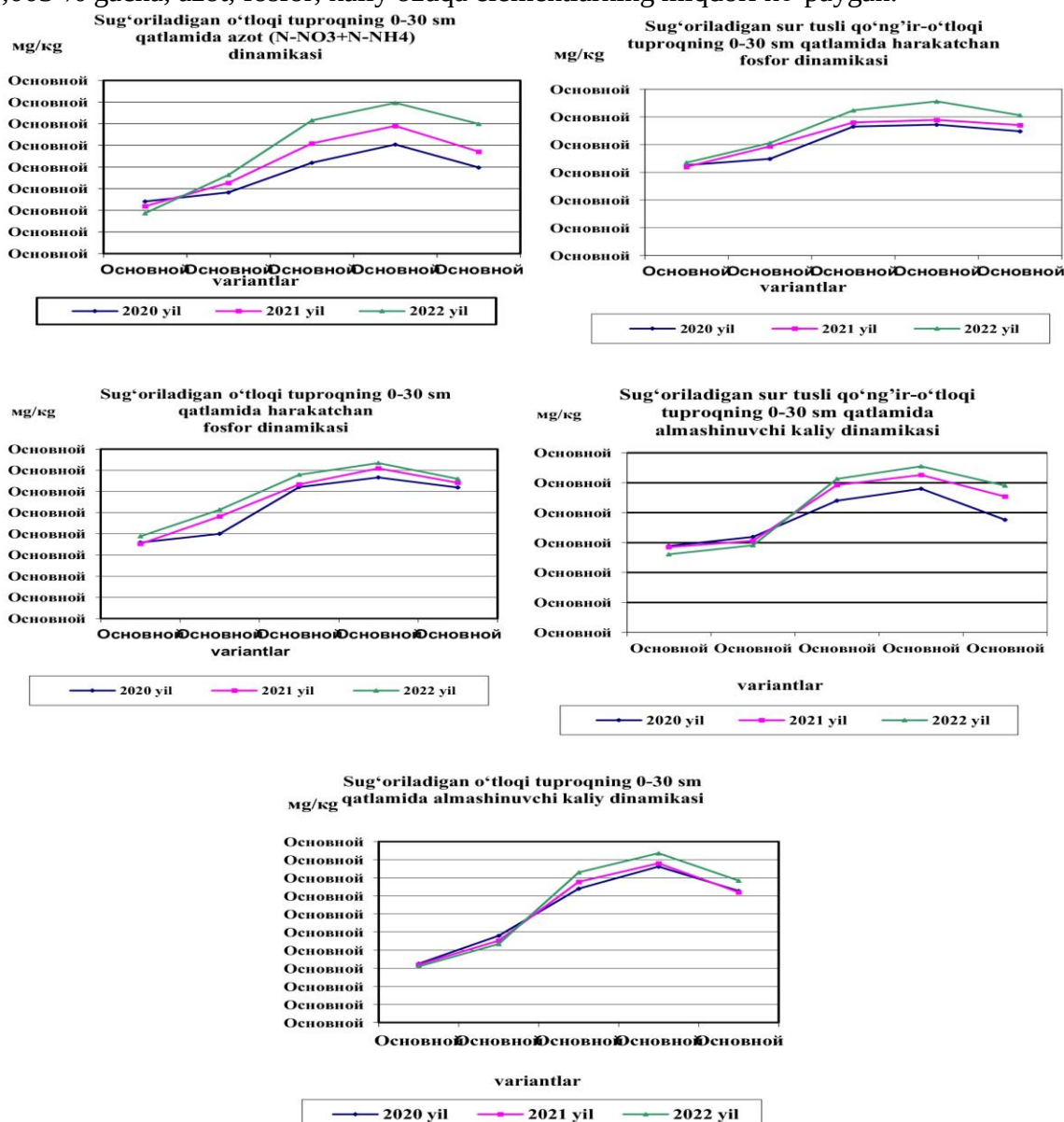
1. Zarafshon daryosining II terrasasi; 2. Zarafshon daryosining I terrasasi; 3. Oftobachi platosining o'zan shaklidagi burilish joyi. Dala tajribasi olib borilgan joy, uchinchi geomorfologik tuzilish: Oftobachi platosining o'zan shaklidagi burilish joyi hisoblanadi[8,9].

Malikcho'lning iqlim jihatidan bunday o'zgarishiga uning geografik o'rni, ya'ni tog'oldi tumanlarida joylashishi katta ta'sir ko'rsatadi. Umuman, Malikcho'lning iqlimi yozda quruq subtropik havo, qishda esa shimoldan, mo'tadil kengliklardan keladigan sovuq havo ta'sirida bo'lib, Turon tuproq-iqlim provintsiyasiga kiradi. Malikcho'l mintaqasi aynan subtropik kenglikda joylashganligi, mintaqaga yil davomida quyosh radiatsiyasining uzoq vaqt tushishi va janubdan kirib keluvchi issiq oqimning ta'sir kuchi natijasida iqlim o'zgarib turadi. Havoning o'rtacha yillik harorati 16,2-16,4 °S, eng issiq oy iyul oyiga to'g'ri kelib, o'rtacha oylik harorat 28,6-30,3 °S ga teng. Noyabr oyining birinchi o'n kunligida birinchi kuzgi sovuq oqimi kirib keladi. Sovuqlik bo'lmaydigan kunlarning davomiyligi 210 kun hisoblanadi. Shamolning o'rtacha tezligi 3-3,8 m/sekundga yetadi. Qishi ancha ayoz, qishda qor kam yog'adi. Lekin kuchli bo'ronlar bo'lib, sovuq kunlar boshlanadi. Dekabr, yanvar yilning sovuq oylari bo'lib, tuproq qatlami biroz muzlaydi. Eng sovuq oy yanvar oyiga to'g'ri keladi. Yog'ingarchilik asosan bahor va qishda yog'adi. Yiliga o'rtacha 160-181 mm yog'in tushadi. Havoning namligi yiliga o'rtacha 60,8 % ni tashkil etdi, yanvar oyida tuproq namligi 82 % kuzatildi, quruqligi va haroratning baland bo'lishi hamda kuchli bug'lanish jarayonlari yoz oylariga to'g'ri keladi. Malikcho'l tuproqlari yuza qismidagi haroratni havo harorati bilan taqqoslasak, o'n oy davomida tuproq ustki qatlamidagi havo haroratidan ustun bo'lishini faqat noyabr va dekabr oylarida manfiy ko'rsatkich kuzatilishini ko'ramiz. Kuz va qish fasllarida tuproq yuzasi bilan havo harorati orasida farq uncha katta emas. Uch yillik kuzatish ma'lumotlariga asoslanib Malikcho'l mintaqasi hududida tajriba o'tkazish o'ziga xos ahamiyat kasb etdi [10].

Sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi, sug'oriladigan o'tloqi tuproqlar juda ko'p olimlar tomonidan o'rganilgan bo'lsa-da, aynan shu hudud uchun ular genetik-geografik va ekologik meliorativ jihatdan hali ham atroflicha tahlil etilmagan, o'g'itlarga munosabati kam o'rganilgan [12]. Tuproqning suv-fizik, mexanik agrokimyoviy xossalari o'zgarib ketgan. Tadqiqotlar o'tkazilgan, sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproqlar mexanik tarkibi bo'yicha yengil qumoqli. Tuproqning haydalma (0-30 sm) va haydalma osti qatlami (30-50 sm) da, umumiy gumus miqdori 1,090 va 0,951% gacha, azot miqdori 0,081 va 0,020% va N-NO₃ 19,6 va 19,0 mg/kg. ga, fosfor miqdori 0,151-0,093% va P₂O₅ 30,4 va 24,9 mg/kg gacha va kaliy miqdori 1,302 va 1,194% ga K₂O 154 va 101 mg/kg gacha tebranishi kuzatilgan. Gumus bilan o'rtacha azot, fosfor va kaliy bilan o'rtachadan past, kam ta'minlangan. Sizot suvlar sathi 1,6-2,0 metr atrofida ko'tarilgan. Quruq qoldiq miqdori 3,700 g/l. Tuproq va yerosti suvi xlorid-sulfatli tuzlar bilan o'rtacha darajada

sho'rlangan bo'lsa, sug'oriladigan o'tloqi tuproqlar mexanik tarkibi bo'yicha o'rta qumoqli. Tuproqning haydalma (0-30 sm) va haydalma osti qatlami (30-50 sm)da, umumiy gumus miqdori 1,115 va 1,109% gacha, azot miqdori 0,089 va 0,024% va $N-NO_3$ 29,1 va 20,4 mg/kg. ga, fosfor miqdori 0,154-0,112% va P_2O_5 43,4 va 29,6 mg/kg gacha va kaliy miqdori 1,471 va 1,204% ga K_2O 172 va 110 mg/kg gacha tebrangan. Gumus bilan o'rtacha azot, fosfor va kaliy bilan o'rtachadan past ta'minlangan. Sizot suvlar sathi 2,0-2,5 metr atrofida ko'tarilgan. Quruq qoldiq miqdori 1,900 g/l. Tuproq va yerosti suvi xlorid-sulfatli tuzlar bilan kuchsiz darajada sho'rlanganligi aniqlangan. Yuqoridagi o'rganilgan tuproqlarning har ikkalasida ham gumus miqdori va boshqa ozuqa elementlar bilan ta'minlanish darajasi past bo'lgan. Chiqindi va qoldiqlar bilan birga mineral o'g'itlarni birgalikda qo'llash tuproqni oziq elementlar bilan boyitib qolmasdan, uning fizik, kimyoviy, agrokimyo xossalarini ham yaxshilagan. Kuzgi bug'doyni ekishdan oldin olingan tuproqning 0-30 sm qatlamida harakatchan NPK miqdorlarining o'g'itlar ta'sirida o'zgarishi mg/kg keltirilgan (1-rasm).

Tadqiqotlarda tuproqning 0-30 sm qatlamni kompostga aylantirish agrotexnologiyasi sinovdan o'tgan. Yuqoridagi kuzgi bug'doyni maqbul me'yori, miqdorlari, muddatlarda oziqlantirish agrotexnologiyasi qo'llanilganda tuproqlarda gumus 0,003 % gacha, azot, fosfor, kaliy ozuqa elementlarning miqdori ko'paygan.



1-rasm. Ekishdan oldin olingan tuproqning 0-30 sm qatlamida harakatchan NPK miqdorlarining o'g'itlar ta'sirida o'zgarishi, mg/kg

Yuqoridagi o'rganilgan degradatsiyaga uchragan tuproqlarning xossaliklarini yaxshilashda ekinga qo'llanilgan organik o'g'itlar (chiqindi va qoldiqlar) samarasini bergan. Kuzgi bug'doyning don hosildorligi, sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproqda va sug'oriladigan o'tloqi tuproqda ham 10 tona/ga chiqindi, qoldiqlar va (sof holda) N-154 P-112 K-35 kg/ga o'g'it me'yorlari maqbul me'yor deb topilgan. Shu o'g'it fonini nazorat variant bilan solishtirganda, don hosildorligi oshgan. Sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproqda 12,65-64,68 (52,03) s/ga va sug'oriladigan o'tloqi tuproqda 12,85-67,27 (54,42) s/ga ko'pligicha farqlanadi. Bundan ko'rinadiki, kuzgi bug'doydan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproqlarda don hosili o'rtacha 65 s/ga dan ortiq (fermerning o'g'it me'yorlaridagi hosiliga nisbatan qo'shimcha 5-6 s/ga), o'tloqi tuproqlarda o'rtacha 68 s/ga dan ortiq (fermerning o'g'it me'yorlaridagi hosiliga nisbatan qo'shimcha 6-8 s/ga) don hosili oshganligi aniqlangan.

Xulosa. O'rganilgan har ikkala (sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi va sug'oriladigan o'tloqi) tuproqlar sharoitida ham gektariga 10 t/ga chiqindi va qoldiqlar (sof holda) N-154 P-112 K-35 kg/ga me'yorlari yuqori natijaga erishilgan. Shu o'g'it fonida qo'shimcha don hosildorligi ishlab chiqarishdagi fermerlar hosiliga nisbatan 3-8 s/gacha oshgan. Natijada organik o'g'itlar qo'llanilganligi hisobiga ekin uchun belgilangan mineral o'g'itlarning yillik me'yori 35-40 % gacha kam qo'llanishga erishilgan.

Foydalanilgan dabiyyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 10-iyunda "Yerlar degradatsiyasiga qarshi kurashishning samarali tizimini yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 277-sonli qarori.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 13-fevraldagi "Qishloq xo'jaligi yerlari degradatsiyasiga qarshi kurashish, tuproqning gumus miqdori va unumdorligini oshirishni qo'llab-quvvatlashning qo'shimcha chora-tadbirlari to'g'risida"gi 71-son qarori.
3. Dala tajribalarini o'tkazish uslublari.-T.:O'zPITI, 2007.4-16, 67-68, 132-139 b.
4. Доспехов В.А. Методика полевого опыта. - М.,1985. – С. 248-255.
5. Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии. Издание 5-е. – Toshkent. 1977. 12-18 b.
6. Muhammadjonov A.R. Quyi Zarafshon vodiysining sug'orish tarixi. Qadimgi davrdan to XX asr boshlarida. –Toshkent, 1994. -36 b.
7. B.Atoev. Chiqindi va qoldiqlar hisobidan tuproqda ozuqa elementlarni ko'paytirish agrotekhnologiyasining ahamiyati. – Nukus, 2022. 9.
8. Atoev B.Q., Kaypnazarov J.J., Kuchakov A.J. The impact of nutrient elements on the mechanical composition, water-physical properties and meliorative status of irrigated meadow brown and meadow soils.//«Jornal of Agricul-Ture & Horticulture» JAH ISSN: 2770-9132 International scientific journal. 2023. 6.
9. Зырин Н.Г., Турсинов Х. Минералогический состав и листовой фракции орошаемой и целинной серо-бурой почвы Кизилтепинского плато Маликчуля. Вышая школа, серия биол. -М.: Наука, 1970. - С. -19.
10. B.Q.Atoev., J.J. Qaypnazarov. Dala tadqiqotlari o'tkazilayotgan Navoiy viloyati Qiziltepa tumani hududidagi sug'oriladigan tuproqlarining tavsifi // Agrokimyo himoya va o'simliklar karantini. –Toshkent, 2021. № 6. 93-95.
11. Sattorov J. Noan'anaviy o'g'itlar olish va qo'llash bo'yicha fermerlar uchun qo'llanma // 2016. 6-8 b.
12. Sattorov J. Mineral o'g'itlarni qo'llashning ilmiy asosini rivojlantirish // O'zbekiston qishloq xo'jaligi jurnali.– Toshkent, 2013.№2. -B. 23.

**QUYI VA YUQORI SINIF O'QUVCHILARINING AMALDAGI
OVQATLANISHI**

Umedova Shohida

Qarshi davlat universiteti, dotsent

Nurillayeva Sabina

Qarshi davlat universiteti, magistrant

shohidaxon09@gmail.com

ORCID 0000-0002-0516-9337

UDK 613.2:371.21(045)

Annotatsiya. Maqolada Qashqadaryo viloyatining Koson tumanidagi quyi va yuqori sinif o'quvchilarining kuz mavsumidagi amaldagi ovqatlanishi o'rganilgan. Tekshiriluvchilardan quyi sinif o'quvchilarining oqsillar, yog'lar, uglevodlar va umumiy kaloriya bilan ta'minlanishi me'yor atrofida ekanligi qayd qilindi. Yuqori sinif o'quvchilari – yigit va qizlarning oqsillar va uglevodlar bilan ta'minlanishi me'yorga nisbatan kam, umumiy yog'lar bilan ta'minlanishi o'g'il bolalarda me'yorga nisbatan tegishli holda 20% ga ko'p, qiz bolalarda esa me'yor darajasida qabul qilingan, o'g'il bolalarning umumiy kaloriya bilan ta'minlanishi me'yor atrofida, qiz bolalarda esa 18,1% ga kam ekanligi kuzatildi. Respondentlarning har ikkala guruhidagi yigit va qizlarning vitaminlar va mineral moddalar bilan ta'minlanishida ham tegishli farqlar kuzatildi.

Kalit so'zlar: sog'lom ovqatlanish, sog'lom turmush tarzi, Kettle indeksi, makronutrient, mikronutrient, energetik qiymat siankobalamin, piridoksin.

CURRENT NUTRITION OF PRIMARY AND HIGH SCHOOL STUDENTS

Abstract. The article examines the actual nutrition of primary and secondary school students in the Kasan district of the Kashkadarya region in the autumn season. It is found that protein, fat, carbohydrate, and total calorie intake among elementary school students is within normal limits. Among high school students, protein and carbohydrate intake is below normal for both boys and girls, while total fat intake is 20% higher than normal for boys and within normal limits for girls. Total calorie intake is within normal limits for boys, while it is 18.1% lower for girls. Corresponding differences were also observed in vitamin and mineral intake among boys and girls in both groups of respondents.

Keywords: Healthy nutrition, healthy lifestyle, Quetelet index, macronutrients, micronutrients, energy value, cyanocobalamin, pyridoxine.

Kirish. Kelajagimiz egalarining har jihatdan sog'lom, ma'nan yetuk, jismonan baquvvat bo'lib voyaga yetishi, zamonaviy kasb-hunar sirlarini o'rganishiga davlatimiz tomonidan alohida e'tibor qaratilmoqda. O'quvchilarning ta'lim muassasalarida belgilangan o'quv dasturlarini to'liq o'zlashtirishida to'g'ri va sifatli ovqatlanishga rioya qilishi muhim sanaladi [2,3]. Bu borada 2020-yil 10-noyabrda "Aholining sog'lom ovqatlanishini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori qabul qilindi. Ushbu qarorda, respublika umumiy o'rta ta'lim muassasalarining yuqori sinif o'quvchilari uchun "Biologiya" fani tarkibida to'g'ri ovqatlanish va sog'lom turmush tarzini shakllantirish bo'yicha "Salomatlik saboqlari" mavzulari, akademik litsey, professional va oliy ta'lim muassasalarining "Jismoniy tarbiya" fani doirasida sog'lom turmush tarzini shakllantirish bo'yicha mashg'ulotlar o'tkazilishi, "Sog'lom turmush tarzi" platformasini ishlab chiqishda kishining tana vazni yoki Kettle indeksini hisoblash, uning hayot tarzini hisobga olgan holda kunlik ovqatlanish me'yorini tavsiya etish hamda iste'mol qilinayotgan taom, oziq-ovqat mahsulotlari va ichimliklarning kaloriyasini hisoblash imkonini beruvchi to'g'ri ovqatlanish bo'limini yaratish, sog'lom va xavfsiz oziq-ovqat mahsulotlari xomashyosining asosiy turlarini kengaytirish, oziq-ovqat mahsulotlarini mikronutrientlar bilan boyitish, kishilarning yoshi, jinsi, fiziologik holati va kasbiga ko'ra, turli aholi guruhlari uchun tavsiya etiladigan kunlik ovqatlanish me'yorlarini ishlab chiqish masalalariga e'tibor qaratilgan [1, 5,7,9,10,11].

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotlar 2024-yilning kuz mavsumida Qashqadaryo viloyatining Koson tumanida o'tkazildi. Respondent sifatida 2- umumiy o'rta ta'lim

maktabida tahsil olayotgan quyi va yuqori sinf o'quvchilari tanlandi. Yuqori sinf o'quvchilari 9-10 hamda 15-16 yoshda bo'lib, jami 194 nafarni tashkil etdi. Quyi sinfdan jami o'quvchilar soni 98 nafarni (o'g'il bolalar 45 nafar, qiz bolalar 53 nafar), Yuqori sinfdan jami o'quvchilar soni 96 nafarni (o'g'il bolalar 41 nafar, qiz bolalar 55 nafar) tashkil etadi.

O'quvchilarning kunlik iste'mol taomlari tarkibidagi makro va mikronutrientlar mavjud fiziologik me'yorlarga nisbatan taqqoslab o'rganildi.

Quyi va yuqori sinf o'quvchilarining amaldagi ovqatlanishi fiziologik talablarga taqqoslab o'rganildi.

Natijalar va muhokama. Tadqiqot natijalari O'zbekiston Respublikasi aholisi turli guruhlarining oziq moddalar va energiyaga bo'lgan fiziologik talab me'yorlari bilan solishtirildi [4,6,8].

Quyidagi 1-, 2-jadvallarda kuz mavsumida quyi va yuqori sinf o'quvchilarining makro- va mikronutrientlar bilan ta'minlanishi hamda iste'mol qilingan taomlar tarkibidagi asosiy oziq moddalar (oqsillar, yog'lar, uglevodlar) ning energetik qiymati haqida ma'lumotlar berilgan.

1-jadval

Kuz mavsumida quyi sinf o'quvchilarining asosiy oziq moddalar bilan ta'minlanishi

№	Ko'rsatkichlar (g)	Quyi sinf o'quvchilari		
		Me'yor	Natija	Farqi
1	Oqsillar	78	70,6 ± 1,8	-9,5
2	Yog'lar	79	80,7 ± 3	+2,1
3	Uglevodlar	335	313,5 ± 7,9	-6,4
4	Energetik qiymati Kkal	2350	2325,3 ± 59,1	-1

Quyi sinf o'quvchilarning kunlik taomnomasi tarkibidagi oqsillar, yog'lar va uglevodlar bilan ta'minlanishi me'yor darajasida bo'lib, tegishli holda 70,6, 80,7 va 313,5 g ni tashkil etadi. Yuqori sinf o'quvchilaridan o'g'il bolalarning makronutrientlardan oqsillar bilan ta'minlanishi 84 gr (me'yorga nisbatan 14,2 % ga kam) bo'lib, qiz bolalarda ham bu ko'rsatkich me'yor talabidan kam bo'lib, (90 g o'rniga 66 g) ni tashkil qiladi (26,6 % ga kam). Tekshiriluvchilarning kunlik taomnomasi tarkibidagi yog'lar miqdori, o'g'il bolalarda me'yorga nisbatan yuqori bo'lib, 100 gr o'rniga 120 gr (20% ga ko'p). O'g'il bolalardan farqli ravishda qiz bolalarning iste'mol taomlari tarkibidagi yog'larning miqdori me'yor atrofida bo'lib, 90 gr o'rniga 87 gr (3,3 % ga kam) qabul qilingan. Xuddi shuningdek, umumiy uglevodlarning o'quvchilar tomonidan qabul qilinishi ham me'yor darajasida emas. Agar o'g'il bolalar sutka davomida qabul qilinishi kerak bo'lgan 425 g uglevod o'rniga 334 g uglevod iste'mol qilgan bo'lsalar, (21,4 % ga kam), qiz bolalar 360 g o'rniga 270 g iste'mol qilishgan (25 % ga kam).

2-jadval

Kuz mavsumida yuqori sinf o'quvchilarining asosiy oziq moddalar bilan ta'minlanishi

№	Ko'rsatkichlar (g)	O'g'il bolalar			Qiz bolalar		
		Me'yor	Natija	Farqi	Me'yor	Natija	Farqi
1	Oqsillar	98	84 ± 3,4	-14,2	90 ± 2,4	66	-26,6
2	Yog'lar	100	120 ± 4	+20	90 ± 3,6	87	-3,3
3	Uglevodlar	425	334 ± 13	-21,4	360 ± 9,9	270	-25
4	Energetik qiymati Kkal	3000	829,8 ± 40,5	-5,7	670 ± 93,5	186,2	-18,1

Makronutrientlar tarkibidagi umumiy quvvat hisoblanilganida, o'g'il bolalarda me'yor atrofida bo'lib, 3000 kkal o'rniga 2829,8 kkal (5,7 % ga kam), o'g'il bolalardan farqli ravishda qiz bolalarda bu ko'rsatkich 2670 kkal o'rniga 2186,2 kkal ni tashkil qiladi (18,1 % ga kam).

3-, 4-jadvallarda o'suvchi organizmda tananing o'sishini belgilaydigan, skelet,

muskul va boshqa to'qimalarning normal shakllanishida, qolaversa, ichki sekretiya bezlarining me'yorida rivojlanishi va faoliyat ko'rsatishida muhim ahamiyatga ega bo'lgan ma'danli moddalar bilan o'quvchilarning ta'minlanishi bo'yicha ma'lumotlar bayon qilingan.

3-jadval

Kuz mavsumida quyi sinf o'quvchilarining ma'danli moddalar bilan ta'minlanishi

№	Ko'rsatkichlar (g)	Quyi sinf o'quvchilari		
		Me'yor	Natija	Farqi
1	Kalsiy	1100	630,5 ± 23	-42,6
2	Fosfor	1650	1195,7 ± 43,9	-27,5
3	Magniy	250	354,4 ± 13	+41,8
4	Temir	12	13,1 ± 0,5	+9,1
5	Yod	120	62,2 ± 1,4	-48,1

Quyi sinf o'quvchilarining mineral moddalardan kalsiyga bo'lgan ehtiyoji 1100 mg o'rniga 630,5 mg ni (42,6 % ga kam) tashkil etgan bo'lsa, fosforga bo'lgan ehtiyoj 1650 mg o'rniga 1195,7 mg ni (27,5 % ga kam) yod elementiga bo'lgan talab esa atigi 51,9 % ga qondirilgan (48,1 kam). Tekshiriluvchilar tomonidan magniy elementi me'yorga nisbatan oshiqcha bo'lib, ushbu holat o'quvchilar kunlik taomnomasida un va un mahsulotlari ko'p miqdorda iste'mol qilinishi bilan izohlanadi. O'rganilgan ma'danli moddalardan faqatgina temir elementi me'yor atrofida qabul qilingan (3-jadvalga qarang).

4-jadval

Kuz mavsumida yuqori sinf o'quvchilarining ma'danli moddalar bilan ta'minlanishi

№	Ko'rsatkichlar	O'g'il bolalar			Qiz bolalar		
		Me'yor	Natija	Farqi	Me'yor	Natija	Farqi
1	Kalsiy	1300	732,2 ± 40,5	-43,6	1300	795,7 ± 34,7	-38,7
2	Fosfor	1800	1421 ± 65,9	-21	1800	1159,8 ± 46,3	-35,5
3	Magniy	300	394,7 ± 17,6	+31,4	300	379,5 ± 20,9	+26,5
4	Temir	15	16,7 ± 0,5	+11,3	18	14,8 ± 0,4	-17,8
5	Yod	130	70,4 ± 1,8	-45,8	130	70,1 ± 1,9	-46,0

Yuqori sinf o'quvchilaridan o'g'il bolalarning iste'mol taomlari tarkibida kalsiy va fosfor va yod elementlari me'yorga nisbatan kam qabul qilingan bo'lsa, magniy va temir elementlariga bo'lgan kunlik ehtiyoj me'yorga nisbatan 31,4 va 11,3 % ga ko'p qabul qilingan. Xuddi shunday holatni o'quvchi qizlarda ham ko'rish mumkin. Faqatgina temirga bo'lgan kunlik ehtiyoj o'g'il bolalardan farqli ravishda qiz bolalarda 17,8% ga kam qabul qilingan (4-jadvalga qarang).

5-jadval

Kuz mavsumida quyi sinf o'quvchilarining vitaminlar bilan ta'minlanishi

№	Ko'rsatkichlar (mg)	Me'yor	Natija	Farqi
1	(Askorbinat kislota) C, mg	35	32,7 ± 2,2	-6,6
2	A, (Retinol) mg	0,5	0,29 ± 0,01	-42
3	D, (Kalsiferol) mkg	5	2,8 ± 0,2	-44
4	Tiamin) B ₁ , mg	0,9	1,5 ± 0,3	+66,6
5	B ₂ , (Ribovflavin) mg	0,9	1,38 ± 0,2	53,3
6	B ₆ , (Piridoksin) mg	1,0	1,52 ± 0,05	+52
7	PP, (Nikotinat kislota) mg	12	16,7 ± 1,6	+39,1
8	B ₉ , (Folat kislota) mkg	300	166,1 ± 4,6	-44,6
9	B ₁₂ , (Siankobalamin) mg	1,8	2,3 ± 0,1	+27,7

Kuz mavsumida maktab o'quvchilarining vitaminlar bilan ta'minlanishiga oid natijalar shuni ko'rsatadiki, quyi sinf o'quvchilarining kunlik taomnomasida vitaminlardan C, A va D va folat kislotalarning miqdori me'yorga nisbatan tegishli holda 6,6, 42 va 44 % ga kam iste'mol qilingan bo'lsa, B guruh vitaminlaridan B₁, B₂, B₆ B₁₂ va nikotinat kislota me'yorga nisbatan ko'p iste'mol qilingan (5-jadvalga qarang).

Yuqori sinf o'quvchilaridan o'g'il bolalarning ovqatidagi vitamin C miqdori

me'yor darajasidan o'rtacha 14,7 % ga kamligi qayd qilindi. Shuningdek, vitamin A D, B₉ va siankobalaminlarning miqdorlari ham tegishli me'yorlardan kam. Xuddi shunday holatni o'quvchi qizlarda ham ko'rish mumkin (6-jadvalga qarang).

6-jadval

Kuz mavsumida yuqori sinf o'quvchilarining vitaminlar bilan ta'minlanishi

№	Ko'rsatkichlar (g)	O'g'il bolalar			Qiz bolalar		
		Me'yor	Natija	Farqi	Me'yor	Natija	Farqi
1	(Askorbinat kislotasi) C, mg	40	34,1 ± 1,7	-14,7	40	36,3 ± 1,6	9,3
2	A, (Retinol) mg	0,6	0,4 ± 0,02	-33,3	0,6	0,39 ± 0,03	-35
3	D, (Kalsiferol) mkg	5	2,7 ± 0,2	-46	5	2,8 ± 1,0	-44
4	Tiamin) B ₁ , mg	1,2	2,2 ± 0,4	+83,3	1,1	2,0 ± 0,3	+81,8
5	B ₂ , (Riboflavin) mg	1,3	2 ± 0,3	+53,8	1,1	1,3 ± 0,2	+18,1
6	B ₆ , (Piridoksin) mg	1,3	1,9 ± 0,06	+31,5	1,3	1,9 ± 0,06	+46,1
7	PP, (Nikotinat kislotasi) mg	16	19,9 ± 3,1	+24,3	16	24,8 ± 2,5	+55
8	B ₉ , (Folat kislotasi) mkg	400	238,3 ± 5,5	-40,4	400	223,7 ± 4,9	-44
9	B ₁₂ , (Siankobalamin) mg	2,4	1,9 ± 0,1	-20,8	2,4	2 ± 0,1	-16,6

Xulosa va takliflar. Quyi va yuqori sinf o'quvchilarining sog'lom ovqatlanishi, kunlik ratsionida makro va mikronutrientlarning yetarli miqdorda iste'mol qilinishi puxta bilim olib, fanlarni a'lo darajada o'zlashtirishida muhim ahamiyat kasb etadi. Bu borada ota-onalar bilan bir qatorda pedagoglar, soha mutaxassislari o'quvchilarning nafaqat bilim olishi, ovqatlanish ratsioniga ham jiddiy e'tibor qaratishi yurt taqdiri va kelajagi uchun mas'uliyatni o'z zimmasiga olishga qodir barkamol avlodni shakllantirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Мирзиёев Ш. М. “Аҳолининг соғлом овқатланишини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарори // Янги Ўзбекистон, 2020 йил, № 217. – Б. 1-3.
2. Глобальная стратегия по питанию, физической активности и здоровью. ВОЗ. – Женева, 2004. – 18 с
3. Кондратьева И.И., Абрамова Е.И., Шумилова С.Л и др. К характеристике фактического питания, физического развития и состояния здоровья школьников Москвы // Вопросы питания – Москва, 1993. – №1. – С. 23-26.
4. Методические рекомендации по вопросам изучения фактического питания и состояния здоровья населения в связи с характером питания / Зайченко А.И., Волгарев М.Н., Бондарев Г.И и др. - Москва– 1986. – 86 с.
5. Рацион, питание и предупреждение хронических заболеваний: Доклад совместного консультативного совещания экспертов ВОЗ/ФАО, серия технических докладов 916. – Женева., 2003. –196 с
6. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И.М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 224
7. Қурбонов Ш. Қ, Дўсчанов Б.О, Қурбонов А. Ш., Каримов О. Р. Соғлом овқатланиш физиологияси. – Қарши, 2018. – 436 б.
8. Физиологические нормы потребностей в пищевых веществах и энергии по половозрастным и профессиональным группам населения Республики Узбекистан для поддержания здорового питания. 23 июня 2017г. СанПиН №0347-17.–Тошкент, 2017.–С. 42.
9. Академик лицей ва юқори синф ўқувчиларининг озиқ моддаларга бўлган физиологик талаби ва унинг қондирилиши (Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятлари мисолида): Биол. фанл. б. фалс. докт. (PhD) дисс. автореф. – Қарши, 2021.- 47 б.
10. Umedova Sh. Akademik litsey va yuqori sinf o'quvchilarining sog'lom ovqatlanishi / Uslubiy qo'llanma (Prof. Sh.Q.Qurbonovning umumiy tahriri ostida). – Qarshi: Nasaf, 2020.–80 b.
11. Kuchkarova L.S., Qurbonov Sh.Q., Karimova L.I., Ergashev N.A Ovqatlanish va metabolism. – T.: Universitet, 2022. – 244 b.

**DAMARIQ KANALI KUMUSH TOVONBALIQ'INING REPRODUKTIV
XUSUSIYATLARI**

Ismatillayeva Gulhayo Mexriddinovna

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi

Zoologiya instituti tayanch doktoranti

ismatillayevag@gmail.com**Mirzayev Ulug'bek To'rayevich**

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Zoologiya instituti

katta ilmiy xodimi, biologiya fanlari nomzodi

umirzayev@gmail.com

ORCID 0000-0001-6683-3177

UDK 597.554.3

Annotatsiya. Maqolada Damariq kanalidagi kumush tovonbaliqning (*Carassius gibelio*) reproduktiv biologiyasini o'rganish natijalari keltirilgan. Bu kanalda tovonbaliqlari ikki yoshida tana uzunligi 12-13 sm bo'lganda jinsiy yetuklikka erishganligi aniqlandi. Urchish davri aprel oyining oxirida boshlanib va may oyining o'rtalariga qadar, 15-16°C suv haroratida davom etdi. Urchishdan oldin urg'ochilari jinsiy mahsulotining yetuklik koeffitsiyenti 9,60-13,33% ni tashkil etdi. Kumush tovonbaliq urg'ochilarning mutlaq serpushtligi baliq tanasining uzunligi 12,05-21,52 sm va vazni 75-287 g bo'lganda 4352-26640 ikradan iborat bo'lishi aniqlangan. Bir faktorli regressiya tahlili usulidan foydalanilgan holda, kumush tovonbaliqning individual mutlaq serpushtligining baliqning uzunligi, vazni va yoshi bilan ishonchli ravishda korrelyativ bog'liqligi aniqlangan.

Kalit so'zlar: Damariq kanali, kumush tovonbaliq, *Carassius gibelio*, serpushtlik, korrelyatsiya, regressiya.

**REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF PRUSSIAN CARP OF THE
DAMARYK CANAL**

Abstract. The article presents the results of the study of the reproductive biology of the Prussian carp (*Carassius gibelio*) from the Damaryk Canal. It was found that in this canal the Prussian carp reaches sexual maturity at the age of two years with a body length of 12–13 cm. The spawning period began in late April and lasted until mid-May, at a water temperature of 15–16°C. The maturity coefficient of female reproductive products before spawning was 9.60–13.33%. The absolute fecundity of females varied from 4,352 to 26,640 eggs with a body length of 12.05–21.52 cm and a weight of 75–287 g. Using one-factor regression analysis, it was found that absolute fecundity reliably correlates with the length, weight and age of fish.

Keywords: Damaryk Canal, Prussian carp, *Carassius gibelio*, fertility, correlation, regression.

Kirish. Irrigatsiya tizimlari o'zaro bog'langan suv oqimlari tarmog'i bo'lib, qishloq xo'jaligi ekin maydonlarini sug'orish hamda sanoat ehtiyojini ta'minlash vazifasini bajaradi. So'nggi yillarda bu kabi suv obyektlaridan rekreatsion baliqchilik maqsadlarida foydalanishga bo'lgan qiziqish ortib bormoqda. Bu esa irrigatsiya tizimlarining iqtisodiy va ijtimoiy ahamiyati sezilarli darajada oshganini ko'rsatmoqda. Shu munosabat bilan irrigatsiya tizimlaridagi baliq turlarining tarkibini aniqlash, ekologik xususiyatlarini o'rganish hamda ularning resurslaridan rekreatsion maqsadlarda foydalanish bo'yicha tadbirlarni ishlab chiqishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarning olib borilishi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Kumush tovonbaliq – *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) Yevrosiyo suv havzalarida keng tarqalgan turlardan hisoblanadi [2, 11]. Kumush tovonbaliq ilgari Amudaryo va Sirdaryoning quyi oqimida ham uchragan [2, 4]. 1951-yilda Moskva viloyatidagi Savvino baliqchilik xo'jaligidan (Rossiya) Toshkent viloyatidagi baliqchilik xo'jaligiga iqlimlashtirish maqsadida keltirilgan [1, 9].

Adabiyotlarda O'zbekiston suv havzalaridagi kumush tovonbaliq haqida ma'lumotlar keng yoritilgan bo'lsa-da [1, 5], irrigatsion tizimlar bo'yicha ma'lumot mavjud emas. Shu munosabat bilan ushbu maqolada Damariq kanalidagi kumush tovonbaliqlarining reproduktiv xususiyatlari keltirilgan.

Material va metodlar. Kumush tovonbaliq bo'yicha materiallar 2025-yil aprel-may oylarida Toshkent viloyati, Zangiota tumani Damariq kanalidan umumiy qabul qilingan usullar yordamida "Versha" to'ri hamda qarmoqlardan foydalanilgan holda yig'ildi [6].

Baliqlarning tana uzunligi (l) – tumshug'ining uchidan dum suzgich qanotining asosigacha bo'lgan masofada o'lchangan. Vazni (W) grammada berilgan. Baliqlarning yoshi (t) tangachalari bo'yicha aniqlandi [10]. Baliqlarning semizlik koeffitsiyentlarini (SK) aniqlashda T.W.Fulton va F.N.Clark tomonidan taklif qilingan formulalardan foydalanildi [6, 10].

Baliqlarning jinsiy voyaga yetishi, urchishi va ko'payish biologiyasi bo'yicha tadqiqotlar umumiy qabul qilingan usullarga asosan olib borildi [7-8]. Urg'ochi baliqlarning serpushtligi IV bosqichdagi uvildiriqlar asosida aniqlandi. Bunda baliqlarning individual mutlaq serpushtligi (IMS – ming ikra), individual nisbiy serpushtligi (INS – ikralar/g ichki a'zolarsiz tana vazni), yetuklilik koeffitsiyenti (Yk , %) uvildiriq somatik indeksi (USI) hisoblab chiqildi.

Baliqlarning serpushtligini tana uzunligi, vazni va yoshiga bog'liqlik darajasini aniqlashda korrelyatsion tahlil, o'zgaruvchan belgilar o'rtasidagi bog'liqlik xarakterini aniqlashda esa regression tahlil metodlari qo'llanildi [3].

Natijalar va muhokama. Damariq kanalidagi biz o'rgangan kumush tovonbaliq namunalari 8,0-21,5 (o'rtacha 15,9±5,88) sm uzunlikdagi, 19-287 (155,32±13,72) g og'irlikdagi 1+ - 3+ yoshli 37 ta baliqdan iborat bo'ldi. Ularning semizlik koeffitsiyentlari Fulton bo'yicha 2,72-4,56 (3,47±0,08) gacha, Klark bo'yicha esa 1,18-3,22 (2,47±0,08) gacha bo'lishi aniqlandi.

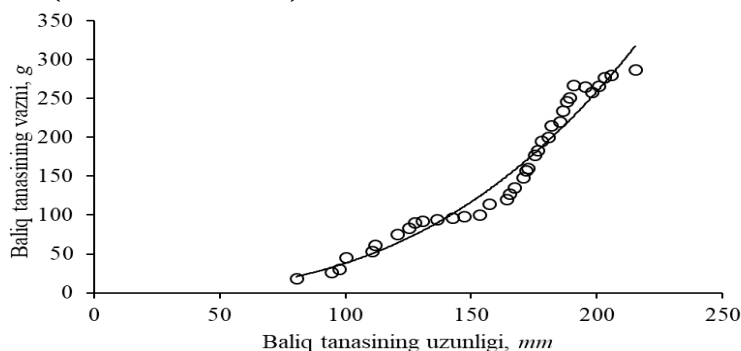
1-jadvalda Damariq kanali kumush tovonbalig'ining o'lcham-yosh ko'rsatkichlari va semizlik koeffitsiyentlari keltirilgan.

1-jadval

Damariq kanali kumush tovonbalig'ining o'lcham-yosh ko'rsatkichlari va semizlik koeffitsiyentlari

Yoshi	l, sm	W, g	SK_F	SK_C	n
1+	8,0 – 11,1	19 – 61	3,23 – 4,56	1,18 – 2,80	6
	$9,91 \pm 4,70$	$39,50 \pm 6,67$	$3,85 \pm 0,22$	$1,88 \pm 0,29$	
2+	12,0 – 17,1	75 – 157	2,78 – 4,33	2,12 – 3,13	12
	$14,54 \pm 5,09$	$105,08 \pm 6,87$	$3,46 \pm 0,18$	$2,57 \pm 0,11$	
3+	16,4 – 21,5	120 – 287	2,72 – 3,85	2,05 – 3,22	19
	$18,71 \pm 3,06$	$223,63 \pm 11,31$	$3,36 \pm 0,07$	$2,59 \pm 0,08$	

Kumush tovonbaliqning tana uzunligi va vaznining o'rtasida o'zaro kuchli bog'liqlik mavjud bo'lib (1-rasm) quyidagi regressiya tenglamasi bilan ifodalanadi: $Q = 0,0001 \times l^{2,7677}$ ($r = 0,979$; $P < 0,01$).



1-rasm. Damariq kanalidagi kumush tovonbaliqning tana uzunligi va vaznining o'zaro bog'liqligi

Biz tomondan kumush tovonbaliqning reproduktiv biologiyasini o'rganish bo'yicha yig'ilgan namunalari 12,05-21,52 (o'rtacha 17,10±0,46) sm uzunlikdagi, 75-287 (177,74±12,84) g og'irlikdagi 2+ - 3+ yoshli baliqdan iborat bo'ldi.

Tadqiqotlarimiz natijasida Damariq kanalida kumush tovonbaliqlar 2 yoshda, tana uzunligi 12-13 sm bo'lganda jinsiy voyaga yetishi aniqlandi. Ularning urchish davrlari esa aprel oyining oxirida boshlanib, may oyining o'rtalarigacha davom etishi kuzatildi. Ushbu

davrdan suv harorati 15-16°C atrofida bo'ladi. Urchishdan oldin tovonbaliq urg'ochilarini jinsiy mahsulotlarining yetuklik koeffitsiyentlari 9,60-13,33 % tashkil qildi.

Kumush tovonbaliq urg'ochilarining uvildiriqlari tahliliga ko'ra, ularning uvildiriqlarida ikki guruh – yirik va mayda ikralar mavjudligi qayd etildi. Bu esa kumush tovonbaliqlar Damariq kanalida ikralarini ikki porsiyaga bo'lib tashlashidan dalolat beradi. Damariq kanalidagi kumush tovonbaliq urg'ochilarining reproduktiv ko'rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Damariq kanalidagi kumush tovonbaliq urg'ochilarining reproduktiv ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlari	Lim.	$M \pm m$	SD	Cv, %
l, sm	12,05-21,52	17,10 $\pm$ 0,46	2,55	14,88
W, g	75-287	177,74 $\pm$ 12,84	71,50	40,22
IMS I-porsiya	2728-19890	10186,45 $\pm$ 842,00	4688,04	46,02
IMS II-porsiya	1624-6804	4554,06 $\pm$ 295,13	1643,22	36,08
IMS	4352-26640	14740,52 $\pm$ 1126,24	6270,65	42,54
INS	78,27-136,09	107,97 $\pm$ 2,59	14,41	13,35
Yk, %	9,60-13,33	10,54 $\pm$ 0,15	0,81	7,72
USI, %	11,66-17,20	13,89 $\pm$ 0,23	1,27	9,16

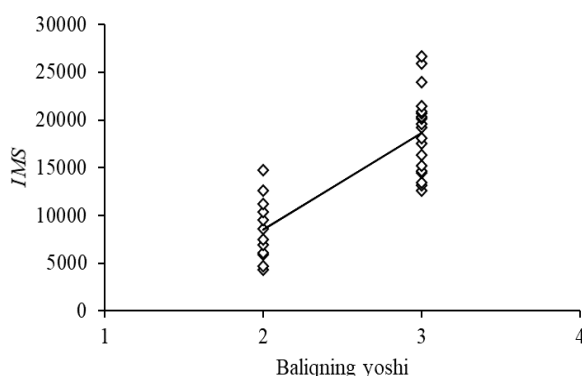
Damariq kanalidagi tana uzunligi 12,0-17,1 sm bo'lgan 2+ yoshli urg'ochi kumush tovonbaliqlarning mutlaq serpushtligi 4352-14796 ikrani, 16,4-21,5 sm bo'lgan 3+ yoshli urg'ochilarning mutlaq serpushtligi 12656-26640 ikrani tashkil qildi (3-jadval).

3-jadval

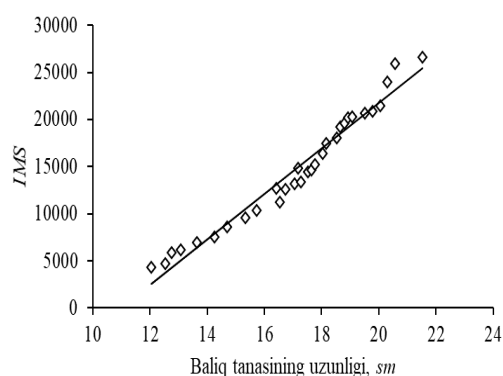
Damariq kanalidagi kumush tovonbaliq urg'ochilarining serpushtligi

t	l, sm	W, g	Yk, %	IMS	INS	n
2+	$\frac{12,0 - 17,1}{14,54}$	$\frac{75 - 157}{105,08}$	$\frac{9,6 - 12,0}{10,84}$	$\frac{4352 - 14796}{8552,75}$	$\frac{78,2 - 128,6}{105,67}$	12
3+	$\frac{16,4 - 21,5}{18,72}$	$\frac{120 - 287}{223,63}$	$\frac{9,6 - 13,3}{10,35}$	$\frac{12656 - 26640}{18648,58}$	$\frac{91,0 - 136,0}{109,42}$	19

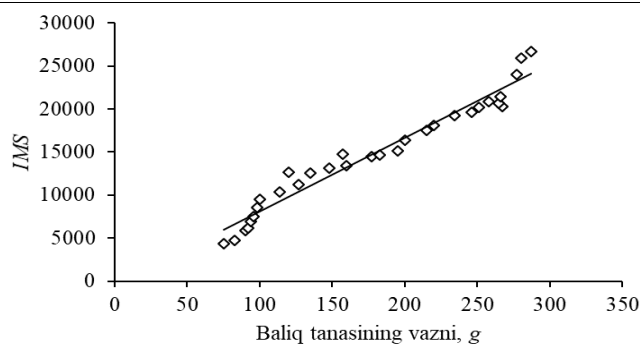
Kumush tovonbaliqlarning yoshi, tana uzunligi va vaznining ortishi bilan mutlaq serpushtligining oshib boraishi kuzatildi. Kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligini baliq yoshi, tana uzunligi va vazni bilan o'zaro bog'liqlik daralasi 2-, 4-rasmlarda keltirilgan.



2-rasm. Damariq kanalidagi urg'ochi kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligining baliq yoshi bilan o'zaro bog'liqligi



3-rasm. Damariq kanalidagi urg'ochi kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligining baliq tanasi uzunligi bilan o'zaro bog'liqligi



4-rasm. Damariq kanalidagi urg'ochi kumush tovonbaliqlarning individual mutlaq serpushtligining baliq vazni bilan o'zaro bog'liqligi

Individual mutlaq serpushtligi bilan yoshi hamda tana o'lchamlari (uzunligi va og'irligi) o'rtasidagi bog'liqlik shakli quyidagi regressiya tenglamalari orqali ifodalanadi:

$$IMS = 100096 \times t - 11639 \quad (r = 0,797; P \leq 0,01);$$

$$IMS = 2418,8 \times l - 26626 \quad (r = 0,981; P \leq 0,01);$$

$$IMS = 85,696 \times W - 491,19 \quad (r = 0,977; P \leq 0,01).$$

Xulosa. Tadqiqotlarimiz natijasida Damariq kanalidagi kumush tovonbaliqlarning tana uzunligi va vazn ko'rsatkichlari tavsiflandi. Baliq tanasi uzunli 8,0-21,5 sm va vazni 19-287 g ni tashkil qilishi, semizlik koeffitsiyenti Fulton bo'yicha 2,72 dan 4,56 gacha, Klark bo'yicha 1,18 dan 3,22 gacha bo'lishi aniqlandi. Kumush tovonbaliqning tana uzunligi va vaznining o'rtasida o'zaro kuchli bog'liqlik mavjudligi, bog'liqlik darajasining korrelyatsiya koeffitsiyenti 0,979 ga tengligi va bog'liqlik $P < 0,01$ darajasida ahamiyatli ekanligi aniqlandi.

Damariq kanalidagi kumush tovonbaliqlar ikki yoshda, tana uzunligi 12-13 sm bo'lganida jinsiy voyaga yetishi, urchish davri aprel-may oylariga to'g'ri kelishi, urg'ochilarining urchishdan oldingi yetuklik darajasi 9,60-13,33 foizni tashkil qilishi va ikralarini ikki porsiyaga bo'lib urchishi aniqlandi. Tovuonbaliq urg'ochilarining mutlaq serpushtligi baliq tanasining uzunligi 12,05-21,52 sm va vazni 75-287 g bo'lganda 4352-26640 ikradan iborat bo'lishi hamda mutlaq serpushtlikning baliq yoshi, tana uzunligi va vaznining ortib borishiga qarab o'sib borishi korrelyatsion va regression tahlillar asosida aniqlandi. Shunday qilib, Damariq kanalidagi kumush tovonbaliqning reproduktiv biologiyasini o'rganish natijalari ushbu turning kanal sharoitida yashash muhitiga moslashganligi va tabiiy ko'payuvchanlik qobiliyatiga ega ekanligini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Аманов А.А., Холматов Н.М., Сибирцева Л.К. Акклиматизированные рыбы водоёмов Узбекистана. – Ташкент: Фан. УзССР. 1990. – 116 с.
2. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1949. Часть 2. – С. 469-925.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
4. Никольский Г.В. Рыбы Таджикистана. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1938. – С. 228.
5. Нуриев Х.Н. Акклиматизированные рыбы водоемов бассейна р.Зеравшан. – Ташкент: Фан, 1985. – 104 с.
6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. 4-е изд. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
7. Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. – Мурманск: Главрыбвод, 1968. – 47 с.
8. 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.
9. Степанова Н.А. О некоторых результатах интродукции серебряного карася в Катта-Курганское водохранилище. // Доклады АН УзССР. 1955. № 4. – С. 47-50.

10. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб (методическое пособие по ихтиологии). – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 166 с.

11. 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>

XORAZM VILOYATI TUPROQ-IQLIM SHAROITIDA MATRICARIA CHAMOMILLA L. VA CALENDULA OFFICINALIS L. NING PLANTATSIYALARINI TASHKIL ETISH ISTIQBOLLARI

N.A. Xudayberganov

b.f.f.d., k.i.x., Xorazm Ma'mun akademiyasi

xudayberganov30142614@gmail.com

ORCID 0000-0002-4976-1172

UDK 631.527: 633.11

Annatsiya. Ushbu maqolada Xorazm viloyatining o'rtacha sho'rlangan va qumloq tuproqlarida dorivor moychechak (*Matricaria chamomilla* L.) va dorivor tirnoqgul (*Calendula officinalis* L.)ning biologik xususiyatlari, gullash dinamikasi sanoat plantatsiyalarini tashkil etish, yetishtirish agrotexnikasi, ekish chuqurligi, ekish muddatlari va uslublari yoritib berilgan. *Matricaria chamomilla* L. va *Calendula officinalis* L. ni plantatsiyasida hosildorlikni aniqlash, terilgan gul savatchalarini quritish uslublari hamda mavsum davomida iqtisodiy samaradorligini hisoblashda xarajat va daromadlar ko'rsatkichlari hamda 1 gektar maydondan hosilni yig'ish uchun qancha ishchi kuchi kerak bo'lishi va 1 ta ishchi kuchi kun davomida o'rtacha qancha kilogram hosil yig'ishi haqidagi ilmiy tadqiqotlar hamda xomashyo quritish, qoplanga joylash va yorliqlarni qanday joylashtirish va quritilgan xomashyo saqlash bo'yicha ma'lumotlar berilgan.

Kalit so'zlar. Dorivor o'simliklar, Xorazm viloyati tuproq-iqlim sharoiti, *Matricaria chamomilla* L., *Calendula officinalis* L., biologik xususiyatlar, hosilni yig'ish, o'sish va rivojlanish, introduksiya.

PROSPECTS FOR ESTABLISHING PLANTATIONS OF MATRICARIA CHAMOMILLA L. AND CALENDULA OFFICINALIS L. UNDER THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE KHOREZM REGION

Abstract. This article presents the biological characteristics and flowering dynamics of medicinal chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) cultivated in moderately saline and sandy soils of the Khorezm region. It provides an analysis of the establishment of industrial plantations, agronomic practices for cultivation, optimal sowing depth, planting dates, and methods. The study also examines yield determination in plantations of *M. chamomilla* L. and *C. officinalis* L., techniques for drying harvested flower heads, and the calculation of economic efficiency throughout the growing season, including cost-benefit indicators. Additionally, the article offers data on the required labor force for harvesting one hectare, the average amount of yield collected per worker per day, as well as information on raw material drying, packaging, labeling, and storage of dried plant materials.

Keywords: medicinal plants, soil and climatic conditions of the Khorezm region, *Matricaria chamomilla* L., *Calendula officinalis* L., biological characteristics, harvesting, growth and development, introduction.

Kirish. Tabiiy holda o'suvchi dorivor o'simliklarning ham xomashyo zaxirasi chegaralangan bo'lib, ularni muhofaza qilish, bioekologik xususiyatlarini o'rganish, xomashyo zaxirasidan to'g'ri foydalanish va ko'paytirishning ilmiy asoslangan usullarini ishlab chiqish dolzarb muammolardan biridir. Shuning uchun O'zbekistonda farmatsevtika sanoatining ehtiyojlarini dorivor o'simliklar xomashyosi bilan ta'minlash, mahalliy florani yangi introdutsent o'simlik turlari bilan boyitish va ularni yetishtirish agrotexnologiyalarini ishlab chiqish hamda onalik plantatsiyalarini tashkil qilishni taqozo etadi[1].

Keyingi yillarda ko'pchilik mamlakatlarda, shu jumladan, O'zbekiston Respublikasida ham farmatsevtika sanoatining jadallik bilan rivojlanishi kuzatilmoqda.

Shu sababli farmatsevtika korxonalarining dorivor o'simliklar xomashyosiga bo'lgan talabi ham keskin ortmoqda [2].

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 14-fevraldagi "Farmatsevtika tarmog'ini jadal rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi PQ-3532-sonli qarorining 9.1 bandi "Dorivor o'simliklar plantatsiyalarini barpo etish" [3] hamda 2020-yil 10-apreldagi "Yovvoyi holda o'suvchi dorivor o'simliklarni muhofaza qilish, madaniy holda yetishtirish, qayta ishlash va mavjud resurslardan oqilona foydalanish to'g'risida" gi PQ-4670-son[4] va 2020-yil 26-noyabrda "Dorivor o'simliklarni yetishtirish va qayta ishlash, ularning urug'chiligini yo'lga qo'yishni rivojlantirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar ko'lamini kengaytirishga oid chora-tadbirlar to'g'risida" gi PQ-4901-son qarorlari [5] hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu yo'nalishdagi ilmiy-tadqiqot ishlari ma'lum darajada muhim ahamiyatga egadir.

Respublikamizda ham mahalliy dorivor o'simlikshunoslikni rivojlantirish sohasida ko'pgina ilmiy va amaliy ishlar bajarilgan bo'lib, dori-darmon ishlab chiqarish tarmog'ining o'simliklar xomashyosiga bo'lgan talabi imkon darajasida qondirilmoqda.

Dorivor o'simliklarni mahalliy sharoitga introduksiya qilish natijalari asosida sho'rlanishga bardoshli o'simliklarni tanlash hamda sho'rlangan yerlarda dorivor o'simliklar xomashyosini yetishtirish orqali ularning biomeliorativ xususiyatlarini o'rganishdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot obyektlari sifatida *Matricaria chamomilla* L. va *Calendula officinalis* L. kabi dorivor o'simliklardan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy vazifasi ushbu dorivor o'simliklarni Xorazm viloyatining o'rtacha sho'rlangan va qumloq tuproqlarida sanoat plantatsiyalarini tashkil etib, xomashyo zaxirasini yaratishdan iborat.

Shu boisdan ham dorivor o'simliklarni har xil agrofitosenozda o'stirish, xomashyo yetishtirish va katta maydonlarda ekinzor (plantatsiya) larini tashkil etish kun tartibidagi asosiy vazifalardan biridir.

Tadqiqotlar natijalari asosida Xorazm viloyatining o'rtacha sho'rlangan tuproq-iqlim sharoitida alohida tanlangan dorivor o'simliklarni katta maydonlarda ekinzor (plantatsiya) larini tashkil etish bilan dorishunoslik sanoatini xomashyo bazasini yaratish asosalari ishlab chiqiladi.

Mazkur dorivor o'simliklar respublikamizning boshqa hududlarida o'rganilgan bo'lishiga qaramay, Xorazm viloyatining qumloq o'rtacha sho'rlangan tuproqlari sharoitida o'sishi, rivojlanishi va hosildorligi to'g'risidagi ma'lumotlar juda kam. Tadqiqotlar Xorazm viloyatining Xiva tumanida, Xorazm Ma'mun akademiyasining eksperimental tajriba bazasi tuproq-iqlim sharoitida olib borildi.

Ilmiy tajribalar kichik maydonda ikki – kuzgi va bahorgi muddatlarda Xorazm Ma'mun akademiyasi eksperimental bazasiga ekildi. Plantatsion amaliy ishlarda ilmiy tajribalar davomida *Matricaria chamomilla* L. uchun kuz mavsumidagi ekish muddati, maydonda ekish tartibi bo'yicha pushtasimon qatorlab (60 sm) eng optimal variant sifatida tanlangan bo'lsa, *Calendula officinalis* L. Uchun esa bahorgi muddatda pushtasimon qatorlab (60 sm) ekish chuqurligi 2 sm qilib eng optimal agrotexnik tadbirlardan foydalanildi. Plantatsion masshtabdagi amaliy ishlar Xiva tumanidagi O'rmon xo'jaligi ilmiy tadqiqot institutining Qoraqum ilmiy tajriba stansiyasi dalalarida olib borildi.

O'zbekistonda ham ushbu o'simliklarni yetishtirish va plantatsiyalarini tashkil etish borasida Murdaxayev (1991), To'xtayev (2009)lar ko'pgina ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirganlar. Ularning ishlari asosida respublikamizning unumdor va sho'rlangan tuproqlarida keng masshtabli plantatsiyalari tashkil etildi [1.4].

Rivojlanishning mavsumiy bosqichlarini o'rganishda ilmiy andoza uslublar orqali kuzatishlar, dorivor o'simliklarning asosiy rivojlanish fazalarini boshlanish va tugash muddatlari oralig'ida o'tkazildi. Fenologik kuzatuv natijalarining statistik tahlili

V.N. Nilovning tavsiyalari bo'yicha amalga oshirildi [3]. Olingan ma'lumotlarning o'zaro korrelyatsiyalari ham aniqlandi [4].

Natijalar va ularning tahlili. Har bir o'simlik turini o'stirish va yetishirishda tatbiq etiladigan agrotexnik tadbirlar muhim rol o'ynaydi. Ya'ni, agrotexnik tadbirlarning qo'llanilishi natijasida ekin hosildorligining miqdor va sifat jihatidan o'zgarishiga hamda yaxshilanishiga olib keladi[9].

Tadqiqotlarda ishlab chiqilgan agrotexnik tadbirlarga dorivor o'simliklarning keng ko'lamdagi ekin maydon (plantatsiya) larini tashkil etishda rioya qilindi.

Matricaria chamomilla L. o'simligi yorug'sevor o'simlik, tuproq unumdorligiga unchalik talabchan emas, azotli o'g'itlarni yoqtiradi, begona o'tlar bilan kuchli raqobatlasha olmaydi.

Tanlangan maydonga *Matricaria chamomilla* L. urug'lari qo'lbola urug'sepgichlar yordamida qator orasi 60 sm bo'lgan qatorlarning pushtasiga sepildi.

Urug'i maydaligi sabab, pushtaga tekis taqsimlash maqsadida 1/10 nisbatda qum aralashtirilib, gektariga 4-5 kg. urug' sarflandi. Urug'lar 8-10 kunda unib chiqdi.

Urug'lar yuvilib oqib ketmasligi uchun suv namiqtirilib 1 ga maydonga 800-1000 m³ suv sarflab sug'orildi.

Kuzda ekishda maysa ko'rinishi bilanoq pushtadagi begona o'tlar o'roqda, qator oralaridagisi esa kultivator yordamida yo'q qilindi. dorivor mochechak mavsum davomida: noyabr oyida unib chiqanidan keyin 1, mart va aprel oylarida 2 va mayda 1 marta sug'orildi. O'simliklar ikki marta: birinchisi mart oyining 15-kunida va aprel oyining uchinchi o'n kunligi, shonalash davrida gektariga 30-40 kg tabiiy go'ng bilan sharbat usulida sug'orildi.

Dorivor mochechak g'unchalashi aprel oyining uchinchi o'n kunligida va yoppasiga g'unchalash may oyining birinchi o'n kunligida kuzatildi.

Shuningdek, *Matricaria chamomilla* L. ning gullash bosqichi may oyining birinchi o'n kunligi va yoppasiga gullash bosqichi may oyining uchinchi o'n kunligida boshlanganligi qayd etildi. Asosiy hosil (o'simlik savatchalari) ni yig'ish may oyining oxirida boshlanib, iyun oyining o'rtalarigacha davom etdi (1-rasm).

O'simlik savatchalarini yig'ish qo'l kuchi yordamida amalga oshirildi. May oyining oxiri va iyun oyining boshida plantatsiyada 40-50 ta terimchi dorivor moychechak gullarini yig'ishni amalga oshirdi. Bir terimchi 1 kunda ho'l holda o'rtacha 30-33 kg yoki 100-110 m² (0,011ga) maydonda gul xomashyosini tera olishi qayd qilindi. Shuningdek, *Matricaria chamomilla* L. savatchalarini terish va yig'ish bo'yicha maxsus yasalgan temir moslama yordamida ham amalga oshirildi. Lekin bu moslamada savatchalarni yig'ish davrida o'simlik xomashyosiga ma'lum miqdorda o'simlik shoxlari aralashib, xomashyo ifloslanganligi sabab moslamani mukamallashtirish zarur degan xulosaga kelindi.

Matricaria chamomilla L. savatchalar terilgandan so'ng, qolgan g'unchalar 6-7 kun mobaynida gullash bosqichiga kirganligi sabab plantatsiyada savatchalarni yig'ish ikki marta takrorlandi. Shuningdek, iyun oyining ikkinchi o'n kunligida yon shoxlardagi savatchalarning ochilishi bilan uchinchi terim o'tkazildi.

Olib borilgan tadqiqotlarimizga ko'ra ushbu dorivor o'simliklarning plantatsiyasida hosildorligini aniqlash uchun plantatsiya dalasining diagonal bo'ylab teng oraliq mosofadan to'rt qirrali yog'och reykanidan ichki yuzasi yuzasi 1 m² qilib yasalgan kvadrat yordamida 5 namuna maydonchadagi o'simliklardagi ochilgan savatchalar qoldirilmasdan yig'ib olindi va har maydonchadan yig'ilgan savatchalar alohida-alohida torozida tortildi. *Matricaria chamomilla* L. ni hosildorlikni aniqlash jarayonida ajratilgan maydonchalardan 2- va 3- terim muddatlarida gullar o'z vaqtida terib olinib, avvalgi hosil

miqdoriga qo'shildi.

Birinci terimda 60-65% hosil yig'ilgan bo'lsa, ikkinchi terimda hosilning 15-18% qismi yig'ilganligi qayd etildi. Uchinchi terim gul shoxlarni kesish hisobiga hosilning 17 - 25% ni tashkil etdi.

Plantatsiyada *Matricaria chamomilla* L. ning hosildorlik miqdori ho'l holda o'rtacha 4224,9 kg/ga ni yoki quruq holda 938,8 kg/ga ni tashkil etdi(1-jadval).

1-jadval

***Matricaria chamomilla* L. ning plantatsiyasida hosildorlik ko'rsatkichlari**

Namuna maydonlarining tartibi	Terilgan gullar vazni, gr		1 ga hisobidagi hosildorlik, kg	
	Ho'l holda, gr	Quruq holda, gr	Ho'l holda kg	Quruq holda kg
1	348,30	77,40	3483,0	774,0
2	468,56	104,12	4685,60	1041,24
3	487,35	108,30	4873,50	1083,00
4	354,76	78,83	3547,60	788,35
5	453,5	100,77	4535,00	1007,77
O'rtacha			4224,9	938,8

Matricaria chamomilla L. ning terilgan gul savatchalarini tezda quritish uchun dorivor efir moyli o'simliklar uchun tavsiya etiladigan yaxshi shamol aylanadigan maxsus angarlar tayyorlandi. Gullar 24-25 °C haroratda, soya ekspozitsiyada 13-15 % namlikkacha 3-4 kun mobaynida quritildi. Maxsus angarlarda har bir kvadrat metr ga ho'l holda 4-5 kg. hisobida savatchalar yoyiladi.

Shuningdek, *Matricaria chamomilla* L. urug'ini yetishtirish uchun maxsus 0,10 ga maydon ajratilib, urug'lar to'liq pishib yetilganda savatchalar yig'ildi. Urug'ning pishib yetilganlik darajasi – savatchaning uzunchoq, konussimon shaklga kelishi bilan aniqlandi. Bu maydondagi savatchalar alohida yig'ib olinib, xomashyo urug' olish uchun belgilangan maydonga yoyildi.

Quruq holatga kelgan xomashyo yangi qoplarga joylashtirilib, qopga xomashyo nomi, o'simlik o'stirilgan joy, terilgan vaqt va xomashyo quritilgan joy hamda qoplangan kun yozilgan holda yoriqlanadi alohida quruq joyda saqlanadi.

Calendula officinalis L. plantatsiyasida hosildorlikni aniqlash. Kuzatishlar davrida har bir tup *Calendula officinalis* L.da 3-5 tadan gul va 7-8 dona g'unchalar borligi aniqlandi. Hosildorlikni aniqlash uchun plantatsiyada 5 maydoncha ajratildi yoki hisob-kitoblar 5 qaytarilish asosida amalga oshirildi.

Umuman aytganda, plantatsiyada o'rtacha hosildorlik gektar hisobida ho'l holda 12780 kg ni, quruq holda 1597,5 kg ni yoki o'rtacha gektar hisobida 15,98 sentner ni tashkil etdi (2-jadval)

2-jadval

***Calendula officinalis* L.ning plantatsiyasida hosildorlik ko'rsatkichlari**

Ajratilgan maydonlar	Terilgan gullar og'irligi, 1m ² /gr		1 ga hisobdagi hosildorlik, kg	
	Ho'l holda, gr	Quruq holda, gr	Ho'l holda, kg	Quruq holda, kg
1	130	16,25	11700	1462,5
2	170	21,25	15300	1912,5
3	120	15,00	10800	1350,0
4	140	17,50	12600	1575,0
5	150	18,75	13500	1687,5
O'rtacha			12780	1597,5

Calendula officinalis L.ning yig'ib olingan gul savatchalarini tezda quritish uchun yaxshi shamol aylanadigan maxsus angarda quritish kerak. Gullar 24-25 °C harorat ostida, soya ekspozitsiyada 13 % namlikkacha 3-4 kun mobaynida quritish jarayoni me'yorda bo'ladi. Maxsus angarlarda har bir kvadrat metr ga 1,5 -2,0 kg hisobida yoyiladi.

Calendula officinalis L. ning urug'i alohida ekilgan maydonda, urug' to'liq pishib

etilgan paytda qo'l kuchi yordamida idishlarga yig'ildi. Tajribalar davomida, alohida ekilgan maydon urug' olish uchun ajratildi va bu maydonda gul savatchalari yig'ib olinmaydi, yig'ilgan urug' xomashyosi alohida joyga yoyildi. Urug' hosildorligi gektar hisobiga 240-250 kg ni tashkil etdi.

Matricaria chamomilla L. va *Calendula officinalis* L. dan olingan hosilning iqtisodiy samaradorligini hisoblashda xarajat va daromadlar ko'rsatkichlari, aynan Xorazm viloyati sharoitida (dorixonalar, bozorlarda sotilayotgan dorivor o'simliklar xomashyosi) mavjud narxlar olindi. Bugungi kunda *Matricaria chamomilla* L. ning 1 kg xom ashyosi xarid narhi 55000 so'mni, *Calendula officinalis* L. esa 35000 so'mni tashkil etdi.

3-jadval

Matricaria chamomilla L. va *Calendula officinalis* L. ning plantatsiyalarda iqtisodiy samaradorligi

Iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari		<i>M. chamomilla</i>	<i>C. officinalis</i>
O'rtacha hosildorl, s/ga		9, 388	15,98
1 kg xom ashyosi xarid narhi		50000	35000
Hosilni sotishdan tushgan pul, so'm/ga		51634000	55930000
Jami xarajatlar, so'm/ga		29646585	30970918
SHu jumladan, so'm/ga	O'g'it uchun	1715000	1715000
	Urug'lik uchun	500000	1 200 000
	mehnat haqqi	20000000	20000000
	mexanizatsiya va qo'shimcha xarajatlar	7 431 000	8 055 000
sof foyda, so'm/ga		26681415	24950082

Ushbu ikki tur dorivor o'simliklarning plantatsiya tashkil qilinishi uchun 1 gektar hisobida ketgan sarf xarajatlar maydonni tayyorlash, agrotexnik tadbirlarni qo'llash uchun, mineral o'g'itlardan foydalanish, hosilni yig'ish va dastlabki qayta ishlash, xom ashyoni qoplash hisoblab chiqildi(3-jadval).

Xulosa. O'tkazilgan ilmiy tadqiqot ishlari bo'yicha quyidagi xulosalarga kelish mumkin: Ekish muddatlari va usullari dorivor o'simliklarning plantatsiyasida hosildorlik ko'rsatkichlari ta'sir qiladi;

Dorivor moychechak (*Matricaria chamomilla*) ekish uchun tanlab olingan maydonga moychechak urug'lari qo'l bilan oddiy yelim idishlarga ostki qismi teshilgan holda 50-60 sm qator oralari bo'lgan qatorlarning ustki qismiga sepib ekiladi. Har gektariga 4-5 kg. urug' sarflanadi. O'simlik urug'lari 8-10 kunda unib chiqishi, Sug'orilganda ekinni yuvib ketmasligi uchun ohista jildirab suv berililishi, Suv sarfi 1 ga maydonga 800-1000 m³ ni tashkil etishi aniqlandi. O'simlik to'pgullarini yig'ish qo'l terimi bilan dorivor moychechak gullarini yig'ishni amalga oshiradi (1 kunda bir teruvchi o'rtacha 30-33 kg ho'l holda yoki maydon jihatidan o'rtacha 100-110 m² (0,011ga) gul xomashyosini terishi hisobga olindi).

2. Dorivor tirnoqgul (*Calendula officinalis*) unumdor tuproqni yoqtiradi. O'simlik uzoq vaqt va yaxshi gullashi uchun kuzgi shudgor vaqtida har gektar yerga 30-40 tonnadan go'ng yoki 20 tonna go'ngga 60 kg fosforli o'g'itlar aralashtirish yaxshi samara beradi.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, ilmiy tadqiqotlarimiz natijalariga ko'ra ushbu dorivor o'simliklarni Xorazm viloyatining o'rtacha sho'rlangan tuproqlarida ekish, yetishtirish va keng maydonlarda plantatsiyalarini tashkil etish hamda farmatsevtika ishlab chiqarish tarmog'ini mahalliy xomashyo bilan ta'minlash imkoniyatini yaratishi ilmiy natijalar bilan asoslandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. To'xtayev B.Y., Mahkamov T.X., To'laganov A.A., Mamatkarimov A.I., Mahmudov A.V., Allayarov M.O'. Dorivor va ozuqabop o'simliklar plantatsiyalarini tashkil qilish va xomashyosini tayyorlash bo'yicha yo'riqnom. – Toshkent, 2015. – B. 3.

2. E.T. Axmedov, E.T. Berdiyev. Dorivor o'simliklari yetishtirish texnologiyasi (o'quv qo'llanma). – T., 2017. – 252 bet.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 14-fevraldagi "Farmatsevtika tarmog'ini jadal rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi PQ-3532-sonli qarori. 9.1 bandi "Dorivor o'simliklar plantatsiyalarini barpo etish" // Xalq so'zi, 2018-yil 15-fevral. – B.2.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-apreldagi "Yovvoyi holda o'suvchi dorivor o'simliklarni muhofaza qilish, madaniy holda yetishtirish, qayta ishlash va mavjud resurslardan oqilona foydalanish to'g'risida"gi PQ-4670-son Qarori. // Xalq so'zi, 2020-yil 11-aprel, №75 (7577). – B.3.
5. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 26-noyabrdagi "Dorivor o'simliklarni yetishtirish va qayta ishlash, ularning urug'chiligini yo'lga qo'yishni rivojlantirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar ko'lamini kengaytirishga oid chora-tadbirlar to'g'risida" gi PQ-4901-son Qarori. // Xalq so'zi, 2020-yil 27-noyabr, №250 (7752). – B. 1-2.
6. B.E. Tuxtayev, O'zbekistonning sho'r yerlarida dorivor o'simliklarning introduksiyasi: biol. fanl. dokt. diss. avtoref. – T., 2009, 4 b
7. В.Н. Нилов, 1980. Методы статистической обработки материалов фенологических наблюдений. Журнал ботаники. 65, №2. с.282-284.
8. Б.А.Доспехов, 1985. Методы полевых экспериментов (на основе статистической обработки результатов исследований). Агропромиздат. 351 стр.
9. Пименов К.С. Биологические основы возделывания лекарственных растений Среднем Поволжье: дис. в виде науч. докл. на соиск. уч. ст. д. биол. н.// М., 2002. – 61 с.
10. Murdaxaev Y. M. O'zbekistonda vatan topgan dorivor o'simliklar. – Toshkent: Fan, 1990. B. 27-38.

QORAQALPOG'ISTON RESPUBLIKASI SHAROITIDA MAKTAB O'QUVCHILARINING JISMONIY TARAQQIYOTI

Shamuratova G.

Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat
universiteti tayanch doktoranti
shamuratovagulshexra7@gmail.com
ORCID 0009-0005-2171-6141
UDK 574/577+572.79+613.2

Annotatsiya. Maqolada Qoraqalpog'iston Respublikasining Nukus shahri, To'rtko'l va Mo'ynoq tumanlaridagi umumta'lim maktablarda tahsil olayotgan 1844 nafar (shundan 977 nafari o'g'il bolalar, 867 nafari esa qizlar) 14-15 yoshli o'quvchilarning jismoniy rivojlanish ko'rsatkichlarini o'rganish natijalari keltirilgan. O'quvchilarning bo'y uzunligi, tana vazni va Kettle indeksi umumiy qabul qilingan antropometrik va somatometrik usullar yordamida aniqlangan. Olingan natijalarga ko'ra, 14-15 yoshli o'g'il bolalarning o'rtacha 57,7% me'yoriy tana vazni, 36,2% kam tana vazni, 4,2% esa ortiqcha tana vazni hamda ularning o'rtacha 1,21% da I darajali, 0,1% da II darajali va 0,2% da esa III darajali semizlik aniqlangan. Shuningdek, qizlarning o'rtacha 57,4% da me'yoriy, 35,6% da me'yoridan kam va 4,7% da me'yoridan ko'p tana vazni hamda ularning o'rtacha 1,85% da I darajali, 0,12% da II darajali va 0,21% da esa III darajali semizlik qayd qilingan.

Kalit so'zlar: Kettle indeksi, jismoniy rivojlanish, Xit Karter protokoli, tana vazni, bo'y uzunligi, semizlik, maktab o'quvchilari.

PHYSICAL DEVELOPMENT OF SCHOOLCHILDREN IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN

Abstract. The article presents the results of a study on the physical development indicators of 1,844 students (977 boys and 867 girls), aged 14–15, studying in general education schools in the city of Nukus, as well as in the Tortkol and Muynak districts of the Republic of Karakalpakstan. The students' height, body weight, and Quetelet index (BMI) were measured using standard anthropometric and somatometric methods. According to the obtained results, among 14–15-year-old boys, 57.7% had normal body weight, 36.2% had underweight, and 4.2% had overweight. Additionally, obesity of the first degree was identified in 1.21% of the boys, the

second degree in 0.1%, and the third degree in 0.2%. Among girls, 57.4% had normal body weight, 35.6% were underweight, and 4.7% were overweight. Obesity of the first degree was found in 1.85% of the girls, the second degree in 0.12%, and the third degree in 0.21%.

Keywords: Kettle index, physical development, Heath-Carter protocol, body weight, height, obesity, schoolchildren.

Kirish. Ma'lumki, tana vazni hamda bo'y uzunligi ko'rsatkichlari kishilarning salomatligini belgilaydigan muhim omillardan biri bo'lib hisoblanadi. Bu ayniqsa maktab yoshidagi bolalar hayotida alohida ahamiyat kasb etadi. Ya'ni ularning har tomonlama o'sib-ulg'ayishiga har xil ichki hamda tashqi omillar turli darajada ta'sir ko'rsatadi [1-3]. Shu bois maktab o'quvchilarining antropometrik ko'rsatkichlarini o'rganish hamda monitoring qilish bolalarning individual jismoniy rivojlanish holatini baholash hamda salomatlik ko'rsatkichlarini yaxshilash uchun xizmat qiladi [4-7]. Sog'lom ovqatlanish maktab yoshidagi bolalarning jismoniy va intellektual rivojlanishining asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Oqilona ovqatlanishni tashkil etish orqali bolaning yoshi va jinsiga qarab me'yoriy o'sish hamda vazn ko'rsatkichlari belgilanadi, tana ehtiyoji uchun zarur bo'lgan makro- va mikronutrientlarning kunlik talab me'yorlari qabul qilinadi. Noto'g'ri ovqatlanish esa bolalarning jismoniy holatiga, ularning salomatligiga hamda yuqumli bo'lmagan kasalliklarning rivojlanish xavfini oshirishga sabab bo'lishi mumkin [2-11].

Shu munosabat bilan maktab o'quvchilarining tana vazni, bo'y uzunligi hamda Kettle indeksini o'rganish va tahlil qilish fiziologiya hamda tibbiyot amaliyotidagi dolzarb vazifalardan biri bo'lib hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Kuzatuvlar Qoraqalpog'iston Respublikasining Nukus shahri, Mo'ynoq hamda To'rtko'l tumanlaridagi umumta'lim maktablarida tahsil olayotgan 1844 nafar (shundan 977 nafar o'g'il bolalar: 14 yoshlilar 465 nafar, 15 yoshlilar 512 nafar, qizlar esa 867 nafar: 14 yoshlilar 437 nafar, 15 yoshlilar 430 nafar) 14-15 yoshli o'quvchilar o'rtasida olib borildi. O'quvchilarning tana vazni va bo'y uzunligini aniqlashda antropometrik usullardan foydalanildi. Xit Karter protokoli asosida ulardan 18 xil tana o'lchamlari olindi. Tana vazni va bo'y uzunligi ko'rsatkichlari asosida Kettle indeksi aniqlandi. Bunda semizlik va kam vaznni tashxislash uchun tana massasi indeksini (IMT) aniqlashning xalqaro usulidan foydalangan holda baholandi, bunda <18,5 kam tana vaznli, $\geq 18,5$ va <25 normal tana vazni, ≥ 25 va <30 ortiqcha vazn, ≥ 30 va <35 semizlikning I darajasi, ≥ 35 va <40 semirib ketish II darajasi, ≥ 40 semirib ketish III darajasi deb belgilangan [7,8].

Natijalar va muhokama. Olingan natijalarga ko'ra, 14-15 yoshli maktab o'quvchilarining tana vazni ko'rsatkichlari bo'yicha taqsimlanishi quyidagicha: kuzatuvga jalb qilingan o'quvchilarning o'rtacha 57,5% da me'yoriy, 35,9% kam tana vazni hamda 4,32% da esa ortiqcha tana vazni aniqlandi. Shuningdek, ularning o'rtacha 1,5% da I darajali, 0,11% da II darajali hamda 0,20% da esa III darajali semizlik qayd etildi.

Quyida Nukus shahri, To'rtko'l va Mo'ynoq tumanlari kesimida olingan natijalarni batafsil muhokama qilish uchun tegishli jadvallar hamda gistogrammalarni keltiramiz.

1-jadval

Nukus shahridagi maktab o'quvchilarining tana vazni indeksi bo'yicha taqsimlanishi (2024-yil, % hisobida)

Yoshi	Soni	Me'yoriy tana mas- sasiga ega bo'lganlar	Kam tana massasiga ega bo'lganlar	Ortiqcha tana massasiga ega bo'lganlar	Semizlikning tiplari		
					I darajali semizlik	II darajali semizlik	III darajali semizlik
O'g'il bolalar							
14	156	59,62	35,25	5,13	-	-	-
15	187	63,64	31,02	4,28	1,06	-	-
Qiz bolalar							
14	132	60,61	34,85	2,27	2,27	-	-
15	130	65,38	28,46	2,31	3,08	0,77	-

Nukus shahridagi 14 yoshli maktab o'quvchilarining o'rtacha 59,62% me'yoriy tana massasiga, 35,25% kam tana massasiga hamda o'rtacha 5,13% o'quvchida ortiqcha tana vazni qayd etildi. Ya'ni 156 nafar o'quvchidan 8 nafarida ortiqcha vazn aniqlandi.

15 yoshli 187 nafar o'g'il bolalarning 63,64% (119 nafar o'quvchi) normal tana massasiga ega bo'lsa, 31,02% (58 nafar o'quvchi) da kam tana massasi qayd etildi. Ortiqcha vaznli o'g'il bolalar esa 4,28% (8 nafar o'quvchi) ni, semizlikning I darajasi 1,06% (2 nafar o'quvchi) da kuzatildi.

Qizlarda tana massasi indeksi ko'rsatkichlarida ortiqcha vazn yoki semizlikning darajalari o'g'il bolalarga solishtirganda nisbatan yuqori ekanligini ko'rishimiz mumkin. 14 yoshli qizlarda o'rtacha 60,61% me'yoriy tana vazn, 34,85% da vazn yetishmovchiligi, o'rtacha 2,27% da ortiqcha vazn va 2,27% da esa semizlikning I darajasi qayd etildi.

15 yoshli qizlarda umumiy ko'rsatkichning 6,16% semizlikka moyil hisoblanishadi, ya'ni 1 nafar o'quvchida II darajali semizlik, 4 nafar o'quvchida I darajali semizlik, 3 nafar o'quvchida esa ortiqcha tana massasi aniqlandi. Normal vaznga 65,38% o'quvchi, kam tana massasi 28,46% o'quvchida kuzatildi.

2-jadval

Mo'ynoq tumanidagi maktab o'quvchilarining tana vazni indeksi bo'yicha taqsimlanishi (2024 yil, % hisobida)

Yoshi	Soni	Me'yoriy tana mas-sasiga ega bo'lganlar	Kam tana massasiga ega bo'lganlar	Ortiqcha tana massasiga ega bo'lganlar	Semizlikning tiplari		
					I darajali semizlik	II darajali semizlik	III darajali semizlik
O'g'il bolalar							
14	142	50,00	45,00	5	-	-	-
15	158	56,96	38,61	1,90	1,90	-	-
Qiz bolalar							
14	155	50,33	43,87	4,52	0,64	-	0,64
15	142	57,04	35,21	7,04	0,70	-	-

Mo'ynoq tumanidagi 14 yoshli o'g'il bolalarning teng yarmi (50%) me'yoriy tana massasiga, o'rtacha 45% ni kam vaznlilar tashkil etdi. 5% o'g'il bolalarda normadan ortiq tana massasiga ega ekanligi aniqlandi.

14 yoshli qizlarda semizlikning 2 xil tipi aniqlandi, ya'ni I va III darajali semizlik, ular birdek 0,64% ni tashkil etdi. O'quvchilarning teng yarmida normal tana vazni, 43,87% da vazn yetishmaslik, 4,52% da esa ortiqcha vazn aniqlandi (2-jadvalga qarang).

15 yoshli o'g'il bolalarda semizlik va ortiqcha tana massasi birdek 1,9% ni, kam vaznlilar esa 38,61% ni tashkil etadi. Normal tana massasiga ega o'g'il bolalar 56,96% ga teng bo'ldi.

15 yoshli qizlarda 142 nafar o'quvchining 57,04% (81 nafar o'quvchi) da normal vazn, 35,21% (50 nafar o'quvchi) da kam tana vazni, 7,04% (10 nafar o'quvchi) da ortiqcha vazn va 0,7% (1 nafar o'quvchi) da semizlikning I darajasi aniqlandi.

3-jadval

To'rtko'l tumanidagi maktab o'quvchilarining tana vazni indeksi bo'yicha taqsimlanishi (2024 yil, % hisobida)

Yoshi	Soni	Me'yoriy tana mas-sasiga ega bo'lganlar	Kam tana massasiga ega bo'lganlar	Ortiqcha tana massasiga ega bo'lganlar	Semizlikning tiplari		
					I darajali semizlik	II darajali semizlik	III darajali semizlik
O'g'il bolalar							
14	167	56,30	32,90	6,60	2,40	0,60	1,20
15	167	59,88	34,72	2,40	3	-	-
Qiz bolalar							
14	150	53,69	40,94	4,03	1,30	-	-
15	158	57,59	30,38	8,23	3,16	-	0,63

To'rtko'l tumanidagi maktab o'quvchilarining tana vazni indeksi bo'yicha

taqsimlanishini ko'rib chiqadigan bo'lsak, 14 yoshli o'g'il bolalarda semizlikning 3 tipini ham uchratishimiz mumkin. I darajali semizlik o'quvchilarning 2,40% da, II darajali semizlik 0,60% o'quvchida hamda ularning 1,20% da III darajali semizlik, 6,60% da ortiqcha vazn aniqlandi. Me'yoriy tana vazni o'quvchilarning o'rtacha 56,30% da, kam tana vazni esa o'rtacha 32,90% o'quvchida kuzatildi.

15 yoshli o'g'il bolalarda, ya'ni 167 nafar o'quvchining 100 nafarida (59,88% da) normal tana vazni, 58 nafar o'quvchida (34,72%) kam tana massasi, 4 nafarida (2,4%) esa ortiqcha vazn, 5 nafar o'quvchida (3%) I darajali semizlik aniqlandi.

14 yoshli qizlarning o'rtacha 53,69% da me'yoriy vazn, kam tana massasiga ega o'quvchilar 40,94% ni, ortiqcha vaznli va semizlikning I darajasi birgalikda 5,33% ga teng bo'ldi.

15 yoshli qizlarda esa 158 nafar o'quvchining 91 nafari (57,59%) normal holatda, 48 nafar o'quvchi (30,38%) kam tana massasiga ega, 13 nafar o'quvchida 8,23%) ortiqcha vazn kuzatildi. Shu bilan birga, I darajali semizlik 5 nafar o'quvchida (3,16%), III darajali semizlik 1 nafar o'quvchida (0,63%) kuzatildi.

Xulosa shuki, rivojlanayotgan mamlakatlarda, xususan Janubiy Osiyoda, millionlab bolalarning o'limiga va sog'lig'iga katta xarajatlarga olib keladigan kasalliklarning global yukiga eng katta sabab bolalarning kam ovqatlanishi deb taxmin qilinadi [10,11]. Bolalardagi semirish global epidemiya darajasiga yetib keldi [4]. Bolalarning jismoniy rivojlanishi bo'yicha olingan ma'lumotlar, bu shahar yoki tumanlarimizdagi ekologik sharoitlarga, ularni mahalliy urf-odatlar, ovqatlanishi, oilaning ijtimoiy-iqtisodiy kelib chiqishi, ichimlik suvi sifati va boshqa sharoitlarga bog'liq bo'lishi mumkin. Normal, kam va ortiqcha vazn tendensiyalarini o'rganganimizda, Kettle indeksning pasayishi, ya'ni kam vaznlik yuqumli kasalliklar va oshqozon-ichak kasalliklarining xavfini biroz oshishiga olib kelishi mumkin, ortiqcha vazn va semizlikning har 3 tipida ham nafas olish tizimida, yurak-qon tomir kasalliklari, gipertoniya, 2-toifa diabet, o't toshlari va saratonning ayrim shakllari rivojlanishiga olib kelish ehtimoli yuqori hisoblanadi. Bunday vaziyatlarning kelib chiqishini oldini olish uchun qaytarib bo'lmaydigan metabolik o'zgarishlar sodir bo'lgunga qadar erta vazn yo'qotish, ya'ni to'g'ri va ratsional ovqatlanish va jismoniy faollik tarzini tashkil etish zarur hisoblanadi [1,4,5].

Yuqoridagi fikrlarni umumlashtirib, Nukus shahri maktab o'quvchilarining me'yoriy tana vaznli o'quvchilarning foiz ko'rsatkichlari yuqoriroq, Mo'ynoqda esa eng past ekanligi, ya'ni $N>T>M$ ko'rinishida pasayishi kuzatildi. Bunday holat ekologik noqulay sharoitda yashaydigan o'quvchilarning jismoniy rivojlanishi hamda kundalik turmush tarzini tizimli o'rganish hamda tahlil qilish zarurligini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization Physical status the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Technical Report Series №854 Geneve 1995.
2. The nutrition challenge: food system studies WHO.2018. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-18-10>
3. Кузмичев Ю.Г., Богомоллова Е.С., Калюжный Е.А., и др. Информативность региональных и международных стандартов оценки длины и массы тела детей и подростков // Медицинский альманах. 2015. 2(37):83-86
4. Muhammad Umair Mushtaq, Sibgha Gul, Komal Mushtaq, Husain Muhammad Abdullah...Height, Weight and BMI percentiles and nutritional status relative to the international growth references among Pakistani school-aged children.19.03. 2012. p 2-11
5. Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Бокарева Н.А. История изучения показателей физического развития детей и подростков и гигиене (50-летию выхода первого сборника материалов по физическому развитию детей и подростков городов и сельских местностей СССР (России)) //ЗНиСО. 2012 №8. С. 12-14
6. Нисанова С.Н., Ережепова Д.А., Матчанов А.Т. Дефицит массы тела и состояние питания у подростков, проживающих в экологически неблагополучном регионе. //

“Жанубий Оролбўйи табиий ресурсларидан оқилона фойдаланиш” мавзусидаги X Республика илмий-амалий конференцияси материаллари. – Нукус. 2022. - С. 338-340

7. Хайитов Ж.Б., Бурибоев Э.М., Ниязова О.А. Исследование и оценка фактического питания детей и подростков спортсменов. - Academic Research in Educational Sciences/ Volume 4/Issue 4/2023. - С 342-348

8. Н.В.Тапешкина., Т.Д.Логунова., Т.Г.Карсакова., Д.В.Пестерова. Анализ фактического питания школьников в разные возрастные периоды. Том 103, №4 (2024)

9. Cole.T.J Growth references and standarts. Human Growth and Development. San Diego Academic 2006

10. Jafar T, Qadri Z, Islam M. Rise in childhood obesity with persiscently high rates of undernutrition among urban school-aged Indo Asian children. 2008.93(5)373-378

ПОЛЫННО-БИЮРГУНОВЫЕ ПАСТБИЩА С РЕДКИМИ САКСАУЛАМИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КЫЗЫLKУМА: КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Садинов Жасур Самандарович

Младший научный сотрудник Института ботаники
Академии наук Республики Узбекистан

ssjasur@mail.ru

ORCID 0000-0002-2600-6609

УДК 581.5 (575.13)

Аннотация. В статье представлены результаты кадастровой оценки и эколого-геоботанической характеристики полынно-биюргуновых пастбищ с редкими саксаулами (*Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Haloxylon ammodendron*), распространённых на засоленных супесях и такырах Северо-Западного Кызылкума. Проведено комплексное исследование их площадей (280,4 тыс. га), бонитета (15,6 баллов), сезонной продуктивности (в среднем 2,2 ц/га), валовых запасов кормов и питательной ценности растительной массы. Подробно рассмотрена структура растительного покрова, биологическая роль доминантных видов и степень деградации экосистемы (27 баллов). Отмечено, что, несмотря на низкий бонитет, данные пастбища обладают устойчивым кормовым потенциалом и важным экологическим значением, обеспечивая круглогодичное использование в системе традиционного животноводства благодаря развитой сети водоисточников и высокой продуктивности в осенне-зимний период.

Ключевые слова: Северо-Западный Кызылкум, пастбища, кадастровая оценка, бонитет, продуктивность, биомасса, экология, деградация.

Annotatsiya. Maqolada Shimoli-g'arbiy Qizilqumning sho'rlangan qumoq va taqir tuproqlarida tarqalgan siyrak saksovulli-shuvoqli-biyurg'unzor (*Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Haloxylon ammodendron*) yaylovlarining kadastr baholash natijalari hamda ularning ekologik-geobotanik xususiyatlari keng yoritilgan. Tadqiqotda yaylovlarning umumiy maydoni (280,4 ming gektar), bonitet ko'rsatkichi (15,6 ball), mavsumiy hosildorlik (o'rtacha 2,2 s/ga), yalpi yem zaxiralari va ozuqaviy qiymatlari aniqlanib, ularning tabiiy o'zgaruvchanligi baholandi. O'simlik qoplamining fitotsenotik tarkibi, dominant turlarning ekologik va meliorativ roli, shuningdek, antropogen bosim va tabiiy omillar ta'sirida shakllangan degradatsiya darajasi (27 ball) tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, boniteti past bo'lishiga qaramay, mazkur yaylovlar suv manbalari bilan yaxshi ta'minlangan, tuproqni eroziyadan himoya qiluvchi barqaror o'simlik qoplamiga ega hamda kuz-qish mavsumlarida yuqori biomassasi bilan chorvachilik uchun yil davomida muhim ekologik va xo'jalik resursi hisoblanadi.

Kalit so'zlar: Shimoli-g'arbiy Qizilqum, yaylovlar, kadastr baholash, bonitet, hosildorlik, biomassa, ekologiya, degradatsiya.

Введение. Пастбищные экосистемы пустыни Кызылкум представляют собой уникальный природный ресурс, имеющий важное значение для поддержания биоразнообразия и устойчивого развития животноводства в аридных условиях Средней Азии [1, 2]. Северо-Западная часть Кызылкума (Каракалпакские Кызылкумы) занимает особое место благодаря сочетанию разнообразных

геоморфологических форм — барханных и грядовых песков, такырных впадин, засоленных понижений и закреплённых песчаных массивов. Эти природные условия определяют формирование специфических типов пастбищ, адаптированных к экстремальным факторам среды [3, 4].

Среди них особый интерес представляют полынно-биюргуновых пастбищ с редкими саксаулами (*Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Haloxylon ammodendron*), распространённые на засоленных супесях и такырах. Данный комплекс является типичным для Северо-Западного Кызылкума и играет важную роль в кормообеспечении мелкого и крупного рогатого скота, особенно в осенне-зимний период, когда другие типы пастбищ испытывают дефицит фитомассы.

По результатам кадастровых исследований, данные пастбища характеризуются низким бонитетом и невысокой продуктивностью в весенне-летний период, однако отличаются стабильностью кормовых ресурсов и значительным вкладом в поддержание пастбищного животноводства в условиях аридного климата. Кроме того, они выполняют важные экологические функции — закрепляют почвы, препятствуют развитию ветровой эрозии и сохраняют устойчивость экосистемы в целом.

В данной статье рассматриваются эколого-геоботанические особенности полынно-биюргуновых пастбищ с редкими саксаулами Северо-Западного Кызылкума, их кадастровая оценка, продуктивность и кормовой потенциал, а также вопросы рационального использования в системе устойчивого природопользования.

Материал и методы исследования. Материал и методы исследования. Объектом исследования являлся пастбищный комплекс «полынно-биюргуновые пастбища с редкими саксаулами», распространённый на засоленных супесях и такырах Северо-Западного Кызылкума, в пределах Берунийского, Элликалинского и Тахтакупырского районов Каракалпакстана (рисунок 1). Общая площадь контуров составила 280 421,4 га. В работе применялись следующие методы: геоботаническое описание и анализ структуры растительного покрова с определением проективного покрытия, плотности и участия доминантных видов; определение урожайности и питательной ценности кормов по методике И.В. Ларина и соавт. (Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР) [5, 6, 7]; классификация пастбищ и геоботанические показатели — в соответствии с методическими указаниями по геоботаническому обследованию естественных кормовых угодий Узбекистана [8]; таксономическая верификация видов — по международным базам данных *Plants of the World Online* (POWO) [9]; оценка степени деградации пастбищ — по балльной шкале, разработанной в рамках национальных кадастровых исследований; кадастровое описание — в соответствии с Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан № 914 от 7 ноября 2018 г. [10]. Особое внимание уделялось сезонной динамике урожайности кормовой массы, изменению питательной ценности кормов, а также анализу влияния природных и антропогенных факторов на устойчивость экосистемы пастбищной разности.

Результаты и их обсуждение. Пастбищная разность приурочена к засоленным супесчаным и такырным серо-бурым почвам равнин Северо-Западного Кызылкума. Для данных почв характерны высокая степень засоленности, плотная структура и низкая водопроницаемость, что ограничивает развитие травянистой растительности. В таких условиях устойчивость экосистемы обеспечивают редкие саксаулы (*Haloxylon ammodendron*) и типичные пустынные виды — *Anabasis salsa* и *Artemisia terrae-albae*. Их сочетание формирует устойчивые, хотя и разреженные, растительные сообщества, играющие ключевую роль в сохранении кормового потенциала и предотвращении ветровой эрозии.

Пастбищная территория обеспечена различными водными источниками, что позволяет активно использовать её для выпаса мелкого и крупного рогатого скота в

течение всего года, особенно вблизи жилых массивов (Костурба). На пастбище имеется обширная сеть водных источников, включая канал Китайказган, а также многочисленные колодцы: Караултепа, Камисты, Кампиртепа, Туркменказган, Берликбай, Шангбай, Жамбашжингил, Коржинкак, Чаловли, Абакан, Чабанказган, Кулкудук, Бозгул, и Киши-Болкол. На территории также расположены десятки резервуаров для хранения воды.

Данный пастбищный комплекс состоит из растительных сообществ с преобладанием *Anabasis salsa* и *Artemisia terrae-albae* на засоленных супесках и такырах с редким *Haloxylon ammodendron*. Структура покрова включает: биюргуновую ассоциацию (20%), полынно-биюргуновую ассоциацию (60%) и биюргуново-полынную ассоциацию (30%). В среднем проективное покрытие составляет около 18%, при благоприятных осадочных условиях может достигать 20% за счет развития эфемеров (рисунок 2). На микропонижениях, где накапливаются атмосферные осадки, плотность растений значительно выше, что улучшает общую структуру растительного покрова. Основные виды, формирующие растительный покров: *Anabasis salsa* — основной вид, занимающий до 20% общей проективной площади, обеспечивая устойчивость сообщества к засолению и недостатку влаги. *Artemisia terrae-albae* — на пастбище формирует до 8% покрова, играет важную роль в сохранении биоразнообразия и устойчивости растительного покрова.

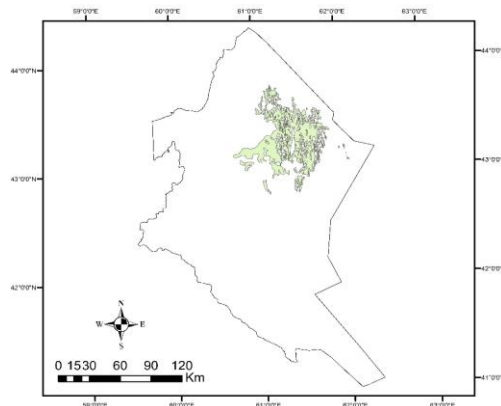


Рисунок 1 – Схема контура пастбищной разности «Полынно-биюргуновые пастбища с редкими саксаулами»

Haloxylon ammodendron — встречается редко (покрытие 1%), но оказывает значительное влияние на общую экосистему, защищая почвы от ветровой эрозии. Остальные виды, такие как *Caroxylon orientale*, *Artemisia diffusa*, *Eremopyrum orientale* и *Gamanthus gamocarpus*, имеют низкий уровень обилия и не оказывают существенного влияния на плотность покрова. Однако их присутствие в фитоценозе способствует созданию более сложной и устойчивой растительной структуры, что важно для поддержания общей экологической стабильности данного пастбищного комплекса.

Основными кормовыми видами выступают *Anabasis salsa* и *Artemisia terrae-albae*, обеспечивающие наибольший вклад в фитомассу пастбища в течение года.

Весенняя урожайность является самой низкой и составляет 1,4 ц/га, что связано с недостаточной поедаемостью и ещё низким сезонным приростом побегов у основных видов. Биюргун и полынь в этот период недостаточно поедаются скотом из-за высокого содержания влаги в тканях и ранних стадий вегетации. Летняя урожайность также составляет 1,4 ц/га, однако поедаемость в этот сезон возрастает. Листья *Artemisia terrae-albae* и молодые побеги *Anabasis salsa* становятся более привлекательными для поедания, и потребление травянистой массы увеличивается. Осенний период характеризуется максимальной сезонной урожайностью – 2,8 ц/га. В это время растения, такие как *Artemisia terrae-albae* и *Caroxylon orientale*,

высыхают и становятся более доступными для скота, благодаря чему поедаемость существенно возрастает. Осень представляет собой пик кормовой продуктивности, что позволяет пастбищу поддерживать удовлетворительную массу в этот сезон. Зимний период является самым продуктивным, достигая 3,4 ц/га, благодаря наличию сухих побегов, особенно у *Haloxylon ammodendron*, которые предоставляют большую часть зимнего корма. В это время саксаул и полукустарники служат основным источником фитомассы и обеспечивают около 40% всей кормовой массы.

Средняя сезонная урожайность пастбища составляет 2,2 ц/га. Данные по урожайности демонстрируют, что наибольший вклад в годовую продуктивность вносят осенние и зимние сезоны, что позволяет пастбищам на такырах сохранять кормовой потенциал и поддерживать нужды скота в холодный период года.

Сезонная урожайность, ц/га				
весна	лето	осень	зима	средняя
1,4	1,4	2,8	3,4	2,2



Рисунок 2 – Ландшафт пастбищной разности «Полынно-биюргуновые пастбища с редкими саксаулами»

Весной питательность кормов достигает 134 у.к.е. — это самый высокий показатель, что обусловлено активным накоплением перевариваемого протеина у видов, таких как *Anabasis salsa* и *Artemisia terrae-albae*. Летом питательность снижается до 83 у.к.е., что связано с началом фазы созревания и одревеснением побегов. Осенью питательность уменьшается до 64 у.к.е., а к зиме — до 40 у.к.е., отражая постепенное снижение перевариваемости питательных веществ. Сезонная урожайность по у.к.е. колеблется от 1,2 до 1,9 ц/га. Весна является самым продуктивным сезоном по у.к.е., составляя 1,9 ц/га. В летний и зимний периоды она снижается до 1,2 и 1,3 ц/га соответственно, отражая падение качества кормов. Кормовой запас по у.к.е. по сезонам: Весна: 67 932 ц/у.к.е., что представляет наименьший объем питательных ресурсов, несмотря на высокое качество. Лето: 99 970 ц/у.к.е., когда активно накапливается сухая масса растений. Осень: 123 670 ц/у.к.е., наибольший запас питательных веществ перед зимовкой. Зима: 388 952 ц/у.к.е., благодаря длительному периоду выпаса и относительно высокой устойчивости растений к снижению качества. В целом, пастбище характеризуется значительным кормовым запасом, наибольший из которых осваивается зимой благодаря устойчивой биомассе в холодный период.

Среднесезонная питательность пастбищной разности составляет 156 у.к.е на гектар. По этим показателям данная ПР относится к группе «очень бедные пастбища» (15,6 балл) [11].

Рекомендуемый подход к управлению данным пастбищем базируется на научных данных и направлен на повышение его продуктивности и устойчивости. Благодаря развитой сети водоисточников и близости жилых массивов (Костурба, канал Китайказган, колодцы), территория используется для круглогодичного выпаса мелкого и крупного рогатого скота.

Средний показатель пастбищной нагрузки составляет 0,1 усл. голов/га для

овец и 0,02 — для верблюдов. Для выпаса одной головы овец требуется около 1,8 га, а одной головы верблюда — 12 га пастбища. Сезонная нагрузка варьирует: для овец 0,055–0,31, для верблюдов 0,008–0,047 усл. голов/га, что считается допустимым уровнем для аридных территорий, обеспечивающим животных достаточным количеством корма.

Степень деградации данной пастбищной разности оценивается как средняя (27 баллов). На территории фиксируются отдельные проявления антропогенного и техногенного воздействия. Грунтовые дороги присутствуют, но их использование ограничено, поэтому влияние на растительный покров минимально. Основным фактором деградации является отгонное животноводство с периодическими случаями перевыпаса, что усиливает нагрузку на кормовую массу. Почвенная эрозия, обусловленная ветровыми процессами, выражена слабо и имеет локальный характер.

Заключение. Проведённые исследования показали, что полынно-биюргуновые пастбища с редкими саксаулами Северо-Западного Кызылкума занимают значительные площади (280,4 тыс. га) и характеризуются низким бонитетом (15,6 баллов), однако обладают важным кормовым и экологическим потенциалом. Несмотря на относительно скромную урожайность в весенне-летний период, данные пастбища обеспечивают устойчивые кормовые ресурсы в осенне-зимние сезоны, когда возрастает роль саксаула и полукустарников. Экологическая ценность пастбищ проявляется в их способности закреплять почвы, предотвращать ветровую эрозию и поддерживать устойчивость экосистем в условиях засоленных супесей и такыров. Развитая сеть водоисточников позволяет использовать их для круглогодичного выпаса овец и верблюдов, что делает данный комплекс важной частью традиционного скотоводства Каракалпакстана. Вместе с тем установлено, что степень деградации пастбищной разности оценивается как средняя. Основными факторами остаются перевыпас и антропогенное воздействие, что требует рационального регулирования пастбищной нагрузки.

Таким образом, устойчивое использование полынно-биюргуновых пастбищ с редкими саксаулами должно основываться на научно обоснованном управлении: соблюдении нормативов нагрузки, внедрении ротационного выпаса и сохранении водных источников. Это позволит повысить продуктивность, сохранить биоразнообразие и обеспечить долгосрочную экологическую устойчивость пастбищ Северо-Западного Кызылкума.

Исследования выполнены в рамках государственных программ: «Оценка современного состояния растительного покрова и пастбищных ресурсов Республики Каракалпакстан», «Цифровая природа», «Создание экологически информатизированного фонда ценофлоры и разработка цифровой платформы кадастра пастбищ засушливых природно-географических регионов».

Список использованной литературы

1. Vasila Sharipova, Nodira Rakhimova, Tashkhanim Rakhimova and Jasur Sadinov. Current state of mixed-Calligonum (Calligonum L.) type of pastures in North-Western Kyzylkum (Uzbekistan). E3S Web of Conf. Volume 537, 2024. International Scientific and Practical Conference “Sustainable Development of the Environment and Agriculture: Green and Environmental Technologies” (SDEA 2024). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453703002>
2. Рахимова Т., Рахимова Н.К., Садинов Ж.С. Анализ кормовых растений Северо-западных Кызылкумов. - Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси: илмий журнал. - №4/1 (113), Хоразм Маъмун академияси, 2024 й. – 242 б. <http://mamun.uz/uz/page/56>
3. Рахимова Т., Адилов Б.А., Садинов Ж.С. Современная классификация пастбищ Северо-Западного Кызылкума (Узбекистан). XXIII Международная научно-практическая конференция: Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – г. Барнаул, 22-25 мая 2024 г. Ст. 343-346.
4. Садинов Ж.С. Оценка пастбищных ресурсов Северо-Западного Кызылкума:

биоразнообразие, продуктивность и деградация. Материалы II Международной научно-практической конференции. “Сохранение биологического разнообразия в Центральной Азии: проблемы, решения и перспективы” – г. Наманган, 26-27 мая 2025 г. Ст.78-82.

5.Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А., Ларина В.К. и др. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. – М. – Л., 1950. – Т. 1., 688 с.

6.Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А., Ларина В.К. и др. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. – М. – Л., 1951. – Т. 2., 948 с.

7.Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А., Ларина В.К. и др. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. – М. – Л., 1956. – Т. 3., 880 с.

8.Методические указания по геоботаническому обследованию естественных кормовых угодий Узбекистана. – Ташкент, 1980. – 170 с.

9.<https://powo.science.kew.org/>

10.Постановление Кабинета Министров от 7 ноября 2018 года № 914 «О ведении государственного учета, учета объемов использования и государственного кадастра объектов животного и растительного мира».

11.Николаев В.Н., Амангельдиев А.А., Сметанкина В.А. Пустынные пастбища, их кормовая оценка и бонитировка. – М.: Наука, 1977. – 123 с.

QARSHI VOHASIGA INTRODUKSIYA QILINGAN AYRIM NINABARGLI DARAXTLAR VA ULAR CHANG DONACHALARINING MORFOLOGIK XUSUSIYATLARI

Kattaboyeva Gulnoza Safarovna

Qarshi davlat universiteti Botanika kafedrası o‘qituvchisi

ORCID 0009-0009-5511-2222

kattaboyevagulnoz@gmail.com

Suyarova Mahliyo Sherzod qizi

Qarshi davlat universiteti, Botanika kafedrası magistri

mahliyosuyarova262@gmail.com

Rashidova Muxlisa Yorqin qizi

Turon universiteti Tibbiyot kafedrası assistent o‘qituvchisi

rashidovamuxlisa140@gmail.com

UDK 582.47 : 581.481

Annotatsiya. Maqolada Qarshi vohasi sharoitida introduksiya qilingan *Platycladus orientalis* (L.) Franco va *Cupressus arizonica* Greene turlarining chang donachalarining aerobiologik, morfologik va allergen xususiyatlarini o‘rganish natijalari keltirilgan. Tadqiqot davomida bahorgi changlanish davrida yig‘ilgan chang namunalarning morfometriyasi optik mikroskop yordamida tahlil qilingan. Natijalar *Platycladus orientalis* chang donachalarining subsferik-ellipsoid shaklli, monoporat aperturali va qalin do‘ngchali-qipiqchali ekzinaga ega ekanligini, *Cupressus arizonica* changining esa sferik shaklli, nisbatan yirik (25–35 mkm), aperturasiz va yupqa granulali ekzinaga ega ekanligini ko‘rsatgan. Har ikki turning changi yuqori darajada allergen bo‘lib, Cup a 1 va Cup a 3 kabi asosiy allergenlarni o‘z ichiga olishi hamda Cupressaceae oilasi vakillari o‘rtasida kuchli krest-reaktivlik kuzatilishi qayd qilingan.

Kalit so‘zlar: *Platycladus orientalis*, *Cupressus arizonica*, chang donachasi, palinologiya, aerobiologiya, ekzina, allergenlik, Cup a 1, Cup a 3, krest-reaktivlik, Cupressaceae.

MORPHOLOGICAL FEATURES OF SOME CONIFEROUS TREES AND THEIR DUST PARTICLES INTRODUCED TO THE KARSHI OASIS

Abstract. The article presents the results of a study on the aerobiological, morphological, and allergenic characteristics of pollen grains of *Platycladus orientalis* (L.) Franco and *Cupressus arizonica* Greene introduced into the conditions of the Karshi oasis. Morphometric analysis of pollen collected during the spring pollination period was carried out using an optical microscope. It was found that the pollen grains of *Platycladus orientalis* have a subspherical-ellipsoid shape, a monoaperturate type, and a thick exine with a rugose-scaly ornamentation. The pollen of *Cupressus arizonica* is characterized by a spherical shape, larger size (25–35 µm), absence of

apertures, and a thin granulate exine. It was noted that the pollen of both species exhibits high allergenicity, contains major allergens such as Cup a 1 and Cup a 3, and shows pronounced cross-reactivity among members of the Cupressaceae family.

Keywords: *Platyclusus orientalis*, *Cupressus arizonica*, pollen grains, palynology, aerobiology, exine, allergenicity, Cup a 1, Cup a 3, cross-reactivity, Cupressaceae.

Kirish. Ninabargli daraxtlar dunyo bo'yicha keng tarqalgan bo'lib, ularning manzarali, ekologik va aerobiologik ahamiyati juda yuqori baholanadi. Ninabargli daraxtlar o'ta manzarali bo'lib, shaharlar va aholi yashash joylarini ko'kalamzorlashtirishda muhim rol o'ynaydi. Ular uzoq umr ko'radi, turli iqlim sharoitiga chidamli bo'lib, yil davomida ko'rkam ko'rinishini saqlaydi [1]. Ekologik jihatdan, ninabargli daraxtlar shamoldan himoya qiluvchi zonalar yaratishda, havoni tozalashda va tuproq eroziyasini kamaytirishda muhim ahamiyatga ega. Ularning ildiz tizimi kuchli bo'lib, turli ekosistemalarda muvozanatni saqlashda faol ishtirok etadi [2]. Shu bilan birga, ularning chang donachalari aerobiologik nuqtayi nazardan ham diqqatga sazovor. Ninabargli daraxtlar ko'p miqdorda chang chiqarib, uni havo orqali ancha masofalarga tarqata oladi. Bu esa insonlar, ayniqsa, allergiyaga moyil shaxslar uchun muayyan xavf tug'dirishi mumkin. Chang donachalari nafas olish yo'llariga ta'sir qilib, allergik rinit, allergik konyuktivit, astma kabi kasalliklarni keltirib chiqarishi mumkin [3,4]. Shu sababli, bu daraxt turlarining biologiyasi, ekologiyasi, chang morfologiyasi va uning tarqalishi xususiyatlarini o'rganish nafaqat ilmiy, balki amaliy ahamiyatga ham ega.

Material va metodlar. Tadqiqot obyekti sifatida *Platyclusus orientalis* (L.) Franco va *Cupressus arizonica* Greene turlarining Qarshi vohasi sharoitida o'sayotgan namunalaridan olingan chang donachalari olindi. Chang namunalarini yig'ish uchun bahorgi changlanish davrida (mart-aprel) yetilgan erkak g'uddalaridan tabiiy to'kilgan chang namunalaridan foydalanildi.

Chang namunalarini yig'ish quyidagi tartibga amalga oshirildi: har bir turdan 3 nusxa yetuk o'simlik tanlandi, o'simlikning 1,5–2,0 m balandlikdagi erkak g'uddalaridan changlanishning maksimal davrida changlar steril qog'ozga silkitildi, namuna quritilib, salqin va qorong'i sharoitda saqlandi, 24 soat ichida laboratoriyada tekshirildi.

Mikroskopik tahlillar uchun quyidagi klassik palinologik usul qo'llanildi: chang donalari 96% li etanol bilan tozalandi, glitserin-jelatin yoki suvli glitserin (40%) muhitidan foydalanib preparat tayyorlandi. Har bir namuna uchun kamida 100 ta chang donasi o'lchandi. Chang donalarining morfologik xususiyatlari optik mikroskopda 400× o'lchamda kattalashtirib umumiy diametri (mkm), shakli (subsferik, ellipsoid, sferik), apertura turi va joylashuvi o'rganildi [5].

Allergen komponentlari va krest-reaktivlik holati ilmiy adabiyotlardagi manbalar asosida o'rganildi.

Natijalar va xulosa. *Platyclusus orientalis* (L.) Franco (Sharq savri) Tabiiy holda asosan Shimoliy Xitoy tog'larida o'sadigan, biota turkumiga mansub ninabargli daraxt. Pekindan g'arbga tomon o'rmon hosil qiladi. Tabiiy holda G'arbiy Hisorda, To'palang daryosi o'zanida ham uchrashi qayd qilingan. Madaniy holda dunyo bo'ylab keng tarqalgan. Doim yashil daraxt, noqulay sharoitda buta ko'rinishida o'sadi. Bo'yi 8-10 m, qulay sharoitda 18 m ga yetadi [6]. Mo'tadil iqlimni xush ko'radi. Biota nomi unga yashovchanligi tufayli berilgan (bios - hayot). Sekin o'sadi va 1000 yildan ortiq umr ko'radi. Pekinda shu yoshdagi daraxtlar uchraydi. Nurotadagi 2000 yillik "Archa ota"ni Makedonskiy tomonidan urushda o'lgan sarkardalari qabri ustida ektirilgan, degan mulohazalar mavjud [7]. Hozirda uning 60 ga yaqin manzarali navlari bor. Ular orasida novdalari tig'iz o'sadigan, shox-shabbasi konus shaklidagi kompakt formasi keng qo'llaniladi. Novdalarini kesganda tezda yangilarini hosil qiladi. Urug'lari bir

mavsumda pishib yetiladi va ularning unuvchanligi yuqori, 70-80% atrofida [8].

Issiqsevar va sovuqqa bardoshli, -30°C haroratga ham chidaydi. O'sish sharoitiga talabchan bo'lmasa-da, tuproq unumdorligi yuqori joylarda yaxshi o'sadi. Yorug'sevar, qisman soyada ham o'sa oladi, lekin quyoshli joyda yaxshi o'sadi. Novdalarini muddatida va me'yor talablariga rioya qilib kesilsa, o'simlikning durkun o'sishini ta'minlaydi.

"Tirik devor" yasashda keng foydalaniladi. Kuchli fitonsidlik xususiyati uni davolash maskanlarida ko'plab ekishga asos bo'ladi. Ninabargidan ajralib turgan efir moyi atmosfera havosini tozalab, ionlar bilan boyitadi. Antiseptik xususiyatiga ega.

Urug'idan va qalamchasidan oson ko'payadi. Urug'lari stratifikatsiya qilinmasdan bahorda ekiladi. Ular 2 haftada unib chiqadi. Ekish me'yori 1 pog. m da 4 g, ekish chuqurligi 2-2,5 sm bo'lishi tavsiya etiladi.

*P. orientalis*ning chang donachalari Cupressaceae oilasiga mansub bo'lgani uchun ularga xos umumiy xususiyatlarga ega. Allergenligi o'rtacha-yuqori, kuchli sensibilizator. Asosiy allergenlar: Cup a 1, Cup a 3, Cup a 4. Ayrim insonlarda krest-reaktivlik – immunitet tizimining bir xil tuzilishga ega bo'lgan, o'xshash antigenlarni farqlay olmay, ularga bir xil reaksiya berishi kuzatiladi (*Juniperus*, *Cupressus*, *Thuja* turlari bilan). Shuning uchun *Platyclusus* chang donachasi ham mavsumiy allergik rinit va konyunktivitni chaqirishi mumkin.

Optik mikroskopda *Platyclusus orientalis* chang donachasi quyidagi pallinologik belgilariga ega: shakli subsferik yoki keng ellipsoid; o'lchami o'rtacha 20–24 mkm; aperturasi monoporat (bir porali); porasi keng, biroz cho'zilgan, ekvator qismida joylashgan; ekzina (tashqi qobiq) qalinligi: 1.0–1.5 mkm, do'ngchali yoki mayda qipiqchali; ornamentatsiyasi *Juniperus* turlariga qaraganda yirikroq va qo'polroq bo'ladi.

Cupressus arizonica Greene (Arizona sarvisi) – sarvidoshlar oilasi, sarv turkumiga kiradi. XIX asrdan boshlab ekib o'stiriladi. Tarqalishi. Tabiiy holda AQShning janubi-g'arbida va Meksikada o'sadi. Issiq iqlimli o'lkalarda keng tarqalgan [9].

Doim yashil daraxt bo'lib, bo'yi 20 m ga, tanasi 50-70 ga yetadi, keng shox-shabbali. Shox-shabbasi piramida shakldagi ko'plab manzarali navlari yaratilgan. Ninabarglari moviy rangda, g'uddalari yirik, to'qqizil-qo'ng'ir ranglarda, daraxtga chiroyli manzara baxsh etadi.

Tez o'sadi, 3 yoshda bo'yi 2 m ga, 10 yoshda 6-7 m ga yetadi. Shunday bo'lishiga qaramay 500-600 yil umr ko'radi. Bahorda changlanadi, g'uddalari esa 2 yil davomida yetiladi [10]. Ular pishganda qo'ng'ir rangga kiradi. O'zbekistonning janubiy viloyatlarida yaxshiroq o'sadi va ko'rkam manzara namoyon qiladi.

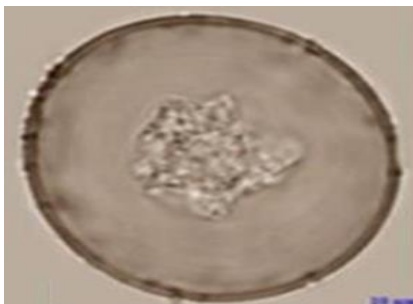
Sarvlar orasida issiqqa, sovuqqa va qurg'oqchilikka eng bardoshlisi. Shunisi bilan juda qadrli. Harorat $-20-25^{\circ}\text{C}$ ga tushganda ham sovuqdan zararlanmaydi. Lekin yoshligida sovuqdan himoyalash tavsiya etiladi.

*Cupressus arizonica*ning chang donachalari yuqori darajada allergen hisoblanadi. Ular mavsumiy allergik rinit, konyunktivit va ba'zan bronxial astmani keltirib chiqaradi. Asosiy allergenlar: Cup a 1, Cup a 3 hisoblanadi.

Cup a 1 kiparis va archa turlaridagi allergenlarga o'xshaydi [11]. Cup a 3 – lipid tashuvchi oqsil (LTP). *Cupressus* va *Juniperus* turlari o'rtasida kuchli o'zaro reaktivlik bor [12].

Cupressus arizonica changining morfologiyasi. Cupressaceae oilasiga mansub o'simliklarning changi morfologik jihatdan o'xshash. O'lchami: taxminan 25–35 mkm

diametrda. Shakli sferik yoki yarim sferik, ba'zan sezilarsiz ellipsoid. Aperturasi aniq ko'rinadigan teshiklarsiz.



Rasm. *Cupressus arizonica* chang donasining yorug'lik mikroskopdagi tasviri

Ekzina: yupqa, granulali yoki mayda to'rsimon tuzilishga ega, yorqin bezakli ornamentatsiyaga ega emas. Rangi: sarg'ish-to'q sariq. Changi yengil va quruq, shamol bilan oson tarqaladi.

Jadval

Qarshi vohasiga introduksiya qilingan ayrim ninabargli daraxtlar chang donachalari morfologiyasi

O'simlikning ilmiy nomi	Chang donachasi o'lchami (mkm)	Qutbli ko'rinishi	Ekvotorial ko'rinishi	Apertura tipi	Ekzina strukturasi	Ekzina qalinligi (mkm)
<i>Platycladus orientalis</i>	22,60±0,2	subsferik	keng ellipsoid	monoporat	mayda qipiqchali	1,28±0,14
<i>Cupressus arizonica</i>	26,17±0,16	Izopolyar	sferoidsimon	aperturasiz	chuqurchali	1,64±0,15

C. arizonica – shamol orqali changlanuvchi o'simlik; juda ko'p miqdorda quruq va uchuvchan chang hosil qiladi. Chang donalari *Pinaceae* kabi havo xaltachalariga ega emas, lekin kichik massasi uzoq masofaga tarqalishini ta'minlaydi. Chang donalari barqaror, havoda uzoq vaqt saqlanishi mumkin. Kiparis ekiladigan hududlarda (O'rta dengizbo'yi, AQSh janubi, Yevropa janubi, Kavkaz) havodagi asosiy allergenlardan biri hisoblanadi.

Xulosa. Shunday qilib, Qarshi vohasi sharoitiga introduksiya qilingan *Platycladus orientalis* chang donachalari Cupressaceae oilasiga xos bo'lib, subsferik yoki keng ellipsoid shaklli, o'rtacha 20-24 mkm, monoporat aperturali va do'ngchali-qipiqchali ornamentatsiyaga ega qalin ekzina bilan tavsiflanadi. *Cupressus arizonica* changi esa 25-35 mkm li sferik, aperturasiz, yupqa granulali ekzinali bo'lib, shamol bilan uzoq masofalarga tarqaladigan eng yengil aeroallergenlardan biridir. Har ikki tur changlarining morfologik o'xshashligi ularning yuqori allergenligi va *Juniperus* hamda *Cupressus* turlari bilan kuchli krest-reaktivlik ko'rsatishiga sabab bo'ladi. Shu bois bu turlar ekilgan hududlarda changning aeroallergen yuklamasi sezilarli darajada ortadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Nouri K. et al. Screening some pine species from North America and dried zones of western Asia for drought stress tolerance in terms of nutrients status, biochemical and physiological characteristics //Frontiers in Plant Science. – 2023. – T. 14. – C. 1281688.
2. Zhang W. et al. Effects of the root system architecture of *Pinus taeda* and *Phyllostachys edulis* on the index of hydrological connectivity in subtropical forest ecosystems //Forests. – 2022. – T. 13. – №. 12. – C. 2008.
3. Marcos C. et al. *Pinus* pollen aerobiology and clinical sensitization in northwest Spain //Annals of Allergy, Asthma & Immunology. – 2001. – T. 87. – №. 1. – C. 39-42.
4. Goyal A., Khaiwal R., Mor S. Role of winds and air masses in the transport of non-local *Pinus* sp. pollen at an urban location in North India: A statistical perspective //Atmospheric Pollution Research. – 2024. – T. 15. – №. 3. – C. 102014.

5. Faegri K., Kaland P.E., Krzywinski K. Textbook of pollen analysis.–1989.–С. 328.
6. Семенютина А.В., Цой М.В. Эколого-биологические особенности таксонов семейства Cupressaceae в дендрологических коллекциях сухостепного региона //Наука. Мысль: электронный периодический журнал. – 2021. – Т. 12. – №. 2. – С. 4.
7. L.H. Yoziyev, Sh.A. Samatova. Manzarali o'simliklar / Darslik / Qarshi: Fan va ta'lim, 2023. – 335 b.
8. Захаренко Г.С., Салогуб Р.В. Семеношение основных интродуцированных древесных растений в насаждениях степного Крыма //Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2017. – Т. 20. – С. 51-54.
9. Деревянко Н. В. Хвойные интродуценты, перспективные для зеленого строительства в Северном Причерноморье //Интродукция рослин.–2005.–№. 2. – С. 59-62.
10. Григорьев А.Г. Массовый посев семян и индивидуальный отбор морозостойких форм при интродукции // Бюл. ГБС АН СССР. — 1965. — Вып. 57. – С. 18—21.
11. Aceituno E. et al. Molecular cloning of major allergen from Cupressus arizonica pollen: Cup a 1 //Clinical & Experimental Allergy. – 2000. – Т. 30. – №. 12. – С. 1750-1758.
12. Suárez-Cervera M. et al. Effects of air pollution on Cup a 3 allergen in Cupressus arizonica pollen grains //Annals of Allergy, Asthma & Immunology. – 2008. – Т. 101. – №. 1. – С. 57-66.

BOLALAR VA O'SMIRLARNING RATSIONAL OVQATLANISHI VA UNING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

Husanova E'zoza Hamza qizi

Turon universiteti 2-kurs magistranti

xusanovaezoza057@gmail.com

Xolmirzayeva Sayyora Umrzoqovna

Turon universiteti 2-kurs magistranti

xolmirzaevasayyora902@gmail.com

Raxmatullayev Yorqin Shokirovich

Qarshi davlat universiteti Fiziologiya kafedrası professori

rakhmatullayev.e@mail.ru

ORCID 0000-0001-8214-7396

UDK 574/577+572.79+613.2

Annotatsiya. Maqolada maktabgacha va maktab yoshidagi bolalarning amaldagi ovqatlanishi, ularning ovqatlanish tartibi hamda kundalik iste'mol taomlari tarkibidagi makronutrientlarning miqdorini o'rganish natijalari keltirilgan. Ularning kundalik ovqatlanishi an'anaviy anketa-so'rov usulida o'rganilgan. Olingan natijalarga ko'ra, bolalarning kunlik ovqati tarkibidagi oqsillar, ayniqsa hayvon oqsillarining miqdori me'yorga nisbatan kam, uglevodlarning miqdori esa me'yoriga yaqin yoki undan sezilarli darajada ziyodligi qayd qilingan. Xususan, bolalarning kunlik ratsionidagi oqsil va yog'larning o'rtacha miqdori me'yorga nisbatan 86,6% va 84,1% ni tashkil etadi. Uglevodlarning o'rtacha miqdori esa me'yor ko'rsatkichlaridan 12,1% gacha ziyodligi aniqlangan. Shuningdek, bolalarning ovqatlanish tartibi tahlil qilinganda ularning 32,9% nonushtani, 54,3% tushlik o'z vaqtida qabul qilmaydi, 86,7% bolalarda kunlik ovqat kaloriyasining katta qismi asosan kechki ovqatga to'g'ri keladi. Bunday holat bolalarning ovqatlanishini korrektsiyalash hamda ularning kundalik ovqatidagi makronutrientlar miqdori o'rtasidagi mutanosiblikni ta'minlashga qaratilgan tegishli taomnomalar tuzishni taqazo etadi.

Kalit so'zlar: bolalar, o'smirlar, makronutrientlar, oqsillar, yog'lar, uglevodlar, ovqatlanish tartibi, kaloriya.

Annotation. This article presents the results of a study of the actual nutrition of preschool- and school-age children, their dietary patterns, and the amount of macronutrients in their daily diet. Their daily diet was assessed using a traditional questionnaire. According to the results, the amount of protein, particularly animal protein, in the children's daily diet is below the norm, while the amount of carbohydrates is close to or significantly above the norm. Specifically, the average amount of protein and fat in the children's daily diet is 86.6% and 84.1% of the norm, respectively. The average amount of carbohydrates was 12.1% above the norm. An analysis of the children's

eating habits also revealed that 32.9% skip breakfast, 54.3% miss lunch, and 86.7% consume the majority of their daily calories primarily at dinner. This situation requires adjustments to children's diets and the creation of appropriate menus aimed at ensuring a balance between the amounts of macronutrients in their daily diet.

Key words: children, adolescents, macronutrients, proteins, fats, carbohydrates, eating habits, calories.

Kirish. Ma'lumki, jismoniy va aqliy rivojlanishning eng faol davri maktabgacha hamda maktab yoshi davrlari hisoblanadi. Bolalarning bu davrdagi jismoniy faollik darajasi, ovqatlanish me'yorlari va odatlari kelajakda bolalarning qobiliyatlari shakllanishiga, salomatligiga va metabolik holatiga o'z ta'sirini ko'rsatmasdan qolmaydi [1-3]. Hozirgi kunda zamonaviy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, muntazam jismoniy mashqlar bilan shug'ullanish va sog'lom ovqatlanish ushbu yoshdagi bolalar uchun katta ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy tadqiqotlar maktabgacha va maktab yoshdagi bolalarning ovqat tarkibida asosiy oziq moddalarning yetishmasligi, bu esa ularning kunlik energiya sarfini to'la qoplanmasligi bilan bog'liq muammolar yuzaga kelmoqda [4-6, 12]. Bolalar va o'smirlarning me'yoriy ovqatlanishi va jismoniy faolliklari o'zaro bir biri bilan chambarchas bog'liq bo'ladi. Chunki tarkibida makroelementlarga boy bo'lga oziq-ovqatlarni is'temol qilishi natijasida bolalarda jismoniy faollik uchun zarur bo'lgan energiya va zarur moddalar bilan ta'minlaydi.

L.T.Bourne tomonidan 1990-yilda Keyptaun metropoliten hududida 3-6 yoshli afrikalik bolalarning ovqatlanish miqdori va antropometrik holatini aniqlash uchun so'rovnoma o'tkazilgan(n=163) va unga ko'ra, 24 soatlik tekshiruvlardan olingan ovqatlanish bo'yicha bir qator ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, o'rtacha energiya iste'moli past ekanligi (5200 kJ) va ko'pgina oziq moddalarining o'rtacha iste'moli tavsiya etilgan ovqatlanish me'yorlaridan sezilarli darajada kamligi aniqlangan.

I.K. Bogomolova va boshqalarning 2020-yilda e'lon qilgan maqolasida maktabgacha va boshlang'ich maktab yoshidagi bolalarning uyda ovqatlanishi ularning yoshiga mos keladi. Biroq, tekshiriluvchilarning 67,2% da ovqatlanish tartibi buzilgan, ularning 45,3% go'sht, 39,4% baliq, 27,4% sut mahsulotlarini va 17,5% sabzavot va mevalar yetarli darajada qabul qilmasligi e'tirof etilgan. Shuningdek, ota-onalarning 75,2% bolalari uchun yog'li, qovurilgan ovqatlar tayyorlaydi, 69,3% esa do'kondan sotib olingan yarim tayyor mahsulotlardan foydalanadi; oilalarning 33,6% bir xil ovqatlanish haqida xabar berishadi [5-7].

D.Muhammadjonova va M.Xolmirzayeva (2025) larning ilmiy maqolasida maktabgacha ta'lim yoshdagi bolalarning aqliy va jismoniy rivojlanishida sog'lom ovqatlanish muhim ahamiyat kasb etishi, bolalar ratsionining to'g'ri tashkil etilishi ularning immuniteti, aqliy faolligi va umumiy rivojlanishiga ta'sir ko'rsatishi o'rganilgan. Izlanishlar natijasida ovqatlanish tamoyillari, oziq moddalarning bog'cha yoshidagi bolalar organizmiga ta'siri va noto'g'ri ovqatlanishning salbiy oqibatlari haqida tahlillar keltirilgan. Ularning xulosalariga ko'ra, maktabgacha ta'lim muassasalari va ota-onalar uchun sog'lom ovqatlanishga oid tavsiyalar ishlab chiqishda mazkur tadqiqot asos bo'lib xizmat qilishi e'tirof etilgan.

Yuqoridagi fikrlardan kelib chiqib, biz kuzatuvlarimiz davomida 3-7 yoshli bolalarning amaldagi ovqatlanishi, xususan asosiy oziq moddalar bilan ta'minlanishini o'rganishni maqsad qilib oldik.

Material va metodika. Kuzatuvlar Qashqadaro viloyatining Qarshi shahridagi

“Donoginam” xususiy maktabgacha ta’lim tashkilotida tarbiyalanayotgan 3-7 yoshli 120 nafar bolalar o’rtasida olib borildi. Ularning amaldagi ovqatlanishi Rossiya Federatsiyasining Ovqatlanish instituti xodimlari tomonidan ishlab chiqilgan anketa-so’rov usulida o’rganildi [8]. Kunlik iste’mol taomlari tarkibidagi asosiy oziq moddalarning miqdori maxsus jadvallar asosida hisoblandi [11] va natijalar SanQM №0347-17 da keltirilgan me’yorlarga [9] nisbatan taqqoslandi.

Natijalar va muhokama. Bolalar organizmida o’sish va rivojlanish jarayonlarining jadalligi, ularning atrof-muhitning turli omillari ta’siriga moslanish xususiyatlari, ta’sirchanligi, immun tizimning o’ziga xos xususiyatlari va boshqa ko’rsatkichlari bilan kattalar organizmidan tubdan farq qiladi. Shu bois ular organizmining essensial va noessensial oziq moddalar bilan yetarli darajada ta’minlanishi ular tanasidagi fiziologik hamda biokimyoviy jarayonlarning me’yorida kechishi uchun xizmat qiladi. Bolalarning amaldagi ovqatlanishi, xususan ularning oqsillar, yog’lar va uglevodlar bilan ta’minlanishini o’rganishga oid olingan natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

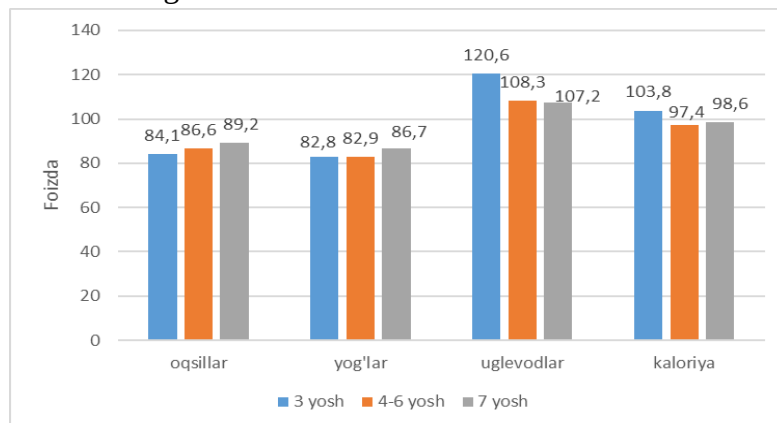
Bolalar kunlik ovqatining kimyoviy tarkibi va energetik qiymati
(2025-yil, bahorgi mavsum)

Ko’rsatkichlar	3 yosh		4-6 yosh		7 yosh	
	Natija	Meyor	Natija	Meyor	Natija	Meyor
Oqsillar, g	44,6±2,5	53	58,9±3,6	68	69,6±4,5	78
Yog’lar, g	43,9±4,4	53	56,4±4,3	68	68,5±4,7	79
Uglevodlar, g	255,8±9,9	212	294,8±7,4	272	359,3±11,2	335
Kaloriya, kkal	1596,7±18,9	1537	1922,4±17,9	1972	2332,1±14,1	2363

Jadvaldan ko’rinib turganidek, bolalarning kunlik ovqati tarkibidagi asosiy oziq moddalarning miqdori me’yor ko’rsatkichlariga mos kelmaydi. Xususan, 3 yoshli bolalarning kundalik iste’mol taomlari tarkibidagi oqsillarning miqdori 44,6±2,54 g ga, yog’larning miqdori 43,9±4,4 g ga va uglevodlarning miqdori esa 255,8±9,9 g ga teng bo’lib, bu ko’rsatkichlar me’yorga nisbatan tegishli holda 84,1%, 82,8% va 120,6% ni tashkil etadi. Shuningdek, kunlik ovqatning umumiy energetik qiymati me’yoridagi 1537 kkal o’rniga o’rtacha 1596,7±189 kkal ni tashkil etadi. Ularning kunlik ovqatini umumiy kaloriyasi me’yoriga nisbatan o’rtacha 103,8% ni tashkil etadi. Shu bilan bir qatorda oqsil, yog’ va uglevodlar o’rtasidagi nisbat buzilgan. 4-6 yoshli bolalarning ovqatlanishiga nisbatan esa quyidagi holatni kuzatish mumkin. Ya’ni ularning kundalik iste’mol taomlari tarkibidagi oqsillarning miqdori 58,9±3,6 g ga, yog’larning miqdori 56,4±4,3 g ga va uglevodlarning miqdori esa 294,8±7,4 g ga teng bo’lib, bu ko’rsatkichlar me’yorga nisbatan tegishli holda 86,6%, 82,9% va 108,3% ni tashkil etadi. Shuningdek, kunlik ovqatning umumiy energetik qiymati o’rtacha 1922,4±17,9 kkal ni tashkil etadi. Ularning kunlik ovqatini umumiy kaloriyasi me’yoriga nisbatan o’rtacha 97,4% ga teng bo’ldi.

Kuzatuvda bo’lgan 7 yoshli bolalarining yuqorida aytib o’tilgan oziq moddalar bilan ta’minlanishi miqdor jihatdan 3 va 4-6 yoshlilarnikiga nisbatan farq qiladi. Jumladan, ularning oqsillar va yog’lar bilan ta’minlanishi o’rtacha tegishli holda 89,2% va 86,7% ni, uglevodlar bilan ta’minlanishi esa o’rtacha 107,2% ni tashkil qiladi. Kunlik ovqatning umumiy energetik qiymati me’yorga nisbatan 98,6% ga teng bo’lib, ularning kunlik ovqat energiyasiga bo’lgan ehtiyoji asosan uglevodlar hissasiga to’g’ri keladi. Bunday holatni bolalarning yosh xususiyatlariga bog’liq holda o’sish va rivojlanishning nisbatan jadalligi va boshqa individual jihatlari bilan tushuntirish mumkin. Quyidagi

rasmda bolalarning oqsillar, yog'lar hamda uglevodlar bilan ta'minlanishi me'yorga nisbatan foiz hisobida ifodalangan.



Bolalarning makronutrientlar bilan ta'minlanishi (me'yorga nisbatan % hisobida)

Xulosa. Kuzatuvda bo'lgan bolalarining asosiy oziq moddalar bilan ta'minlanishi kunlik fiziologik me'yor talablariga mos kelmaydi. Xususan, 3-7 yoshli bolalarning oqsillar va yog'lar bilan ta'minlanishi me'yorga nisbatan o'rtacha 13,4-15,9% gacha kam, uglevodlar bilan ta'minlanishi 3 yoshlilarda me'yorga nisbatan 20,6% ga ziyod, 4-7 yoshlilarda esa me'yor darajasida ekanligi bilan ajralib turadi. Bunday holat bolalarining kundalik ovqatlanishini ratsionallashtirish va bu borada tegishli amaliy tadbirlarni ishlab chiqishni taqazo etadi. Shu bilan bir qatorda bu ota-onalar va tarbiyachilar tomonidan tegishli vazifalarni ma'suliyat bilan bajarib borishlarini talab etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "Davlat maktabgacha ta'lim tashkilotlarida sog'lom ovqatlantirish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida" gi № 626-sonli qarori. 25.07.2019-y..
2. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "Davlat maktabgacha ta'lim tashkilotlarida sog'lom ovqatlantirish tizimini takomillashtirishning qo'shimcha chora-tadbirlari to'g'risida" gi №407-sonli Qarori 30.06.2021-y.
3. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "Davlat maktabgacha ta'lim tashkilotlarida sog'lom ovqatlantirish tartibini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida " № 1-sonli Qarori 06.01.2025-yil
4. Ahmadhodjayeva M. et al. Analysis of nutrition of preschool age children educated in Namangan province // Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research). 2022 203-214 b.
5. Кочкорова Ф.А., Атамбаева Р.М., Китарова Г.С. Физическое развитие школьников, проживающих в южных регионах Кыргызской Республики: одномоментное исследование. Педиатрическая фармакология. 2018. – Том 15, №4, С. 310-317.
6. Куликова Н.В., Самолук Н.Г., Федотов А.С., Кротенко Н.М. Рационализация питания школьников разных возрастных групп// Гигиена и санитария. 2013. - №2. - С. 52-55.
7. Латышевская Н.И., Рудыкина В.Н. Особенности физического развития младших школьников, проживающих в сельской местности // Вестник ВолгГМУ-. №2(62), 2017. - С. 71-73.
8. Методические рекомендации по вопросам изучения фактического питания и состояния здоровья населения в связи с характером питания / Зайченко А.И., Волгарев М.Н., Бондарев Г.И и др. - Москва. 1986. 86 с.
9. Физиологические нормы потребностей в пищевых веществах и энергии по половозрастным и профессиональным группам населения Республики Узбекистан для поддержание здорового питания. 23 июня 2017 г. СанПиН №0347-17. Тошкент, 2017. – 42 с.
10. Филиппова С.П. Гигиеническая оценка питания учащихся и эффективности региональной программы модернизации школьного питания в современных условиях (на примере Алтайского края): Автореф. дисс. ... докт мед наук: 14.02.01/. Омск, 2015. - 21 с.

11. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. /под. ред. И.М.Скурихина и М.Н. Волгарёва. М., Кн: 2, 1987. - С. 3-150.

12. Курбонов Ш.Қ., Дўсчанов Б.О., Курбонов А.Ш., Каримов О.Р. Соғлом овқатланиш физиологияси. Қарши, 2018. – 436 б.

TALABALAR ORASIDA SMARTFON QARAMLIGINING PSIXOFIZIOLOGIK XUSUSIYATLARI

Bozorova Xurshida Ahmad qizi

Qarshi davlat universiteti, biologiya 1-kurs magistranti

bozorovaxurshida169@gmail.com

Raxmatullayev Yorqin Shokirovich

Qarshi davlat universiteti Fiziologiya kafedrası professori

rakhmatullayev.e@mail.ru

ORCID 0000-0001-8214-7396

UDK 574/577+572.79+613.2

Annotatsiya. Ushbu maqolada talabalarning smartfonlardan foydalanish darajasi va uning o'ziga xos xususiyatlarini keyingi yillarda e'lon qilingan adabiyotlar va ilmiy maqolalar asosida o'rganish natijalari keltirilgan. Bunda asosan talabalarning uyqu sifati, diqqat, stress darajasi hamda smartfon qaramligi asosiy ko'rsatkichlar sifatida tanlangan. Dunyo bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarning qiyosiy xarakteristikasi shuni ko'rsatadiki, smartfon qaramligi talabalarda uyqu sifati pasayishi, diqqatning susayishi, stressning ortishi, mushaklarning zo'riqishi, ko'rish o'tkirligining pasayishi va ijtimoiy muloqotning kamayishi kabi muammolarni kuchaytirishi aniqlangan. Shuningdek, ijtimoiy izolyatsiya, o'zini past baholash, tashvishlanish va motivatsiyaning pasayishi kabi holatlar kuzatilgan. Bu borada o'tkazilgan tadqiqot natijalarining ko'rsatishicha, 18-24 yoshli talabalarning o'rtacha 93% ko'p vaqtini smartfonlarda o'tqazadi, ularning 31,1% da smartfon qaramligi, 75% da esa uyqu sifati buzilish holatlari qayd etilgan. Bundan ko'rinib turibdiki, talabalar orasida smartfon qaramligining ortib borishi ularning sihat-salamatligi hamda psixofiziologik holatlariga o'z ta'sirini ko'rsatmasdan qolmaydi. Shu munosabat bilan oliy o'quv yurti talabalari o'rtasida smartfon qaramligini o'rganish, olingan natijalar asosida tegishli amaliy tadbirlar rejasini ishlab chiqish fiziologiya va tibbiyot oldidagi dolzarb vazifalardan biri bo'lib hisob hisoblanadi.

Kalit so'zlar: smartfon qaramligi, talabalar, uyqu sifati, diqqat, stress, psixofiziologik ta'sir

Annotation. This article presents the results of a study on the level of smartphone use among students and its specific characteristics based on scientific literature and research articles published in recent years. The main indicators considered in the study include students' sleep quality, attention, stress level, and smartphone addiction. A comparative analysis of studies conducted worldwide shows that smartphone addiction intensifies problems such as decreased sleep quality, reduced attention, increased stress, muscle tension, decreased visual acuity, and reduced social interaction among students. In addition, conditions such as social isolation, low self-esteem, anxiety, and decreased motivation have also been observed. Research findings indicate that, on average, 93% of students aged 18–24 spend a significant amount of time using smartphones; smartphone addiction was identified in 31,1% of them, while sleep quality disorders were reported in 75% of cases. These findings suggest that the increasing prevalence of smartphone addiction among students inevitably affects their health and psychophysiological state. Therefore, studying smartphone addiction among university students and developing appropriate practical intervention plans based on the obtained results is considered one of the urgent tasks facing physiology and medicine.

Keywords: Smartphone addiction, university students, sleep quality, attention, stress, psychological and physiological effects.

Kirish. Malumki, biz zamonaviy axborot texnologiyalari rivojlangan davirda yashayapmiz va elektron qurilmalar bizning kundalik hayotimizning ajralmas qismiga aylangan. So'ngi yillarda mobil qurilmalarning ko'p miqdorda va qulay narxlarda ishlab chiqarilishi foydalanuvchilarning sonning ortishiga va dunyo bo'ylab ommalashishiga

sabab bo'ldi. An'anaviy mobil telefonlar faqat telefon qo'ng'iroqlari va SMS xabarlarini yuborishda foydalanilgan bo'lsa, hozirgi kunda zamonaviy smartfonlar internet, musiqa, turli vedio o'yinlar, turli xil ilovalar va qulayliklarni o'zida jamlagan. Natijada mobil qurilmalardan foydalanish butun dunyo bo'ylab eksponensial ravishda oshdi. Xususan 2018 yilda butun dunyo bo'yicha 2,5 milliarddan ortiq foydalanuvchilari bo'lgan [12] E.Kim va E.Koh (2018), bo'lsa va bu raqam 2028-yilga kelib 7,8 milliardga yetishi kutilmoqda [19].

Rivojlanayotgan davlat sifatida O'zbekistonda ham yosh avlod orasida ijtimoiy tarmoqlardan foydalanish imkoniyatlari oshganligi sababli internet foydalanuvchilari ko'lam yildan-yilga ortib bormoqda [19].

Milliy statistika qo'mitasi hisobotiga ko'ra 2021-yilda 76,6 % bo'lgan bo'lsa 2025-yilning yanvar avgust holatiga ko'ra 94,2% ga yetgan. Mobil qurilmalardan foydalanishning foydali tomonlari ko'p bo'lsada ulardan me'yorida ortiqcha foydalanish ularga nisbatan qaramlikka olib keladi. Bu holat ayniqsa yosh avlod orasida yaqqol ko'zga tashlanmoqda. Dunyo bo'ylab 150 dan ortiq mamlakatda faoliyat yurituvchi Deloitte Touche Tohmatsu (2017) Limited xalqora konsalting kompaniyasi tomonidan 32 mamlakatdan 51000 dan ziyod ishtirokchilar o'rtasida o'tkazilgan global "mobil iste'molchi" so'rovi shuni ko'rsatdiki, 18-24 yoshdagi ishtirokchilar eng yuqori smartfon egaligi ko'rsatgichini qayd etishgan ya'ni 93% va ular ko'p vaqtini smartfonlarda o'tqazadi [9].

Material va metodika. Ko'pchilik tadqiqotlarda aholi turli guruhlarining smartfonlardan foydalanish darajasi asosan ijtimoiy so'rovnoma usullaridan foydalangan holda o'rganilib kelinmoqda. So'rovnomalar asosan Google Forms yordamida ishlab chiqiladi va Facebook guruhlar ("Talabalar, keling suhbatlashaylik", "Sizga yordam berishdan mamnunmiz" va b.) orqali tarqatiladi [1]. Tadqiqot ishtirokchilaridan rozilik olinadi. Buning shartlari Xelsinki deklaratsiyasiga mos bo'lib, tadqiqot etikasiga qat'iy amal qilinadi. To'plangan ma'lumotlar Post-hoc tahlili, ANOVA, Person korrelyatsiyasi va moderatsiya tahlillaridan foydalaniladi [1-6].

Natijalar va muhokama. Biz tadqiqotlarni boshlashdan oldin mavzuga doir keyingi yillarda e'lon qilingan ilmiy maqola va adabiyotlar bilan tanishib, ularni tahlil qilishga kirishdik. Quyida 2013-2024-yillar oralig'ida chop etilgan 20 dan ortiq maqola va qo'llanmalarni o'rganish tahlillarini keltiramiz. Talabalar orasida mobil qurilmalardan foydalanishning ortishi smartfon qaramligi muammosini yuzaga keltirmoqda. So'nggi yillarda talabalar o'rtasida internet, ijtimoiy tarmoqlar va mobil ilovalardan foydalanish keskin oshgani haqidagi tadqiqotlar smartfon qaramligining salbiy tomonlarini chuqur o'rganishni talab qilmoqda. Telefonga qaramlik bu insonning o'z vaqtini, e'tiborini va hissiyotlarini telefon orqali o'tadigan faoliyatlarga haddan tashqari bog'lanib qolishi natijasida yuzaga keladigan psixologik holatlardan biri hisoblanadi [10-17]. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti 2023-yilda bu holatni "raqamli qaramlik sindiromi" sifatida tasniflagan. Smartfonlarga qaramlik muammosi dunyo bo'ylab o'sib borayapti va hozirgi kunda global tarzda o'rganilmoqda. Turli mamlakatlardagi universitet talabalari orasida o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, talabalar o'rtasida smartfon egaligi juda yuqori ko'rsatkichga ega [18]. Ular o'zlarining qurilmalaridan video tomosha qilish yoki ijtimoiy tarmoqlardagi yangilanishlarni tekshirish hamda internetga kirish uchun foydalanishadi [5].

F.D. Alosaimi tadqiqotlarida Arabistondagi Qirol Saud universitetida tahsil olayotgan 2367 nafar talabalari orasida o'tkazgan so'rovnolarda ishtirokchilarning deyarli 95% smartfonlardan ijtimoiy tarmoqlardagi turli ma'lumotlardan xabardor bo'lish uchun foydalanilganini ko'rsatadi [3]. Smartfonlar talabalarga istalgan vaqt va istalgan joyda foydali narsalarni o'rganishga imkon bersada, universitet talabalarining darslarga e'tibor bermasdan, matn yozish, turli vedio o'yinlar o'ynash bilan band bo'lishi va o'qituvchining bergan ma'lumotlarini eslab qolmasligi kuzatilgan [10].

T.Pierce (2009) hamda A.D. Elder (2013) lar tomonidan Amerika Qo'shma Shtatlarining Kaliforniya shitatida o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, smartfon qaramligi yuzma yuz muloqotni ham bloklaydi, bu esa universitet talabalarining o'qituvchilar va tengdoshlari bilan muloqot qilishga katta ta'sir qiladi [17]. Smartfon qaramligi bo'yicha universitet talabalaridan o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, yosh jihatdan kichik talabalar smartfon qaramligi yuqori bo'lgan guruhda joylashgan. Shuningdek C.Augner va G.W.Hacker (2012) larning maqolasida Avstriyadagi 198 nafar kollej talabalarida o'tkazilgan tadqiqotda yoshroq talabalar smartfon qaramligining eng yuqori ko'rsatgichiga ega ekanligi aniqlangan [2]. Buning sababi, yoshlar yangi texnologiyalarni kattalarga nisbatan tezroq qabul qilishadi [15].

K.E.Olson hamda M.A.,O'Brien, (2011) larning ishlarida ta'kidlanishicha, smartfonga qaramlikning turlicha sabablari bo'lishi mumkin, masalan intraktiv ilovalar, ijtimoiy media va o'yin qaramligi smartfon qaramligining bir kichik bo'laklari bo'lishi mumkin [15].

Yu.S. & S.Sussman, N.M. Muhammad va M.Schneider (2020) larning takidlashicha, smarfonlar odamlarni muntazam ravishda ijtimoiy tarmoqlardan foydalanish, ortiqcha matn yozish, vedio o'yinlar o'ynash va onlayn xarid qilishga undaydi. Ularning tadqiqotida ijtimoiy media va o'yin ilovalari ortiqcha smartfon ishlatishga sabab bo'lishi mumkinligi aniqlangan [14].

Talabalar orasida qaramlikni aniqlash uchun olimlar eng ko'p ishlatgan metodlardan biri - Smartphone Addiction Scale (SAS) bo'lib, telefon bilan ortiqcha shug'ullanish darajasini ko'rsatadi. Shu bilan birga, fiziologik holatlarni baholash bo'yicha Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) orqali uyqu sifatini, yurak urishi va qon bosimi, kortizol darajasi kabi stress - indikatorlar va diqqatni baholash testlari yordamida kognitiv funksiyalar o'lgangan. Masalan universitet talabalar orasida smartfon qaramligi keng tarqalgan va u turli psixologik va fiziologik ta'sirlarga olib kelishi aniqlangan. Uzoq muddat davomida smartfon ishlatish talabalarining fiziologik sog'ligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, eng ko'p uchraydigan muammolardan biri uyqu sifatining yomonlashishidir [10]. Kechasi yorqin ekranlardan foydalanish melatonin ishlab chiqarilishini kamaytiradi va bu uyqu buzilishiga olib keladi [1]. Turkiya olimlari Ozkaya H, Serdar M, Acar Hning tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, talabalarining 31,1% ida smartfon qaramligi aniqlangan va bu holat uyqu sifatining pasayishi bilan bog'liqligi alohida e'tirof etilgan [16].

Shu bilan birga, Koreyalik olimlar E.Kim va E. Koh tomonidan tibbiyot yo'nalishi talabalar o'rganilgan tadqiqotda, smartfon qaramligi yuqori bo'lgan guruhda 75% talabalarda uyqu sifati yomonligi qayd etilgan. Bundan tashqari, smartfon qaramligi va diqqat-giperaktivlik sindromi (ADHD) belgilarini o'rganish natijalari qaramlik oshishi bilan diqqatni jamlash qobiliyati pasayishini ko'rsatgan [13].

S.J.Kwon, Y.Kim va Y.Kwak (2020) larning o'tkazgan so'rovnomalarida talabalar o'qish jarayonida diqqatni jamlay olmaslik, doimiy chalg'ish va vaqtni noto'g'ri boshqarish kabi muammolarga duch kelishadi. Shuningdek, bo'yin va elka mushaklarida mushak-skelet zo'riqishi, bosh og'rig'i va ko'rish charchashi keng tarqalgan [13]. Y.J.Chen va C.Y.Hu (2025) lar tomonidan o'tkazilgan so'rovnomalarni natijalari shuni ko'rsatadiki, smartfon qaramligi ortgani sari talabalarda psixologik bosim ortadi va hissiy barqarorlik pasayadi [6], bu esa o'z navbatida talaba organizmida o'ziga xos yuklamani yuzaga keltiradi.

R.Abid va A.Ammar (2024) lar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda smartfonlardan ortiqcha foydalanish stress gormoni kortizol darajasining oshishi bilan ham bog'liq ekanligi aniqlagan. Natijalarga ko'ra depressiya, xavotir va kunduzgi disfunktsiya komponenti smartfonlardan ko'p foydalanadigan guruhda smartfonlardan kam foydalanadigan guruhga qaraganda yuqoriroq edi ($p=0,001$, $p< 0,001$, $p=0,0011$) [8]. K.Demirci (2015) ning ta'kidlashicha smartfon qaramligining psixologik oqibatlari keng ko'lamli bo'lib, ko'plab ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan. Jumladan J. Boumosleh va

D.Jaalouk (2017) lar o'z ishlarida yuqori stress darajasi va past kayfiyatga ega bo'lgan A tipidagi shaxslarning kayfiyatni boshqarish texnikasiga ega bo'lmasligi va smartfonga qaramlikka juda moyil bo'lishi mumkinligi aniqlangan [4]. Bu esa o'z navbatida tadqiqotchilardan M.Daniyal, S.F.Javaid va boshqalarning (2022) ta'kidlashicha telefonga qaramlik tashvishlanish, depressiya, ijtimoiy izolyatsiya, o'zini past baholash va diqqatning pasayishi bilan bog'liq jarayonlardan biri hisoblanadi [7]. Bunday holat o'z-o'zidan ma'lumki, organizmdagi fiziologik hamda psixologik jarayonlar mutanosibligini buzilishiga sabab bo'ladi, aqliy va jismoniy mehnat unumdorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Xulosa. Shunday qilib yuqorida qayd etib o'tilgan ilmiy manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, smartfon qaramligi talabalar orasida jiddiy oqibatlariga olib keladi. Bunday holat uyquning buzilishi, stressning ortishi, diqqatning kamayishi, hissiy beqarorlik hamda mushaklarning zo'riqishi kabi ko'p uchraydigan muammolar ko'rinishida namoyon bo'ladi. Shu bois ushbu muammolarni barvaqt aniqlash va uni kamaytirish bo'yicha profilaktik chora-tadbirlar ishlab chiqish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri bo'lib qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abid, R., Ammar, A., et al. (2024). Nocturnal smartphone use affects sleep quality and cognitive and physical performance in Tunisian school-age children. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 14(4), 856–869. <https://doi.org/10.3390/ejihpe14040056>
2. Augner, C., & Hacker, G. W. (2012). Associations between problematic mobile phone use and psychological parameters in young adults. *International Journal of Public Health*, 57, 437–441. <https://doi.org/10.1007/s00038-011-0234-z>
3. Alosaimi, F. D., Alyahya, H., Alshahwan, H., Al Mahyijari, N., & Shaik, S. A. (2016). Smartphone addiction among university students. *Saudi Medical Journal*, 37(6), 675–683. <https://doi.org/10.15537/smj.2016.6.14430>
4. Boumosleh, J. M., & Jaalouk, D. (2017). Mobile phone addiction, depression, and anxiety among university students: A cross-sectional study. *Journal of Behavioral Addictions*, 6(2), 169–177. <https://doi.org/10.1556/2006.6.2017.025>
5. Buctot, D. B., Kim, N., & Kim, S. H. (2020). The role of nomophobia and smartphone addiction in the lifestyle profiles of junior and senior high school students in the Philippines. *Social Sciences & Humanities Open*, 2, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2020.100035>
6. Chen, Y. J., Hu, C. Y., Wu, W. T., Lee, R. P., Peng, C. H., Yao, T. K., Chang, C. M., Chen, H. W., & Yeh, K. T. (2025). Association of smartphone overuse and neck pain: A systematic review and meta-analysis. *Postgraduate Medical Journal*, 101(1197), 620–626. <https://doi.org/10.1093/postmj/qgae200>
7. Daniyal, M., Javaid, S. F., Hassan, A., & Khan, M. A. B. (2022). The relationship between cellphone usage on the physical and mental wellbeing of university students: A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, Article 9386. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159386>
8. Demirci, K., Akgönül, M., & Akpinar, A. (2015). Relationship of smartphone use severity with sleep quality, depression, and anxiety in university students. *Journal of Behavioral Addictions*, 4(2), 85–92. <https://doi.org/10.1556/2006.4.2015.010>
9. Deloitte. (2017). *Global Mobile Consumer Survey*. US edition at www.deloitte.com/us/mobileconsumer
10. Elder, A. D. (2013). College students' cell phone use, beliefs, and effects on their learning. *College Student Journal*, 47, 585–592.
11. Goel, A., Moinuddin, A., Tiwari, R., Sethi, Y., Suhail, M. K., Mohan, A., Kaka, N., Sarthi, P., Dutt, R., Ahmad, S. F., Attia, S. M., Bin Emran, T., Chopra, H., & Greig, N. H. (2023, November 2). Effect of smartphone use on sleep in undergraduate medical students: A cross-sectional study. *Healthcare*, 11(21), 2891. <https://doi.org/10.3390/healthcare11212891>
12. Kim, E., & Koh, E. (2018). Avoidant attachment and smartphone addiction in college students: The mediating effects of anxiety and self-esteem. *Computers in Human Behavior*, 84, 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.02.037>

- 13.Kwon, S. J., Kim, Y., & Kwak, Y. (2020). Influence of smartphone addiction and poor sleep quality on attention-deficit hyperactivity disorder symptoms in university students: A cross-sectional study. *Journal of American College Health*, 68(2), 209–215. <https://doi.org/10.1080/07448481.2018.1557195>
- 14.Muhammad, N. M., Schneider, M., Hill, A., & Yau, D. M. (2019). How the use of iPad and smartphones creates social isolation. In *Proceedings of the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1060–1065). Las Vegas, NV, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- 15.Olson, K. E., O'Brien, M. A., Rogers, W. A., & Charness, N. (2011). Diffusion of technology: Frequency of use for younger and older adults. *Ageing International*, 36, 123–145. <https://doi.org/10.1007/s12126-010-9077-9>
- 16.Ozkaya, H., Serdar, M., Acar, H., Pekgor, S., & Gunher Arica, S. (2021). Evaluation of the frequency/addiction of smartphone use and its effect on sleep quality in university students. *Annals of Medical Research*, 27(2), 657–663. <https://www.annalsmedres.org/index.php/aomr/article/view/603>
- 17.Pierce, T. (2009). Social anxiety and technology: Face-to-face communication versus technological communication among teens. *Computers in Human Behavior*, 25, 1367–1372. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.06.003>
- 18.Sayedalam, Z., Alshuaibi, A., Almutairi, O., Baghaffar, M., Jameel, T., & Baig, M. (2016). Utilization of smartphone-related medical applications among medical students at King Abdulaziz University, Jeddah: A cross-sectional study. *Journal of Infection and Public Health*, 9, 691–697. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2016.01.002>
- 19.Statista. (2023). Mobile network subscriptions worldwide 2028. Available at: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/> (Accessed June 13, 2023)
- 20.Yu, S., & Sussman, S. (2020). Does smartphone addiction fall on a continuum of addictive behaviors? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 422. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020422>

MAHALLIY SIANOBAKTERIYA SHTAMMLARINING TUZGA CHIDAMLILIGINI TADQIQ ETISH

Qurbonov Ramish Ostonoqulovich

Qarshi davlat universiteti o'qituvchisi

qramish@gmail.com

ORCID 0009-0006-0870-3618

Kamolov Luqmon Srojiddinovich

Qarshi davlat universiteti kimyo fanlar doktori, professor

kamolov.luqmon@mail.ru

ORCID 0000-0001-7316-0425

UDK 579.841: 631.64.46

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda turli ekologik sharoitlarga yuqori moslashuvchanlikka ega bo'lgan mahalliy sianobakteriyalar (sine-yashil suv o'tlari)ning xlorid natriyning (NaCl) turli konsentratsiyalariga chidamliligi, ularning morfologik o'zgarishlari hamda sho'rlangan tuproqlar unumdorligiga ta'siri o'rganildi. Sianobakteriyalar 100–800 mM diapazondagi yuqori tuzlanish darajalarida barqaror o'sish ko'rsatdi. Ayniqsa, *Nostoc calcicola* (ohakli joylarda yashovchi) va *Anabaena variabilis* turlari eng yuqori tuzertuvchanlikka ega ekani aniqlandi. Tuzlanish 500–1000 mM bo'lgan sharoitlarda hujayra trixomlarida diametrning kichrayishi, geterotsistlar sonining kamayishi va membrana deformatsiyasi kuzatildi, biroq tuz stressidan keyingi qayta ekish ularning tiklanish qobiliyatini ko'rsatdi. Sianobakteriyalarni sho'rlangan tuproqqa introduksiya qilish gumus miqdorining oshishiga, azotning ko'payishiga va tuproqning biokimyoviy faoliyatining yaxshilanishiga olib keldi. Olingan natijalar sianobakteriyalarning ekologik stressga yuqori moslashuvchanligini va sho'rlangan tuproqlarni biologik reabilitatsiya qilishdagi amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: Sianobakteriyalar, tuzertuvchanlik, NaCl konsentratsiyasi, morfologik o'zgarishlar, trixomlar, geterotsistlar, gumus, sho'rlangan tuproq, azot fiksatsiyasi, ekologik stress,

biologik reabilitatsiya, *Nostoc calcicola*, *Anabaena variabilis*.

Annotation. This study investigated the tolerance of native cyanobacteria (blue-green algae) with high adaptability to diverse ecological conditions to different concentrations of sodium chloride (NaCl), their morphological changes, and their effects on the fertility of saline soils. The cyanobacteria exhibited stable growth at high salinity levels ranging from 100 to 800 mM. In particular, *Nostoc calcicola* (inhabiting calcareous environments) and *Anabaena variabilis* were identified as the most salt-tolerant species. Under salinity conditions of 500–1000 mM, a reduction in trichome diameter, a decrease in the number of heterocysts, and membrane deformation were observed; however, re-cultivation after salt stress demonstrated their capacity for recovery. The introduction of cyanobacteria into saline soils resulted in increased humus content, enhanced nitrogen levels, and improved biochemical activity of the soil. The obtained results confirm the high adaptability of cyanobacteria to ecological stress and their practical significance in the biological rehabilitation of saline soils.

Keywords: Cyanobacteria, salt tolerance, NaCl concentration, morphological changes, trichomes, heterocysts, humus, saline soil, nitrogen fixation, ecological stress, biological rehabilitation, *Nostoc calcicola*, *Anabaena variabilis*.

Kirish. So'nggi o'n yilliklarda global iqlim o'zgarishi, cho'llanish jarayonining jadallashuvi, tuproqlarning sho'rlanishi, qurg'oqchilik va biologik unumdorlikning pasayishi kabi muammolar qishloq xo'jaligi va ekologik barqarorlikning eng dolzarb masalalaridan biriga aylandi. Yer resurslaridan intensiv foydalanish, sug'oriladigan yerlarning ko'p yillik yuvilmasi, noto'g'ri meliorativ tadbirlar va kimyoviy o'g'itlarning haddan tashqari qo'llanilishi natijasida tuproqlarda tuz to'planishi keskin kuchaydi. Sho'rlanish tuproqlar strukturasining buzilishi, gumusning kamayishi, mikrobiologik faollikning pasayishi, oziqa elementlarining o'zlashtirilish darajasining yomonlashishi va pH qiymatining o'zgarishi bilan birga kechadi. Natijada tuproq unumdorligi tushib ketadi va ekinlar hosildorligi sezilarli zarar ko'radi [1].

Zamonaviy agrobiotexnologiya ushbu muammolarning ekologik xavfsiz yechimini topishga intilmoqda. Shu nuqtai nazardan, sianobakteriyalar sine-yashil suv o'tlari – tuproqning tabiiy tiklanish jarayonida nihoyatda muhim o'rin tutadi. Sianobakteriyalar yer yuzida paydo bo'lgan qadimgi fotosintetik prokaryotlar bo'lib, azot fiksatsiyasi, oksigenli fotosintez, ekzopolisaxaridlar sintezi, tuproqni boyitish va unga struktura berish qobiliyatiga ega. Ularning atmosferadagi molekulyar azotni biologik jihatdan o'zlashtirib, tuproqqa oson hazm bo'ladigan shaklda kiritish xususiyati qishloq xo'jaligi uchun ayniqsa katta ahamiyatga ega[2].

Sianobakteriyalarning yana bir muhim xususiyat ekstremal ekologik sharoitlarga yuqori moslashuvchanlik, jumladan: past suv potentsiali (qurg'oqchilik, suv tanqisligi), yuqori harorat, ultrabinafsha nurlanishi, yuqori tuz konsentratsiyasi (gipersalin sharoitlar), pH ning keskin o'zgarishi, og'ir metall ifloslanishi hisoblanadi.

Ko'plab olimlarning fikriga ko'ra, sianobakteriyalar ekstremal muhitlarda yashovchi eng chidamli va ekologik moslashuvchan mikroorganizmlardan biridir. Ularning bunday moslashuvchanligi hujayra devorining qalinligi, polisaxaridli mukoz qobiq, prototoplamaning yuqori viskozligi va geterosistlarning maxsus strukturaviy xususiyatlari bilan bog'liq. Ekzopolisaxaridlar esa ular uchun nafaqat himoya komponenti, balki tuproqdagi organik moddalar saqlanishini ta'minlovchi, agregat hosil bo'lishiga yordam beruvchi, mikroorganizmlar faolligini oshiruvchi muhim biopolimer hisoblanadi.

Tuproqlarning sho'rlanishi, ayniqsa O'zbekiston va Markaziy Osiyo mintaqasida muhim agroekologik muammo bo'lib, tabiiy sharoitning quruqligi va sug'oriladigan yerlar maydonining katta qismi ushbu jarayonning chuqurlashishiga sabab bo'ladi. Bunday tuproqlarni kimyoviy moddalar bilan qayta ishlash ko'pincha qimmat va ekologik xavfli bo'lganligi sababli, biologik remediatsiya, xususan, tuz erituvchan sianobakteriyalardan foydalanish, ekologik toza va iqtisodiy samarali texnologiya sifatida alohida ahamiyat kasb etmoqda[3].

Sianobakteriyalar nafaqat sho'rlangan tuproqlarning fizik-kimyoviy xossalarini

yaxshilaydi, balki gumus hosil bo'lish jarayonini rag'batlantiradi, mikrobiologik jarayonlarni faollashtiradi, azot siklini tiklaydi va o'simliklarning o'sishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ekstremal sharoitlarda to'plangan inokulyumlar mahalliy shtammlar tarkibi bo'yicha ancha moslashuvchan bo'lib, yuqori sho'rlangan tuproqlarni rekultivatsiya qilishda ulardan samarali foydalanish mumkin[4].

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, O'zbekiston sharoitida uchraydigan mahalliy tuzerituvchan sianobakteriyalar turlarining biologik xususiyatlarini, ularning yuqori NaCl konsentratsiyasidagi o'sish qobiliyatini, morfologik moslashuvlarini va sho'rlangan tuproqlar unumdorligini oshirishdagi rolini chuqur o'rganish ilmiy va amaliy jihatdan muhim vazifadir. Mahalliy shtammlarning stressga chidamliligi ularning seleksion, biotexnologik va agrobiologik ahamiyatini belgilab beradi[5].

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot ishlari mahalliy sharoitlardan ajratib olingan turli xil sianobakteriya shtammlarining yuqori darajadagi sho'rlanishga chidamliligini aniqlash, ularning morfologik javob reaksiyalarini o'rganish hamda tuzlangan tuproqlarning kimyoviy tarkibiga ta'sirini baholashga qaratildi. Tadqiqot quyidagi metodik yondashuvlar asosida olib borildi:

Birinchidan tadqiqot uchun quyidagi **Nostoc calcicola (ohakli joylarda yashovchi), Anabaena variabilis** mahalliy sianobakteriya turlari tanlab olindi. Sianobakteriya turlari turli darajada sho'rlangan (kuchsiz, o'rtacha va kuchli) tuproq namunalari va tabiiy bioyotish manbalaridan ajratib olingan.

Ikkinchidan o'sish muhitlari va tajriba sharoitlari sianobakteriyalar azotsiz mineral muhit (BG-110)da suyuq va qattiq (agarli) ko'rinishlarda yetishtirildi. Tajribada **NaCl ning 100–800 mM** (millimolyar) oralig'idagi konsentratsiyalari qo'llanildi.

Har bir tur suyuq muhitda 7 kun davomida o'stirildi. NaCl konsentratsiyalari **100, 200, 400, 500, 600, 800 mM va 1 M** oralig'ida hamda 6-7 sutkada agar muhitida birinchi koloniya hosil bo'lishi qayd etildi va o'sish ko'rsatkichlari nazorat (0 mM NaCl) bilan taqqoslandi.

Uchinchidan sianobakteriyalar o'sishi va hujayra titrini aniqlash hujayralar soni (titr) **Goryaev sanagich tarmog'i** yordamida aniqlangan. Natijalar **kl/ml** ko'rinishida qayd qilindi hamda har bir konsentratsiya uch marotaba takrorlangan va titrning nazoratga nisbatan kamayishi sho'rga chidamlilik kriteriyasi sifatida baholandi.

To'rtinchidan biomassa (quruq vazn) miqdorini aniqlash kalsiyda, *N. calcicola* turida sho'rlanish ta'sirida biomasaning o'zgarishi baholandi ya'ni 100 ml kulturali suyuqlik fitrlandi, 60°C da doimiy vazngacha quritildi, quruq biomasaning kamayishi % da hisoblandi.

Beshinchidan ya'ni morfologik tahlillarga qaraydigan bo'lsak sho'rlanish ta'sirida sianobakteriyalar trixomlari va geterotsistalaridagi o'zgarishlar svet mikroskopi (400–1000)da kuzatildi, Trixomlarning diametri, hujayra shakli, qoliplik, zanjir uzilishi, geterotsista soni qayd etildi va o'zgarishlar 500 mM va 1 M NaCl konsentratsiyalarida chuqur tahlil qilindi.

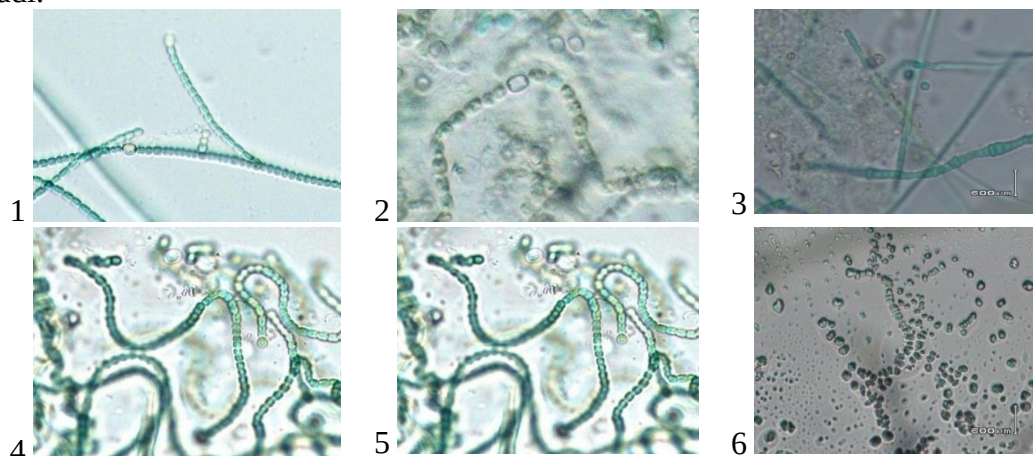
Oltinchidan tuproqning kimyoviy tahlili kalsiyda, *N. calcicola* turi **sho'rlangan (4% NaCl)** va **sho'rlanmagan tuproqlarga** introdutsiya qilinganidan so'ng quyidagi ko'rsatkichlar aniqlangan:

Gumus (%) tyurin usuli, umumiy azot (%) va ammiakli azot (mg/kg) kolorimetrik usul umumiy fosfor (P_2O_5), kaliy (K_2O) spektrofotometrik va alevli fotometrik analiz hisoblanadi.

Yettinchidan statistik ishlov berish har bir olingan tajriba asosida bajarildi. Olingan ma'lumotlar **variatsion statistika** asosida hisoblandi, o'rtacha arifmetik qiymat $\pm$ standart xatolik ($M \pm m$) shaklida berildi va ishonchlilik darajasi $p \leq 0.05$ deb qabul qilindi.

Natijalar va muhokama. Natijalar asosida sho'rlanishga eng chidamli turlar aniqlanib, ularning tuproqni meliorativ yaxshilashdagi potentsiali baholandi ya'ni olib

borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, **mahalliy sianobakteriyalar** (*N. calcicola*, *Anabaena variabilis* va boshqalar) **yuqori darajadagi tuzerituvchanlikka ega** bo'lib, 100–800 mM diapazonidagi NaCl konsentratsiyalarida ham o'sish qobiliyatini saqlab qoladi.



1-rasm. *Anabaena variabilis* (1) va *N. calcicola* (2) sianobakteriyalarining NaCl konsentratsiyasi mos ravishda 500 mM (3, 4) va 1M (5, 6) bo'lgandagi mikroskopik surati.

Jadval-1

Sianobakteriyalarning tuproq unumdorligiga ta'siri tuproqqa kalsiyda, *N. calcicola* kiritilganda quyidagi ijobiy o'zgarishlar qayd etildi

Ko'rsatkich	Nazorat	<i>N. calcicola</i>	O'zgarish
Gumus, %	0,92	1,30	+0,38
Umumiy azot, %	0,928	1,736	+0,80
Ammiakli azot, %	0,014	0,017	+0,003
Fosfor (P_2O_5), %	0,082	0,061	-0,02
Kaliy (K_2O), %	1,628	1,732	+0,1

Sho'rlanish 4 % NaCl bo'lganda gumus miqdori atigi **0,01 %** ga kamaydi bu *jiddiy ta'sir emas*, sianobakteriyaning moslashuvchanligini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida natriy xloridning 100 dan 800 mM gacha bo'lgan konsentratsiyasiga eng chidamli bo'lgan sianobakteriyalarning mahalliy shtammlari tanlab olindi. Shuningdek, o'sish va rivojlanishning murakkab strategiyalariga ega bo'lish orqali atrof-muhitning turli o'zgarishlariga moslashish qobiliyati natijasida sianobakteriyalar stress sharoitida keng ko'lami morfologik o'zgarishlarni namoyon qiladi va shu bilan birga sianobakteriyalarning o'sish ko'rsatkichlari 100–200 mM NaCl konsentratsiyalarida barcha madaniyatlarning o'sishi **deyarli kontrol darajasida** saqlanib qoldi va 500 mM NaCl dan boshlab ayrim shtammlarda (ayniqsa *N. muscorum* va *S. cedrorum*) hujayra titri sezilarli kamaydi. *N. calcicola* va *A. variabilis* 400–500 mM gacha barqaror o'sish ko'rsatdi. 800 mM NaCl gacha bo'lgan sharoitda ham eng barqaror shtammlar *N. calcicola*, *A. variabilis* bo'lib tanlab olindi.

N. calcicola shtammida 500 mM NaCl sharoitida biomassa atigi **14 %** ga kamaydi. Bu shtamm yuqori solestressda ham hayotiyligini yaxshi saqlab qoladi.

NaCl da ikkala turda ham kuchli morfologik stress kuzatilgan bo'lsada, **yangi tuzsiz muhitga o'tkazilganda to'liq tiklanishi** ularning yuqori adaptiv qobiliyatga ega ekanligini ko'rsatdi.

Sianobakteriyalarning adaptiv mexanizmlarida tadqiqotlar shuni tasdiqladiki sianobakteriyalarda **ekzopolisaxaridlar** sintezi kuchayib, ularni tuz stressiga nisbatan himoya qiladi. Bu moddalar, shuningdek, tuproqning **uglerod resurslarini boyitadi** va mikrobiologik jarayonlarni faollashtiradi hamda yuqori osmotik bosim, suvning bog'lanishi va ionlarning protoplazmaga toksik ta'siriga qaramay, ko'pchilik shtammlar strukturasi tiklashga qodir.

N. calcicola sianobakteriya hujayralari soni NaCl ning turli konsentratsiyalarida

NaCl ning 600 mM konsentratsiyasida sodir bo'ldi, *A. variabilis* hujayralarining titri esa natriy xloridning 400 mM konsentratsiyasidan boshlab kamayadi. Nazorat variantlarida *N. calcicola* va *A. variabilis* hujayralari titri $5,8 \cdot 10^7$ va $5,2 \cdot 10^7$ kl/ml ni tashkil etgan bo'lsa, 800 mM sho'rlanishda hujayra titri mos ravishda $3,0 \cdot 10^7$ va $2,9 \cdot 10^7$ kl/ml gacha pasaydi.

Xulosa. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, mahalliy sianobakteriya shtammlari yuqori solestress sharoitlarida ham **yuqori darajada moslashuvchanlik, morfologik plastiklik, geterosistlar qayta tiklanishi**, va **biomassa barqarorligi** bilan ajralib turadi. Ayniqsa, *N. calcicola* va *A. variabilis* solestoy turlar sifatida eng istiqbolli hisoblanadi.

Bu shtammlar kuchli sho'rlangan hududlarda yashashi, tuproq unumdorligini oshirishi, gumus, azot va kaliy miqdorini ko'paytirishi va stressdan keyin to'liq tiklanish qobiliyati kabi xususiyatlari bilan **melioratsiya, bioo'g'itlar tayyorlash, sho'rlanishga qarshi biotexnologik tadbirlar** uchun juda muhim biologik resurs sifatida tavsiya etiladi.

O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida mahalliy sharoitlardan olingan bir qator sianobakteriya turlari yuqori darajadagi tuzerituvchanlik namoyon qilishi aniqlandi. Xususan, ***Nostoc calcicola*, *Anabaena variabilis* turlari 100–800 mM** gacha bo'lgan NaCl konsentratsiyalarida o'sish qobiliyatini saqlab qolishi bilan ajralib turadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, **100–200 mM** diapazondagi tuzlilik sharoiti mahalliy shtammlar rivojlanishiga deyarli salbiy ta'sir ko'rsatmaydi, 500–600 mM darajada ayrim shtammlarda o'sish sur'atlarining pasayishi kuzatiladi, ammo **hatto 1 M NaCl** sharoitida ham o'lim kuzatilmaydi, o'simliklar qayta o'stirilganda normal holatga to'liq qayta tiklanadi.

Yer osti va tuproq muhitidagi o'zgarishlarga javoban sianobakteriyalarning ekzopolisaxarid ishlab chiqarishi ularning tuzerituvchanligining muhim omili bo'lib, ayni paytda tuproq mikroflorasi uchun organik uglerod manbai hisoblanadi. Tuproqqa tuzerituvchan ***Nostoc calcicola* turini** kiritish natijasida tuproqning kimyoviy tarkibida sezilarli ijobiy o'zgarishlar kuzatildi: gumus miqdori 0,38 % ga, umumiy azot 0,8 % ga oshdi, ammiakli azot va kaliy miqdori ham ortdi. Bu sianobakteriyalarning tuproq unumdorligini oshirishdagi amaliy imkoniyatlarini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, o'rganilgan shtammlar yuqori moslashuvchanlik, ekologik plastiklik, tuzlilik stressiga bardoshlilik va tuproqning kimyoviy tarkibini yaxshilash qobiliyati bilan ajralib turadi. Bu ularning qurg'oqchil, sho'rlangan, degradatsiyaga uchragan tuproqlarni biologik rekultivatsiya qilishda istiqbolli biologik resurs ekanini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Avilov, I.A. Ko'k-yashil suvo'tlar (sianobakteriyalar)ning aksenik kulturalarini olish usullari I.A. Avilov // Yosunlarning kolleksion shtammlarini etishtirish : Universitetlararo. Ilmiy ishlar to'plami: Leningrad davlat universiteti . - 1983. -P. 129-145.
2. Andreyuk E.I., Kopteva J.P., Zanina V.V. Siyanobakteriyalar. - Kiev: Naukova Dumka. -1990. -200 p.
3. Vasser S.P., Kondratieva N.V., Masyuk N.P., Palamar-Mordvintsova, Vetrova Z.I., Kardyum E.L., Mashkova N.A., Prihodkova L.P., Kovalenko O.V., Stupina V.V., Tsarenko P.M., Yungerd, O.I.N. Buxtiyarova L.N., Razumna L.F.// Yosunlar/ Qo'llanma. Kiev: Nauk.dumka. - 1989. - 608 Bilan.
4. Bazilevich N.I., Pankova E.I. Zaharli tuzlar va ionlarning tarkibi bo'yicha tuproqni tasniflash tajribasi // V.V. Axborotnomasi. Dokuchaev Tuproq instituti. - 1972. - No 5. - B. 36-40.
5. Beregovaya N. M. Spirulina platensis mikroalgasidan c-fikosiyaninning suvli ekstraktini saqlashning turli usullarini taqqoslash / N. M. Beregovaya, I. N. Gudvilovich // Dengiz ekologiyasi. - 2006. - 70-son. - B. 5-8.
6. Kabirov T.R. Yosunlarning tuproqning neft bilan ifloslanishiga munosabati// Proc. 1 Butunrossiya ilmiy-amaliy konf. Algologik tadqiqotlar: hozirgi holat va kelajak istiqbollari. - Ufa: BSPU nashriyoti, -2006. –B.54-55.

7. Qosimova G.A. N. muscorum biomassasidan biologik faol kompleks // Bakteriyalar, suv o'tlari va zamburug'lar. - Toshkent. FAN. - 1987. - B. 164-167
8. Kuzyahmetov G.G. Dasht va o'rmon-dasht tuproq algosenozlarining fazoviy tashkil etilishi// Biologiya fanlari doktori dissertatsiyasi avtoreferati. - Siktyvkar. - 2000. - 38 b.
9. Qo'chqorova M.A., To'laganov A., Mixaylova E.K. N. muscorum ishlab chiqarish shtammining hujayradan tashqari o'sish regulyatorlari // Spora o'simliklari bo'yicha IV Transkavkaz konferentsiyasi materiallari . - Tbilisi. - 1983. - B. 20-22.
10. Qo'chqorova M.A., Masharipov P., Quvakov M. Ko'k-yashil suvo'tlarning Xorazm viloyatida sholichilikda qo'llanilishi. Mikroalgalarni yetishtirish va xalq xo'jaligida qo'llash // Respublika Konf. - Toshkent: FAN. - 1980. - B. 137-140.
11. Lev S.V. , Umarov A. A., Turetskaya R. X. Paxta o'simligi organlarini aniqlash uchun biologik testlar sifatida *auksinlar* // O'simliklar fiziologiyasi. - 1981a . jild. 81. - No 4. - B. 818-824.
12. Lev S.V. Paxta o'simligi organlari gibberel kislotasini aniqlash uchun biologik testlar sifatida // O'simlik fiziologiyasi. - 1981b. -V.81. -№5. -P. 926-932.
13. Lixachev B.S. Urug'larning o'sish kuchini aniqlash bo'yicha tavsiyalar// To'plamda xorijda qishloq xo'jaligi. - M. Kolos. - 1984. - B. 19-24.
14. Lysenko T.G., Shainskaya O.A., Gerashchenko I.V., Syrchin S.A. Dihidrogenazalarning faolligini o'rganish uchun siyanobakteriyalarning hujayrasiz ekstraktlarini olishning ikkita usulini taqqoslash // Mikrobiologiya jurnali, -1989.-51, No 3. -P.87-91.
15. Makeeva E. G. Xakasiya Respublikasining ba'zi sho'r ko'llarining siyanoprokaryotlarining xilma-xilligi // Xalqaro ilmiy konferentsiya materiallari. Siyanoprokaryotlar (siyanobakteriyalar): sistematika, ekologiya, tarqalishi. - Apatiya. - 2016. - B.89-91.

**TALABALARDA EKOLOGIK BILIMLARNI RIVOJLANTIRISHDA
ZARUR BO'LGAN PSIXOLOGIK SIFATLAR**

Ismatova Nargiza Ikramovna

Qarshi davlat universiteti tayanch doktoranti

i.n.ismatova1988@gmail.com

Mamanov Jaloliddin G'anisher o'g'li

Qarshi Davlat texnika universiteti assistenti

jalol.oikos@gmail.com

ORCID 0009-0009-7631-9994

UDK 37.015.3:502.1

Annotasiya. Maqolada ekologik bilimlarni rivojlantirishda talabalarda qanday psixologik sifatlar muhim ekanligi, ekologik ta'limda talabalarning psixologiyasi roli, ekologik bilimlarni rivojlantirishda psixologik sifatning o'rnini, talabalarda ekologik faollik va mas'uliyatni shakllantirishga yordam beradigan psixologik omillar, ekologik ta'limda psixologik sifatning ahamiyati va uning ta'siri kabi masalalar talqin qilingan. Ekologik bilimlar hamda ekologik savodxonlik zamonaviy jamiyatda muhim ahamiyatga ega bo'lib, ular insonlarning atrof-muhitga bo'lgan munosabatini shakllantirish va tabiiy resurslarni samarali boshqarishda asosiy omillardan hisoblanadi. Ekologik bilimlar talabalarda turli omillar, jumladan, ularning psixologik sifatleri orqali rivojlantiriladi. Bu maqolada ekologik bilimlarni rivojlantirishda zarur bo'lgan psixologik sifatlar tahlil qilinadi va ekologik bilimlarni rivojlantirishda talabalarda qanday psixologik sifatlar muhim ekanligini aniqlashdir. Mazkur tadqiqot ekologik ta'limning samaradorligini oshirish uchun talabalarda belgilangan psixologik sifatleri shakllantirish va ularni ilmiy asosda tahlil qilishga qaratilgan.

Kalit so'zlar: ekologiya, ta'lim, talaba, psixologiya, psixika, bilish, intellekt, sifat, qobiliyat, jarayon, natija.

**PSYCHOLOGICAL PROPERTIES NECESSARY FOR DEVELOPING
ENVIRONMENTAL KNOWLEDGE IN STUDENTS**

Abstract. The article discusses the issues of what psychological properties are important in students in developing environmental knowledge, the role of student psychology in environmental education, the role of psychological properties in developing environmental knowledge, psychological factors that help form environmental activity and responsibility in students, the importance of psychological attributes in environmental education and its impact. Ecological knowledge and environmental literacy are important in modern society, they are considered to be the main factors in shaping people's attitude to the environment and effective management of natural resources. Ecological knowledge is developed in students through various factors, including their psychological qualities. This article analyzes the psychological attributes necessary for developing environmental knowledge and determines what psychological properties are important in students in developing environmental knowledge. This study aims to form the specified psychological properties in students in order to increase the effectiveness of environmental education and analyze them on a scientific basis.

Keywords: ecology, education, student, psychology, psyche, cognition, intelligence, property, ability, process, result.

Kirish. Bugungi kunda ekologik muammolar nafaqat global darajada, balki har bir shaxs va jamiyat uchun dolzarb masalaga aylanib bormoqda. Atrof-muhitga bo'lgan munosabat, resurslarni ishlatishdagi oqilona yondashuv va ekologik savodxonlik har bir insonning hayot tarzini shakllantiruvchi asosiy omillardan hisoblanadi. Bu esa, ekologik bilimlarni rivojlantirish va ularni turmushda samarali qo'llashning ahamiyatini yanada oshiradi.

Ekologik ta'limda talabalarning psixologiyasi muhim rol o'ynaydi. Chunki ekologik bilimlar nafaqat axborotni o'zlashtirishni, balki atrof-muhitga munosabatni shakllantirish va ekologik faollikni rivojlantirishni ham talab etadi. Talabalarda ekologik bilimlarni samarali o'zlashtirish va ularni amaliyotga tatbiq qilish uchun mutaxassislar, psixologlar va pedagoglar ekologik savodxonlikni shakllantirishda psixologik sifatleri

ahamiyatini inobatga olishlari lozim.

Maqsadimizni ekologik bilimlarni rivojlantirishda talabalarda qanday psixologik sifatlar muhim ekanligini aniqlash tashkil etadi. Shu maqsadda maqolada quyidagi asosiy vazifalarga e'tibor qaratiladi:

1. Ekologik bilimlarni rivojlantirishda psixologik sifatlarning o'rni.
2. Talabalarda ekologik faollik va mas'uliyatni shakllantirishga yordam beradigan psixologik omillar.

Adabiyotlar tahlili. S.A. Zhaukina talabalarning ekologik bilimlarini rivojlantirish – bu ularda tabiatga, jamiyatga, kelajak avlodga nisbatan mas'uliyatli munosabatni shakllantirishga qaratilgan muntazam ta'limiy jarayondir. Bu jarayon ekologik ta'lim, tarbiya va faol ekologik faoliyatni o'z ichiga oladi, – deb ta'riflaydi [5]. Mazkur yondashuv ekologik bilimlarning izchil rivojlanishini ko'rsatadi. V.A. Adolf ta'rifiga ko'ra, inson ijtimoiy taraqqiyot jarayonida bilmaslikdan bilishga, mavhum bilimlardan mukammal va aniq bilimlar hosil qilish tomon boradi [11]. Bilimlarning bunday bosqichma-bosqich takomillashuvi esa talabaning shaxsiy-axloqiy rivojlanishi bilan bevosita bog'liq. B.X. Xodjayev talabalarning axloqiy jihatdan shakllanishi undagi ruhiy sifatlarini, qarashlar, ideallar, intilish, fikr-mulohaza, hissiyot va e'tiqodlarni kamol toptirish, o'stirishni taqozo qiladi. Talabalarning boshqa kishilarga, o'qishga va ijtimoiy-foydali mehnatga subyektiv munosabati ko'p jihatdan o'qishni, mehnatni va turmush tarzini qanday uyushtirishga bog'liqdir, deb ta'kidlaydi [12]. Ekologik ta'limda psixologik sifatlarning ahamiyati va uning ta'siri.

Tadqiqot metodologiyasi. Maqola mavzusini yoritishda nazariy-metodologik tahlil, kuzatish metodi, suhbat (intervyu) va anketa metodi, faoliyat mahsullarini tahlil qilish kabi metodlardan foydalanildi.

Natijalar va muhokamalar. Talabalarda ekologik bilimlarni rivojlantirishda psixologik sifatlarning ahamiyati shundaki, ular ekosistemadagi muammolarga nisbatan munosabatlarni shakllantirish va faollikni rivojlantirish uchun asosiy omillar hisoblanadi. Ekologik savodxonlikni yaxshilash uchun talabalarda ekologik bilimlar amaliy qo'llanilishi zarur. Buning uchun, ularning psixologik sifatlarini hisobga olish, ta'lim jarayonida ishlatish hamda ekologik ta'limga ijobiy ta'sir ko'rsatish muhim ahamiyatga ega.

Ekologik ta'limda psixologik sifatlar talabalarning ekologiyaga bo'lgan munosabatini, ularning shaxsiy jihatda qanday qarorlar qabul qilishini va umumiy ijtimoiy munosabatlarini shakllantiradi. Psixologik sifatlarning rivojlanishi talabalarning ekologik faollik va ekologik mas'uliyat hissini oshiradi. Bu, o'z navbatida, ularning ekologik bilimlarni kundalik hayotda qo'llash va jamiyatga yordam berish qobiliyatlarini shakllantiradi.

Interdisciplinary Learning – bu turli fanlar o'rtasida bog'lanish yaratish, ma'lum bir muammoni yoki mavzuni bir nechta fan nuqtayi nazaridan tahlil qilish va chuqur tushunishga asoslangan ta'lim texnologiyasidir. Bu texnologiya olingan bilimlarni hayotga tatbiq etishga o'rgatadi, kasbiy, ijtimoiy va falsafiy nuqtayi nazarlarni birlashtiradi, talabalarda kompleks fikrlash va murakkab masalalarni yechish qobiliyatini rivojlantiradi.

Asosiy maqsadlari:

1. Kompleks fikrlashni shakllantirish;
2. Turli fanlar o'rtasidagi bog'liqlikni tushunish;
3. Real hayot muammolarini har tomonlama ko'rib chiqish;
4. Ijodkorlik va tahlil qobiliyatini rivojlantirish.

Ekologik ta'limda Interdisciplinary Learning qo'llanilishi

Ekologiya muammolari bir nechta sohalar – biologiya, kimyo, geografiya, fizika, iqtisodiyot, huquq va boshqalar bilan bog'liq. Shu bois fanlararo yondashuv ekologik ta'limda juda samarali hisoblanadi.

Amaliy qo'llanilishi:

1. Loyihalar asosida o'qitish (Project-Based Interdisciplinary Learning). Talabalar guruhda ishlab, turli fanlar asosida ekologik muammoga yechim topishadi. Masalan: "Yashil shahar" konsepsiyasi – injeneriya, dizayn, iqtisodiyot va ekologiya masalalari.

2. Tematik modullar yaratish. Misol: "Barqaror rivojlanish" modulida talabalar iqlim o'zgarishi, demografiya, resurslar, siyosat va iqtisodiyotni bir vaqtda o'rganadilar.

3. Keys tahlillari. Turli sohalaridagi mutaxassislar fikrlari asosida ekologik holatni baholash va yechimlar yaratish.

Afzalliklari:

- Kompleks fikrlashni rivojlantiradi;
- Amaliyotga yaqinlashtiradi;
- Turli kasblar bilan bog'lanish imkonini beradi;
- Jamoaviy ishlash ko'nikmasini oshiradi;
- Muammolarni turli nuqtayi nazardan ko'rib chiqishni o'rgatadi.

Ekologik bilimlarni rivojlantirishda talabalarda konseptual fikrlash, muammolarni aniqlash va ularni tahlil qilish qobiliyati muhim ahamiyatga ega. Talabalarning ekologik masalalar bo'yicha mufassal va aniq fikr bildirish qobiliyati, ularning ekologik bilimlarni nafaqat o'rganish, balki jamiyatga qo'shgan hissasiga aylanishida katta ahamiyatga ega. Shuningdek, yozish qobiliyati talabalarga ekologik muammolarni aniq va tushunarli tarzda bayon qilishga yordam beradi.

Ekologik bilimlarni rivojlantirishda talabalardagi muhim psixologik sifatlar quyidagilar:

– ekologik masalalarga munosabatni tahlil qilish qobiliyati, talabalarning ekologik axborotni qabul qilish va amalga oshirishda muhim o'rin tutadi.

– talabalar ekologik bilimlarning samarali rivojlanishi uchun haddan tashqari fikrlash va konseptual yondashuvlarga ega bo'lishi zarur.

– atrof-muhitga nisbatan empatiya va ijobiy munosabat talabalarning ekologik ta'limga oid qobiliyatlarini oshirishga yordam beradi.

– ekologik bilimlarni kundalik hayotda qo'llash uchun motivatsiya va yuqori darajadagi mas'uliyat hissi talabalarda kuzatiladi.

Ekologik bilimlarni rivojlantirishda psixologik sifatlar, jumladan, fikrlash tarzi, yozish qobiliyati va emotsional intellekt talabalarning ekologik muammolarni tushunish va ularga javob qaytarish qobiliyatlariga to'g'ridan to'g'ri ta'sir ko'rsatadi. Ekologik bilimlar va ijtimoiy mas'uliyat talabalarda nafaqat atrof-muhitga bo'lgan munosabatni, balki ularning umumiy shaxsini shakllantiradi.

Talabalarda ekologik bilimlarni rivojlantirishda psixologik sifatlarni hisobga olish nafaqat ekologik ta'limning samaradorligini oshiradi, balki ularning jamiyatdagi faol va mas'ul a'zolariga aylanishini ham ta'minlaydi. Bu holda ekologik ta'limda individual yondoshuv va talabalarning shaxsiy sifatlarini hisobga olish muhimdir.

Xulosa. Talabalarda ekologik bilimlarni rivojlantirishda psixologik sifatlar, jumladan, borliq – tabiat – jamiyat va inson taraqqiyotining o'zaro mushtarakligini anglash, insonning tabiatga ongli munosabatini shakllantirish, introspeksiya, emotsional intellekt, mas'uliyat hissi va motivatsiya kabi omillar muhim ahamiyatga ega. Ekologik bilimlarning samarali o'zlashtirilishi uchun bu psixologik sifatlarning rivojlanishi talabalarda ekologik savodxonlik va faollikni oshirishga yordam beradi. Shuningdek, ekologik ta'limda psixologik sifatlarni hisobga olish, ekologik bilimlarni nafaqat o'rganish, balki amaliyotga tatbiq qilishni ta'minlaydi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, ekologik bilimlarni rivojlantirishda psixologik sifatlar muhim rol o'ynaydi. Talabalarda ekologik masalalarga munosabat va ularga hal qilish qobiliyatining shakllanishi uchun introspeksiya, emotsional intellekt, fikrlash va mas'uliyat hissi kabi psixologik sifatlar muhimdir. Shuningdek, ekologik ta'limning samaradorligini oshirishda psixologik sifatlarning integratsiyasi talabalarning ekologik bilimlarini kundalik hayotda amaliyotga joriy qilishga yordam beradi.

Mazkur maqolada keltirilgan fikrlar ekologik bilimlarni rivojlantirishga qaratilgan dasturlarni yaratishda talabalarning psixologik holatini hisobga olish zarurligini namoyon etdi. Ekologik ta'limga oid pedagogik va psixologik yondoshuv strategiyalarini ishlab chiqish talabalarning ekologik savodxonliklarini yaxshilashga va jamiyatda faol va mas'ul shaxslar yaratishga imkon yaratadi.

Bundan tashqari, kelajakda ekologik ta'limda psixologik sifatlarni mustahkamlashga qaratilgan tadqiqotlar va amaliy ishlanmalar bilan shug'ullanish muhim ahamiyatga ega. Bu esa jamiyatning ekologik muammolarga bo'lgan munosabatini o'zgartirish va jadal rivojlantirishga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ahmadaliyev Sh.Q. Ekologik ta'lim va ekologiyani o'rganishda psixologik omillar // "Pedagogika" jurnali, 2015. – №3, – 45-49-b.
2. Shukurova S.Sh. Ekologik bilimlarni rivojlantirishda talabalardagi psixologik sifatlari // "Psixologiya" jurnali. –Buxoro, 2017. 2(5), 18-23-b.
3. To'xtamatrov T.M. Talabalarda ekologik faollikni shakllantirish va uning psixologik xususiyatlari // "Oliy ta'limdagi innovatsiyalar" jurnali, 10, 2018. 122-127-b.
4. Rahimov.Sh.X. Ekologik ta'limning psixologik aspektlariga nazar. // O'zbekistondagi ta'lim va pedagogika tadqiqotlari, 4, 2016. 58-62-b.
5. Yusupova M.A. Ekologik savodxonlikni rivojlantirishda yoshlarning psixologik tayyorgarligi. // Ekologik ta'limdagi rivojlanishlar, 3, 2014. 36-41-b.
6. Муродов А. Ф. Экологик муаммоларни ҳал қилишда талабаларнинг психологик фаоллиги. // Журнал психологических исследований в образовании, 5(2), 2019.74-80-б.
7. Karimova A. Y. Ekologik bilimlarning amaliyotga tatbiq etilishida psixologik sifatlarning o'rni. 2013. 23-28-b.
8. Sadiqova N. X. Ekologik faollik va ekologik mas'uliyat: Psixologik aspektlar. Pedagogika va psixologiyadagi yangi tendensiyalar, 2(6), 2017. 88-92-b.
9. Abdullayev, D. A. Ekologik psixologiya va yoshlar ta'limi. // O'zbekistondagi ekologik ta'lim va tarbiya, 4, 2015. 49-53-b.
10. Mirzayeva L.V. Talabalarda ekologik savodxonlikni rivojlantirishda psixologik yondoshuvlar.// "O'zbekistonda ekologiya va ta'lim" jurnali. 3,2018.101-105-b.

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 2025-yil 26.12.da berildi.

Bosishga 2025-yil 27.12. da ruxsat etildi.

2025-yil 29.12.da bosildi.

Ofset qog'oz. Qog'oz bichimi 60x84, 1/8.

Times New Roman garnituras. Nashriyot hisob tabog'i 24,25.

Buyurtma raqami: № 15.

Adadi 100 nusxa. Erkin narxda.