



SANOATDA

RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR

Volume 4
No 1
March, 2026

ILMIY JURNAL

E-mail:
info@srt-journal.uz
Web-adress:
www.srt-journal.uz



**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

научно-технический журнал

ISSN (ISSN-L): 3030-3214

**DIGITAL TECHNOLOGIES
IN INDUSTRY**

scientific and technical journal

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

SANOATDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR

Ilmiy-texnik jurnali

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Научно-технический журнал

DIGITAL TECHNOLOGIES IN INDUSTRY

Scientific and technical journal

№4(1) / 2026

QARSHI – 2026

Ilmiy-texnik jurnal O'zbekiston
Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi huzuridagi Axborot
va ommaviy kommunikatsiyalar
agentligining 26.07.2023-yildagi
106679-son guvohnomasi.

Ta'sischi

Qarshi davlat texnika universiteti,
"Olmaliq kon-metallurgiya kombinati"
AJ

CHIEF EDITOR

Sherzod Nematov

Rektor, Qarshi davlat texnika
universiteti

E-mail: rektor@kstu.uz

Bosh muharrir o'rinbosari

Abdurashid Khasanov

T.f.d. prof. Olmaliq kon-metallurgiya
kombinati

E-mail: abdurashidsoli@mail.ru

Mas'ul kotib

Abbas Shadieyev

T.f.d., Qarshi davlat texnika universiteti

E-mail: a.shodieyev@srt-journal.uz

Editorial address

180100, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh
ko'chasi, 225-uy, Qarshi davlat texnika
universiteti

Tel: (+998) 90 673 64 33

E-mail: info@srt-journal.uz

Veb sayt: www.srt-journal.uz

Texnik muharrirlar

Najmiddin Boymurodov

Ihom Togaev

Tahlil guruhi

Oybek Qayumov,

Uchqun Eshonqulov,

Dizayn

Farusxon Olimov

Jurnalning elektron versiyasini nashr

etish va yangilash uchun mas'ul

Abbos Shodieyev

Chop etilgan

Terishga topshirilgan sana:

15.03.2026 y.

Nashr qilingan sana: 27.03.2026 y.

Format: 60x84 1/8. Times shriftida.

Shartli bosma taboq: 16,125. Bosma

taboq: 16,125. Adadi: 30 nusxa.

Buyurtma №: 054. Qarshi davlat texnika

universitetining "INTELLEKT" MIU

nashriyotida chop etildi.

Manzil: Qarshi, Mustaqillik ko'chasi,

225.

© Sanoatda raqamli texnologiyalar

(E)ISSN: 3030-3214

DOI: [10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026](https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026)

TAHRIRIYAT HAY'ATI

Sherzod Nematov, Rektor. Qarshi davlat texnika universiteti, O'zbekiston
Abdulla Xursanov, t.f.d., Olmaliq kon-metallurgiya kombinati, O'zbekiston
G'ulom Uzoqov, t.f.d., prof. Qarshi davlat texnika universiteti, O'zbekiston
Abdirashid Hasanov, t.f.d. prof. Olmaliq kon-metallurgiya kombinati,
O'zbekiston

Xayit Turayev, k.f.d., prof., Termiz davlat universiteti kimyo fakulteti dekani,
O'zbekiston

Eshmurat Pirmatov, t.f.d., prof. Yevroosiyo fanlar akademiyasi akademigi,
Qozog'iston

Bum Sung Kim, t.f.d., prof., Koreya nodir metallar instituti, Janubiy Koreya
Irina Shadrinova, t.f.d., prof. Rossiya fanlar akademiyasi M.V.Melnikov

nomidagi Mineral resurslardan kompleks foydalanish instituti, Rossiya

Gabor Muksi, PhD, DSc, prof. Mishkols universiteti, Vengriya

Marcin Lutynski, PhD, DSc, prof. Sileziya texnologiya universiteti, Polsha

Márton Benke, Prof. Dr., professor, Mishkols universiteti, Vengriya

Tünde Kovács, t.f.d., prof. Óbuda universiteti, Vengriya

Anatoliy Gets, t.f.d., prof., Belarussiya milliy texnika univesiteti, Belarussiya

Pyotr Tsibulenko, t.f.d., prof., Belarussiya milliy texnika univesiteti,
Belarussiya

Shohrux Jo'rayev, t.f.d., dots., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar
universiteti, O'zbekiston

Nodir Doniyarov, t.f.d., prof., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar
universiteti, O'zbekiston

Behzod Tolibov, t.f.d., prof., O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish
agentligi, O'zbekiston

Abbos Shodieyev, t.f.d., prof. Qarshi davlat texnika universiteti, O'zbekiston

Baxriddin Voxidov, t.f.d., dots., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar
universiteti, O'zbekiston

O'tkir Nosirov, t.f.d., prof., Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti MISiS
ning Olmaliq filiali, O'zbekiston

Gafur Nutfulloyev, t.f.d., dots., Milliy tadqiqotlar universiteti "MISIS" ning
Olmaliq shahridagi filiali, O'zbekiston

Utkir Xalikulov, t.f.d., prof., Olmaliq davlat texnika isticiti, O'zbekiston

Shahboz Turdiyev, t.f.d., dots., Qarshi davlat texnika universiteti, O'zbekiston

Sarvar Parmonov, t.f.d., dotsent, Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq
filiali, O'zbekiston

Ulug'bek Hasanov, t.f.f.d., Olmaliq kon-metallurgiya kombinati, O'zbekiston

Jamoliddin Todjiyev, k.f.d., prof., O'zbekiston Milliy universiteti,
O'zbekiston

Asqar Parmonov, k.f.d., prof., O'zbekiston Milliy universiteti, O'zbekiston

Aktam Saidaxmedov, t.f.d., dots., Navoiy davlat konchilik va texnoogiyalar
universiteti, Navoiy, O'zbekiston

Shaxriddin Turobov, t.f.f.d., dots., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar
universiteti, O'zbekiston

Rustam Nomdorov, t.f.f.d., Qarshi davlat texnika universiteti, O'zbekiston

Uchqun Eshonqulov, t.f.f.d., dots., Qarshi davlat texnika universiteti,
O'zbekiston

Oybek Qayumov, t.f.f.d., dots., Qarshi davlat texnika universiteti, O'zbekiston

Najmiddin Boymurodov, t.f.f.d., PhD., Qarshi davlat texnika universiteti,
O'zbekiston

*"Sanoatda raqamli texnologiyalar" (e-ISSN:3030-3214) ilmiy-texmik jurnali
O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi
Oliy attestatsiya komissiyasining 30-iyul 2024 yildagi №358-sonli qaroriga
asosan quyidagi ixtisosliklar bo'yicha texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori
(PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya
ishlari yuzasidan dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya
etilgan:*

- 05.00.00 - Texnika fanlari
- 04.00.00 - Geologiya-mineralogiya fanlari
- 02.00.00 - Kimyo fanlari

MUNDARIJA

KON-METALLURGIYA VA ISHLAB CHIQRISH SANOATI

Matmusayev Ilhom Qurbonaliyevich, Xasanov Abdirashid Saliyevich, Muxamedboyev Abduvali Abdusattarovich, Shakarov To'liqin Ismatovich. Mis-molibden rudalarining flotatsiya chiqindisidan sement klinkerini olish 10

Turdiyev Shahboz Sheramat o'g'li, Turdiyev Farid Razzoq o'g'li, G'aniyev Barkamol Eshdavat o'g'li. O'zbekiston konlarida platinoidlar sinfiga mansub minerallarining hosil bo'lishi va ularning tahlili 16

Abdiyev Orifjon Xafizovich, Yuldashev Elmurod Umaraliyevich, Qudratova Komila Norqobil qizi, Ergashev Jahongir Bobomurodovich. Konveyer transportini energiya samaradorligini oshirish tadqiqoti 21

Mustafayev Baxtishod Nurali o'g'li, Turapov Mirali Kamalovich. Olmaliq ma'danli hududida qo'rg'oshin-rux va mis porfirming metallogen munosabatlari 25

Mustafayev Baxtishod Nurali o'g'li, Saidov Xabib Lutfullayevich, Turapov Mirali Kamalovich. Qulcho'loq konida polimetall ma'danlashuvi joylashish qonuniyatlari va prognoz resurslari 31

Muzaffarov Umurbek Umarovich, Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich, Aripov Avaz Rozikovich, Voxidov Baxriddin Raxmidinovich. Kimyo sanoati chiqindilaridan metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish 36

Xasanov Adham Amankulovich, Usenov Rasul Bovurjonovich, Geydarov Arif Emrax o'g'li, Jo'raqulova Sabrina Baxtiyor qizi. Qalmoqir konidagi oksidlangan mis rudalarini chanlarda tanlab eritish bo'yicha tadqiqot natijalari 41

Mamaraimov G'ayrat Farhodovich, Ergashev Hasanboy Zohidjon o'g'li. Ishlatilgan vanadiy katalizatorlarini atrof muhitga ta'siri va uni qayta ishlash usullari 47

Sayfulin Ramil Rashidovich. Quvvat o'zgartirgichlarning chiqish kuchlanishini o'lchash va nazorat qilish tizimlarida induktiv yuklama driftini parametrik kompensatsiya qilish 51

Kayumov Umiddjon Erkinovich, Pardayeva Shahlo Saxibjonovna, Istamov Muhammad Farxodovich. Markazdan qochma nasoslari ishchi g'ildiraklarining sirt qatlamini funksional qoplamalar bilan mustahkamlash orqali gidroabraziv yedirilishga chidamliligini oshirish 57

Boymurodov Najmiddin Abduqodirovich, Bo'riyev Sardor Sayfullayevich, Mamadaliyeva Intizor Muxamedovna. O'zbekistonda volfram sanoatini rivojlantirishning zamonaviy bosqichi va texnogen xom ashyoni o'zlashtirish istiqbollari 63

Botirov Shoxbos Soibovich, Nomdorov Rustam Uralovich, Abdisamatov Boboyor Azamat o'g'li. Sentinel-1 tasvirlari yordamida yer osti konchilik faoliyati natijasida yuzaga kelgan yer yuzasi deformatsiyasini insar usuli orqali monitoring qilish 69

Pavlovskiy Aleksandr Illarionovich, Kologrivko Andrey Andreyevich, Naryjnova Yevgeniya Yuryevna, Bildyuk Yegor Viktorovich. Texnologik yuklangan hududlarda geologik muhitning transformatsiyasini fazoviy-vaqt tahlil qilish metodikasi "KREDO fazoviy ma'lumotlarni tahlil qilish" dasturiy ta'minotidan foydalangan holda 75

Samadov Alisher Usmonovich, Nurmuhammedov Ibrohim Sunnatullayevich, Xaydarov A'zamjon Abdualiyevich, Jabborov Ergash Yusuf o'g'li. Kauldi koni oltin ma'danlari texnologik namunalarning sianidlash ko'rsatkichlarini tadqiq qilish 80

Samadov Alisher Usmonovich, Nurmuhammedov Ibrohim Sunnatullayevich, Xamidullayev Baxrom Narzullayevich, Hakimov Azamat Xushbakovich. Kauldi koni oltin ma'danlari turli kombinatsiyalashgan qayta ishlash sxemalarini tahlil qilish 85

Norov G'ulomjon Mirzog'olib o'g'li. Karyer bortlarining qavariq shaklini aniqlashda korrelyatsion tahlilning matematik modeli 90

Zairov Sherzod Sharipovich, Nutfulloyev G'afur Subxonovich, G'oyibnazarov Bahrom Abdaliyevich, Ismatillayev Navro'zbek Abdujabborovich. Yer osti kon lahimlarida burg'ilash-portlatish ishlari jarayonida shpurlarni to'liq o'zlashtirishni oshirishning texnologik usullarini tahlil qilish 96

Yuldashev Elmurod Umaraliyevich, Jo'rayev Shaxzod Numon o'g'li. Porshenli kompressorlar uchun ko'p bosqichli so'ruluvchi havoni sovitish tizimini ishlab chiqish va uning energiya samaradorligiga ta'sirini tadqiq etish 104

Xatamova Dilshoda Narmuratovna, Yuldasheva Mohinur Abduxakim qizi. Nasos oqim yuzalarining shaxta suvi tarkibidagi qattiq zarrachalar sababli yemirilishini tadqiq qilish 110

GEOLOGIYA VA NEFT-GAZ SANOATI

Mirzayev Abdurazak Umirzakovich, Yusupov Xumoyun Raxmatovich, Toshtemirov Shoxruh Alisher o'g'li, Nazarov Uzruh Xasanovich. Qizilqum hududidagi kaolinga istiqbolli maydoning geologik tuzilishi, moddiy tarkibi va ularning hosil bo'lish omillari (Zaxquduq, Alyans, Altintau maydonlari) 114

Usmonov Kuvonchbek Mannonovich, Rabbimov Jaxongir Shodmonkulovich. Neft va gaz konlarini izlashda xaritalashning aerokosmik usullarining ahamiyati 121

Qobilov Nodirbek Sobirovich, Tog'ayev Abror Ikrom o'g'li, Olimov Jasurbek To'liqin o'g'li, Ergashev Shuxrat Jamabayevich. Yog'moy sanoati chiqindilarining fizik-kimyoviy xususiyatlari va ular asosida sirt faol moddalar ishlab chiqish 129

Qobilov Nodirbek Sobirovich, Tog'ayev Abror Ikrom o'g'li, Olimov Jasurbek To'liqin o'g'li, Ergashev Shuxrat Jamabayevich. Moylovchi materiallar uchun sirt faol maodlar tarkibi va texnologiyasi 135

Axmedov Xolxo'ja Raxmatullayevich. Buxoro-Xiva neftgazli regionining markaziy qismida mezozoy-kaynozoyda rivojlangan strukturalarning neftgazli maydonlarni ajratish 141

Qurbonov Shukurxon Berdimurodovich, Yuldashev Nazarbek Narziyevich, Kirgizov Ismoil Qosimjonovich, Jo'rayev Fazliddin Ochilxonovich. Uzunquduq maydonidagi karbonat yura yotqiziqlarining geologik tuzilishi va neft-gaz zaxiralarining istiqbolliligi 149

Saxatov Bahodir Gulmurodovich, Ashurov Murodullo Xolboyevich, Boyqobilova Maxliyo Maxmudovna. Tik silindrsimon rezervuarlarda benzin bug'lanish yo'qotishlarini kamaytirish usullarining tahlili 153

Egamberdiyev Saidigani, Husomiddinov Ahror, Ruzimboev Farrux, Jo'rayev Elyor. Kuchli magnit bo'ronlari davrida Yangibozor geofizik ilmiy-tadqiqot observatoriyasida magnit maydonning sutkalik o'zgarishlari 159

Dustqobilov Eldor Nurmatovich, Yuldashev Tashmurza Raxmonovich. Nasadkali qurilmalar ishini faollashtirish usullarini tadqiqotlash 166

Kurbonova Moxigul Mamasaliyevna, Raimjonova Nilufar Akrom qizi. Chet el tadqiqotlari asosida quyi va yuqori bo'r yotqiziqlarining stratigrafik tabaqalanishi va stratotiplarini tahlil qilish 171

Dustqobilov Eldor Nurmatovich. Tabiiy gazni absorbsion tozalash samaradorligiga ta'sir etuvchi omillarni o'rganish 176

Yarboboyev To'liqin Nurboboyevich, Rabbimov Jahongir Shodmonkulovich, Jamilov Baxtiyor Baxriddin o'g'li. Yer osti suv resurslarini geologik va iqtisodiy jihatdan integratsiyalashgan baholash 180

KIMYOVIY TEXNOLOGIYA VA QURILISH

Muzaffarova Nazokat Sharabovna, To'rayev Xayit Xudonazarovich, Nurqulov Fayzulla Nurmo'minovich. Borat kislot-fosfat kislotamochevina-ZnO asosidagi antipirenni paxta va 50/50 paxta-poliester matolarga integratsiyasi 186

Raxmanov Begzod Abdihamidovich, Eshqurbonov Furqat Bozorovich, Ashurova Asal Abduolim qizi, Abdullayeva Rayxona Ilhom qizi. Xondiza boyitish fabrikasi texnologik jarayonlarini nazorat qilishda kompleksometrik tahlil usulining samaradorligi 192

Muxammatova Umida Xusan qizi, Temirov O'ktam Shavkatovich, Sharipov San'at Shuxrat o'g'li, Taxirova Nargisa Baxriddinovna. Nokonditsion fosforitlar va oqova suvlar cho'kindilari asosida organik-mineral o'g'itlar olish 197

Zuxurov Yigitali Tog'ayevich, Aralov Muzaffar Muxammadiyevich, Jabborova Roxat Mannon qizi, Umarova Maxfirat Normuratovna. GAT yordamida agroekologik monitoring xaritalarini takomillashtirish 203

Qarshiyev Nurali Xoliqulovich, Khusenov Arslonnazar Shernazarovich, Eshqurbonov Furqat Bozorovich, Abdullayeva Rayxona Ilhom qizi. Planetar-valikli ekstruziya usuli bilan qayta ishlangan yovvoyi arpa sellyulozasining morfologik va mikrostruktura xususiyatlarini SEM tahlili 208

Umirova Zilola Sherali qizi, Axmedov Azimjon Normo'minovich, Xakimova Zulfiyaxon Azizovna Ruzibayev Akbarali Tursunboyevich. Kungaboqar mumini ajratib olish va uning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish 214

Berdiyev Sanjar Allanazarovich, Jovliyev Sarvar Mustaf o'g'li, Turg'unov Ilhomjon Ibroximjon o'g'li, Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich. Kislorod saqlagan benzinni oktan sonini oshiruvchi organik qo'shimchalar sintezi hamda ekspluatatsion xossalarini tadqiq etish 220

Nurmonov Suvonqul Erxonovich, Asranova Umidaxon Xamidjon qizi. Suflonlangan sellyulozaning molekulyar arxitekturasi montamorillonit dispersiyalaridagi adsorbsiyasi va reologik xossalariga ta'siri 226

Abdirashidov Durbek Abdirashid o'g'li. Stabilizator va to'ldiruvchilar bilan modifikatsiyalangan PVX asosida olingan olovbardosh materialning infraqizil (IQ) spektroskopik tahlili 231

EKOLOGIYA, MEHNAT MUHOFAZASI VA TEXNIKA XAVFSIZLIGI

G'ayimnazarov Israil Xoliqovich, Mamasulov Sobir Raxmonqul o'g'li, Toshmurodov Jomurod Jahongir o'g'li. O'zan tubi barqarorligini baholash usullari 237

Mamasaliyeva Muqaddas Ibadullayevna. 2025-yilda O'zbekiston uchun eng yaxshi 10 ta transport texnologiyalari va innovatsiyalari 242

Xazratov Alisher Normurodovich, Sobirov Feruz Choriyevich. Grunt o'zanli kanallarni rekonstruksiyalashning NSGA-II algoritmi yordamida ko'p maqsadli optimallashtirish modeli 246

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И ОБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Матмусаев Илхом Курбоналиевич, Хасанов Абдирашид Салиевич, Мухамедбаев Абдували Абдусаттарович, Шакаров Тулкин Исмаилович. Получение цементного клинкера с использованием флотоотхода медно-молибденовых руд 10

Турдиев Шахбоз Шермамат угли, Турдиев Фарид Раззок угли, Ганиев Баркамол Эшдавлат угли. Изучение образование минералов платиноидов в месторождениях Узбекистана и их перспектива развития 16

Абдиев Орифжон Хафизович, Юлдашев Элмурод Умаралиевич, Кудратова Комила Норкобил кизи, Эргашев Жахонгир Бобомурадович. Исследование повышения энергетической эффективности конвейерного транспорта 21

Мустафаев Бахтишод Нурали угли, Турапов Мирали Камалович. Металлогенные отношения свинцово-свинцового и медного порфира в Алмалыкском рудном области 25

Мустафаев Бахтишод Нурали угли, Саидов Хабиб Лутфуллаевич, Турапов Мирали Камалович. Закономерности размещения полиметаллической минерализации и оценка прогнозных ресурсов месторождения Кульчулок 31

Музаффаров Умурбек Умарович, Холикулов Даниёр Бахтиёрвич, Арипов Аваз Розикович, Вохидов Бахриддин Рахмидинович. Разработка технологии извлечения металлов из отходов химической промышленности 36

Хасанов Адхам Аманкулович, Усенов Расул Бовуржонович, Гейдаров Ариф Эмрах оглы, Журакулова Сабрина Бахтиёр кизи. Результаты исследований по селективному выщелачиванию окисленных медных руд месторождения Калмакыр в чанах 41

Мамараимов Гайрат Фарходович, Эргашев Хасанбой Зохиждон угли. Воздействие отработанных ванадиевых катализаторов на окружающую среду и методы их переработки 47

Сайфулин Рамиль Рашидович. Параметрическая компенсация дрейфа индуктивной нагрузки в системах измерения и контроля выходного напряжения силовых преобразователей металлообрабатывающего оборудования 51

Каюмов Умиджон Эркинович, Пардаева Шахло Сахибжоновна, Истамов Мухаммад Фарходович. Повышение устойчивости к гидроабразивному изнашиванию рабочих колес центробежных насосов на основе упрочнения поверхностного слоя функциональными покрытиями 57

Боймуродов Нажмиддин Абдукадирович, Буриев Сардор Сайфуллаевич, Мамадалиева Интизор Мухамедовна. Современный этап развития вольфрамовой промышленности в Узбекистане и перспективы освоения техногенного минерального сырья 63

Ботиров Шохбос Соибович, Номдоров Рустам Уралович, Абдисаматов Бобоёр Азамат угли. Мониторинг деформаций земной поверхности, обусловленных подземной добычей полезных ископаемых, на основе данных спутника Sentinel-1 методом Инсар 69

Павловский Александр Илларионович, Кологривко Андрей Андреевич, Нарыжнова Евгения Юрьевна, Бильдюк Егор Викторович. Методика пространственно-временного анализа трансформации геологической среды техногенно нагруженных территорий с применением программного обеспечения «КРЕДО анализ пространственных данных» 75

Самадов Алишер Усмонович, Нурмухаммедов Иброхим Суннатуллаевич, Хайдаров Аъзамжон Абдуллаевич, Жабборов Эргаш Юсуф угли. Исследование показателей цианирования технологических проб золотосодержащих руд месторождения Каулды .. 80

Самадов Алишер Усмонович, Нурмухаммедов Иброхим Суннатуллаевич, Хамидуллаев Бахром Нарзуллаевич, Хакимов Азамат Хушбакович. Изучение различных комбинированных схем переработки золотосодержащих руд месторождения Каульды 85

Норов Гуломжон Мирзоголиб угли. Математическая модель корреляционного анализа при определении выпуклой формы бортов карьера 90

Заиров Шерзод Шарипович, Нутфуллоев Гафур Субхонович, Гаибназаров Бахром Абдаалиевич, Исмаиллаев Наврузбек Абдужаббарович. Анализ технологических способов повышения полноты отработки шпуров при буровзрывных работах в подземных горных выработках 96

Юлдашев Элмурод Умаралиевич, Джураев Шахзод Нумон угли. Разработка многоступенчатой системы охлаждения всасываемого воздуха для поршневых компрессоров и исследование её влияния на энергетическую эффективность 104

Хатамова Дилшода Нармуратовна, Юлдашева Мохинур Абдухаким кизи. Исследование износа проточных поверхностей насоса под влиянием твёрдых частиц в составе шахтных вод 110

ГЕОЛОГИЯ И НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Мирзаев Абдуразақ Умирзакович, Юсупов Хумоюн Рахматович, Тоитемиров Шохрух Алишиерович, Назаров Узрух Хасанович. Геологическое строение, вещественный состав и факторы их образования перспективной площади каолина в районе Кызылкумов (площади Захкудук, Альянс, Алтынтау) 114

Усманов Кувончбек Маннонович, Раббимов Джахонгир Шодмонкулович. Значение аэрокосмических методов картирования при поиске нефтегазовых месторождений 121

Кобилов Нодирбек Собирович, Тогаев Аброр Икром угли, Олимов Джасурбек Толкин угли, Эргашев Шухрат Джамабаевич. Физико-химические свойства отходов масложировой промышленности и получение на их основе поверхностно-активных веществ 129

Кобилов Нодирбек Собирович, Тогаев Аброр Икром угли, Олимов Джасурбек Толкин угли, Эргашев Шухрат Джамабаевич. Состав и технология поверхностно-активных веществ для смазочных материалов 135

Ахмедов Холхужа Рахматуллаевич. Выделение нефтегазоносных площадей мезозой-кайнозойского развития структур в центральной части Бухаро-Хивинской нефтегазоносной регион 141

Курбонов Шукржон Бердимуродович, Юлдашев Назарбек Нарзиевич, Киргизов Исmoil Касимжонович, Жураев Фазлиддин Очилхонович. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности карбонатных отложений юры на площади Узункудук 149

Сахатов Баходир Гулмуродович, Ашууров Муродулло Холбоевич, Бойкобилова Махлиё Махмудовна. Анализ технологий снижения испарительных потерь бензина в вертикальных цилиндрических резервуарах 153

Эгамбердиев Сайдигани, Хусомиддинов Ахрор, Рузимбоев Фаррух, Жураев Элёр. Среднесуточные вариации магнитного поля в Янгибазарской геофизической научно-исследовательской обсерватории в периоды сильных магнитных бурь 159

Дусткобилов Элдор Нурмаматович, Юлдашев Ташмурза Рахмонович. Исследование методов активации работы насадочных устройств 166

Курбонова Мохизуль Мамасалиевна, Раймжоновна Нилуфар Акром кизи. Разработка стратиграфической дифференциации и стратотипов нижних и верхних меловых отложений на основе иностранных исследований 171

Дусткобилов Элдор Нурмаматович. Изучение факторов, влияющих на эффективность абсорбционной очистки природного газа 176

Ярбобоев Тулкин Нурбобоевич, Раббимов Жахонгир Шодмонкулович, Жамилов Бахтиёр Бахриддин угли. Интегрированная геолого-экономическая оценка ресурсов подземных вод 180

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВО

Музаффарова Назокат Шарабовна, Тураев Хаит Худойназарович, Нуркулов Файзулла Нурмунинович. Интеграция антипирена на основе борной кислоты, фосфорной кислоты, мочевины и ZnO в хлопковые и 50/50 хлопок-полиэстерные ткани 186

Рахманов Бегзод Абдихамидович, Эшкурбонов Фуркат Бозорович, Ашуурова Асал Абдуолим кизи, Абдуллаева Райхона Ильхом кизи. Эффективность комплексометрического метода анализа при контроле технологических процессов на Хандизинской обогатительной фабрике 192

Мухамматова Умида Хусан кизи, Темиров Уктам Шавкатович, Шарипов Санат Шухрат угли, Тахирова Наргиса Бахиддиновна. Получение органоминеральных удобрений на основе некондиционных фосфоритов и осадков сточных вод 197

Зухуров Йигитали Тогаевич, Аралов Музаффар Мухаммадиевич, Джаборова Рохат Маннон кизи, Умарова Махфират Нормуратовна. Совершенствование карт агроэкологического мониторинга с использованием ГИС 203

Каршиев Нурали Холикулович, Хусенов Арслонназар Шерназарович, Эшкурбонов Фуркат Бозорович, Абдуллаева Райхона Ильхом кизи. Анализ морфологических и микроструктурных свойств целлюлозы дикорастущего ячменя, переработанной методом планетарно-валиковой экструзии, с помощью СЭМ 208

Умирова Зилола Шерали кизи, Ахмедов Азимжон Нормоминович, Хакимова Зульфияхон Азизовна, Рузибаев Акбарали Турсунбоевич. Выделение подсолнечного воска и изучение его физико-химических свойств 214

Бердиев Санжар Алланазарович, Жовлиев Сарвар Мустафо угли, Тургунов Илхомжон Иброхимжон угли, Нуркулов Файзулла Нурмунинович. Исследование эксплуатационных свойств кислородсодержащего бензина и синтез органических добавок повышающих октанное число 220

Нурмонов Сувокул Эрхонович, Асранова Умидахон Хамиджон кизи. Влияние молекулярной архитектуры сульфонирующей целлюлозы на её адсорбцию и реологические свойства в дисперсиях монтмориллонита 226

Абдирашидов Дурбек Абдирашид угли. Инфракрасный (ИК) спектроскопический анализ огнестойкого материала на основе ПВХ, модифицированного стабилизаторами и наполнителями 231

ЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Гайимназаров Исраил Холикович, Мамарасулов Собир Рахмонкулович, Тошмуродов Жомурод Жахонгир угли. Методы оценки устойчивости дна русла 237

Мамасалиева Мукаддас Ибадуллаевна. Топ-10 транспортных технологий и инноваций в 2025 году для Узбекистана 242

Хазратов Алишер Нормуродович, Собиров Феруз Хориевич. Многокритериальная оптимизационная модель реконструкции грунтовых каналов с использованием алгоритма NSGA-II 246

CONTENTS

MINING METALLURGY AND MANUFACTURING INDUSTRY

Matmusaev Ilhom Kurbanalievich, Khasanov Abdirashid Salievich, Mukhamedbaev Abduvali Abdusattarovich, Shakarov Tulkin Ismatovich. Production of cement clinker using Copper-Molybdenum ore float waste 10

Turdiyev Shahboz Shermamat ugli, Turdiyev Farid Razzoq ugli, Ganiev Barkamol Eshdavlat ugli. Study of the formation of platinum metal minerals in the deposits of Uzbekistan and their development prospects 16

Abdiev Orifjon Khafizovich, Yuldashev Elmurod Umaralievich, Kudratova Komila Norkobil kizi, Ergashev Jahongir Bobomurodovich. A study on improving the energy efficiency of conveyor transport 21

Mustafaev Bakhtishod Nurali ugli, Turapov Mirali Kamalovich. Metallogenic relationship of lead-zinc and copper porphyry in the Almalyk mine region 25

Mustafaev Bakhtishod Nurali ugli, Saidov Xabib Lutfullayevich, Turapov Mirali Kamalovich. Laws of location and forecast resources of polymetal ormalization at the Kulchulak deposit 31

Muzaffarov Umurbek Umarovich, Kholikulov Doniyor Bakhtiyorovich, Aripov Avaz Rozikovich, Vokhidov Bakhriddin Rakhmidinovich. Development of technology for metal recovery from chemical industry wastes 36

Khasanov Adham Amankulovich, Usenov Rasul Bovurjonovich, Geydarov Arif Emrakh oglu, Jurakulova Sabrina Bakhtiyor kizi. Research results on tank leaching of oxidized copper ores from the Kalmakyr deposit 41

Mamaraimov Gayrat Farhodovich, Ergashev Hasanboy Zohidjon ugli. Environmental impact of spent vanadium catalysts and methods for their processing 47

Sayfulin Ramil Rashidovich. Parametric compensation of inductive load drift in measurement and control systems of power converter output voltage 51

Kayumov Umidjon Erkinovich, Pardayeva Shahlo Saxibjonovna, Istamov Muhammad Farxodovich. Enhancing the resistance to hydroabrasive wear of centrifugal pump impellers by strengthening the surface layer with functional coatings 57

Boymurodov Najmiddin Abdukadirovich, Buriev Sardor Sayfullaevich Mamadalieva Intizor Mukhamedovna. Current stage of development of the tungsten industry in Uzbekistan and prospects for utilization of technogenic mineral raw materials 63

Botirov Shoxbos Soibovich, Nomdorov Rustam Uralovich, Abdisamatov Boboyor Azamat ugli. Monitoring of surface deformation caused by underground mining activities using the insar technique based on Sentinel-1 imagery 69

Pavlovskiy Aleksandr Illarionovich, Kologrivko Andrey Andreevich, Naryjnova Yevgeniya Yuryevna, Bilyduk Yegor Viktorovich. Methodology for spatiotemporal analysis of geological environment transformation in technically impacted areas using the “CREDO analysis of spatial data” software 75

Samadov Alisher, Nurmukhammedov Ibrokhim, Khaidarov Azamjon, Jabbarov Ergash. Study of cyanidation parameters of technological samples of gold-bearing ores from the Kauldy deposit 80

Samadov Alisher, Nurmukhammedov Ibrokhim, Khamidullaev Bakhrom, Jabborov Ergash. Study of various combined schemes for processing gold-bearing ores of the Kauldy deposit 85

Norov Gulomjon Mirzogolib ugli. Mathematical model of correlation analysis for determining the convex shape of open-pit mine slopes 90

Zairov Sherzod Sharipovich, Nutfulloyev Gafur Subxonovich, Gaibnazarov Bakhrom Abdaalievich, Ismatillayev Navrozbek Abdujabborovich. Analysis of technological methods for improving the completeness of blasthole utilization in drilling and blasting operations in underground mine workings 96

Yuldashev Elmurod Umaraliyevich, Jurayev Shakhzod Numon ugli. Development of a multistage suction air cooling system for reciprocating compressors and investigation of its impact on energy efficiency 104

Khatamova Dilshoda Narmuratovna, Yuldasheva Mohinur Abduxakim kizi. Study of the wear of pump flow surfaces caused by solid particles in mine water 110

GEOLOGY AND OIL-GAS INDUSTRY

Mirzaev Abdurazak Umirzakovich, Yusupov Khumoyun Rakhmatovich, Toshtemirov Shokhruxh Alisherovich, Nazarov Uzrukh Khasanovich. Geological structure, material composition and factors of their formation of the promising kaolin area in the Kyzylkum region (Zakhkuduk, Alyans, Altyntau areas) 114

Usmanov Kuvonchbek Mannonovich, Rabbimov Jahongir Shodmonkulovich. The importance of aerospace mapping methods in oil and gas field exploration 121

Kobilov Nodirbek Sobirovich, Togaev Abror Ikrom ugli, Olimov Jasurbek Tulkin ugli, Ergashev Shukhrat Jamabaevich. Physicochemical properties of oil and fat industry wastes and production of surface-active agents based on them 129

Kobilov Nodirbek Sobirovich, Togaev Abror Ikrom ugli, Olimov Jasurbek Tulkin ugli, Ergashev Shukhrat Jamabaevich. Composition and technology of surfactants for lubricants 135

Akhmedov Kholkhaja Rakhmatullayevich. Identification of oil and gas bearing areas of the mesozoic-cenozoic development of structures in the central part of the Bukhara-Khiva oil and gas region 141

Kurbanov Shukurkhon Berdimurodovich, Yuldashev Nazarbek Narziyevich, Kirgizov Ismail Kasimjanovich, Juraev Fazliddin Achilkhanovich. Geological structure and prospects of oil and gas output of jurassic carbonate deposits in the Uzunkuduk area 149

Sakhatov Bahodir Gulmurodovich, Ashurov Murodullo Kholboyevich, Boyqobilova Mahliyo Mahmudovna. Analysis of methods for reducing gasoline evaporation losses in vertical cylindrical storage tanks 153

Egamberdiyev Saidigani, Khusomiddinov Ahror, Ruzimboev Farrukh, Jurayev Elyor. Diurnal variations of the magnetic field at the Yangibazar geophysical research observatory during periods of strong magnetic storms 159

Dustqobilov Eldor Nurmamatovich, Yuldashev Tashmurza Rakhmonovich. The importance of aerospace mapping methods in oil and gas field exploration 166

Kurbonova Mohigul Mamasalievna, Raimjonova Nilufar Akrom kizi. Analysis of stratigraphic division and stratotypes of lower and upper deposits based on foreign research 171

Dustkobilov Eldor Nurmamatovich. Study of factors influencing the effectiveness of absorptional gas purification 176

Yarboboyev Tulkin Nurboboyevich, Rabbimov Jahongir Shodmonkulovich, Jamilov Baxtiyor Baxriddin ugli. Integrated geological and economic assessment of groundwater resources 180

CHEMICAL TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION

Muzaffarova Nazokat Sharabovna, Turaev Khait Khudoyazarovich, Nurkulov Fayzulla Nurmuminovich. Integration of a boric ACID–phosphoric ACID–UREA–ZnO based flame retardant into cotton and 50/50 cotton–polyester fabrics 186

Rakhmanov Begzod Abdikhamidovich, Eshkurbonov Furkat Bozorovich, Ashurova Asal Abduolim kizi, Abdullayeva Raykhona Ilkhom kizi. The effectiveness of the complexometric analysis method in monitoring the technological processes of the Khandiza beneficiation plant 192

Mukhammatova Umida Khusan kizi, Temirov Uktam Shavkatovich, Sharipov Sanat Shuhrat ugli, Takhirova Nargiza Bakhiddinovna. Production of organo-mineral fertilizers based on off-grade phosphorites and sewage sludge 197

Zukhurov Yigitali Togayevich, Aralov Muzaffar Mukhammadiyevich, Jaborova Rohat Mannon kizi, Umarova Makhfirat Normuratovna. Improvement of agroecological monitoring maps using GIS 203

Karshiev Nurali Khalikulovich, Khusenov Arslonnazar Shernazarovich, Eshkurbanov Furkat Bazarovich, Abdullaeva Raykhon Ilkhom kizi. SEM analysis of the morphological and microstructural properties of wild barley cellulose processed by the planetary-roller extrusion method 208

Umirova Zilola Sherali kizi, Akhmedov Azimjon Normominovich, Hakimova Zulfiyahon Azizovna, Ruzibayev Akbarali Tursunboyevich. Isolation of sunflower wax and study of its physicochemical properties 214

Berdiyev Sanjar Allanazarovich, Jovliev Sarvar Mustafo ugli, Turgunov Ilkhomjon Ibromkhon ugli, Nurkulov Fayzulla Nurmuminovich. Study of the synthesis and operational properties of oxygen-containing gasoline with organic additives that increase the octane number 220

Nurmonov Suvonkul Erkhonovich, Asranova Umidakhan Xamidjon kizi. Influence of molecular architecture of sulfonated cellulose on its adsorption and rheological properties in montmorillonite dispersions 226

Abdirashidov Durbek Abdirashidovich. Infrared (IR) spectroscopic analysis of a flame-retardant material based on PVC modified with stabilizers and fillers 231

ECOLOGY, LABOR PROTECTION AND TECHNICAL SAFETY

Gaimnazarov Israil Kholikovich, Mamasulov Sobir Rakhmonkulovich, Toshmurodov Jomurod Jahongir ugli. Methods for assessing riverbed stability 237


Mamasalievna Mukaddas Ibadullaevna. Top 10 transport technologies and innovations in 2025 for Uzbekistan 242

Khazratov Alisher Normurodovich, Sobirov Feruz Khorievich. Multi-objective optimization model for reconstruction of earthen canals using the NSGA-II algorithm 246

KON-METALLURGIYA VA ISHLAB CHIQRISH SANOATI
ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И ОБРАБАТЫВАЮЩАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

MINING METALLURGY AND MANUFACTURING INDUSTRY

УДК: 622.2+666.942

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.2

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ФЛОТООТХОДА МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУД



**Матмусаев Илхом
Курбоналиевич**

Главный инженер МОФ-2
Алмалыкского горно-
металлургического комбината,
Алмалык, Узбекистан



**Хасанов Абдирашид
Салиевич**

Заместитель директора по
технологиям Центра разработки
и внедрения инновационных
технологий, АО «Алмалыкский
горно-металлургический
комбинат», доктор технических
наук, профессор,
Алмалык, Узбекистан
E-mail: a.hasanov@srt-journal.uz
ORCID ID: 0009-0004-9162-7622



**Мухамедбаев Абдували
Абдусаттарович**

Директор ООО «ANTENN-
BRANCH», к.т.н.,
Алмалык, Узбекистан



**Шакаров Тулкин
Исмаатович**

Доцент, к.т.н., Алмалыкский
филиал НИТУ МИСис,
Алмалык, Узбекистан

Аннотация. В статье исследованы возможности получения портландцементного клинкера с использованием флотационных отходов медно-молибденовых руд МОФ-2 АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (АО «АГМК») в качестве глинистого компонента сырьевой смеси. Клинкер был получен обжигом при температуре 1380 °С, после чего изучены его петрографические, минералогические и физико-механические свойства. Результаты экспериментального клинкера сопоставлены с промышленным клинкером, обожжённым при 1450 °С. Установлено, что использование флотационных отходов способствует формированию основных клинкерных минералов и позволяет получить материал, соответствующий классу прочности 42,5. Показано, что применение техногенных отходов обеспечивает снижение температуры обжига, повышение энергоэффективности и уменьшение экологической нагрузки.
Ключевые слова: цементный клинкер, флотационные отходы медно-молибденовых руд, МОФ-2, АО «АГМК», петрография, клинкерные минералы, физико-механические свойства, энергосбережение.

MIS-MOLIBDEN RUDALARINING FLOTATSIYA CHIQINDISIDAN
SEMENT KLINKERINI OLISH

**Matmusayev Ilhom
Qurbonaliyevich**

*“Olmaliq kon-metallurgiya
kombinati” AJ MBF-2 bosh
muhandisi, Olmaliq, O‘zbekiston*

**Xasanov Abdirashid
Saliyevich**

*“Olmaliq kon-metallurgiya
kombinati” AJ Innovatsion
texnologiyalarni rivojlantirish va
joriy etish markazi texnologiya
bo‘yicha direktor o‘rinbosari,
texnika fanlari doktori, professor,
Olmaliq, O‘zbekiston*

**Muxamedboyev Abduvali
Abdusattarovich**

*“ANTENN-BRANCH” MChJ
direktori, t.f.n.,
Olmaliq, O‘zbekiston*

**Shakarov To‘lqin
Ismatovich**

*MTTU MISIS ning Olmaliq filiali
dotsenti, t.f.n. Olmaliq, O‘zbekiston*

Annotatsiya. Ushbu maqolada “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ MBF-2 mis–molibden rudalarini boyitish jarayonida hosil bo‘ladigan flotatsiya chiqindilaridan portlandsement klinkerini olish imkoniyatlari tadqiq etilgan. Tadqiqotlar flotatsiya chiqindisini klinker xomashyo aralashmasida gilli komponent sifatida qo‘llash asosida olib borildi. Klinker 1380 °C haroratda kuydirilib, uning pempografik, mineralogik hamda fizik-mexanik xossalari o‘rganildi. Olingan natijalar sanoat sharoitida 1450 °C da olingan ishlab chiqarish klinkeri bilan taqqoslandi. Pempografik tahlillar klinkerda asosiy minerallar — alit, belit, uchkaliyli alyuminat va kaliyli alyumoferitlarning shakllanganini ko‘rsatdi. Fizik-mexanik sinovlar tajribaviy klinkerning mustahkamlik ko‘rsatkichlari 42,5 sinf talablariga mos kelishini tasdiqladi. Tadqiqot natijalari flotatsiya chiqindilaridan foydalanish klinker kuydirish haroratini pasaytirish, energiya tejamkorligini oshirish hamda texnogen chiqindilarni qayta ishlash orqali ekologik yuklamani kamaytirish imkonini berishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: sement klinkeri, mis–molibden rudasi flotatsiya chiqindisi, MBF-2, “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ, portlandsement, pempografiya, klinker minerallari, fizik-mexanik xossalari, kuydirish harorati, texnogen chiqindilar.

PRODUCTION OF CEMENT CLINKER USING COPPER-MOLYBDENUM ORE FLOOT WASTE

**Matmusaev Ilhom
Kurbanaliyevich**

*Chief Engineer of the CC-2 of JSC
“Almalyk Mining and Metallurgical
Combine”, Almalyk, Uzbekistan*

**Khasanov Abdirashid
Salievich**

*Deputy Director for Technology of
the Center for Development and
Implementation of Innovative
Technologies, JSC “Almalyk
Mining and Metallurgical
Combine”, Doctor of Technical
Sciences, Professor,
Almalyk, Uzbekistan*

**Mukhamedbaev Abduvali
Abdusattarovich**

*Director of “ANTENN-BRANCH”
LLC, Ph.D., Almalyk, Uzbekistan*

**Shakarov Tulkin
Ismatovich**

*Associate Professor of the Almalyk
branch of MTTU MISIS, Candidate
of Technical Sciences.
Almalyk, Uzbekistan*

Abstract. The article investigates the production of Portland cement clinker using flotation waste of copper-molybdenum ores from Copper Processing Factory-2 (CPF-2) of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC (AMMC JSC) as a clay component of the raw material mixture. The clinker was fired at a temperature of 1380°C, and its petrographic, mineralogical, and physico-mechanical properties were studied. The experimental clinker was compared with an industrial clinker fired at 1450°C. The results show that the use of flotation waste promotes the formation of the main clinker minerals and ensures strength characteristics corresponding to class 42.5. The proposed approach allows reducing the firing temperature, improving energy efficiency, and decreasing the environmental impact through the utilization of technogenic waste.

Keywords: cement clinker, copper-molybdenum ore flotation waste, CPF-2, AMMC JSC, petrography, clinker minerals, physico-mechanical properties, energy efficiency.

Введение. Актуальной научно-практической задачей современного материаловедения и минерально-сырьевого комплекса является разработка инновационных технологических

решений, направленных на формирование высокотехнологичной производственной базы для глубокой переработки и рационального использования минерального сырья и техногенных

отходов. Строительная индустрия, являясь одной из наиболее материалоемких отраслей, особенно нуждается в подобных подходах. В связи с этим особую значимость приобретает создание эффективных методов комплексной переработки и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий получения портландцементного клинкера с использованием техногенных отходов обогатительных фабрик.

Флотационное обогащение полезных ископаемых, несомненно, является одним из наиболее эффективных методов переработки минерального сырья [1,2]. Несмотря на внедрение передовых технологий флотационного обогащения, 90-95% исходной руды хранятся в хвостохранилищах предприятий, загрязняя окружающую среду в промышленных зонах. Применение флотационных отходов медно-молибденовых руд МОФ-2 АО «АГМК» в качестве глинистого компонента сырьевой смеси для получения цементного клинкера представляет собой эффективный подход к расширению номенклатуры техногенных материалов, вовлекаемых в производство портландцемента. Такой подход не только способствует повышению ресурсоэффективности промышленного комплекса, но и оказывает положительное влияние на улучшение экологической ситуации в зонах интенсивной промышленной деятельности.

Процесс обжига портландцементного клинкера включает совокупность сложных физико-химических превращений, определяющих формирование фазового состава и эксплуатационных характеристик конечного продукта. Минералы клинкера формируются в результате взаимодействия основных оксидных компонентов — CaO , SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 — в условиях высокотемпературной обработки сырьевой смеси. На ранних стадиях обжига происходит дегидратация глинистых минералов при температуре 250–500°C, далее — разложение карбонатных пород (в частности, известняка) при 850–900°C. Завершение процессов клинкерообразования наблюдается при 1400–1450 °C, когда формируются основные минералы портландцементного клинкера [3, 4].

Портландцементный клинкер – это полу-

продукт для производства портланд-цемента. Его получают обжигом сырьевой смеси определенного состава, обеспечивающей образования при высокой температуре (1450 °C) минералов кальциевых силикатов (C_3S и C_2S), алюмината кальция (C_3A) и кальциевого алюмоферрита (C_4AF) [5-8].

Производство цемента является крупнотоннажным, потребляющее огромное количество природного сырья и энергетические ресурсы. Поэтому, замене природного сырья техногенными отходами – источниками альтернативного сырья, придается особое значение.

Материалы и методы исследования. В качестве исходного материала принят клинкер, полученный с использованием флотоотхода медно-молибденовых руд МОФ-2 АГМК при температуре обжига 1380 °C и производственный клинкер АО «Bekabadcement», обожженный при 1450 °C.

Петрографический анализ клинкера проводили на шлифах с применением поляризационного просвечивающего микроскопа МИН-8.

Минералогический состав полученного клинкера определяли в соответствии с общепринятыми расчетными методиками [9], используя данные химического анализа, выполненного по требованиям ГОСТ 5382-2019 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа».

Физико-механические показатели клинкера определены в соответствии стандартных методов.

Обсуждение. Для получения портландцементного клинкера при пониженной температуре обжига (1380°C) в составе сырьевой смеси был использован флотоотход медно-молибденовой руды МОФ-2. Присутствие в его составе легирующих примесей — MnO , P_2O_5 , Cr_2O_3 , а также Cu , Zn и Pb — оказывает выраженное минерализующее воздействие на процессы клинкерообразования. Небольшие количества данных компонентов способствуют снижению прочности кристаллической решетки кальцита и её более быстрому разрушению при пониженных температурах, что, в свою очередь, ускоряет протекание реакций, приводящих к образованию клинкерных минералов [5].

Внешний вид опытного клинкера, обожённого в лабораторной электропечи при 1380°C, приведен на рис.1.



Рис.1. Клинкер из опытной сырьевой смеси, обожжённый при 1380 °С.

На снимке клинкера, обожённого при 1380°C (рис. 1) можно увидеть достаточно хорошо спекшийся клинкер. Температура обжига достаточна для образования и формирования клинкерных минералов. Количество несвязанной извести при этой температуре составляет 1,0%. Клинкер соответствует требованиям ГОСТ по содержанию несвязанной извести.

На рис. 2 представлена петрография клинкера. Микроструктура клинкера своеобразна. Наблюдается неоднородная зернистая микроструктура, со светлыми, серовато-голубоватыми и буровато-зелёными участками различающихся в риненках. Это типично для клинкера с хорошо кристаллизованным алитом (C₃S) и участками белита (C₂S).

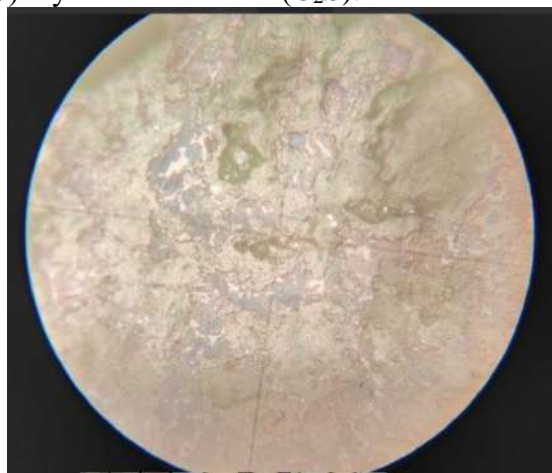


Рис.2. Петрография опытного клинкера (1380 °С).

Участки изометричных зерен с хорошо очерченными границами со светло-серыми до голубоватыми оттенками представлены алитом (C₃S), часто с неравномерной внутренней окраской. Размеры кристаллов варьируют в пределах 20–40 мкм. Границы между зернами преимущественно чёткие, местами — слабо-размытые, что свидетельствует о нормальной кристаллизации при высоких температурах.

Участки более тёмные, округлые, с менее чёткими границами - это белит (C₂S), размещённых в межзерновом пространстве. Форма кристаллов субидiomорфная, размер обычно меньше, чем у алита (10–20 мкм).

Мелкозернистая тёмная межзерновая масса представляет межкристаллическую фазу, состоящая из трехкальциевого алюмината (C₃A) и четырехкальциевого алюмоферрита (C₄AF). Характеризуется мелкозернистой структурой и неоднородной окраской от буровато-зелёной до серо-коричневой.

По морфологии зерен и характеру межфазной матрицы можно сделать вывод, что клинкер подвергался нормальному температурному режиму обжига, однако в отдельных участках наблюдаются признаки неравномерного прогрева, выраженные в частичном недожоге или перераспределении фаз. Отсутствие выраженной стекловидной фазы указывает на достаточную выдержку при температуре спекания, а умеренная пористость – на корректный режим охлаждения.

Химический состав клинкера из сырьевой смеси, содержащей в качестве глинистого компонента флотоотход медно-молибденовой руды МОФ-2, следующий (мас. %): SiO₂ – 21,39; Al₂O₃ – 5,88; Fe₂O₃ – 3,55; CaO – 66,76; MgO – 1,33; SO₃ – 0,18. Коэффициент насыщения клинкера КН = 0,93 при силикатном модуле n=2,0.

На основании химического состава клинкера был рассчитан минералогический состав, который показал образование C₃S – 62,65%; C₂S – 14,06%; C₃A – 9,56%; C₄AF – 10,79%. Содержание несвязанной извести в клинкере CaO_{св.}=1,0%.

Промышленный клинкер АО «Векabadcement» (образец 1) и экспериментальный клинкер (образец 2) подвергали измельчению в лабораторной шаровой мельнице

МБЛ-1 с добавлением 5% гипсового камня. Продолжительность помола сырьевой смеси составляла 40 мин. Для полученных продуктов измельчения определяли остаток на стандартных ситах с размерами ячеек 0,2 и 0,08 мм, а также удельную поверхность. Итоговые данные по остаткам на ситах представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели измельчения клинкеров

Номер клинкера	Содержание клинкера, %	Содержание гипсового камня, %	Время измельчения, минут	Остатки на ситах, %	
				02	008
1	95	5	40	2,9	11,3
2	95	5	40	2,6	10,1

Из приведенных данных видно, что процесс измельчения клинкера зависит от температуры обжига. Производственный клинкер (1) обожжен при 1450°C. Хорошо закристаллизован. Такой клинкер раз-малывается труднее чем клинкер, обожженный при 1380°C. Поэтому, остатки на ситах 02 и 008 выше, чем у клинкера с использованием отхода флотации медно-молибденовых руд МОФ-2.

Удельная поверхность клинкеров, определенные методом воздухопроницаемости на приборе Т-3, составил соответственно 2955 ва 3175 см²/г.

Сроки схватывания клинкеров и цементов на их основе регламентированы. Как слишком быстрое, так и медленное схватывание являются существенными недостатками. Быстрое затвердевание смеси вызывает неудобства в ее использовании, а медленное затвердевание замедляет строительные работы. Сроки схватывания характеризуются началом и концом схватывания. Результаты определений схватывания производственного и опытного клинкеров приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Сроки схватывания клинкера

Номер клинкера	Остаток на сите 008, %	Удельная поверхность, см ² /г	Время схватывания, час-минут	
			начало	конец
1	11,3	2955	2-50	4-45
2	10,1	3175	2-25	4-35

В целом, сроки схватывания показывает процесс взаимодействия клинкерных минералов водой в начальные сроки. При взаимодействии водой на поверхности клинкерных минералов образуется гидратная оболочка. В дальнейшем межзерновое пространство заполняется гелями

гидратации. Наблюдается начало схватывания.

С целью регулирования сроков схватывания в процессе помола клинкера добавляют определенное количество гипсового камня. Гипсовый камень эффективно снижает время схватывания клинкера и цемента. В наших экспериментах количество вводимого гипсового камня составляет 5 мас. %.

Таблица 3.

Физико-механические показатели клинкеров

Номер клинкера	Показатели прочности, МПа			
	изгиб		сжатие	
	2 сут.	28 сут.	2 сут.	28 сут.
1	3,5	8,4	17,3	57,6
2	4,2	7,6	18,1	52,3

Прочностные показатели клинкеров определяли на стандартных образцах-балочках размером 40x40x160 мм после 2 и 28 суток твердения в нормальных условиях. Физико-механические показатели клинкеров приведены в табл. 3.

Из приведенных данных табл. 3 видно, что по показателю прочности к 28 суткам экспериментальный клинкер соответствует классу прочности 42,5 и по O'MSt 337:2024 Портландцементный клинкер. «Технические условия» к SEM I KP 42,5 O'MSt 337:2024.

Активность производственного клинкера выше чем опытного, которая является следствием обжига при высоких температурах и образования при этом большего количества трехкальциевого силиката. Высокое содержание алита (C₃S) обеспечивает высокие прочностные показатели клинкера.


Заключение. Таким образом, петрографический анализ исследованного образца клинкера показывает, что материал сформировался в условиях нормального обжига с удовлетворительной степенью спекания и кристаллизации основных фаз (C₃S, C₂S, C₃A, C₄AF). Микроструктура клинкера характеризуется порфиридной текстурой, равномерным распределением алита и белита, а также умеренно развитой межкристаллической фазой, что свидетельствует о хорошем технологическом качестве продукта. Наличие отдельных участков с размытыми границами фаз и признаками микропористости может указывать на незначительные отклонения температурного режима обжига.

Экспериментальный клинкер, полученный с использованием флотоотхода медно-молибденовых руд МОФ-2 АГМК, соответствует классу прочности 42,5 и по O'MSt 337:2024 | «Портландцементный клинкер. Технические условия» к SEM I КР 42,5 O'MSt 337:2024 и пригоден для производства общестроительных цементов высокого качества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Авдохин, В. М. (2006). Основы обогащения полезных ископаемых. Обогащительные процессы (Т. 1). Издательство государственного горного университета.
- [2] Корчевский, А. Н., Назимко, Е. И., Науменко, В. Г., & Звягинцева, Н. А. (2019). Флотационные методы обогащения полезных ископаемых. Донецк: ДОННТУ.
- [3] Зубехин, А. П., & Голованова, С. П. (2009). Химия твердофазовых реакций в теории клинкерообразования. AlitInform: Цемент. Бетон. Сухие строительные смеси, (4–5(11)), 26–30.
- [4] Зубехин, А. П., Голованова, С. П., & Яценко, Е. А. (2012). Физико-химические процессы клинкерообразования в циклонных теплообменниках и декарбонизаторе вращающихся печей. AlitInform: Цемент. Бетон. Сухие строительные смеси, (4–5(26)), 20–29.
- [5] Бутт, Ю. М., Сычев, М. М., & Тимашев, В. В. (1980). Химическая технология вяжущих материалов (В. В. Тимашев, ред.). Москва: Высшая школа.
- [6] Информационно-технический справочник ИТС-6. (2022). Производство цемента (с поправками). Москва.
- [7] Мухамедбаев, А. А., Атаджанов, Ш. Ю., Мухамедбаев, Аф. А., Яичников, Я. М., & Курбанов, Э. И. (2021). Цемент ишлаб чиқариш технологияси: жараён ва қурилмалари. Тошкент: Tafakkur tomchilari.
- [8] Патапова, Е. Н. (n.d.). Производство цемента. В Энциклопедия технологий (Ч. 2, сс. 455–514).
- [9] Бутт, Ю. М., & Тимашев, В. В. (1973). Практикум по химической технологии вяжущих материалов. Москва: Высшая школа.

УДК: 553.612(575.1)

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.9

ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ ПЛАТИНОИДОВ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УЗБЕКИСТАНА И ИХ ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ



**Турдиев Шахбоз
Шермамат угли**

д.т.н., доц., Қаршинский
государственный технический
университет, Қарши,
Узбекистан
E-mail:
shahboz_01011991@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-4116-9799



**Турдиев Фарид Раззоқ
угли**

Ассистент, Қаршинский
государственный технический
университет, Қарши,
Узбекистан
E-mail: faridturdiyev3@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-4874-5935



**Ганиев Баркамол
Эшдавлат угли**

Магистр, Қаршинский
государственный технический
университет, Қарши,
Узбекистан
E-mail:
perfection.2001.02.07@gmail.com

Аннотация. На основании исследования определено составы и количества редких и благородных металлов исследуемых пробах руд и техногенных отходов, а также разработано новые технологические схемы извлечение благородных металлов (в частности, платиноидов) в производственном масштабе. В данной работы представлены генеральное распределение МПГ и разработана технологическая схема извлечения платиноидов из состав техногенных отходов производств в виде чистого порошка платины и палладия.

Ключевые слова: Алмалыкский горно-металлургические комбинат, месторождения, пентландит, платина, технология переработка медьсодержащих рудников, изоферроплатина, принципиальная технология, техногенных отходов.

O‘ZBEKISTON KONLARIDA PLATINOIDLAR SINFIGA MANSUB MINERALLARINING HOSIL BO‘LISHI VA ULARNING TAHLILI

**Turdiyev Shahboz
Sheramat o‘g‘li**

Dotsent, t.f.d., Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

**Turdiyev Farid Razzoq
o‘g‘li**

Assistent, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

**G‘aniyev Barkamol
Eshdavlat o‘g‘li**

Magistr, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

Annotatsiya. Tadqiqotlar asosida o‘rganilayotgan ruda namunalari va texnogen chiqindilardagi nodir va nodir metallarning tarkibi va miqdori aniqlandi, sanoat miqyosida nodir metallarni (xususan, platina guruhidagi metallar) qazib olishning yangi texnologik sxemalari ishlab chiqildi. Ushbu maqola PGMlarning umumiy taqsimotini taqdim etadi va platina guruhidagi metallarni sanoat chiqindilaridan toza platina va palladiy kukuni shaklida ajratib olishning texnologik sxemasini ishlab chiqadi.

Kalit so‘zlar: Olmaliq kon-metallurgiya kombinati, konlari, pentlandit, platina, mis tarkibidagi konlarni qayta ishlash texnologiyasi, izoferroplatina, fundamental texnologiya, texnogen chiqindilar.

STUDY OF THE FORMATION OF PLATINUM METAL MINERALS IN THE DEPOSITS OF UZBEKISTAN AND THEIR DEVELOPMENT PROSPECTS

Turdiyev Shahboz
Shermamat ugli

*DSc, doc. Karshi State Technical
University, Karshi Uzbekistan*

Turdiyev Farid Razzoq
ugli

*Assistant, Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan*

Ganiev Barkamol
Eshdavlat ugli

*Master's degree, Karshi State
Technical University, Karshi,
Uzbekistan*

Abstract. Based on the study, the compositions and quantities of rare and noble metals in the studied samples of ores and technogenic waste were determined, and new technological schemes were developed for the extraction of noble metals (in particular, platinoids) on a production scale. This work presents the general distribution of MPG and develops a technological scheme for the extraction of platinum group metals from industrial waste in the form of pure platinum and palladium powder.

Keywords: Almalyk mining and metallurgical combined deposits, pentlandite, platinum, technology for processing copper mines, isoferroplatinum, fundamental technology, industrial waste.

Введение. Огромные запасы в Республике с цветными и благородными металлами достаточно для реализации новых проектов с комплексными извлечениями драгоценных металлов. Лидирующие компании по производству редких, благородных и радиоактивных элементов - являются Навоийский и Алмалыкский горно-металлургические комбинаты. В месторождениях драгоценных металлов в качестве дополнительных элементов накоплено значительное количество МПГ, редких и редкоземельных элементов. Накопленное в течение 60-70 лет техногенное сырье в связи повышением готовых продуктов может послужить в качестве исходных материалов. Это широкое направление переработки техногенных отходов производства с извлечением благородных и редких металлов, подкрепляет экономика страны [1; с.14-17].

Литературный анализ и методы. В Узбекистане минералы, содержащие платиновые металлы, встречаются в виде хромитов, медно-никелевых сульфидов, титаномагнетита и других рудных соединений с основными и высокоосновными магматическими породами. Такие интрузивные северные массивы были обнаружены в горах Томдитау, Нурата, Бельтов, Султанувайс и в других местах. Руды этих месторождений содержат платину (от 0,4 г/т до 25 г/т), палладий (от 0,24 г/т до 22 г/т), рутений, родий, иридий, осмий и основную часть платиноидов (92-99,2 г/т). %) относятся к зонам сульфидной минерализации и в различных формах добавляются в состав минералов платины (поликсен, куприт, сперрилит) [1; с.14-17]. Кроме того, штокверки ураноносные (Джонтор, Мадани), золотокварцевые

(Мурунтау, Метенбой), золотосульфидно-кварцевые (Маржонбулак, Кошбулак), золото-серебряные (Косманачи), медно-порфиновые (Кальмакыр). и, в меньшей степени, холит-полиметаллические, Карасон) и серебро-полиметаллические (Лашкарак и др.) месторождения до 13,61 г/т Pt, до 8,74 г/т Pd, до 4,22 г/т Os, до 0,11 г/т Ir и др. определялось присутствие платиноидов [2; с.21-28].

Платиновые руды-это природные минералы, содержащие платиновые металлы (Pt, Pd, Ir, Rh, Os, Ru). Относительно крупные месторождения платиновых руд, имеющих горное значение, встречаются редко. Месторождения платиновых руд являются примитивными или сланцевыми и состоят в основном из чистой платины и смешанных (или сложных, т.е. в основном медные и медно-никелевые сульфидные руды примитивны, платиновые сланцы с золотом и осмиевые сланцы с золотом) [3; с.18-21]. Платиновые металлы в месторождениях обычно распределены неравномерно, количество полезного металла в руде составляет от нескольких граммов до килограмма на тонну. Основная форма платиноидов в платиновых рудах - их собственные минералы (известно более 100 минералов) [4; с.20-22].

Наиболее распространены: железная платина (Pt, Fe), изоферроплатина (Pt₃Fe), платина, тетраферроплатина (PtFe), осмирид, иридоосмин, фрудит (PdBi₂), геверсит (PtSb₂), сперрилит (PtAs₂S), лаурит (PtAs₂S) и н-гуортит (Rh, Pt, Pd, Ir) (AsS)₂ и другие. Базовые месторождения платиновых руд состоят из комплексных сульфидных платиновых руд, массивов исходных платинохромовых руд различной формы [4;

с.20-22]. Рудные тела этого типа генетически и пространственно связаны с отложениями основных и сверх основных пород и относятся в основном к породам магматического типа. Отложения этого типа связаны с крупными глубокими тектоническими разломами, которые длительное время развивались в платформенных и извилистых областях, расположенных на глубине от 0,5-1,0 до 3-5 км. Комплексные месторождения медно-никелевых сульфидных платиновых руд являются ведущими источниками добываемого в настоящее время металлического платинового сырья. Основными минералами платины на месторождениях этого типа являются пирротин, халькопирит, пентландит, кубанит. Основными металлами, принадлежащими к платиновой группе медно-никелевых платиновых руд, являются платина и более палладий (Pd: Pt 1,1: 1 до 5:1) [5; С.349-351].

Другие платиновые металлы в рудах очень редки. Месторождения платиновых руд сложены в основном месторождениями платины и осмия и иридия, относящимися к мезозойско-кайнозойской системе и простираются до поверхности, иногда под осадочными породами мощностью 10–30 м. Месторождения этого типа образуются в результате размыва платиновых клинопироксенитовых дунитовых и серпентинитовых итгерсбургитльских массивов и массивов. Иногда промышленные месторождения располагаются в генетических породах, месторождения платины располагаются отдельно от пород на глубине 11-12 м. В этих месторождениях платиновые минералы часто встречаются в сочетании или в сочетании с хромитом, оливином, серпентином, клинопироксеном, магнетитом [6; С.101-195].

Сырьевая база платиноидов в минералах Чаткало-Курамы широко распространена в медных рудах (медно-порфиновые, медно-молибденовые и другие минеральные структуры). Медно-порфиновые месторождения (данные месторождения Большая Кальмакыр: Васильевский и др., 2012г. Металлогения Золота. 2012 г., Туресебеков А.Х. 2012 г.). Первичные сульфидные руды состоят из более чем 150 рудных и нерудных минералов, основными из которых являются халькопирит,

пирит, халькоцит и молибденит. В рудных месторождениях Кальмакыр содержание ЭПГ (элементов платиновой группы) колеблется от 0,03 г/т до 0,5 г/т (А.Х. Туресебеков, Металлогения Золота. 2012 г.), в основном легкие платиноиды (Pd, Rh, Ru), от тяжелых платиноидов до платины [6; С.101-195].

Таблица 1.

Среднее количество МПГ в серебряно-золотом и других месторождениях (данные Р.Г. Юсупова, А.Х. Туресебекова, Э.Э. Игамбердиева)

Карьеры	Минералы	ПМ, г/т					
		Pt	Pd	Rh	Ru	Os	Ir
Кочбулак	Золото	188	100	-	-	-	-
	Порпентит (мас. %)	4,94	7,38	-	-	-	-
	Пирит	0,11	0,01	-	-	-	-
	Халькопирит	0,08	0,50	-	-	-	-
	Белые руды	0,01	0,10	-	-	-	-
Кизилмасой	Золото	60	200	-	-	-	-
	Самарчук	476	-	-	4,00	-	-
Чумаук	Виттиксенит	-	100	-	-	-	-
Октепа	Серебро	200	4800	500	-	-	-
Латкерек	Серебро	200	100	10	-	-	-
Кальмакыр	Магнетит	0,004	0,004	0,01	0,05	0,002	0,00
	Пирит	0,05	0,50	-	0,10	0,15(0,05 ¹⁸⁷ Os)	2
	Сфалерит	-	0,01	-	0,05	0,08	0,05
	Халькопирит	0,05	0,40	-	0,10	0,10(0,04 ¹⁸⁷ Os)	0,01
	Молибденит	-	4,50	-	-	-	0,03
	Галенит	0,013	0,05	-	0,05	0,14	0,04
Сары-Чеку	Магнетит	0,50	0,02	-	5,0	3,60	0,10
	Золото	100	200(3%)	-	-	-	-
Пирмироб	Платина мас. %	93,28	1,15	0,69	-	-	-
	Пирит	0,10	0,01	-	-	-	-
	Халькопирит	0,03	0,50	-	-	-	-
	Золото (мас.%)	0,21	4,64	0,57	0,02	0,01	0,05
Кизилташсан	Порпентит мас. %	0,34	8,72	0,22	0,10	0,05	0,05
	Антимонит	0,09	0,46	0,032	-	-	-
Хайдаркон	Кивоварь	0,915	0,01	-	-	0,46	0,11
Каскир	Уранинит	0,020	0,18	-	-	-	-
Оптой (Ag-Pb-Zn)	Серебро (теллуридное)	10,00	30,00	2,00	-	0,05	2,00
Фрайбергит (Ag-As)	Серебро (мышьяковистое)	4,00	9,00	2,00	-	-	1,00
	Молибденит	0,22	200	34,0	-	0,9(0,09 ¹⁸⁷ Os)	-
Курутгерек	Молибденит	0,33	0,55	0	-0,04	0,9(0,09 ¹⁸⁷ Os)	-
	Молибденит	0,33	0,55	0,55	-	0,50	-

Минералы сульфидных медно-молибденовых месторождений являются основными носителями палладия. Наибольшее количество палладия обнаружено в молибдените Pd (3,5 г/т), Pt (0,7 г/т) и Os187 (3,2 г/т).

Результаты химического анализа для определения количества МПГ в месторождениях Алмалык-Ангренского региона приведены в табл.1. на примере детализированных месторождений. Количество платиноидов в рудах (г/т) в халькопирите (Pd-0,145 г / т, Pt-0,07 г / т, Rh-0,012 г/т), в пирите (Pd-0,146 г/т, Pt-0,01 г/т), Rh-0,012 г / т), в молибдените (до Pd-5 г/т, Pt-0,7 г/т, Rh-0,01 г/т), в магнетите (Pd-0,03 г/т), Pt-0,01 г/т) и другие накапливаются в форме минералов, а МПГ встречаются в форме минералов-носителей [7; С.170].

Будущее и практическое значение месторождения определяется количеством МПГ в

минералах и добавках, таких как халькопирит (68%), пирит, молибденит, галенит, сфалерит и другие минералы.

Таблица 2.

Результаты ЦАЛ АО «Алмалыкский ГМК»:
Химический состав руд месторождения
«Кальмакыр»

Номер пробы №	Содержание, г/т						
	Sc	Te	Re	Os	Pd	Li	In
26394	6	7	0,08	0	1,8	11	9
95	5	6	0,09	0	1,6	16	11
96	4	6	0,1	0	1,5	9	9
97	7	8	0,1	0	1,6	10	7
98	5	6	0,1	0	2	18	13
99	7	6	0,1	0	1,8	16	10
26452	7	7	0,1	0	2,2	3	7
53	7	7	0,1	0	2	6	8
54	5	5	0,1	0	2	3	15
55	5	5	0,1	0	1,8	3	10
56	7	6	0,1	0	2,8	4	7
57	8	6	0,1	0	2,6	3	5
26535	4	5	0,1	0	2,3	11	11
36	4	5	0,1	0	2,5	16	13
37	6	5	0,1	0	2,5	13	11
38	7	6	0,1	0	2,3	3	4
39	11	11	0,5	0,01	6,6	29	7
40	12	11	0,5	0,01	5,8	28	8
41	9	9	0,2	0,04	4,4	26	9
42	5	6	0,2	0,04	3,2	24	9
43	10	9	0,4	0,05	1,8	27	14
44	9	10	0,4	0,05	1,9	30	16
27135	7	6	9,12	0,05	1,2	4	0
36	7	7	0,38	0,05	4,3	21	5
37	6	5	9,14	0,01	2,7	3	3
38	6	5	0,10	0,03	1,7	2	3
39	6	5	0,10	0,04	0,2	2	4
40	7	5	0,10	0,05	0,2	3	5
27164	6	8	0,15	0,04	0,8	29	4
65	6	7	0,16	0,04	1,1	18	5

Медно-никелевые (металлическая платина) месторождения имеют уникальную структуру, связанную с мафит-ультрамафитовыми комплексами. На сегодняшний день нами было проведено научное исследование по

определению количества платиноидов в месторождении Кальмакыр и в техногенных отходах АГКМ путем химических анализов. Ниже приведены результаты химического анализа некоторых рудных проб этих месторождений (см. табл. 2.).

Закключение. На основании исследования определено составы и количества редких и благородных металлов исследуемых пробах руд и техногенных отходов, а также разработано новые технологические схемы извлечение благородных металлов (в частности, платиноидов) в производственном масштабе. В разделах 3,4 и 5 данной диссертационной работы представлены генеральное распределение МПГ и разработана технологическая схема извлечения платиноидов из состав техногенных отходов производств в виде чистого порошка платины и палладия.

Для извлечения платиноидов из сбалансированных рудных месторождений желательнее, чтобы в дополнение к основной части, в качестве сырья использовались техногенные отходы и отходы производства. Основная причина этому - высокий спрос на первичное сырье во всем мире, при его ежегодном сокращении запасов. В то же время рост стоимости МПГ делает процессы их отделения от техногенных отходов более эффективными.


В связи с этим исследование количества и химический анализ элементов платиновой группы в техногенных отходах сочли целесообразным. Ниже приводится обсуждение химического состава техногенных отходов, образующихся при добыче и переработке руды в регионе Чоткал-Курамы, и количества МПГ в них.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Шарипов, Х. Т., Борбат, В. Ф., Даминова, Ш. Ш., & Кадилова, З. Ч. (2018). Химия и технология платиновых металлов (сс. 3–5, 14–17, 14–28, 35–40). Ташкент: Университет.
- [2] Хурсанов, А. Х., Хасанов, А. С., & Вохидов, Б. Р. (2019). Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов. Горный вестник Узбекистана, (1(76)), 58–61.
- [3] Санакулов, К. С. (2019). Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья. В Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК» (сс. 18–21).

- [4] Игамбердиев, Э. Э. (2015). Платиноносность магматогенных и эпимагматогенных месторождений Восточного Узбекистана. Ташкент: ГП «НИИМР».
- [5] Туресебеков, А. Х., Конеев, Р. И., Санакулов, К. С., Дабижа, С. И., & Игнатилов, Е. Н. (2005). Распределение элементов платиновой группы в рудах и продуктах их переработки золотосодержащих месторождений Кураминской металлогенической зоны (Узбекистан). В Материалы научной конференции «Магматические, метасоматические формации и связанное с ними оруденение» (с. 349–351). Ташкент: НУУз.
- [6] Туресебеков, А. Х. (2012). Меднорудные формации Узбекистана. В Металлогения золота и меди Узбекистана (с. 101–195). Ташкент: ИГиГ АН РУз.
- [7] Василевский, Б. Б., Ежков, Ю. Б., Рахимов, Р. Р., и др. (2012). Проблемы крупнообъемных месторождений золота и меди Узбекистана. Ташкент: ГП «НИИМР».
- [8] Пирматов, Э. А., Шодиев, А. Н. У., & Боймуродов, Н. А. (2023). Изучение растворимых форм вольфрама и условий кристаллизации шеелита и вольфрамита. *Universum: технические науки*, (11-2(116)), 15–19.
- [9] Турдиев, Ш., Комилов, Б., Раббимов, Ж., & Азимов, А. (2022). Қизота (Ёшлик II) майдонининг стратиграфияси. *Евразийский журнал академических исследований*, 2(11), 502–504.
- [10] Турдиев, Ш., Комилов, Б., Раббимов, Ж., Бўриев, С., & Азимов, А. (2022). Қизота (Ёшлик II) майдонининг гидрогеологик тузилиши. *Евразийский журнал академических исследований*, 2(11), 242–245.
- [11] Shodiev, A., Boymurodov, N., & Ravshanov, A. (2023). Study of the technology for extracting tungsten in the form of a semi-finished product and metallic form from industrial waste. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 1(2), 87–91.

UO‘K: 622.2+666.942

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.11

KONVEYER TRANSPORTINI ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH TADQIQOTI



**Abdiyev Orifjon
Xafizovich**

Olmaliq davlat texnika instituti,
dotsent, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: o.abdiyev@yandex.ru



**Yuldashev Elmurod
Umaraliyevich**

Olmaliq davlat texnika instituti,
dotsent v.b, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail:
yuldashevelmurodumaraliyevich@gmail.com
ORCID ID: 0009-0003-7740-4177



**Qudratova Komila
Norqobil qizi**

Olmaliq davlat texnika instituti,
magistrant, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: kqudratova5@gmail.com



**Ergashev Jahongir
Bobomurodovich**

Olmaliq davlat texnika instituti,
magistrant, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: jahongire605@gmail.com
ORCID ID: 0009-0000-3390-1823

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda konveyer transport tizimlarida tashilayotgan yuk miqdorining o‘zgarishi elektr yuritma ish rejimiga qanday ta’sir ko‘rsatishi batafsil tahlil qilinadi. Dvigatel tezligi yuk massasiga mos ravishda moslashtirilmaganda quvvat sarfi ortishi, mexanik elementlarning ortiqcha yuklanishi va jarayonning bir tekis amalga oshmasligi kuzatilishi aniqlandi. Amalga oshirilgan tajriba tahlillari yukning real qiymatiga nisbatan dvigatel tezligini chiziqli qonuniyat asosida boshqarish elektr energiyasi sarfini kamaytirishi, qizib ketish holatlarini pasaytirishi hamda konveyerning barqaror ishlashiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Taklif etilgan boshqaruv yondashuvi konveyer transportining umumiy samaradorligini oshirishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Konveyer, yuk og‘irligi, energiya sarfi, tezlikni boshqarish, mexanik yo‘qotishlar, elektr yuritma, samaradorlik yo‘qotishlar, boshqaruv, foydali ish koeffitsiyenti.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

**Абдиев Орифжон
Хафизович**

Алмалыкский государственный
технический институт, доцент,
Алматы, Узбекистан

**Юлдашев Элмурод
Умаралиевич**

Алмалыкский государственный
технический институт, доцент,
Алматы, Узбекистан

**Қудратова Комила
Норқобил қизи**

Алмалыкский государственный
технический институт,
магистрант, Алматы,
Узбекистан

**Эргашев Жаҳонгир
Бобомуродович**

Алмалыкский государственный
технический институт,
магистрант, Алматы,
Узбекистан

Аннотация. В исследовании детально рассмотрено влияние изменения массы транспортируемого груза на режим работы электропривода конвейерной установки. Установлено, что отсутствие регулирования скорости двигателя в зависимости от фактической нагрузки приводит к дополнительным энергетическим потерям, росту механических усилий и снижению устойчивости транспортного процесса. Проведённые расчёты и анализ показали, что линейное регулирование скорости двигателя согласно величине груза уменьшает расход электроэнергии, снижает тепловую нагрузку на двигатель и обеспечивает более стабильную работу конвейерной системы. Представленный подход способствует повышению энергетической эффективности оборудования.

Ключевые слова: конвейер, масса груза, электропривод, потери энергии, регулирование скорости, механические нагрузки, КПД.

A STUDY ON IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF CONVEYOR TRANSPORT

**Abdiev Orifjon
Khafizovich**

*Almalyk State Technical Institute,
docent, Almalyk, Uzbekistan*

**Yuldashev Elmurod
Umaralievich**

*Almalyk State Technical Institute,
docent, Almalyk, Uzbekistan*

**Kudratova Komila
Norkobil kizi**

*Almalyk State Technical Institute,
Master's student, Almalyk,
Uzbekistan*

**Ergashev Jahongir
Bobomurodovich**

*Almalyk State Technical Institute,
Master's student, Almalyk,
Uzbekistan*

Abstract. *This study investigates how variations in the transported load affect the operational characteristics of conveyor drive systems. The analysis reveals that when the motor speed is not adjusted according to the actual load, unnecessary energy losses, increased mechanical stresses, and transport instability occur. Practical evaluations demonstrate that applying linear speed control based on the load value significantly reduces energy consumption, mitigates overheating, and improves the reliability of the conveyor system. The findings confirm that adaptive speed control is an effective approach for enhancing the energy efficiency of conveyor transport.*

Keywords: *conveyor transport, load weight, motor control, energy consumption, mechanical losses, efficiency.*

Kirish. Konveyer transportida ko'plab sanoat tarmoqlarida uzluksiz yuk tashish jarayonining ajralmas bo'g'ini bo'lib, korxonaning umumiy energiya sarfi tarkibida sezilarli ulushni egallaydi. Amaldagi ko'plab konveyer liniyalari yuk nisbati keskin o'zgarib turadigan sharoitda ham doimiy tezlikda ishlaydi. Bu esa yengil yuklangan rejimlarda ortiqcha energiya sarfi, to'liq yuklangan sharoitlarda esa mexanik bosimning ortishi va quvvatning samarasiz taqsimlanishiga olib keladi. Turli manbalarda keltirilishicha, bunday moslashuvsiz ishlash natijasida energiya sarfi 12–18% gacha ortishi va tizim samaradorligi 8–12% kamayishi mumkin.

Konveyerning yuklanishi vaqt davomida o'zgarib turadi, shuning uchun dvigatel tezligini yukka mos boshqarish mexanik tizimli barqarorlikni ta'minlashda ham, energiya tejamkorligini oshirishda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi yukning miqdoriga bog'liq chiziqli boshqaruv algoritmi asosida konveyer transportida ish samaradorligini oshirish imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslab berishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Konveyer yukining o'zgarishi hisobga olgan holda dvigatelning optimal tezligini aniqlash bo'yicha turli ilmiy yondashuvlar mavjud. Yengil yuklangan sharoitda mexanik qarshilik past bo'lgani sababli dvigatelning talab qilinadigan momenti kamayadi va bu davrda yuqori tezlikda ishlash energiya

tejamkor emas. Yukning 20–30% oralig'ida bo'lgan rejimlarda dvigatel tezligini 90–100% darajada ushlab turish samarali bo'lishi ko'rsatilgan, to'liq yuklangan holatlarda esa 80–85% tezlik mexanik qismlarga tushadigan ortiqcha yukni kamaytiradi [1; 112–115 b].

Energiya samaradorligi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar tezlikni yukka mos ravishda chiziqli o'zgartirish orqali elektr energiyasi sarfini 8–15% kamaytirish mumkinligini ko'rsatmoqda. Yuqori yuklanish yaqinida tezlikning biroz pasaytirilishi dvigatelning haddan tashqari qizishini cheklaydi va avariya to'xtashlar ehtimolini 10–12% kamaytiradi. [2; 91–94 b].

Tadqiqotda matematik modellash, yuk tezlik bog'liqligini tahlil qilish, moment va tortish kuchining o'zgaruvchanligini ifodalovchi tenglamalardan foydalanildi. Shuningdek, tizimga chastota o'zgartirgich joriy etilganida energiya sarfi qanday o'zgarishi eksperimental usulda baholandi.

Natijalar. Tahlillar konveyerning elektr energiyasini iste'mol qilishi to'g'ridan-to'g'ri yuk massasiga bog'liqligini ko'rsatdi. Yuk oshgan sari konveyerni harakatlantirish uchun zarur tortish kuchi ortadi, bu esa dvigatel valiga tushadigan moment va quvvat talabining chiziqli ravishda ortishiga olib keladi. Dvigatelning yakuniy quvvat talabi quyidagi munosabatlar asosida baholanadi:

Tortish kuchi yuk og'irligi bilan mutanosib ravishda ortadi;

Moment tortish kuchi va val radiusi

ko'paytmasiga teng;

Mexanik quvvat moment bilan burchak tezligining ko'paytmasi sifatida aniqlanadi.

Yukning har bir birligi dvigatel momenti va quvvatiga nisbatan bir xil ulushda ta'sir etadi. Bu esa dvigatelning elektr sarfini bosqichma-bosqich oshiradi. Tizim tezligi yukga mos ravishda o'zgartirilmaganda, dvigatel ortiqcha moment ishlab chiqarishga majbur bo'ladi va natijada energiya yo'qotishlari sezilarli darajada ko'pa-yadi. Quyidagi 1-ifodada istemol qilinayotgan quvvatni yukning vazniga bog'liqligi keltirilgan;

$$P(m) = P_0 + k_p m \quad (1)$$

Konveyer transportining elektr energiya sarfi yuk massasiga bog'liq holda muntazam tarzda o'zgaradi. Bu bog'lanishning asosiy sababi shundaki, konveyer transportini og'irligi oshgani sari uni harakatlantirish uchun zarur bo'lgan tortish kuchi ham ortadi. Tortish kuchi quyidagi 2-tenglama bilan ifodalanadi;

$$F(m) = (m + m_l)g\mu \quad (2)$$

Tortish kuchining ortishi bilan dvigatel valiga tushadigan moment ham oshadi, ushbu momentni 3-ifodada keltirilgan;

$$M(m) = \frac{F(m)r}{\eta_m} \quad (3)$$

Yukning har bir birligi dvigatel momentining chiziqli tarzda ortishiga sabab bo'ladi. Bu holat dvigatelning mexanik quvvatiga ham bevosita ta'sir etadi, 4-ifodada keltirilgan;

$$P(m) = \frac{\pi n M(m)}{60} \quad (4)$$

$$P(m) = \frac{2\pi n r g \mu}{60 \eta_m} (m + m_l) \quad (5)$$

Konveyer transporti kabi uzluksiz ishlaydigan mexanik tizimlarda elektr energiyasi sarfi, yuklanishning o'zgarishlariga qarab tezlik boshqarish katta ahamiyatga ega. An'anaviy tizimlarda asinxron dvigatelning tezligi tarmoq chastotasiga bog'liq bo'lgani sababli, yukning oshishi yoki mexanik qarshilikning kuchayishi dvigatel dvigatel momenti ortishiga va natijada tezlikning pasayishiga olib keladi. Chastota o'zgartirgichdan foydalanish esa ushbu muammolarni bartaraf etishning eng samarali texnologik yechimlaridan biri hisoblanadi. 6-ifodada keltirilgan;

$$n(f) = \frac{60f}{p} (1 - s) \quad (6)$$

Tezlikni o'zgartirishda dvigatel magnitlanishi yo'qolmasligi uchun chastotaga mutanosib kuch-

lanish beriladi va 7-ifodada keltirilgan;

$$\frac{U}{f} = const \quad (7)$$

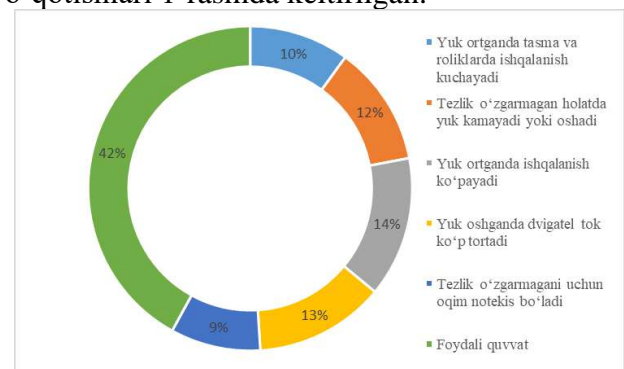
Tadqiqot jarayonida chastota o'zgartirgich uch bosqichli sxema asosida ishlashi aniqlangan. Birinchi bosqichda elektr tarmog'idan kelayotgan o'zgaruvchan tok to'g'rilagich yordamida o'zgaras tokka aylantiriladi. Ikkinchi bosqichda hosil bo'lgan o'zgaras tok kondensatorlar orqali filtrlab, tekislangan holatga keltiriladi. Uchinchi bosqichda esa invertor qurilmasi yordamida qayta boshqariladigan o'zgaruvchan tok shakllantiriladi.

Natijada dvigatelga uzatiladigan kuchlanish chastotasi 0 dan 50 Gts gacha chiziqli ravishda rostlanadi, bu esa elektr energiyasidan samarali foydalanish va energiya tejamkorligini ta'minlash imkonini beradi.

Muhokama. Chiziqli boshqaruv qo'llanilganda yukning turli darajalarida dvigatelning quvvat iste'moli sezilarli darajada kamayishi kuzatildi. Yuk omili inobatga olinmagan holatda esa energiya yo'qotishlari ortadi, kuchlanish va tokning ortiqcha qiymatlari mexanik qismlarning ortiqcha qizishiga hamda eskirish jarayonining tezlashishiga olib keladi.

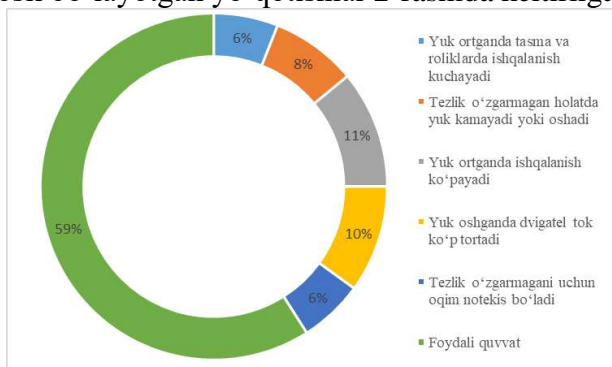
Taklif etilgan boshqaruv tizimi yukning har bir diapazonida dvigatel tezligi va aylantiruvchi momentini optimal ravishda taqsimlash imkonini beradi. Bu esa elektr energiyasidan samarali foydalanish bilan birga uskunaning ishonchliliigi va xizmat muddatini ham oshiradi.

Tadqiqot davomida olingan eksperimental ma'lumotlarga asosanib, konveyer transportining elektr dvigateli tezligi yuk massasiga qarab boshqarilmagan holatda yuzaga keladigan energiya yo'qotishlari 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Yukning vazniga qarab elektr yuritmani tezligini boshqarmaganda unda hosil bo'layotgan yo'qotishlar.

Konveyer transportini elektr dvigatelini tezligini yukning vazniga qarab boshqarganda unda hosil bo'layotgan yo'qotishlar 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Yukning vazniga qarab elektr yuritmani tezligini boshqarganda unda hosil bo'layotgan yo'qotishlar.

Xulosa. O'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar konveyer yuklanishining o'zgarishi elektr yuritma ishlashiga bevosita ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Yuk hisobga olinmagan holatda ortiqcha energiya sarfi, mexanik yuklanishning oshishi va tizim samaradorligining pasayishi kuzatiladi. Yukning haqiqiy qiymatiga mos ravishda dvigatel tezligini chiziqli tarzda boshqarish: energiya sarfini sezilarli kamaytiradi; dvigatelning qizib ketish ehtimolini pasaytiradi; mexanik qismlarning xizmat muddatini uzaytiradi; konveyer tizimining umumiy barqarorligini oshiradi. Olingan natijalar bunday boshqaruv usuli konveyer transportining samaradorligini oshirishda muhim omil ekanini tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Ерохин, В. (2017). Электрические приводы промышленных механизмов. Москва: Инфра-Инженерия.
- [2] Siemiatkowska, J. (2020). Conveyor belt systems: Design, operation and optimization (pp. 91–94). Springer.
- [3] Yuldashev, E. U., & Yuldasheva, M. A. (2024). Performance improvement study by controlling the speed of conveyor transport through sensors. Лучшие интеллектуальные исследования. ISSN: 3030-3680.
- [4] Khatamova, D. N., & Yuldashev, E. U. (2024). Mathematical modelling of deposit formation processes on heat-exchange surfaces of piston compressor air coolers. Universum: технические науки, (2(119)), 43–46.
- [5] Yuldashev, E. U., Yuldasheva, M. A., Togayev, A. S., Abdullayev, J. N., & Karimov, R. Ch. (2025). Energy efficiency research of conveyor transport. AIP Conference Proceedings, 3331.
- [6] Yuldashev, E. U. (2024). Elektr energiyaning sifati asinxron elektr yuritmaning ish samaradorligiga ta'sirini tadqiqoti. Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности, 168–171. ISSN 3030-3214.

UO‘K: 553.493.5(575.1)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2025.3

OLMALIQ MA‘DANLI HUDUDIDA QO‘RG‘OSHIN-RUX VA MIS PORFIRNING METALLOGEN MUNOSABATLARI



Mustafayev Baxtishod Nurali o'g'li
Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq, O'zbekiston
E-mail: baxtishod@mail.ru
ORCID ID 0009-0000-6905-0960



Turapov Mirali Kamalovich
"Mineral resurslar instituti" DM, g-m.f.d., professor, Toshkent,
O'zbekiston
ORCID ID: 0000-0002-9216-3637

Annotatsiya. Ushbu maqolada Olmaliq ma'danli hududning geologik tuzilishi va metallogeniya xususiyatlarini ko'rib chiqib, undagi qo'rg'oshin-rux va mis-porfir konlarining kelib chiqishi va o'zaro bog'liqliklari haqida so'z yuritiladi. Qo'rg'oshin-rux konlari ko'proq kontakt-metasomatik va gidrotermal jarayonlar natijasida hosil bo'lgan, mis-porfir konlari esa intruziv tanalar bilan bevosita genetik bog'liqlikka ega. Geokimyoviy ma'lumotlar Olmaliq ma'danli hudud konlari poligenetik tabiatga ega ekanligini va ularning shakllanishida magmatik-gidrotermal tizimlarning asosiy o'rinni egallashini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: Olmaliq, qo'rg'oshin-rux konlari, mis porfiri, metallogeniya, gidrotermal jarayonlar, magmatizm.

МЕТАЛЛОГЕННЫЕ ОТНОШЕНИЯ СВИНЦОВО-СВИНЦОВОГО И МЕДНОГО ПОРФИРА В АЛМАЛЫКСКОМ РУДНОМ ОБЛАСТИ

Мустафаев Бахтишод Нурали угли
Алмалыкский государственный технический институт,
Алмалык, Узбекистан

Турапов Мирали Камалович
ГУ «Институт минеральных ресурсов», Ташкент,
Узбекистан.

Аннотация. В данной статье рассматриваются геологическое строение и особенности металлогении Алмалыкского рудного района, а также происхождение и взаимосвязи свинцово-цинковых и медно-порфировых месторождений. Свинцово-цинковые месторождения образовались преимущественно в результате контактово-метасоматических и гидротермальных процессов, а медно-порфировые месторождения имеют прямую генетическую связь с интрузивными телами. Геохимические данные подтверждают, что месторождения Алмалыкского рудного района имеют полигенетическую природу и основную роль в их формировании играют магматико-гидротермальные системы.

Ключевые слова: Алмалык, свинцово-цинковые месторождения, медный порфир, металлогения, гидротермальные процессы, магматизм.

METALLOGENIC RELATIONSHIP OF LEAD-ZINC AND COPPER PORPHYR IN THE ALMALYK MINE REGION

Mustafayev Baxtishod Nurali ugli
Almalyk State Technical Institute, Almalyk, Uzbekistan

Turapov Mirali Kamalovich
State Institution "Institute of Mineral Resources", Tashkent,
Uzbekistan.

Abstract. *This article examines the geological structure and metallogenic features of the Almalyk ore region, as well as the origin and interrelationships of lead-zinc and copper-porphyry deposits. Lead-zinc deposits were formed mainly as a result of contact-metasomatic and hydrothermal processes, while copper-porphyry deposits have a direct genetic connection with intrusive bodies. Geochemical data confirm that the deposits of the Almalyk ore region have a polygenetic nature and the main role in their formation is played by magmatic-hydrothermal systems.*

Keywords: *Almalyk, lead-zinc deposits, copper porphyry, metallogeny, hydrothermal processes, magmatism.*

Kirish. Olmaliq ma'danli hududi O'zbekistonning eng muhim tog'-kon mintaqalaridan biri bo'lib, bu yerda polimetall va mis konlarining yirik to'planmalari joylashgan. Mazkur hudud O'rta Osiyodagi eng qadimgi va murakkab geologik tuzilmalardan biri hisoblanadi hamda uzoq geologik rivojlanish tarixiga ega.

Olmaliq mintaqasi geologiyasi dastlab XIX asr oxirlarida o'rganila boshlagan bo'lib, keyinchalik sovet davrida va mustaqillik yillarida keng ko'lamli kompleks geologik tadqiqotlar olib borildi. Ushbu tadqiqotlar jarayonida V.I. Popov, S.Sh. Sharipov, E.G. Paneyax va U.K. Kazibekov kabi olimlar hududning geologik tuzilishi, magmatizmi va metallogeniyasini chuqur tahlil qilishga salmoqli ilmiy hissa qo'shdilar.

Olmaliq ma'danli hududining o'ziga xos va muhim xususiyatlaridan biri — qo'rg'oshin-rux skarn-gidrotermal konlari hamda mis-porfir konlarining bir hududda va o'zaro juda yaqin joylashganligidir. Bunday geologik holat jahon geologik amaliyotida kam uchraydi va konlarning shakllanish sharoitlari hamda ularning o'zaro bog'liqligini chuqur ilmiy tahlil qilishni talab etadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi Olmaliq ma'danli hududidagi qo'rg'oshin-rux va mis-porfir konlari o'rtasidagi genetik bog'liqliklarni aniqlash, ularning hosil bo'lish mexanizmlarini tahlil qilish hamda metallogenik jarayonlarning umumiy qonuniyatlarini yoritishdan iborat.

Tadqiqot materiallari va usullari. Tadqiqotlar davomida **Olmaliq ma'danli hududi** bo'yicha 1:50 000 va 1:25 000 masshtabli geologik xaritalar kompleks tahlil qilindi. Dala-geologik ishlar hududdagi yirik konlar — Qalmoqqir, Qo'rg'oshinkon, Dastkon (qo'rg'oshin-rux) hamda Yoshlik va Miskon (mis-porfir) konlarida olib borildi. Mazkur ishlar doirasida jami 120 ta ma'dan namunalari va 80 ta tog' jinslari namunalari yig'ib olindi.

Olingan namunalar quyidagi laboratoriya tadqiqotlaridan o'tkazildi:

– yupqa kesmalar tayyorlanib, polaryazatsiyalovchi mikroskopda petrografik tahlil qilindi;

– mineral fazalarni aniqlash maqsadida rentgenografik tahlil (RTT) bajarildi;

– mikrostrukturaviy xususiyatlarni o'rganish uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM-EDS) qo'llanildi;

– minerallardagi mikroelement tarkibini aniqlashda lazer ablyatsiyali induktiv bog'langan plazma mass-spektrometriyasi (LA-ICP-MS) usulidan foydalanildi.

Ma'dan va tog' jinslari namunalarining asosiy hamda mikroelement tarkibi ICP-MS va ICP-AES usullari yordamida aniqlanib, tahlillar Toshkent davlat texnika universiteti hamda Rossiya Federatsiyasidagi hamkor laboratoriyalarda amalga oshirildi. Sulfidli minerallarda oltingugurt izotoplari ($\delta^{34}\text{S}$), karbonatli minerallarda esa uglerod va kislorod izotoplari ($\delta^{13}\text{C}$ va $\delta^{18}\text{O}$) o'rganildi. Ma'dan hosil bo'lish sharoitlarini aniqlash uchun suyuqlik qo'shilmalari termometriyasi usuli qo'llanildi.

Geologik tuzilish va stratigrafiya. Olmaliq ma'danli hududi Qurama-Malguzar antiklinoriya-sining markaziy qismida joylashgan bo'lib, uning geologik tuzilishi turli yoshdagi paleozoy jinslari bilan ifodalanadi. Hududdagi eng qadimgi jinslar o'rta-yuqori kembriy sistemasiga mansub bo'lib, asosan to'q kulrang ohaktoshlar, argillitlar va alevrolitlardan tashkil topgan.

Hududning stratigrafik ketma-ketligi quyidagicha tavsiflanadi:

– kembriy-ordovik tizimi ($\text{C}_{2-3}-\text{O}$): ohaktoshlar, dolomitlar va argillitlar;

– silur sistemasi (S): vulkanogen-cho'kindi jinslar hamda andezit-bazaltlar;

– devon tizimi (D): terrigen-karbonat jinslar;

– karbon–perm tizimi (C–P): cho‘kindi va vulkanogen jinslar majmuasi.

Magmatik komplekslar va konlarning genezisi. Hududda ikkita yirik magmatik faollik bosqichi aniqlangan bo‘lib, ularning eng muhimi kaledon magmatizmi (silur-devon davri) hisoblanadi. Ushbu bosqich intruziyalari granit, granodiorit va kvarsli dioritlardan iborat bo‘lib, asosan hududning janubiy qismida keng tarqalgan va bevosita qo‘rg‘oshin–rux hamda mis konlari bilan genetik bog‘liqdir. Radiometrik yosh ko‘rsatkichlari 390–420 mln yil oralig‘ida aniqlangan.

Qo‘rg‘oshin–rux konlari (Qo‘rg‘oshinkon, Qulcho‘loq) asosan skarn–gidrotermal tipga mansub bo‘lib, karbonatli jinslar va intruziv tanalar kontakt zonalarida shakllangan. Ma‘dan tanalari linzasimon, shtokverkli va zonal tuzilishga ega.

Ushbu konlarning asosiy ma‘danli minerallari quyidagilardan iborat:

– sulfidlar: sfalerit (ZnS) — 15–35 %, galenit (PbS) — 5–15 %, pirit (FeS₂) — 10–25 %, xalkopirit (CuFeS₂) — 1–3 %;

– skarn minerallari: granat (grossulyar–andradit qatori), piroksen (gedenbergit), vollastonit, epidot;

– oksidlar: magnetit, gematit;

– bo‘lakli minerallar: kvars, kalsit, dolomit.

Mis–porfirli konlar porfirli granit va granit–porfir intruziyalari bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, ular shtokverkli intruziv tanalar ustida va atrofida joylashgan. Ma‘danlashuv shtokverk, tomirsimon va sochma shakllarda namoyon bo‘ladi.

Mis–porfir konlarining asosiy ma‘danli minerallari quyidagilar:

– sulfidlar: xalkopirit (CuFeS₂) — 1–5 %, pirit (FeS₂) — 3–12 %, molibdenit (MoS₂) — 0,01–0,1 %, bornit (Cu₅FeS₄) — 1–2 %;

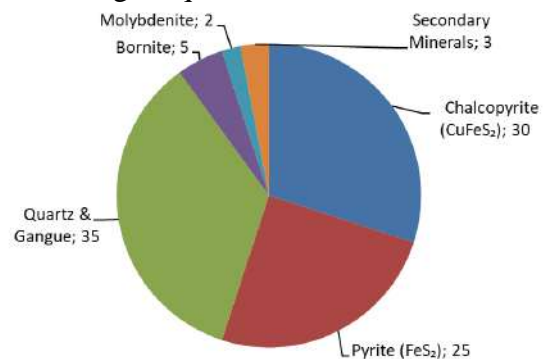
– oksidlar: magnetit, gematit, ikkilamchi kuprit;

– ikkilamchi minerallar: malaxit, azurit, xrizokolla;

– bo‘lakli minerallar: kvars, seritsit, xlorit, kalsit.

Mis–porfirli ma‘danlarda elementlar konsentratsiyasi quyidagi oraliqlarda aniqlangan: Cu — 0,45–2,5 %, Mo — 0,003–0,015 %, Au — 0,1–0,8 g/t, Ag — 2–15 g/t, Re — 0,1–0,5 g/t, Se — 5–25 g/t. Ushbu ma‘danlarda porfirli konlarga xos

belgilar — yuqori Cu/Zn nisbati (>5), molibdenning mavjudligi hamda reny va selen kabi kamyob elementlarning aniqlanishi kuzatiladi.



1-rasm. Olmaliq hududi mis porfir ma‘danlarining o‘rtacha mineral tarkibi.

Qo‘rg‘oshin–rux konlarida oltingugurt izotop tarkibi quyidagi oraliqlarda aniqlangan:

– sfalerit uchun $\delta^{34}\text{S} = +2,5 \dots +8,5\%$;

– galenit uchun $\delta^{34}\text{S} = +1,8 \dots +7,2\%$;

– pirit uchun $\delta^{34}\text{S} = +3,2 \dots +9,5\%$.

Mis–porfir konlarida esa sulfidli mineralning oltingugurt izotop tarkibi nisbatan engilroq qiymatlar bilan tavsiflanadi:

– xalkopiritda $\delta^{34}\text{S} = -1,5 \dots +3,5\%$;

– piritda $\delta^{34}\text{S} = -0,8 \dots +4,2\%$;

– molibdenitda $\delta^{34}\text{S} = +2,0 \dots +5,5\%$.

Olingan $\delta^{34}\text{S}$ qiymatlari har ikkala kon turida ham oltingugurtning asosiy manbai sifatida magmatik komponent ustunligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, qo‘rg‘oshin–rux konlarida kuzatilgan nisbatan og‘ir izotop tarkibi karbonatli va cho‘kindi jinslar bilan o‘zaro ta‘sir jarayonlari, shuningdek, gidrotermal eritmalarning aralashishi natijasida oltingugurtning izotop fraksionlanishi sodir bo‘lganligini ko‘rsatadi. Bu holat qo‘rg‘oshin–rux konlarining shakllanishida magmatik va cho‘kindi manbalarining birgalikdagi ishtirokini tasdiqlaydi.

1-jadval

Olmaliq konlari ma‘danli minerallarining oltingugurt izotop tarkibi

Ma‘danlashish turi	Mineral	$\delta^{34}\text{S}$ diapazoni (‰)	O‘rtacha (‰)
Qo‘rg‘oshin–rux	Sfalerit	+2,5 dan +8,5 gacha	+5,5
	Galenit	+1,8 dan +7,2	+4,5
	Pirit	+3,2 dan +9,5 gacha	+6,4
Mis porfiri	Xalkopirit	-1,5 dan +3,5 gacha	+1,0
	Pirit	-0,8 dan +4,2 gacha	+1,7
	Molibdenit	+2,0 dan +5,5	+3,8

Qo‘rg‘oshin–rux konlarida ma‘dan hosil bo‘lish jarayoni bir necha izchil bosqichlardan

iborat bo'lib, ular harorat sharoitlari bilan aniq farqlanadi. Erta skarn bosqichida harorat 420 – 580°C oralig'ida bo'lib, asosiy skarn minerallari shakllangan. Keyingi retrograd skarn bosqichida harorat 350 – 450°C gacha pasayib, skarn minerallarining qayta kristallanishi va gidrotermal o'zgarishlar sodir bo'lgan. Sulfidli minerallashuv bosqichi 220 – 380°C haroratda rivojlanib, asosiy qo'rg'oshin va rux sulfidlarining to'planishi bilan tavsiflanadi. Eng so'nggi kechki karbonat bosqichi esa 150 – 250°C haroratda kechib, karbonat tomirlarining hosil bo'lishi bilan yakunlangan.

Mis-porfir konlarida esa ma'dan hosil bo'lish jarayoni yuqoriroq haroratli va chuqurroq genezga ega bo'lib, bir necha bosqichlarda rivojlangan. Erta kaliyli o'zgarish bosqichi 550 – 700°C harorat bilan tavsiflanib, porfirli intruziyalarga xos bo'lgan metasomatik jarayonlarni ifodalaydi. Kvars-molibdenit bosqichi 380 – 480°C da shakllanib, molibdenit va kvars tomirlarining rivojlanishi bilan kechgan. Keyingi xalkopirit-pirit bosqichi 280 – 420°C haroratda sodir bo'lib, asosiy misli sulfidlarining cho'kishini ta'minlagan. Kechki kvars-karbonat bosqichi esa 180 – 300°C oralig'ida rivojlanib, gidrotermal jarayonlarning yakunlovchi bosqichini ifodalaydi.

Fazoviy zonallik va vaqt ketma-ketligi.

Olmaliq ma'danli hududida qo'rg'oshin-rux va mis-porfir konlarining fazoviy joylashuvi ma'lum qonuniyatlarga bo'ysunadi. Vertikal zonallikda chuqurroq sathlarda mis-porfir ma'danlashuvi ustunlik qilsa, yuqori sathlarga ko'tarilgan sari qo'rg'oshin-rux ma'danlari kengroq tarqaladi. Gorizontallik esa intruziv markazdan tashqariga tomon ketma-ket ravishda mis zonasi, polimetall zona va periferik zonaning almashinuvi bilan tavsiflanadi.

Vaqt jihatidan tahlil qilinganda, kaledon davrida (420–390 mln yil) asosan qo'rg'oshin-rux konlarining shakllanishi ustun bo'lgan bo'lsa, gersin davrida (320–290 mln yil) mis-porfir va polimetall konlarining rivojlanishi faollashgan.

Dastkon konida qo'rg'oshin-rux va mis-porfir kon turlarining ustma-ust joylashishi kuzatilib, bu holat ularning umumiy magmatik-gidrotermal tizim doirasida shakllanganligini va genetik bog'liqligining yaqqol namoyon bo'lishini tasdiqlaydi.

2-jadval

Olmaliq hududidagi metallogenik zonallik xususiyatlari

Zonallik turi	Zona	Asosiy metallar	Harorat diapazoni	Kirishdan masofa
Tik	Yuqori	Pb, Zn, Ag	150-380°C	-500m gacha yuza
	O'rtadagi	Cu, Pb, Zn	280-480°C	-500m dan -1000m gacha
	Chuqur	Cu, Mo	380-700°C	-1000m dan pastda
Gorizontallik	o'zak	Cu, Mo	550-700°C	0-200m
	Eng yaqin	Cu, Pb, Zn	350-550°C	200-500m
	Uzoq	Pb, Zn, Ag	220-400°C	500-1500 m
	Chekka	Au, Ag	150-300°C	>1500m

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, Olmaliq ma'danli hududida qo'rg'oshin-rux va mis-porfir konlarining shakllanishi umumiy geotektonik va magmatik sharoitlar bilan bog'liq:

Paleozoy erasida Qurama-Malguzar zonasida okean po'sti subduksiyasi sodir bo'lgan. Bu jarayon kaledon va gersin davrlarida kuchli magmatik harakatni keltirib chiqargan. Subduksiya zonalariga xos bo'lgan ohakli-ishqorli va ishqorli magmatik jinslar hosil bo'lgan.

Ikkala kon turi ham magmatik-gidrotermal tizimlarning mahsulidir, ammo evolyutsiyaning turli bosqichlarida shakllangan:

- Erta bosqich (yuqori harorat): Mis porfirining minerallashuvi, magma bilan bevosita bog'liq (>400°C);
- O'rta bosqich (o'rtacha harorat): Polimetall sulfidli ma'danlashuv, magmatik ta'sirning susayishi (300-400°C);
- Kechki bosqich (past harorat): Gang minerallari va ikkilamchi o'zgarishlar (<300°C).

Geokimyoviy va izotopik ma'lumotlar qo'rg'oshin-rux va mis porfir konlari umumiy magmatik manbadan kelib chiqqanligini tasdiqlaydi. REE tarqalish qonuniyatlari va Sr-Nd izotoplari nisbati (adabiyot ma'lumotlari asosida) ikkala kon turi ham subduksion magmatizm mahsuli ekanligini ko'rsatadi.

Suyuqlik qo'shilishini o'rganish shuni ko'rsatadiki, dastlabki magmatik suyuqlik fazalarga ajralgan (qaynagan):

- Bug' fazasi: Cu va Mo kabi uchuvchan elementlar (porfir konlari) tashiladi;
- Suyuq faza: Pb va Zn kabi kam uchuvchan

elementlar (skarn-gidrotermal konlar).

3-jadval

Olmalik hududidagi mis-porfir va qo'rg'oshin-rux konlarining qiyosiy tavsifi

Parametr	Mis porfiri	Qo'rg'oshin-rux skarn-gidrotermal
Qatlam harorati	550-700°C (erta) 280-420°C (asosiy)	420-580°C (skarn) 220-380°C (sulfid)
Suyuqlikning sho'rlanishi	35-60 mas.% NaCl ekv.	10-25 mas.% NaCl ekv.
Suyuqlik tarkibi	Yuqori sho'rlanish, CO ₂ ga kambag'al	O'rtacha sho'rlangan, CO ₂ ga boy
Hosil bo'lish chuqurligi	1-4 km	0,5-3 km
δ34S qiymatlari	-1,5 dan +4,2‰ gacha	+1,8 dan +9,5‰ gacha
Asosiy ma'danli minerallar	Xalkopirit, bornit, molibdenit	Sfalerit, galenit, pirit
Cu/Zn nisbati	>5	<1
Bog'langan elementlar	Mo, Re, Se, Au	Ag, Cd, In, Sb
Ma'dan tanasi morfologiyasi	Stokverk, tarqatilgan	Yasmiqsimon, zonal, vena
Devor toshlari o'zgarishi	Kaliyli, filli, argilli	Skarn, rogoviklar, marmar

Strukturaviy nazorat va metallogenik xususiyatlar. Qo'rg'oshin-rux va mis-porfir konlarining har ikkala turi ham qat'iy strukturaviy nazorat ostida shakllangan. Ma'danlashuvni boshqaruvchi asosiy geologik tuzilmalar mintaqaviy miqyosdagi shimoli-sharqiy yo'nalishdagi chuqur yoriqlar, mahalliy miqyosdagi shimoli-g'arbiy yo'nalishdagi yoriqlar hamda intruziv tanalar kontaktlari va ularning ekzokontakt zonalaridan iborat. Ushbu tuzilmalar ma'danli flyuidlarning migratsiyasi, konsentratsiyasi va lokalizatsiyasida hal qiluvchi rol o'ynagan.

Umumiy metallogenik muhitda shakllanganiga qaramay, qo'rg'oshin-rux va mis-porfir konlari bir qator muhim farqlarga ega. Mis-porfir konlari yuqori haroratli sharoitda (550–700°C) hosil bo'lgan bo'lsa, qo'rg'oshin-rux konlari nisbatan pastroq harorat oralig'ida (220–580°C) shakllangan. Hidrotermal suyuqliklarning fizik-kimyoviy xususiyatlari ham farqlanadi: mis-porfir konlarida yuqori sho'rlangan (35–60 mass.% NaCl ekvivalenti) va CO₂ ga kambag'al suyuqliklar ustun bo'lsa, qo'rg'oshin-rux konlarida o'rtacha sho'rlangan (10–25 mass.% NaCl ekvivalenti) va CO₂ ga boy suyuqliklar kuzatiladi.

Metallogenik ixtisoslashuvning vaqt bo'yicha

o'zgarishi magmatik manbaning evolyutsiyasi bilan belgilanadi. Kaledon davrida Pb–Zn ixtisoslashuvi ustun bo'lgan bo'lsa, gersin davrida Cu–Mo ixtisoslashuvi rivojlangan va keyingi bosqichlarda Pb–Zn–Ag assotsiatsiyasi shakllangan.

Xulosa. Olmalik ma'danli hududida olib borilgan kompleks geologik, mineralogik, geokimyoviy va izotopik tadqiqotlar quyidagi asosiy xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

1. Qo'rg'oshin-rux va mis-porfir konlari paleozoy davridagi subduksion magmatizm bilan bog'liq bo'lib, yagona magmatik-gidrotermal metallogenik tizimning turli fazaviy mahsulotlarini tashkil etadi.

2. Vertikal va gorizontal zonallik magmatik-gidrotermal tizim evolyutsiyasi natijasida shakllangan bo'lib, mis-porfir konlari chuqurroq va yuqori haroratli, qo'rg'oshin-rux konlari esa sayozroq va pastroq haroratli sharoitlarda hosil bo'lgan.

3. Kaledon davri asosan qo'rg'oshin-rux konlari, gersin davri esa mis-porfir konlari bilan xarakterlanadi, biroq har ikkala davrda ham polimetall ma'danlashuv kuzatiladi.

4. Boshlang'ich magmatik suyuqliklarning bug' va suyuq fazalarga ajralishi konlarning metallogenik ixtisoslashuvini belgilovchi asosiy omillardan biridir.

5. Shimoli-sharqiy va shimoli-g'arbiy yo'nalishdagi chuqur yoriqlar tizimi ma'danli flyuidlarning migratsiyasi va konlarning joylashuvida hal qiluvchi rol o'ynagan.

6. Olingan natijalar hududning chuqur qismlarida va chekka zonalarida yangi konlarni aniqlash uchun yuqori razvedka istiqbollari mavjudligini ko'rsatadi.

7. Taklif etilgan genetik model O'rta Osiyoning boshqa paleozoy ma'danli hududlarida qidiruv va prognoz ishlarini rejalashtirishda samarali qo'llanilishi mumkin.

Kelgusida Re–Os va U–Pb geoxronologiyasi, suyuqlik qo'shilmalarining LA-ICP-MS asosidagi tahlillari hamda 3D geologik modellashtirish ishlarini kengaytirish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

[1] Кулаков, А. А. (1991). Отчет о результатах предварительной разведки полиметаллического месторождения Кульчулак в Алмалыкском рудном районе за 1985–1991 гг. Алмалык.

- [2] Коломиченко, В., Пак, В. Г., & Вологодина, В. (1974). Отчет по поисковой оценке свинцово-цинкового месторождения Кульчулак за 1972–1974 гг. Алмалык: Алмалыкская ГРЭ.
- [3] Mustafayev, B. N. (2021). Geological structure of the Chatkal–Kuramin Mountains. *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, 1(5).
- [4] Мустафаев, Б., Зиёмов, Б., Жураев, Ф., & Гапуров, М. (2024). Форма руд в полиметаллических месторождениях Узбекистана. *Илмий журнали Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека*, 3/2/1, 233–235.
- [5] Турапов, М. К., Мустафаев, Б. Н., & Зиёмов, Б. З. (2025). К вопросу изучения морфогенезиса рудных тел полиметаллических месторождений Средней Азии. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 36, 188–194.
- [6] Turapov, M. K., Mustafayev, B. N., & Ziyomov, B. Z. (2025). К вопросу изучения морфогенезиса рудных тел полиметаллических месторождений Средней Азии. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 36, 188–194.

UO‘K: 553.493.5(575.1)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.4

QULCHO‘LOQ KONIDA POLIMETALL MA‘DANLASHUVI JOYLASHISH QONUNIYATLARI VA PROGNOZ RESURSLARI



**Mustafayev Baxtishod
Nurali o'g'li**

Olmaliq davlat texnika instituti,
Olmaliq, O'zbekiston
E-mail: baxtishod@mail.ru
ORCID ID 0009-0000-6905-0960



**Saidov Xabib
Lutfullayevich**

“O‘zbek geologiya qidiruv” AJ,
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: x.saidov@uzgeo.uz
ORCID ID: 0009-0005-5931-6979



**Turapov Mirali
Kamalovich**

“Mineral resurslar instituti” DM,
g.m.f.d., professor, Toshkent,
O‘zbekiston
ORCID ID: 0000-0002-9216-3637

Annotatsiya. Ushbu maqolada Qulcho‘loq konida polimetall (qo‘rg‘oshin–rux) ma‘danlashuvining karbonat formatsiyalarida joylashish qonuniyatlari hamda prognoz resurslarini baholash tamoyillari yoritiladi. Ma‘danlanish yuqori famen davri karbonat yotqiziqlarida va qisman quyi karbon davri ohaktoshlarida kuzatiladi. Ma‘dan tanalari asosan brekchiyalangan, kvarslashgan va skarnlashgan dolomitlarda to‘plangan bo‘lib, ularning shakllanishi zaif zonalar bo‘ylab gidrotermal eritmalarning aylanishi bilan bog‘liq. Organik moddalar bilan boyitilgan dolomitlar metall eritmalardan qo‘rg‘oshin va rux sulfidlarini cho‘ktiruvchi muhim omil sifatida qaraladi. Shuningdek, sulfatli jinslarning mavjudligi ma‘dan komponentlarining singenetik konsentratsiyasi uchun qulay sharoitlarni ko‘rsatadi. Olingan natijalar konning istiqbol bloklarini ajratish va prognoz resurslarini aniqlashda ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Qulcho‘loq koni, polimetall ma‘danlashuv, qo‘rg‘oshin, rux, karbonat formatsiyalari, dolomit, sulfatli jinslar, prognoz resurslari.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЛЬЧУЛОК

**Мустафаев Бахтишод
Нурали угли**

Алмалыкский государственный
технический институт,
Алмалык, Узбекистан

**Саидов Хабиб
Лутфуллаевич**

АО «Узбекская геологическая
разведка», Ташкент, Узбекистан

**Турапов Мирали
Камалович**

ГУ «Институт минеральных
ресурсов», Ташкент, Узбекистан.

Аннотация. В статье рассмотрены закономерности размещения полиметаллической (свинцово-цинковой) минерализации в карбонатных формациях месторождения Кульчулок и принципы оценки его прогнозных ресурсов. Минерализация приурочена к карбонатным отложениям верхнего фаменского и частично нижнего каменноугольного возраста. Рудные тела сосредоточены в брекчированных, частично окварцованных и скарнованных доломитах, их формирование связано с циркуляцией гидротермальных растворов по зонам разуплотнения. Доломиты, обогащенные органическим веществом, играли важную роль как осадители сульфидов свинца и цинка. Наличие сульфатных пород свидетельствует о благоприятных условиях для сингенетического накопления рудных компонентов. Полученные данные служат научной основой для выделения перспективных блоков и оценки прогнозных ресурсов месторож-

дения.

Ключевые слова: Месторождение Кульчулок, полиметаллическая минерализация, свинец, цинк, карбонатные формации, доломит, сульфатные породы, прогнозные ресурсы.

LAWS OF LOCATION AND FORECAST RESOURCES OF POLYMETAL ORNALIZATION AT THE KULCHULAK DEPOSIT

Mustafaev Bakhtishod
Nurali ugli

Almalyk State Technical Institute,
Almalyk, Uzbekistan

Saidov Xabib
Lutfullayevich

JSC "Uzbek Geological
Exploration", Tashkent, Uzbekistan

Turapov Mirali
Kamalovich

State Institution "Institute of
Mineral Resources", Tashkent,
Uzbekistan.

Abstract. This article highlights the regularities of the distribution of polymetallic (lead-zinc) mineralization in the carbonate formations of the Kulchulak deposit, as well as the principles of assessing forecast resources. Mineralization is observed in Upper Famenic carbonate deposits and partially in Lower Carboniferous limestones. Ore bodies are mainly concentrated in brecciated, silicified, and skarn dolomites, the formation of which is associated with the circulation of hydrothermal solutions along weak zones. Dolomites enriched with organic substances are considered an important precipitating factor of lead and zinc sulfides from metal solutions. Also, the presence of sulfate rocks indicates favorable conditions for the syngenetic concentration of ore components. The obtained results serve as a scientific basis for identifying prospective blocks of the deposit and determining forecast resources.

Keywords: Kulchulak deposit, polymetallic mineralization, lead, zinc, carbonate formations, dolomite, sulfate rocks, forecast resources.

Kirish. Olmaliq ma'danli hududida joylashgan Qulcho'loq koni respublikaning qo'rg'oshin–rux ma'danlari bazasini boyitishda muhim o'rin tutadi. Mamlakat sanoati, ayniqsa rangli metallurgiya va mashinasozlik tarmoqlarining barqaror rivojlanishi foydali qazilmalar zahiralari muntazam ravishda aniqlab borishni talab qiladi. Shu nuqtayi nazardan, polimetall ma'danlanish jarayonlarining geologik qonuniyatlarini chuqur o'rganish, ularning hosil bo'lish mexanizmlarini aniqlash va prognoz resurslarini ilmiy asosda baholash bugungi kunda dolzarb masala hisoblanadi. Qulcho'loq konida olib borilgan geologik-qidiruv ishlari karbonat formatsiyalarining keng tarqalganini va ular polimetall ma'danlashuvi uchun qulay sharoit yaratishini ko'rsatdi. Ayniqsa yuqori famen davriga oid karbonat yotqiziqklarining litologik-fatsial xususiyatlarini tahlil qilish ma'dan komponentlarining to'planish sharoitlarini tushunishga imkon beradi. Shu bois mazkur maqola konning geologik tuzilishi, ma'danlanishning joylashish qonuniyatlari va istiqbol resurslarini baholash tamoyillarini yoritishga qaratilgan bo'lib, kelgusida izlanishlarni chuqurlashtirish va amaliy

qidiruv ishlarini rejalashtirish uchun ilmiy asos yaratadi.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Qulcho'loq koni Markaziy tektonik blok hududida joylashgan bo'lib, undagi polimetall ma'danlanishning shakllanishida litologik, fatsial va tuzilmaviy omillar yetakchi ahamiyatga ega. Stratifikatsiyalangan konlarning tarqalishi ko'pincha qatlamlararo uzilishlar bilan bog'liq bo'lib, ular antiklinal burmalarning cho'qqi qismlarida, yupqa qatlamli egiluvchan karbonat-pelitli jinslar va massiv dolomitlar o'rtasida, shuningdek dolomitlar bilan subvulkanik hosilalar tutashgan chegaralarda rivojlanadi. Ushbu zonlarda dolomitlarning intensiv darzlanishi va brekchialanishi kuzatiladi, bu esa singenetik va epigenetik jarayonlarning rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratadi.

Mintaqaning tektonik rivojlanishi uch muhim bosqichni boshidan kechirgan. Birinchi bosqich devon-karbon davrida (385–320 million yil avval) karbonat platformasi shakllanishi va vulkanik faollik bilan bog'liq. Ikkinchi bosqich Gersin orogenezi (320–280 million yil avval) paytida asosiy burmalar va uzilmali tizim vujudga kelgan. Uchinchi bosqich mezozoy–kaynozoy davrida (250

million yil avvaldan hozirgi kungacha) blok ko'tarilishlari va eroziya jarayonlari sodir bo'lgan.

Konning geologik kesimida bir qator litologik qatorlar kuzatiladi. Yuqori devon (famen davri)da massiv kristall dolomitlar shakllangan bo'lib, ularning qalinligi 150–250 metr orasida o'zgaradi va aynan ushbu qatlam asosiy ma'dan saqlovchi vazifasini bajaradi. Bundan tashqari, organik moddaga boy qoramtir dolomitlar (30–80 m) hamda yupqa qatlamli ohaktosh–dolomit almashinishlari (40–120 m) aniqlangan. Quyi karbon davrida organogen-detrital ohaktoshlar (80–150 m) va marjonli rif qoldiqlari bilan ohaktoshlar (50–100 m) yotqizilgan. Vulkanogen formatsiyalar tarkibida andezit tarkibli lava oqimlari va piroklastik jinslar, subvulkanik tanalar, shuningdek diorit va siyenit-diorit intruziv massalari keng tarqalgan.

Burgundi yorig'i shimoliy-sharqiy yo'nalishli (azimut 45–50°) asosiy ma'dan nazorat qiluvchi struktura hisoblanadi. Uning uzunligi 8 km dan ortiq bo'lib, vertikal amplitudasi 200–350 m ni tashkil etadi. Yoriq zonasining kengligi 15–50 m oralig'ida bo'lib, darzlanish va brekchiyalanish intensiv rivojlangan. Antiklinal burmalar sharqiy–g'arbiy yo'nalishda cho'zilgan asimmetrik tuzilishlarga ega bo'lib, ularning uzunligi 2–4 km ni tashkil etadi. Burma cho'qqilarida cho'zilish darzlari va yemirilish zonalarida keng rivojlangan.

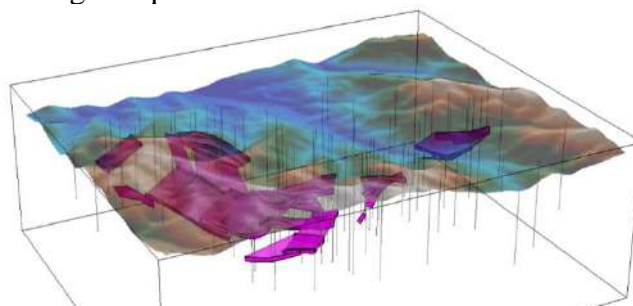
Ma'dan tanalarining mineralogik tarkibi asosan galenit (PbS), sfalerit, pirit va xalkopiritdan iborat. Qo'shimcha ma'dan minerallari sifatida arsenopirit, tetraedrit va kumush minerallari oz miqdorda uchraydi. Yondosh minerallar orasida kvars, karbonatlar, skarn minerallari, seritsit va xlorit keng tarqalgan.

Ma'danlashuv, asosan, yuqori devon davriga oid dolomitlarda hamda ularning andezit tarkibli subvulkanik tanalar, diorit sillari va siyenit-diorit intruziv massalari bilan kontakt zonalarida to'plangan. Polimetall ma'dan tanalari qatlamli va kontaktli shakllarda uchrab, ko'pincha skarnlanish va metasomatik o'zgarishlar bilan bog'liq. Ma'danli qatlamlar Burgundi yorig'ining osma yonbag'rida joylashgan Burgundi, Markaziy, Kenjasoy va Qatrangi uchastkalarida aniqlangan bo'lib, ularning barchasida qo'rg'oshin va ruxning sanoat miqdoriga yetuvchi konsentratsiyalari qayd etilgan.

Maydonning janubi-g'arbiy qismida joylashgan Qatrangi uchastkasida karbonat

massivining ochilgan qismlarida skarnlanish, serpentinlanish, xloritlanish, kvarslanish va polimetall ma'danlashuv jarayonlari keng rivojlangan. Polimetall ma'danlashuvi karbonat jinslarning yuqori paleozoy davriga mansub vulkanogen effuziv hosilalar bilan tutashgan zonalarida, skarn va shoxlanish zonalarida bo'ylab bir necha kilometr masofaga cho'zilgan bo'lib, ayrim joylarda ma'dan komponentlari sanoat ahamiyatiga ega.

Qidiruv burg'ilash ishlari chuqurlikda ham ma'danli zonalarining mavjudligini tasdiqladi. Aniqlangan qatlamlarning qalinligi 1,1–11,4 m oralig'ida bo'lib, qo'rg'oshin va ruxning o'rtacha miqdori sanoat talablariga javob beradigan darajada ekanligi aniqlandi.



1-rasm. Qulcho'loq konining 3D geologik modeli (A.G. Tarasov va boshqalar, 2018).

Natijalar va muhokama. Yuqori paleozoy effuziv jinslari ustida karbonat jinslarini nomuvofiq ravishda qoplagan qo'rg'oshin va ruxning kichik ko'rinishlari chuqurlikda yirik polimetall ma'danlashuvning mavjudligini ko'rsatuvchi muhim prognoz indikatorlari sifatida qaraladi. Mazkur prognoz belgilarining genezisini tushuntirish uchun ma'dan shakllanish jarayonlari tahlil qilingan.

Qulcho'loq konida polimetall ma'dan tanalarining shakllanishi gidrotermal jarayonlarning ko'p bosqichli rivojlanishi bilan bog'liq bo'lib, bu jarayonlar tektonik faollik natijasida yuzaga kelgan o'tkazuvchan zonalar orqali ma'dan tashuvchi eritmalarning migratsiyasi bilan amalga oshgan. Hidrotermal sistemaning evolyutsiyasi harorat, bosim va eritmalar tarkibining ketma-ket o'zgarishi bilan tavsiflanadi.

Ma'dan hosil bo'lish jarayonining dastlabki bosqichi yuqori haroratli kontakt-metasomatik sharoitlarda kechgan bo'lib (340–380°C), ushbu davrda intruziv jismlar bilan tutashgan karbonat jinslarda skarnlanish jarayonlari rivojlangan. Bu

bosqichda granat va piroksen kabi skarn minerallari shakllanib, dolomitlarning tarkibiy qayta kristallanishi hamda magnezit va talkning hosil bo'lishi kuzatilgan.

Keyingi bosqichda (240–320°C) ma'dan hosil bo'lish jarayonlari intensivlashib, asosiy sulfidli ma'danlashish sodir bo'lgan. Aynan shu davrda galenit, sfalerit va piritning faol cho'kishi yuz berib, ma'dan tanalarida tomirli, disseminatsion va ayrim joylarda massiv teksturalar shakllangan. Bu bosqich konning sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan asosiy ma'dan konsentratsiyalarini vujudga keltirgan.

Gidrotermal sistemaning so'nggi bosqichlarida haroratning pasayishi bilan (150–220°C) kechki kvarso-karbonat ma'danlashuvi rivojlangan. Ushbu bosqichda kvarso-karbonat tomirchalari hosil bo'lib, ular avvalgi sulfidli ma'danlashuvi kesib o'tadi hamda ma'dan tanalarining ichki tuzilishini murakkablashtiradi. Shu bilan birga, ikkilamchi sulfid minerallarining (kovellin, bornit) paydo bo'lishi qayd etiladi.

Ma'dan hosil bo'lish jarayonining yakuniy bosqichi past haroratli gipergenik sharoitlarda (<100°C) sodir bo'lib, oksidlanish zonalarining shakllanishi bilan ifodalanadi. Bu bosqichda qo'rg'oshin va ruxning ikkilamchi minerallari — serussit, smitsonit va malaxit, shuningdek temir gidrooksidlari (limonit va goetit) keng rivojlangan.

Gidrotermal ma'danlanish jarayonlari bilan bir qatorda ma'dan tanalarining shakllanishida metasomatik o'zgarishlar muhim rol o'ynagan. Darzlanish va brekchiyalanish zonalari bo'ylab dolomitizatsiya, kvarslashish (5–30% hajm ulushi), skarnlanish, serpentinlanish va xloritlanish jarayonlari rivojlanib, ular ma'dan tanalarining morfologiyasi va mineral tarkibining murakkablashuviga olib kelgan.

Ma'dan komponentlarining cho'kishi geokimyoviy jihatdan karbonat jinslarning xususiyatlari bilan chambarchas bog'liq bo'lgan. Organik moddalar bilan boyitilgan dolomitlar gidrotermal eritmalarning oksidlanish–qaytarilish sharoitini o'zgartirib, qo'rg'oshin va ruxning sulfidlar shaklida cho'kishiga qulay muhit yaratgan. Karbonat jinslarning buferlik xususiyati eritmalar pH qiymatini sulfidli ma'danlanish uchun optimal bo'lgan diapazonda ushlab turgan. Bundan tashqari, sulfatli komponentlarning mavjudligi bakterial qaytarilish jarayonlari orqali oltingugurt ionlari

manbaini ta'minlagan, gidrotermal eritmalarning sovishi va aralashishi esa metallarning eruvchanligini kamaytirib, ularning ma'dan shaklida cho'kishiga olib kelgan.

Prognoz resurslarini baholashda uchta asosiy usuldan foydalanildi. Analogiya usuli yaqin atrofdagi o'xshash konlar ma'lumotlari asosida Qulcho'loq konining potentsial resurslarini baholashga imkon berdi. Ekstrapolyatsiya usuli mavjud ma'dan tanalarining tarqalish tendentsiyasini chuqurlik va lateral yo'nalishlarda davom ettirish orqali prognoz resurslarni hisoblash imkonini berdi. Geologik-statistik usul esa ma'dan tanalarining o'rtacha parametrlari (qalinlik, tarkib, zichlik) asosida hajm va massa hisob-kitoblarini amalga oshirdi.

Xulosa. Qulcho'loq konida olib borilgan kompleks geologik-qidiruv tadqiqotlari hududning polimetall ma'danlanishi bo'yicha katta istiqbolga ega ekanligini isbotladi. Stratifikatsiyalangan konlarning joylashuvi ko'p jihatdan tuzilmaviy omillarga – antiklinal burmalar, qatlamlararo uzilishlar, karbonatli jinslar bilan subvulkanik hosilalar o'rtasidagi chegaralarga bog'liq. Ushbu zonalarda darzlanish va brekchiyalanish jarayonlari rivojlanib, ma'danlashuv uchun qulay sharoit yaratadi.

Qidiruv burg'ilari ma'dan tanalarining fazoviy tuzilishi va tarqalishini aniqlashga imkon berdi. A.G. Tarasov tomonidan tuzilgan 3D model konning ichki tuzilishini ko'rsatib, istiqbolli bloklarni ajratishga yordam berdi.

Ruda shakllanish jarayonlari to'rtta asosiy bosqichda sodir bo'lgan: skarnlanish, asosiy ma'dan mineralizatsiyasi, kech kvarso-karbonat bosqichi va gipergenik o'zgarishlar. Organik moddaga boy dolomitlar va sulfatli jinslar ma'dan cho'kishida muhim rol o'ynagan.

Olingan natijalar Qulcho'loq hududida polimetall resurslarni yanada chuqur o'rganish, ularning hajmini baholash va kelgusida sanoat miqyosida o'zlashtirish uchun mustahkam ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Keyingi tadqiqotlar uchun quyidagi yo'nalishlar tavsiya etiladi: chuqurlik bo'yicha qo'shimcha burg'ilash ishlari (500-700 m gacha), lateral yo'nalishda ma'danli zonalarni kengaytirish, zamonaviy geofizik usullar (elektr razvedka, magnit razvedka) qo'llash va ma'dan tanalarining genetik modelini aniqlashtirish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Кулаков, А. А. (1991). Отчет о результатах предварительной разведки полиметаллического месторождения Кульчулак в Алмалыкском рудном районе за 1985–1991 гг. Алмалык.
- [2] Коломиченко, В., Пак, В. Г., & Вологодина, В. (1974). Отчет по поисковой оценке свинцово-цинкового месторождения Кульчулак за 1972–1974 гг. Алмалык: Алмалыкская ГРЭ.
- [3] Mustafayev, B. N. (2021). Geological structure of the Chatkal–Kuramin Mountains. *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, 1(5).
- [4] Мустафаев, Б., Зиёмов, Б., Жураев, Ф., & Гапуров, М. (2024). Форма руд в полиметаллических месторождениях Узбекистана. *Илмий журнали Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон миллий университети*, 3/2/1, 233–235.
- [5] Турапов, М. К., Мустафаев, Б. Н., & Зиёмов, Б. З. (2025). К вопросу изучения морфогенезиса рудных тел полиметаллических месторождений Средней Азии. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 36, 188–194.
- [6] Turapov, M. K., Mustafayev, B. N., & Ziyomov, B. Z. (2025). К вопросу изучения морфогенезиса рудных тел полиметаллических месторождений Средней Азии. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 36, 188–194.

UO‘K: 669.334.44

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.5

KIMYO SANOATI CHIQINDILARIDAN METALLARNI AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH



**Muzaffarov Umurbek
Umarovich**

Doktorant, Navoiy davlat konchilik
va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail:
Umurbekmuzaffarov738@gmail.com



**Xoliqulov Doniyor
Baxtiyorovich**

Texnika fanlari doktori, Olmaliq
davlat texnika instituti, Olmaliq,
O‘zbekiston
E-mail: doniyor_xb@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-6968-9297



Aripov Avaz Rozikovich

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa
doktori (PhD), Navoiy davlat
konchilik va texnologiyalar
universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: avaz.aripov.82@bk.ru
ORCID ID: 0000-0002-0428-507X



**Voxidov Baxriddin
Raxmidinovich**

Texnika fanlari doktori, Navoiy
davlat konchilik va texnologiyalar
universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail:
baxriddin.vokhidov@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-0819-6752

Annotatsiya. Ushbu maqolada kimyo sanoati chiqindilaridan metallarni ajratib olish masalalari o‘rganilgan. Tadqiqot doirasida chiqindilarning kimyoviy va fazaviy tarkibi tahlil qilinib, ulardan metall komponentlarni samarali ajratib olishga yo‘naltirilgan zamonaviy texnologik yechim ishlab chiqildi. Taklif etilayotgan texnologiya metall ishlab chiqarish tarmog‘ining xomashyo bazasini kengaytirish, ikkilamchi resurslardan oqilona foydalanish hamda qimmatli komponentlarni ajratib olish jarayonining tannarxini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi. Shu bilan birga, mazkur yondashuv kimyo sanoati chiqindilarining atrof-muhitda to‘planishini oldini olish, ekologik yuklamani kamaytirish va barqaror sanoat rivojlanishini ta‘minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: metall, texnogen chiqindilar, ishlab chiqarish chiqindilari, eritmalarini neytrallash, cho‘ktirish, ikkilamchi xomashyo, metall ionlari, ekologik xavfsizlik.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Музаффаров Умурбек
Умарович**

Докторант, Навоийский
государственный горный и
технологический университет,
Навои, Узбекистан

**Холикулов Даниёр
Бахтиёрвич**

Доктор технических наук,
Алмалыкский государственный
технический институт,
Алмалык, Узбекистан

Арипов Аваз Розикович

Доктор философии (PhD) по
техническим наукам, Навоийский
государственный горный и
технологический университет,
Навои, Узбекистан

**Вохидов Бахридин
Рахмидинович**

Доктор технических наук,
Навоийский государственный
горный и технологический
университет, Навои, Узбекистан

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы извлечения металлов из отходов химической промышленности. В рамках исследования был проведён анализ химического и фазового состава отходов, на основе которого разработано современное технологическое решение, направленное на эффективное извлечение металлических компонентов. Предлагаемая технология позволяет расширить сырьевую базу металлургического производства, обеспечить рациональное использование вторичных ресурсов, а также существенно снизить себестоимость процессов извлечения ценных компонентов. Кроме того, данный подход способствует предотвращению накопления отходов химической промышленности в окружающей среде, снижению экологической нагрузки и обеспечению устойчивого развития промышленности.

Ключевые слова: металл, техногенные отходы, производственные отходы, нейтрализация растворов, осаждение, вторичное сырьё, ионы металлов, экологическая безопасность.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR METAL RECOVERY FROM CHEMICAL INDUSTRY WASTES

**Muzaffarov Umurbek
Umarovich**

*Doctoral student, Navoi State
University of Mining and
Technology, Navoi, Uzbekistan*

**Kholikulov Doniyor
Bakhtiyorovich**

*Doctor of Technical Sciences,
Almalyk State Technical Institute,
Almalyk, Uzbekistan*

Aripov Avaz Rozikovich

*Doctor of Philosophy (PhD) in
Technical Sciences, Navoi State
Mining and Technology University,
Navoi, Uzbekistan*

**Vokhidov Bakhriddin
Rakhmidinovich**

*Doctor of Technical Sciences,
Navoi State University of Mining
and Technology, Navoi, Uzbekistan*

Abstract. *This article investigates the issues related to the recovery of metals from chemical industry wastes. Within the scope of the study, the chemical and phase compositions of the wastes were analyzed, and a modern technological solution aimed at the efficient extraction of metallic components was developed. The proposed technology enables the expansion of the raw material base of the metallurgical industry, promotes the rational use of secondary resources, and significantly reduces the cost of recovering valuable components. In addition, this approach helps prevent the accumulation of chemical industry wastes in the environment, reduces environmental burden, and contributes to sustainable industrial development.*

Keywords: *metal, technogenic wastes, industrial wastes, solution neutralization, precipitation, secondary raw materials, metal ions, environmental safety.*

Kirish. Bugungi kunda sanoat ishlab chiqarishining rivojlanishi bilan bir qatorda, ishlab chiqarish tarmoqlarida hosil bo'layotgan tarkibida metallar bo'lgan chiqindi eritmalar miqdori ortib bormoqda. Bunday chiqindilar tabiiy suv havzalari va tuproq muhitini ifloslantiruvchi asosiy manbalardan biri hisoblanib, ularni zararsizlantirish uchun resurs va energiya tejamkor texnologiyalarni qo'llashga, fanni ishlab chiqarish bilan integratsiyalashga alohida e'tibor qaratish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi. Shu munosabat bilan, rivojlangan davlatlarda texnogen chiqindilari tarkibidan qimmatli komponentlarni ajratib olib, xomashyo bazasini sezilarli kengaytirishga, ekologiyaga yetkazilayotgan zararni kamaytirishga imkon beradigan yangi texnologiyalar alohida ahamiyatga ega. Jahon miqyosida birlamchi rudaga qaraganda metallar miqdori yuqori bo'lgan ikkilamchi xomashyolarni va ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlashga asoslangan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu ishlab chiqarish korxonalaridagi chiqindilarni ekologiyaga yetkazilayotgan zararni kamaytirish, qo'shimcha metallarni ajratib olish, tozalangan oqova suvlarni qaytadan ishlatish, chiqindi saqlanadigan maydonlarni qisqartirish imkonini beradi. Bundan

tashqari, bu ilmiy izlanishlar nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lishiga qaramay, tarkibida metallar bo'lgan texnologik chiqindi eritmalariga selektiv ta'sir qiluvchi reagentlarni tanlashga yetarlicha e'tibor berilmagan, metallar ionlarining o'zaro ta'sir mexanizmi o'rganilmagan, ekologik muammolarni hal qilishni o'zida jamlagan qayta ishlashning kompleks texnologiyalarini ishlab chiqishga imkon bermaganligi dolzarb, ilmiy va muhim iqtisodiy muammo hisoblanadi.

Respublikamizda ishlab chiqarish korxonalarida hosil bo'ladigan chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqish va takomillashtirish bo'yicha bir qator tadqiqotlar olib borilmoqda. "Navoiyazot" AJning ishlab chiqarish sexlaridan hosil bo'ladigan texnologik oqova suvlar tarkibida og'ir metall ionlari mavjud bo'lib, ularni zararsizlantirish va foydali komponentlarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish ekologik va iqtisodiy samaradorlikni oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Texnogen ifloslanishlar, atrof-muhitdagi global salbiy o'zgarishlar, hozirgi vaqtda yuqori texnologiyalardan foydalangan holda muvozanatli rivojlanish foydasiga tabiiy resurslardan foydalanish

strategiyasini o'zgartirish zarurligini talab qiladi. Shu munosabat bilan chiqindisiz ishlab chiqarish, ekologik xavflarni va atrof-muhitga salbiy ta'sirni minimallashtiradigan ekologik toza texnologiyalarga o'tish tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bu kimyo sanoati korxonalarini uchun o'ta muhimdir, chunki boshqa ko'pgina sanoat tarmoqlaridan farqli o'laroq, u gidrosferaga, yer qatlamiga, atmosferaga ta'sir ko'rsatadi. Texnogen chiqindilar - bu yer yuzasida - tuproqda, o'simliklarda, suvda va atmosferada ifloslanishni kiltirib chiqaradi [1-5].

Sanoat chiqindi eritmalaridan metallarni ajratib olishda ozonlash [6-7] va ionli flotatsiya [8-9] jarayonini qo'llash bo'yicha bir qator tadqiqotlar o'tkazilgan va natijalar olingan.

Tadqiqot obyekti sifatida "Navoiyazot" AJning 14-akril kislotasi nitrili (AKN) ishlab chiqarish sexi, 201-tiomochevina ishlab chiqarish sexi va 911-vinilxlorid monomeri ishlab chiqarish sexining texnologik oqova suvlari tanlangan. Dastlab chiqindi eritmalarini neytrallashtirish jarayoniga jo'natilishidan oldin suspenziya shaklidagi zarrachalarni tindirish maqsadida, filtrlanadi, natijada ayrim metallar, ularning birikmalari va keraksiz jinslar cho'kmaga tushdi. Yirik zarrali birikmalar oson cho'kadi, ammo metall birikmalarining cho'kma tarkibiga o'tish darajasi minimal bo'ldi. Eritmalarni rangi ancha tiniqlashdi (1-3-rasm).



1-rasm. Tiomochevina ishlab chiqarish chiqindi eritmasining tindirish va filtrlashdan oldingi va keyingi ko'rinishi.



2-rasm. AKN eritmasining tindirishdan oldingi va keyingi ko'rinishi.



3-rasm. Vinilxlorid monomeri ishlab chiqarish sexining texnologik eritmalarini tindirishdan oldingi va keyingi ko'rinishi.

Tindirilib, filtrlangan eritmalarining rentgen fluresensiya usulida tahlil natijalari 1-2-jadvada keltirilgan.

1-jadval

201-tiomochevina ishlab chiqarish sexi chiqindi oqova suvlari spektrometrik tahlil natijalari (mkg/l)

Komponent	Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K
Miqdor	11,0	1,50	27,0	120	830	550	840	33
Komponent	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Miqdor	2000	47,0	100	100	30,0	100	2800	10,0
Komponent	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb
Miqdor	320	7600	1200	29,0	48	5,10	3100	92,0
Komponent	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	In
Miqdor	22	5,20	21,0	5,70	140	110	3,10	0,320
Komponent	Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce
Miqdor	5,50	260	18,0	360	20,0	64,0	2,50	6,40
Komponent	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
Miqdor	0,250	2,20	1,10	0,140	<0,05	0,077	0,320	0,150
Komponent	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re
Miqdor	0,450	0,110	<0,05	0,150	0,780	61,0	25,0	0,220
Komponent	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
Miqdor	<0,05	<0,05	0,660	5,90	51,0	0,170	3,40	16,0

2-jadval

911-vinilxlorid monomeri ishlab chiqarish sexining texnologik oqova suvlari natijalari (mkg/l)

Line	Conc.1, mg/l	Conc.2, mg/kg	Cl
Ag	-0,0025	-0,2128	0,9286
Al	0,0107	0,9261	7,248
As	-0,0051	-0,4433	1,539
Ba	-0,0039	-0,3353	1,702
Be	-0,0045	-0,3857	1,515
Bi	-0,0049	-0,4235	1,644
Cd	-0,0022	-0,1906	1,555
Co	-0,0054	-0,4641	1,908
Cr	-0,0046	-0,3949	1,922
Cu	0,1382	11,92	1,922
Fe	0,0523	4,510	2,436
Ga	-0,0035	-0,3057	1,385
K	1,204	103,8	10,32
Li	-0,0059	-0,5045	2,528
Mn	0,0026	0,2245	1,573
Ni	-0,0025	-0,2172	1,164
Pb	-0,0030	-0,2563	1,955
Se	-0,0025	-0,2162	1,025
Sr	0,0148	1,277	1,379
V	-0,0028	-0,2395	1,071
Zn	0,0560	4,826	1,789

Natijalar. Kimyo sanoati oqova suvlari va

chiqindi eritmalardan og‘ir rangli metallarni cho‘ktirish jarayonlarini. Neytrallanish jarayonlari kislotalar va gidroksidlarni o‘z ichiga olgan sanoat chiqindi suvlarini tozalash usuli hisoblanadi. Aksariyat kislotali oqova suvlarda og‘ir metallarning tuzlari mavjud bo‘ladi, ular bu suvlardan ajratilishi kerak. Neytrallash quyidagi maqsadlarda amalga oshiriladi:

- zavod uskunalari va tozalash inshootlari materiallarining korroziyasini oldini olish uchun;

- biologik oksidlovchilarda va suv havzalarida biokimyoviy jarayonlarning buzilishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun;

- sanoat oqova suvlaridan og‘ir metallar tuzlarini cho‘ktirish uchun.

Neytral aralashmalarni pH = 6,5 - 8,5 bo‘lgan sharoitlarda amalga oshiriladi. Shuning uchun, suv omborining neytrallash qobiliyatini hisobga olgan holda, pH 6,5 dan kam va 8,5 dan yuqori bo‘lgan oqova suvlarni zararsizlantirish kerak. Sanoat oqova suvlarini suv omboriga yoki shahar kanalizatsiyasiga tushirish shartlaridan kelib chiqadigan bo‘lsak, kislotali oqova suvlar katta xavf tug‘diradi, bundan tashqari, ular ishqoriylarga qaraganda ancha keng tarqalgan. Ko‘pincha chiqindi suvlar bilan ifloslangan mineral kislotalar: sulfat, xlorid, azot, shuningdek ularning aralashmalari mavjud bo‘ladi. Odatda, chiqindi suvdagi kislotalarning konsentratsiyasi 3% dan oshmaydi, lekin ko‘proq konsentrlangan aralashmalar ham uchraydi.

Dastlabki chiqindi oqova suvlardagi va neytrallashdan keyingi eritmalardagi metallarning miqdorlar o‘zgarishi tahlil qilindi.

Oqova suvlar tarkibi PlasmaQuant 9200 - bu Analytik Jena kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan ICP-OES usuliga asoslangan optik emissiya spektrometriya qurilmasi, "ICP-OES" — Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. PlasmaQuant 9200 induksion bog‘-

langan plazmali optik emissiya spektrometriyasi (ICP-OES) asosida ishlovchi yuqori aniqlikdagi tahlil qurilmalarida, eritmalardagi elementlarning miqdoriy tarkibini aniqlandi.

Cho‘ktirish natijasida hosil bo‘lgan cho‘kmalarni kuydirish orqali qattiq qoldiqlar hosil qilish tajriba ishlari bajarildi va hosil bo‘lgan qoldiqlar SEM uskunasi yordamida tahlil qilindi. Thermo Fisher Scientific Apreo 2 S LoVac rusumli skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) yordamida namunalarni o‘rganilib - ularning element tarkibi, minerallogik tuzilishi va morfologik xususiyatlarini aniqlashda muhim bosqich hisoblanadi. Ushbu mikroskop yuqori aniqlikdagi tasvir olish imkonini beradi va energodispersiv spektroskopiya (EDS) tizimi orqali namunadagi elementlarning sifat va miqdor tarkibini aniqlaydi. Qurilma Windows 10 (64-bit) operatsion tizimida ishlaydigan intuitiv boshqaruv interfeysiga ega.

Xulosa. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida "Navoiyazot" AJning AKN ishlab chiqarish, 201- va 911-sexlaridan hosil bo‘layotgan chiqindi oqova suvlari tarkibida og‘ir va rangli metallar (mis, temir, rux, molibden va boshqalar)ning miqdori yuqori ekanligi aniqlandi. Olingan rentgen-flyuoresensiya va mass-spektrometrik tahlil natijalari chiqindi eritmalarda bu elementlarning konsentratsiyasi sanitariya-meyoriy talablardan bir necha baravar yuqori ekanini ko‘rsatdi.


Rentgen-flyuoresensiya tahlillari chiqindi eritmalarda metallarning eng yuqori konsentratsiyasi 32,313 teta chizig‘ida to‘planganini ko‘rsatdi. Bu esa, chiqindi suvlarni bevosita tabiiy muhitga chiqarish ekologik xavfsizlik talablariga zid ekanligini tasdiqlaydi. Tahlil natijalariga ko‘ra, suv havzalari uchun ruxsat etilgan maksimal konsentratsiya qiymatlari bir necha o‘n baravar oshgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Гончарук, В. В. (2004). Вода: проблемы устойчивого развития цивилизации в XXI веке. Химия и технология воды, 26(1), 3–25.
- [2] Воробьев, А. В., Каргинов, К. Г., Ананикян, С. А., & Одинцова, Е. С. (2002). Оценка воздействия на окружающую среду предприятий горной промышленности. Экологическая экспертиза, (3), 96–104.
- [3] Трубецкой, К. Н., & Галченко, Ю. П. (2002). Человек и природа: противоречия и пути их преодоления. Вестник Российской академии наук, 72(5), 405–409.

- [4] Скурлатов, Ю. И., Дука, Г. Г., & Мизити, А. (1994). Введение в экологическую химию. Москва: Высшая школа.
- [5] Грушко, Я. М. (1982). Вредные органические соединения в промышленных сточных водах. Ленинград: Химия.
- [6] Холикулов, Д. Б., Нормуротов, Р. И., & Ахтамов, Ф. Э. (2016). Исследования по извлечению цветных металлов ионной флотацией из сбросных растворов. Горный вестник Узбекистана, (2), 68–70.
- [7] Якубов, М. М., и др. (2018). Очистка сточных вод медного производства озоном. Узбекский химический журнал, (3), 35–41.
- [8] Холикулов, Д. Б., Рахмонов, Н. М., & Кодиров, С. И. (2007). Возможности применения ионной флотации для извлечения металлов из различных растворов. В Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья (Материалы международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 15–18 апреля 2007 г.). Екатеринбург: Форт-Диалог-Исеть.
- [9] Абдурахмонов, С. А., Холикулов, Д. Б., Пиримов, А. П., Нормуротов, Р. И., & Назаров, В. Ф. (2005). Статистическая обработка показателей ионной флотации металлов из сернокислых растворов. Горный вестник Узбекистана, (4), 67–69.

UO‘K: 669.3:622.7

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.10

QALMOQIR KONIDAGI OKSIDLANGAN MIS RUDALARINI CHANLARDA TANLAB ERITISH BO‘YICHA TADQIQOT NATIJALARI



**Xasanov Adham
Amankulovich**

Dotsent, Olmaliq davlat texnika
instituti, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail:
adhamhasanov122@gmail.com
Science ID: FTV-1225-0014



**Usenov Rasul
Bovurjonovich**

Dotsent, Olmaliq davlat texnika
instituti, Olmaliq, O‘zbekiston
Science ID: FTV-1225-0028



**Geydarov Arif Emrax
o‘g‘li**

Ozərbaycan Milli Fanlar
Akademiyası Kataliz və Noorganik
Kimyo İnstitutu, laboratoriya
mudiri, kimyo fanları doktori,
professor, Azərbaycan



**Jo‘raqulova Sabrina
Baxtiyor qizi**

Magistrant, Olmaliq davlat texnika
instituti, Olmaliq, O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy tog‘-kon sanoatida dolzarb hisoblangan Qalmoqqir konining oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash masalalari tadqiq etilgan. So‘nggi yillarda qazib olinayotgan xomashyo tarkibida oksidlangan va aralash rudalarning ulushi ortib borayotgani sababli, ularni an‘anaviy flotatsiya usullari bilan boyitish samaradorligi pastligi aniqlangan. Tadqiqot ishida oksidlangan mis minerallarining (malaxit, azurit va boshqalar) mineralogik va kimyoviy xususiyatlari tahlil qilinib, ularning sulfidizatsiya asosidagi flotatsiya jarayonida past tiklanish ko‘rsatkichlariga ega ekanligi ko‘rsatib berilgan. Shu munosabat bilan sulfat kislota yordamida tanlab eritish jarayonining misni eritmaga o‘tkazish samaradorligiga ta‘sir etuvchi asosiy texnologik omillar — kislota konsentratsiyasi, rudaning yiriklik darajasi, eritish vaqti, harorat va qattiq–suyuq fazalar nisbati (Q:S) o‘rganilgan. Tajribalar natijasida sulfat kislota konsentratsiyasi 3%, rudaning yiriklik sinfi –1 mm, harorat 40°C, eritish vaqti 30 daqiqa hamda Q:S = 1:3 bo‘lgan sharoitlarda misning eritmaga ajralish darajasi 60–80% gacha yetishi aniqlangan. Olingan natijalar oksidlangan mis rudalarini gidrometallurgik usulda qayta ishlashning yuqori istiqbolliligini ko‘rsatadi va ushbu texnologiyani sanoat miqyosida qo‘llash imkoniyatlarini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: oksidlangan mis rudalari, Qalmoqqir koni, tanlab eritish, sulfat kislota, gidrometallurgiya, misni eritmaga ajratib olish, texnologik parametrlar, Q:S nisbati.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЕЛЕКТИВНОМУ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЮ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛМАКЫР В ЧАНАХ

**Хасанов Адхам
Аманкулович**

Доцент, Алмалыкский
государственный технический
институт, Алмалык, Узбекистан

**Усенов Расул
Бовуржонович**

Доцент, Алмалыкский
государственный технический
институт, Алмалык, Узбекистан

**Гейдаров Ариф Эмрах
оглы**

Заведующий лабораторией
Института катализа и
неорганической химии
Национальной академии наук
Азербайджана, доктор
химических наук, профессор,
Азербайджан

**Журакулова Сабрина
Бахтиёр кизи**

Магистрант, Алмалыкский
государственный технический
институт, Алмалык, Узбекистан

Аннотация. В данной статье исследованы актуальные в современной горнодобывающей промышленности вопросы переработки окисленных медных руд месторождения Калмакыр. В

последние годы установлено, что из-за увеличения доли окисленных и смешанных руд в добываемом сырье эффективность их обогащения традиционными методами флотации низкая. В исследовательской работе проанализированы минералогические и химические свойства окисленных минералов меди (малахит, азурит и др.) и показано, что они имеют низкие показатели восстановления в процессе флотации на основе сульфидизации. В связи с этим были изучены основные технологические факторы, влияющие на эффективность растворения меди в процессе сернокислотной выщелачивания - концентрация кислоты, степень крупности руды, время выщелачивания, температура и соотношение твердо-жидких фаз (Т:Ж). В результате экспериментов установлено, что при концентрации серной кислоты 3%, классе крупности руды - 1 мм, температуре 40°C, времени плавления 30 минут и Т:Ж = 1:3 степень извлечения меди в раствор достигает 60-80%. Полученные результаты показывают высокую перспективность гидрометаллургической переработки окисленных медных руд и обосновывают возможности промышленного применения данной технологии.

Ключевые слова: окисленные медные руды, месторождение Калмаккир, избирательное выщелачивание, серная кислота, гидрометаллургия, извлечение меди в раствор, технологические параметры, соотношение Т:Ж.

RESEARCH RESULTS ON TANK LEACHING OF OXIDIZED COPPER ORES FROM THE KALMAKYR DEPOSIT

**Khasanov Adham
Amankulovich**

Docent, Almalyk State Technical
Institute, Almalyk, Uzbekistan

**Usenov Rasul
Bovurjonovich**

Docent, Almalyk State Technical
Institute, Almalyk, Uzbekistan

**Geydarov Arif Emrakh
oglu**

Institute of Catalysis and Inorganic
Chemistry of the National Academy
of Sciences of Azerbaijan, Head of
the Laboratory, Doctor of Chemical
Sciences, Professor, Azerbaijan

**Jurakulova Sabrina
Bakhtiyor kizi**

Master's student, Almalyk State
Technical Institute, Almalyk,
Uzbekistan

Abstract. This article examines the issues of processing oxidized copper ores of the Kalmakyr deposit, which is relevant in the modern mining industry. In recent years, due to the increasing share of oxidized and mixed ores in the extracted raw materials, the low efficiency of their enrichment by traditional flotation methods has been established. In the research work, the mineralogical and chemical properties of oxidized copper minerals (malachite, azurite, etc.) were analyzed, and it was shown that they have low recovery rates in the flotation process based on sulfidization. In this regard, the main technological factors influencing the efficiency of copper leaching in the sulfuric acid leaching process - acid concentration, ore size, leaching time, temperature, and solid-liquid phase ratio (L:S) - were studied. As a result of the experiments, it was established that at a sulfuric acid concentration of 3%, ore size class - 1 mm, a temperature of 40°C, a melting time of 30 minutes, and a L:S ratio of 1:3, the degree of copper dissolution reaches 60-80%. The obtained results indicate the high prospects of hydrometallurgical processing of oxidized copper ores and substantiate the possibility of industrial application of this technology.

Keywords: oxidized copper ores, Kalmakyr deposit, selective leaching, sulfuric acid, hydrometallurgy, copper recovery into solution, process parameters, solid-to-liquid ratio.

Kirish. Zamonaviy tog'-kon sanoatida mis rudalarini boyitish jarayonlari tobora murakkablashib bormoqda, chunki qazib olinayotgan xomashyo tarkibida qiyin boyitiladigan oksidlangan va aralash rudalarning ulushi yil sayin ortib bormoqda. Bunday rudalarni samarali qayta ishlash tog'-kon korxonalarining asosiy muammolaridan

biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, mis oksid minerallari (malaxit, azurit, kuprit va boshqalar) flotatsiya jarayonida past sirt faolligiga ega bo'lib, ularni an'anaviy flotatsiya usullari bilan boyitish samaradorligi yetarli darajada yuqori emas [1].

Mis rudalari oksidlanish darajasiga qarab

texnologik jihatdan uchta asosiy guruhga bo'linadi: sulfidli rudalar, tarkibida 30% gacha oksidlangan minerallar bo'lgan aralash rudalar (30–70%) hamda oksidlangan rudalar (70% dan ortiq). Yuqori oksidlanish darajasiga ega rudalar uchun flotatsiya jarayonida misning ajralib chiqish darajasi keskin pasayadi, natijada bunday rudalarning ma'lum qismi umuman boyitilmay qoladi. Bu esa qimmatbaho metallarning yo'qotilishiga va ishlab chiqarish chiqindilarining hajmi ortishiga olib keladi.

Amaliyotda qo'llanilayotgan sulfidli mis rudalarini boyitish texnologiyalari oksidlangan va aralash rudalarni qayta ishlash uchun moslashmagan. Natijada bunday rudalar nokonditsion xomashyo sifatida tashlab yuboriladi yoki boyitish chiqindilarida to'planadi. Shu sababli oksidlangan va aralash mis rudalarini qayta ishlash uchun maxsus texnologik yondashuvlar, xususan sulfidizatsiya asosidagi flotatsiya usullari, kombinatsiyalangan flotatsiya-gidrometallurgik sxemalar hamda zamonaviy reagent tizimlarini ishlab chiqish va joriy etish zarurati vujudga kelmoqda [2].

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, oksidlangan mis rudalarini boyitishda flotatsiya jarayonini optimallashtirish, reagent sarfini kamaytirish va jarayon parametrlarini aniqlashtirish orqali texnologik ko'rsatkichlarni sezilarli darajada yaxshilash mumkin. Shu bilan birga, mavjud texnologiyalarni takomillashtirish va yangi, resurs tejamkor boyitish sxemalarini ishlab chiqish nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki tog'-kon sanoatining ekologik barqarorligini ta'minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi [1, 2].

1-jadval

Qalmoqir konining oksidlangan mis rudasi kimyoviy tahlil natijalari

Elementlar	Tarkibi,%	Elementlar	Tarkibi,%
SiO₂	61,06	K₂O	4,61
Fe₂O₃	9,66	P ₂ O ₅	0,37
TiO₂	0,54	Sum	<0,5
MnO	0,065	PPP	4,57
Al₂O₃	14,0	Umumiy miqdor	99,28
CaO	0,59	CO ₂	0,22
MgO	2,08	H ₂ O	1,47
Na₂O	0,74		

Bugungi kunda Qalmoqir koni oksidlangan mis rudalarining to'plangan hajmi 130 mln.t. ga etgan.

Shu bilan birga, yuqori gorizontlari oksidlangan va aralash ma'danlardan tashkil topgan Yoshlik-I konining ma'danlarini qayta ishlash boshlandi.

Qalmoqir konining dastlabki oksidlangan mis rudasining (39-ag'darma) kimyoviy tahlili 1-2-jadvallarda keltirilgan.

Tadqiqot usuli. Malaxit va azurit shaffof shliflarda rudasiz minerallar sifatida yaxshi namoyon bo'lib, misning karbonatli analoglari hisoblanadi va ularning hosil bo'lishi tarkibida mis mavjud bo'lgan birlamchi minerallarning oksidlanish mahsulotlari bilan bog'liq. Tadqiqot qilingan namunalarda poro'dahosil qiluvchi minerallar sifatida kvarts, dala shpatlari, xloritlar va seritsitlar aniqlangan. Otval namunalarda kvartsning uch xil turi — poro'dahosil qiluvchi, metasomatik va tomirli kvarts uchraydi, bunda metasomatik kvarts asosan xlorit va seritsit, kamroq hollarda esa aktinolit bilan yaqin assotsiatsiyada kuzatiladi. Seritsit rudasiz minerallar orasida eng keng tarqalgan bo'lib, uning o'rtacha namunalardagi miqdori 22–22,5% ni tashkil etadi va u magmatik jinslardagi dala shpatlarining gidrotermal o'zgarishi natijasida hosil bo'lib, jinslarning qatlamlanishi bo'ylab mayda tangachasimon to'planmalarni tashkil etadi. Xloritlarning miqdori otval namunalarda 4,0–5,0% oralig'ida bo'lib, ular ham mayda tangachasimon ajrilmalar shaklida uchraydi. Aksessor minerallar apatit, tsirkon, magnetit, rutil, sfen, epidot va tsoizit bilan ifodalanadi. Apatit eng ko'p tarqalgan aksessor mineral bo'lib, uning miqdori 0,4–0,8% ni tashkil etadi va 0,005–0,3 mm o'lchamdagi cho'zilgan hamda oval donachalar shaklida uchraydi. Rutil esa ko'pincha mayda prizmatik kristallar ko'rinishida bo'lib, uning miqdori 0,4–0,7% atrofida bo'lib, barcha jins turlarida apatit, epidot va magnetit bilan assotsiatsiyada kuzatiladi.

Bugungi kunda ko'plab tadqiqotchilar fikriga ko'ra, oksidli mis rudalarining ko'pikli flotatsiyasi murakkab jarayon bo'lib, uni samarali amalga oshirish uchun avval minerallar yuzasini sulfidizatsiya bosqichi orqali aktivlashtirish talab etiladi — bunda ko'pincha natriy sulfidi (Na₂S) kabi sulfidizatsiya reagentlari ishlatiladi. Na₂S qo'shilishiga qaramay, oksidlangan mis minerallarining flotatsiya jarayoni sulfidlar (masalan, CuS) hosil bo'lishi tezligidan sezilarli darajada orqada qoladi, chunki sulfid qatlami juda barqaror bo'lmaydi va

juda tez pasayadi yoki qayta oksidlanadi. Natijada sulfidlangan yuzalar etsada, ular kollektor molekularini yetarli darajada tortib olmaydi, bu esa misni yetarlicha funktsional ajratib olishni kamaytiradi va natijada past sifatli mis konsentratlari hosil bo'ladi.

Buning sabablari sifatida oksidlangan mis minerallarining yuzasining yuqori gidrofiligi, kuchli polar xususiyatlari va Na₂S bilan sulfidizatsiya qilingan paytda hosil bo'lgan sulfid qatlami etarlik darajada barqaror bo'lmasligi ta'kidlanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sodda sulfidizatsiya reagentining qo'llanilishi oksidlangan minerallar yuzasini faqat vaqtincha sulfidlashtiradi, ammo hosil bo'lgan sulfid qatlami tezda erosiyanadi yoki qayta oksidlanadi, bu esa ko'pikli flotatsiyaning samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi. Shu sababli Na₂S orqali sulfidizatsiya qilingan oksidli mis rudalarini flotatsiya qilish natijalari ko'pincha past miqdorda mis tiklanishi bilan tugaydi, natijada mis konsentratlari past sifatli bo'lib qoladi — aynan shu murakkab jarayon materiyasiga e'tibor qaratilishi kerakligi aytiladi [3].

Olmalik kon-metallurgiya kombinati oksidlangan mis rudalarini qayta ishlash bo'yicha tadqiqotlar olib bordi, ammo klassik usullar (flotatsiya, gravitatsiya) bilan boyitishning barcha urinishlari iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas edi.

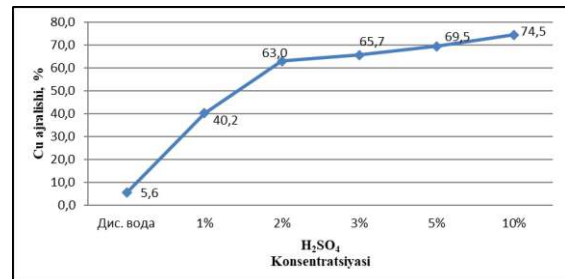
Jahon amaliyotida oksidlangan mis mineralarini boyitishda kimyoviy va bakterial tanlab eritish kabi gidrometallurgik jarayonlar tobora keng qo'llanilmoqda. Ushbu jarayonlar texnologik jihatdan soddaligi, solishtirma kapital xarajatlarning kamligi hamda yuqori mehnat unumdorligi bilan ajralib turadi, shu bilan birga past navli va qiyin boyitiladigan oksidlangan mis rudalarini qayta ishlashda yuqori samaradorlikni ta'minlaydi [4].

Ushbu ishning maqsadi Qalmoqir konining oksidlangan mis rudalaridan misni sulfat kislota bilan tanlab eritmaga o'tkazish orqali ajratib olishning maqbul parametrlarini aniqlashdan iborat.

Sulfat kislotasi bilan tanlab eritishda misni eritmaga ajratib olish darajasini optimallashtirish uchun quyidagilarning ta'siri aniqlandi: sulfat kislotasining konsentratsiya darajasi, rudaning yirikligi, vaqt, harorat va Q:S (qattiq: suyuq) nisbati. Olingan mahsulotlarning tahlillari rentgeno-fluorescent analizatorida o'tkazildi.

Sulfat kislota konsentratsiyasi darajasi.

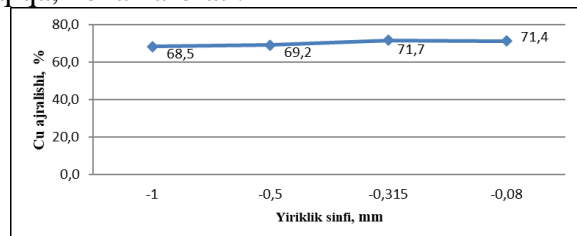
Tanlab eritish jarayonida sulfat kislota konsentratsiyasining Cu ni eritmaga ajratib olish darajasiga ta'sirini aniqlash uchun sulfat kislotaning quyidagi konsentratsiyalaridan foydalanildi: 1, 2, 3, 5 va 10%. Ishqorlash shartlari: Q:S=1:3, tanlab eritish vaqti - 30 daqiqa, yiriklik sinfi - 1 mm, xona harorati.



1-rasm. Turli konsentratsiyalarda Cu ni eritmaga ajratib olish.

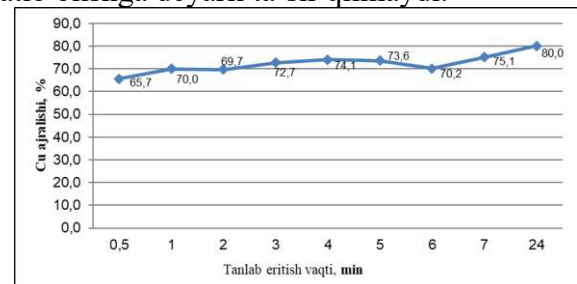
Misning asosiy miqdori (60% dan ortiq) 2% li sulfat kislota eritmasida ajralib chiqib boshlaydi, konsentratsiyaning oshishi bilan ajralishning o'sishi eksponensialdan chiziqiga o'tadi va ajralishning mos ravishda oshishi kuzatiladi.

Ma'danning yiriklik sinfi. Quyidagi yiriklik sinflari o'rganildi: -1; -0,05; -0,315 va -0,08, Q:S=1:3, H₂SO₄ - 3%, tanlab eritish vaqti - 30 daqiqa, xona harorati.



2-rasm. Turli yiriklik sinflarida Cu ni eritmaga ajratib olish.

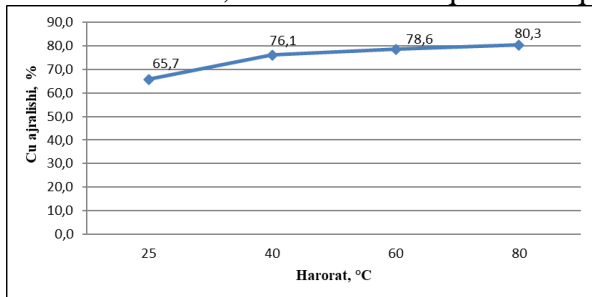
Natijalar shuni ko'rsatadiki, o'rganilayotgan sinflarda rudaning maydalik darajasi misni eritmaga ajratib olishga deyarli ta'sir qilmaydi.



3-rasm. Cu ni eritmaga ajratib olish turli tanlab eritish vaqtlarida.

Vaqt. Tanlab eritish vaqti 0,5 dan 24 soatgacha oraliqda Q:S=1:3, H₂SO₄ - 3%, yiriklik sinfi -1 mm, xona harorati sharoitida saqlandi.

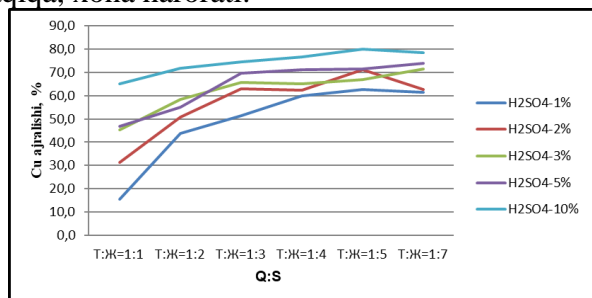
Harorat. Tadqiqotlar 40, 60 va 80°C haroratlarda o'tkazildi. Q:S=1:3, H₂SO₄ - 3%, yiriklik sinfi -1 mm, tanlab eritish vaqti - 30 daqiqa.



4-rasm. Cu ni eritmaga ajratib olish turli tanlab eritish haroratlarida.

Xona harorati 25°C bo'lganda misning eritmaga ajralishi 65,7% ni tashkil etadi, harorat 40 gacha ko'tarilganda; 60 va 80°C da mis ajratib olish 76,1; 78,6 va 80,3% ni tashkil etdi.

Q:S nisbati (qattiq: suyuq). Metallarni eritmaga ajratib olish darajasiga Q:S ning ta'sirini aniqlash uchun tanlab eritish turli Q:S va sulfat kislotasi konsentratsiyalarida o'tkazildi. Tanlab eritish shartlari: yiriklik sinfi - 1 mm, vaqt - 30 daqiqa, xona harorati.



5-rasm. Cu ni eritmaga ajratib olish.

Suyuq fazaning qattiq fazaga o'tishi ortishi bilan misning eritmaga ajralishi ortadi. Shuni ta'kidlash kerakki, asosan mis ajratib olishning o'sishi Q:S=1:3 gacha (60% dan ortiq) sodir bo'ladi, suyuq fazaning keyingi o'sishi mis ajratib olishga sezilarsiz ta'sir ko'rsatadi.

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Kalmakir konining oksidlangan mis rudalarini sulfat kislotasi eritmasi bilan tanlab eritishda eritmaga 60-80% gacha mis ajratib olinadi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, laboratoriya sharoitida Qalmoqqir konining oksidlangan mis

rudalarini sulfat kislotasi eritmasi bilan tanlab eritishning maqbul parametrlari aniqlandi, ular quyidagilarni tashkil etdi: sulfat kislotasi konsentratsiyasi - 3%, rudaning yiriklik sinfi -1mm, vaqt - 30 daqiqa, harorat - 40°C va Q:S (qattiq: suyuq) nisbati = 1:3.


Xulosa. O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Qalmoqqir konining oksidlangan mis rudalari mineralogik tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlari sababli an'anaviy flotatsiya usullari bilan samarali qayta ishlanishi qiyin bo'lgan xomashyo hisoblanadi. Malaxit, azurit kabi oksidlangan mis minerallari hamda seritsit va xlorit singari kuchli gidrofil rudasiz minerallarning yuqori ulushi sulfidizatsiyadan keyin ham flotatsiya jarayonining past samaradorligini izohlaydi. Bu esa bunday rudalarni qayta ishlashda muqobil, ya'ni gidrometallurgik yondashuvlarni qo'llash zaruratini asoslaydi. Tadqiqot natijalari sulfat kislotasi yordamida chanlarda tanlab eritish jarayoni oksidlangan mis minerallaridan misni eritmaga o'tkazishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiqladi. Jarayonga ta'sir etuvchi asosiy texnologik omillar — kislotasi konsentratsiyasi, harorat, tanlab eritish vaqti, rudaning yiriklik darajasi hamda Q:S (qattiq:suyuq) nisbati — tizimli ravishda o'rganildi. Aniqlanishicha, misning eritmaga ajralib chiqish darajasiga asosan kislotasi konsentratsiyasi, harorat va Q:S nisbati sezilarli ta'sir ko'rsatadi, rudaning maydalik darajasi esa o'rganilgan diapazonda deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Bu holat texnologik jihatdan muhim bo'lib, ortiqcha maydalash xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi. Laboratoriya tajribalari asosida tanlab eritishning maqbul parametrlari quyidagicha belgilandi: sulfat kislotasi konsentratsiyasi — 3 %, rudaning yiriklik sinfi — -1 mm, harorat — 40 °C, eritish vaqti — 30 daqiqa va Q:S = 1:3. Ushbu sharoitlarda misning eritmaga ajralib chiqish darajasi 60–80 % ga yetishi aniqlandi, bu esa jarayonning yuqori tezkorligi va samaradorligini ko'rsatadi. Olingan natijalar Qalmoqqir konining oksidlangan mis rudalarini sanoat miqyosida gidrometallurgik usulda qayta ishlash imkoniyatini ilmiy asoslab beradi. Taklif etilayotgan yondashuv past navli va ilgari qayta ishlashga yaroqsiz deb hisoblangan oksidlangan rudalarni ishlab chiqarish jarayoniga jalb qilish, chiqindilarda to'planib qolayotgan metall yo'qotishlarini kamaytirish hamda konchilik korxo-

nalarining iqtisodiy va ekologik samaradorligini | oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Feng, Q., Yang, W., Han, G., et al. (2022). Flotation of copper oxide minerals: A review. *International Journal of Mining Science and Technology*, 32(6), 1351–1364.
- [2] Maleki, H., Noparast, M., Chehreghani, S., Mirmohammadi, M. S., & Rezaei, A. (2023). Optimization of flotation of the Qaleh Zari mine oxidized copper ore sample by the sequential sulfidation approach using the response surface method technique. *Rudarsko-geološko-Naftni Zbornik*, 38(1), 59–68.
- [3] Wei, X., Sun, Y., Wei, X., & Gao, P. (2025). Sulfidation reconstruction methods for improving the floatability of copper oxide minerals: A review. *Minerals Engineering*, 235, 109843.
- [4] Watling, H. R. (2006). The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides — A review. *Hydrometallurgy*, 84(1–2), 81–108.
- [5] Усенов, Р. Б., Алматов, И. М., & Сагдиева, М. Г. (2019). Определение пригодности чанового серноокислотного выщелачивания отвальных окисленных медных руд месторождения кальмакыр. In *Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья* (pp. 423-426).

UO‘K: 669.292.3

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.19

ISHLATILGAN VANADIY KATALIZATORLARINI ATROF MUHITGA TA’SIRI VA UNI QAYTA ISHLASH USULLARI



Mamaraimov G‘ayrat Farhodovich

*Dotsent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: gmamaraimov20061993@mail.ru
ORCID ID: 0009-0009-3847-9655
Science ID: FSN-0825-0030*



Ergashev Hasanboy Zohidjon o‘g‘li

*Magistrant, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston
Science ID: MSN-0326-0037*

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada sanoatda keng qo‘llaniladigan vanadiyli katalizatorlarning ishlatilgandan keyingi holati, ularning atrof-muhitga ta’siri va ekologik xavflari tahlil qilinadi. Vanadiy birikmalarining fizik-kimyoviy xossalari, toksikligi hamda tuproq, suv va havo muhitiga tarqalish mexanizmlari yoritib beriladi. Shuningdek, ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni qayta ishlash, neytrallash va muqobil texnologiyalar orqali ekologik xavflarni kamaytirish yo‘llari ilmiy asosda ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: vanadiyli katalizatorlar, V_2O_5 , ekologik xavf, sanoat chiqindilari, toksik elementlar, qayta ishlash.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТРАБОТАННЫХ ВАНАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И МЕТОДЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Мамараймов Гайрат Фарходович

*Доцент, Навоийский государственный горный и
технологический университет, Навои, Узбекистан*

Эргашев Хасанбой Зоҳиджон угли

*Магистрант, Навоийский государственный горный и
технологический университет, Навои, Узбекистан*

Аннотация. В данной научной статье анализируется состояние ванадиевых катализаторов, широко применяемых в промышленности, после их использования, их воздействие на окружающую среду и экологические риски. Освещаются физико-химические свойства, токсичность и механизмы распространения соединений ванадия в почве, воде и воздушной среде. Также на научной основе рассматриваются способы снижения экологических рисков путем переработки, нейтрализации отработанных ванадиевых катализаторов и применения альтернативных технологий.

Ключевые слова: Ванадиевые катализаторы, V_2O_5 , экологический риск, промышленные отходы, токсичные элементы, переработка.

ENVIRONMENTAL IMPACT OF SPENT VANADIUM CATALYSTS AND METHODS FOR THEIR PROCESSING

Mamaraimov Gayrat Farhodovich

*Docent, Navoi State Mining and Technological University, Navoi,
Uzbekistan*

Ergashev Hasanboy Zohidjon ugli

*Master's student, Navoi State Mining and Technological
University, Navoi, Uzbekistan*

Abstract. This scientific article analyzes the condition of vanadium catalysts widely used in industry after their utilization, their environmental impact, and associated ecological risks. The physicochemical properties, toxicity, and mechanisms of distribution of vanadium compounds in soil, water, and air are elucidated. Additionally, methods for reducing environmental risks through recycling, neutralization of spent vanadium catalysts, and the implementation of alternative technologies are examined on a scientific basis.

Keywords: Vanadium catalysts, V_2O_5 , environmental risk, industrial waste, toxic elements, recycling.

Kirish. Hozirgi kunda kimyo va neft-kimyo sanoatining jadal rivojlanishi katalizatorlardan foydalanish hajmining keskin ortishiga olib keldi. Ayniqsa, vanadiy asosidagi katalizatorlar o'zining yuqori faolligi va iqtisodiy samaradorligi tufayli sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatida, selektiv katalitik qaytarish texnologiyalari, organik sintez va polimerlanish jarayonlarida keng qo'llanilmoqda.

Biroq, katalizatorlarning faol ishlash muddati cheklangan bo'lib, ma'lum vaqt o'tgach ular faolligini yo'qotadi va sanoat chiqindisiga aylanadi. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarning noto'g'ri saqlanishi yoki utilizatsiya qilinishi atrof-muhit uchun jiddiy xavf tug'diradi. Vanadiy birikmalari biologik faol bo'lib, tirik organizmlar uchun toksik hisoblanadi. Shu sababli ushbu maqolada ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarning ekologik ta'siri va ularni xavfsiz boshqarish masalalari dolzarb ilmiy muammo sifatida o'rganiladi [1].

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Vanadiyli katalizatorlar asosan vanadiy(V) oksid (V_2O_5) yoki uning turli tashuvchilar bilan kombinatsiyasidan tashkil topgan. Vanadiyning o'ziga xos xususiyati uning bir nechta oksidlanish darajalarida mavjud bo'la olishidir. Bu esa uni oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida samarali katalizatorga aylantiradi.

Sanoatda eng ko'p uchraydigan vanadiyli katalizatorlar quyidagilardir:

- V_2O_5 asosidagi kontakt katalizatorlar;
- V_2O_5 - TiO_2 - WO_3 tarkibli katalizatorlar;
- Organik ligandlar bilan bog'langan organo-vanadiy katalizatorlar.

Ushbu katalizatorlar uzoq vaqt ishlatilganda mexanik yemirilish, zaharlanish va strukturaning buzilishi tufayli faoliyatini yo'qotadi [2].

Hozirgi vaqtda ishlatilgan vanadiyli katalizatorlardan vanadiy besh oksidini olish texnologiyasi ishlab chiqilgan. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlardan (IVK) vanadiy olish hamda V_2O_5 va uning hosilalarini (katalizatorlar, ferrovanadatlar v.b.) ishlab chiqarish uchun ikkilamchi xomash-

yoning eng yaxshi turlaridan biri hisoblanadi. Vanadiy manbasi sifatida IVKdan foydalanish zarurligiga yana bir sabab shuki, chiqindiga chiqarilgan ishlatilgan katalizatorlar vanadiyning yuqori darajada zaharli birikmalari bilan atrof-muhitning ifloslanishiga olib keladi. Har yili dunyo bo'yicha 35 ming tonna ishlatilgan vanadiy katalizatori chiqindi sifatida hosil bo'ladi [3].

Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarning atrof-muhitga ta'siri:

1. **Tuproqqa ta'siri** - ishlatilgan vanadiyli katalizatorlar tarkibidagi vanadiy birikmalari tuproqqa tushganda kimyoviy migratsiya jarayonlari sodir bo'ladi. Vanadiy ionlari tuproqning kislotalilik darajasiga bog'liq holda harakatchan bo'lib, o'simlik ildizlari orqali o'zlashtirilishi mumkin. Bu holat qishloq xo'jaligi mahsulotlarining sifati pasayishiga va oziq-ovqat zanjiri orqali inson organizmiga vanadiyning kirib kelishiga sabab bo'ladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, vanadiy miqdori ortgan tuproqlarda mikroorganizmlar faolligi pasayadi, bu esa tuproq unumdorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

2. **Suvga ta'siri** - ishlatilgan vanadiyli katalizatorlar saqlanadigan hududlarda yog'ingarchilik yoki sanoat oqava suvlari ta'sirida vanadiy suvga o'tishi mumkin. Suvda eruvchan vanadiy birikmalari ayniqsa xavfli bo'lib, suv organizmlariga kuchli toksik ta'sir ko'rsatadi. Vanadiy ionlari baliqlarning nafas olish jarayonini buzadi, plankton va suv o'simliklarining rivojlanishini sekinlashtiradi. Bu esa butun suv ekotizimining izdan chiqishiga olib keladi.

3. **Havoga ta'siri** - ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni tashish, maydalash yoki qayta ishlash jarayonida chang va aerzol shaklida havoga tarqalishi mumkin. Vanadiy oksidlari bilan ifloslangan havo uzoq muddat davomida nafas yo'llari orqali inson organizmiga kirib, sog'liq uchun xavf tug'diradi. Vanadiy aerzollari bilan uzoq vaqt ta'sirlanish surunkali bronxit, o'pka

yallig'lanishi va allergik kasalliklarni keltirib chiqarishi mumkin.

4. **Biologik va toksikologik ta'siri** - vanadiy tirik organizmlar uchun zarur mikroelementlar qatoriga kirmaydi. Aksincha, uning ortiqcha miqdori hujayra metabolizmini buzadi. Vanadiy ionlari fermentlar faoliyatiga ta'sir qilib, oqsil va uglevod almashinuvini izdan chiqaradi. O'simliklarda vanadiy fotosintez jarayonini sekinlashtiradi, barglarning rangsizlanishiga olib keladi. Hayvonlar va inson organizmida esa asab tizimi, jigar va buyrak faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [4].

Ko'plab rivojlanayotgan mamlakatlarda ishlatilgan katalizatorlarni utilizatsiya qilish tizimi yetarli darajada yo'lga qo'yilmagan. Natijada ular ochiq maydonlarda saqlanadi yoki oddiy sanoat chiqindilari bilan birga ko'miladi. Bu holat ekologik xavflarni yanada kuchaytiradi. Vanadiyli katalizatorlar og'ir metall chiqindilari sifatida maxsus texnologiyalar asosida qayta ishlanishi zarur.

Ishlatilgan katalizatorlardan vanadiyni ajratib olish va uni qayta foydalanish eng samarali usullardan biri hisoblanadi. Bu usul - tabiiy resurslarni tejaydi, chiqindilar hajmini kamaytiradi, iqtisodiy jihatdan foydali hisoblanadi [5].

Vanadiy birikmalarini erimaydigan holatga o'tkazish orqali ularning atrof-muhitga tarqalishini cheklash mumkin. Stabilizatsiyalangan chiqindilar maxsus poligonlarda xavfsiz saqlanadi.

So'nggi yillarda kam toksik yoki vanadiy miqdori kamaytirilgan katalizatorlar yaratishga qaratilgan ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu kelajakda ekologik xavflarni sezilarli darajada kamaytirishi mumkin.

Metall vanadiy chiqindilaridan farqli o'laroq, katalizatorlardagi vanadiy kimyoviy birikma – vanadiy pentaoksid (V_2O_5) ko'rinishida mavjud bo'ladi [6].

Ishlatilgan katalizatorlarda uning miqdori odatda 4-8 foizni tashkil etadi, bu esa ruda xom ashyosidagiga nisbatan ancha yuqori hisoblanadi. Foydalanish jarayonida katalizatorlarning faolligi yo'qoladi, bu holat faol komponent va tashuvchi tuzilishining o'zgarishi hamda boshqa bir qator sabablar bilan bog'liq. Bir necha regeneratsiya sikllaridan so'ng katalizatorlar ishlatilgan holatga o'tadi va ulardan qimmatli mahsulotlarni ajratib olish maqsadida utilizatsiya qilinishi lozim. Ko'p

komponentli xomashyo hisoblangan ishlatilgan katalizatorlar murakkab turdagi chiqindilar sirasiga kiradi va ularni qayta ishlash jiddiy qiyinchiliklar bilan bog'liq. OVKni qayta ishlash birinchi marta XX asrning 70-yillari oxirida AQSH, Yaponiya, Germaniya va Fransiyada o'rganilgan va 1985-yilga kelib IVKdan vanadiy (V_2O_5 ko'rinishida) olishning jahon hajmi 2200 tonnani, shu jumladan Yaponiyada 1500 tonnani tashkil etdi.

Ishlatilgan katalizatorlar texnogen xomashyodan ko'ra ko'proq ikkilamchi xomashyo hisoblanishi mumkin, chunki ular ishlab chiqarish chiqindilari (shlaklar, shlamlar, chiqindilar va boshqalar kabi) emas, balki iste'mol (bu holda katalitik) xususiyatlarini yo'qotish natijasida ishdan chiqqan mahsulotdir [7].

Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni utilizatsiya qilish pirometallurgik qayta ishlash usullari (kuydirish, shu jumladan kimyoviy reagentlarni qo'llash, yuqori haroratli xlorldash) va gidrometallurgik (kislotali va ishqoriy tanlab eritish, birikmalarni kimyoviy cho'ktirish, ekstraksiya) usullarni o'z ichiga olgan yo'nalishlar bo'yicha amalga oshiriladi. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni oldindan kuydirish qayta ishlanayotgan neftdan katalizator yuzasida cho'kadigan uglerodli va oltingugurtli birikmalarni yo'qotish maqsadini ko'zlaydi.

AQSH olimlari tomonidan neft kimyosida qo'llaniladigan va tarkibida vanadiy, molibden, nikel hamda kobalt birikmalari mavjud bo'lgan alyuminiy oksidi asosidagi ishlatilgan katalizatorlarni qayta ishlash usuli taklif etilgan. Katalizatorlar kuydirilgandan so'ng, ulardan uglerod, oltingugurt va uglevodorodlarni ajratib olish uchun kuyindiga metallardan biri - initsiatorlar: alyuminiy, qalay, mis, rux, temir, nikel, kobalt yoki magniy kiritiladi va material 10 - 30% li sulfat kislotada tanlab eritiladi. Tanlab eritishni tezlashtiruvchi metallardan alyuminiyni katalizator tarkibidagi vanadiy miqdorining 20% miqdorida ishlatish ma'qul. Alyuminiyning vazifasi vanadiyni besh valentli holatdan to'rt valentli holatga qaytarishdan iborat.

Neft sanoatida qo'llaniladigan va tarkibida 10% dan ortiq V_2O_5 bo'lgan xuddi shunday ko'p komponentli katalizatorlar ishda 500°C haroratda 7 soat davomida kuydirilgan. Keyin kuyindi "xlrohavo", "xlrohazot", "xlrohuglerod oksidi" aralash-

malarida xlorange. Xlorlash sharoitiga qarab nikel va kobaltning 80% dan ortig'i, molibdenning 95% atrofida, vanadiyning 80% dan ortig'i ajratib olingan. Alyuminiy oksidini xlorlash 5% gacha cheklanishi mumkin. Kobalt va nikel xloridlari xlorlashning qattiq qoldig'ini suv bilan tanlab eritish orqali, molibden va vanadiy xloridlari hamda oksixloridlari esa bug'larni selektiv kondensatsiyalash orqali olingan. Xlorlash reaksiyasining tanlovchanligi uchun harorat va jarayon davomiyligidan tashqari, xlorlovchi gaz aralashmasidagi kislorodning qisman bosimi ham muhim ahamiyatga ega.

IVKni ishqoriy kuydirish yordamida qayta ishlash natijasida tarkibida kremniy bo'lmagan kuyindi hosil bo'ladi, unda vanadiy miqdori katalizatoridagi miqdoriga nisbatan ikki baravar oshadi. NaHCO₃ eritmasida (konsentratsiyasi 100 g/l, harorati 80°C) 40 daqiqa davomida tanlab eritilganda kuyindidan 96,4% vanadiy ajratib olinadi. Jarayon texnologik sxemasining yakuniy mahsuloti 98,3% tozalikdagi vanadiy pentaoksididir. Ishlatilgan katalizatoridan vanadiyning umumiy ajralishi 88,7% ga yetishi mumkin.

IVKni o'zgarmas tok yoyli pechida qaytaruvchi eritishda oltingugurtning xatti-harakati o'rganilgan. Oltingugurtning yo'qotilishi asosan shixtani qizdirish va eritish jarayonida gaz fazasi

orqali sodir bo'ladi. Vanadiy oksidini alyuminiy bilan qaytarilganda, shlakning past oksidlanishi, shlakning yuqori asosliligi va glinozyom miqdorining ortishi hisobiga undagi kremnozyom miqdorining kamayishi natijasida metallidagi oltingugurt konsentratsiyasi 0,021- 0,024% gacha pasayadi.


Ishlab chiqilgan texnologiya tarkibida 90% dan ortiq V₂O₅, 0,02% dan kam oltingugurt (boshlang'ich materialda 15,0%) va 1,0% natriy va kaliy yig'indisi (boshlang'ich materialda taxminan 10%) bo'lgan mahsulot olish imkonini beradi. Olingan mahsulot ferrovanadiy eritish uchun yaroqli, IVK tarkibidagi kaliy esa kaliyli o'g'it sifatida foydalaniladi.

Xulosa. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlar atrof-muhit uchun jiddiy xavf manbai hisoblanadi. Ularning tuproq, suv va havo muhitiga tarqalishi ekologik muvozanatning buzilishiga olib keladi. Shu sababli, vanadiyli katalizatorlarni ekologik xavfsiz boshqarish, qayta ishlash texnologiyalarini rivojlantirish va muqobil katalizatorlar yaratish dolzarb vazifalardan biridir. Ishlatilgan vanadiy tarkibli katalizatorlarni qayta ishlashning tavsiflangan texnologiyalarini sanoat amaliyotiga joriy etish vanadiyning xomashyo bazasini kengaytirishga va vanadiy mahsulotlarining tannarxini pasaytirishga imkon beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Колобов, Г. А., & Иващенко, В. И. (1995). Извлечение редких металлов из отработанных катализаторов. В Технологии и оборудование для утилизации трудноперерабатываемых отходов цветной металлургии (с. 116–128). Донецк: ДонИЦМ.
- [2] Toyabe, K., Kirishima, K., & Shibayama, H. (1995). Process for recycling used catalysts (U.S. Patent No. 5415849). United States Patent and Trademark Office.
- [3] Gaballah, I., & Djona, M. (1993). Processing of spent catalysts by selective chlorination. In Extractive Metallurgy of Copper, Nickel and Cobalt (Vol. 1, pp. 1253–1268). Denver, USA.
- [4] Shao, Y., Feng, Q., & Chen, Y. (2009). Studies of recovery of vanadium from desilication residue obtained from processing of a spent catalyst. Hydrometallurgy, 96(1–2), 166–170.
- [5] Костяков, В. Н., Полетаев, Е. Б., Медведь, С. Н., & Ясинский, А. А. (2005). Поведение серы при восстановительной плавке отработанных ванадиевых катализаторов в дуговой печи постоянного тока. Процессы литья, (1), 7–9.
- [6] Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р., Арипов, А. Р., Мамараимов, Ф. Ф., Туробов, Ш. Н., & Нарзуллаев, Ж. Н. (2019). Ўзбекистон шароитида ванадий ва палладий ажратиби олишининг технологик жараёнларини тадқиқ қилиш. Композицион материаллар, (1).
- [7] Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р., & Мамараимов, Ф. Ф. (2020). Техноген чиқиндилардан ванадий беш оксидини ажратиби олиш имкониятларини ўрганиш. Научно-технический журнал Ферпи, 24(3).

УДК: 621.3.018

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.13

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ДРЕЙФА ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ В СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ



Сайфулин Рамиль Рашидович

АО «Навоийский горно-металлургический комбинат», производственное объединение «Навоийский машиностроительный завод»,
Навои, Узбекистан
E-mail: s_ramil88@mail.ru
ORCID ID: 0009-0005-1644-3767

Аннотация. В статье рассмотрен метод параметрической компенсации дрейфа индуктивной нагрузки в системах измерения и контроля выходного напряжения силовых преобразователей. Изменение индуктивности нагрузок во времени приводит к фазовым сдвигам и нестабильности выходного напряжения, что снижает точность измерений. Разработан алгоритм автоматической компенсации, основанный на динамическом изменении ёмкости компенсирующего конденсатора в зависимости от текущих параметров нагрузки. Получены зависимости между изменением индуктивности, ёмкости и выходного напряжения, а также построены векторные диаграммы, подтверждающие фазовый баланс при корректной компенсации. Экспериментальные результаты показывают повышение точности измерений на 20–25% и стабилизацию выходного напряжения в пределах $\pm 2\%$ при изменении индуктивности до $\pm 15\%$. Метод может быть применён в интеллектуальных системах диагностики и управления электроприводами металлообрабатывающих станков.

Ключевые слова: параметрическая компенсация, дрейф индуктивности, силовой преобразователь, выходное напряжение, интеллектуальная диагностика.

QUVVAT O‘ZGARTIRGICHLARNING CHIQISH KUCHLANISHINI O‘LCHASH VA NAZORAT QILISH TIZIMLARIDA INDUKTIV YUKLAMA DRIFTINI PARAMETRIK KOMPENSATSIYA QILISH

Sayfulin Ramil Rashidovich

“Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJ, “Navoiy mashinasozlik zavodi” ishlab chiqarish birlashmasi, Navoiy, O‘zbekiston

Аннотация. Мақоллада quvvat o‘zgartirgichlarining chiqish kuchlanishini o‘lchash va nazorat qilish tizimlarida induktiv yuklama driftini parametrik kompensatsiya qilish usuli ko‘rib chiqilgan. Yuklamaning induktivligi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib, fazaviy siljish va chiqish kuchlanishining beqarorligiga olib keladi. Taklif etilgan avtomatik kompensatsiya algoritmi yuklamaning joriy parametrlariga mos ravishda kompensatsiyalovchi kondensator sig‘imini dinamik ravishda o‘zgartirishga asoslangan. Induktivlik, sig‘im va chiqish kuchlanishi orasidagi bog‘liqlik uchun ifodalar keltirilgan, faza muvozanatini tasdiqlovchi vektor diagrammalar qurilgan. Eksperimental natijalar o‘lchov aniqligining 20–25 % ga oshganini va induktivlik $\pm 15\%$ gacha o‘zgarganda chiqish kuchlani-

shining $\pm 2\%$ diapazonda barqarorligini ko'rsatadi. Ushbu usul metallni qayta ishlash stanoklari elektrohujum tizimlarida intellektual diagnostika va boshqaruvda qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: parametrik kompensatsiya, induktivlik drifti, quvvat o'zgartirgich, faza muvozanati, chiqish kuchlanishi, intellektual diagnostika, elektrohujum, o'lchash va nazorat.

PARAMETRIC COMPENSATION OF INDUCTIVE LOAD DRIFT IN MEASUREMENT AND CONTROL SYSTEMS OF POWER CONVERTER OUTPUT VOLTAGE

Sayfulin Ramil Rashidovich

JSC "Navoi Mining and Metallurgical Company", Production Association "Navoi Machine-Building Plant", Navoi, Uzbekistan

Abstract. The article presents a method of parametric compensation of inductive load drift in measurement and control systems of power converter output voltage. Variations in inductance over time cause phase shifts and voltage instability, reducing measurement accuracy. An automatic compensation algorithm is developed, based on dynamic adjustment of the compensating capacitor capacitance according to the current load parameters. Analytical relationships between inductance variation, capacitance, and output voltage are derived, and vector diagrams confirm phase balance under correct compensation conditions. Experimental results show a 20–25% improvement in measurement accuracy and output voltage stabilization within $\pm 2\%$ for inductance changes up to $\pm 15\%$. The proposed method can be implemented in intelligent diagnostic and control systems of industrial drives for metalworking machines.

Keywords: parametric compensation, inductance drift, power converter, phase balance, output voltage, intelligent diagnostics, electric drive, measurement and control.

Введение. Современные силовые преобразователи широко применяются в составе систем электроприводов в металлообрабатывающих станках и других промышленных системах подвержены воздействию индуктивных нагрузок, параметры которых могут меняться во времени (дрейф индуктивности, изменение сопротивления, температурная и механическая деградация). При работе с активно-индуктивной нагрузкой (обмотки двигателей, дроссели, катушки фильтров) происходит постепенное изменение индуктивности вследствие температурных и магнитных процессов, старения материала или механических воздействий. Такие изменения вызывают колебания выходного напряжения преобразователя, что снижает точность измерения и контроля этого напряжения, ухудшает качество электропитания и может привести к снижению производительности, росту дефектов обработки или отказам оборудования.

Актуальной задачей является разработка алгоритмов компенсации этого дрейфа

индуктивной нагрузки для обеспечения стабильности и достоверности измерений выходного напряжения преобразователя.

Литературный анализ и методы. Одним из способов компенсации такого влияния является параметрическая коррекция, то есть динамическое изменение электрических параметров схемы с целью восстановления исходных условий работы. Величина выходного напряжения преобразователя зависит от величины нагрузки, таким образом, индуктивную составляющую можно компенсировать путем последовательного включения в цепь конденсатора с равным емкостным сопротивлением. При активно-индуктивной нагрузке последовательное соединение конденсатора с переменной емкостью позволяет регулировать выходную величину напряжения на нагрузке.

Индуктивную нагрузку в цепи силового преобразователя можно описать следующим комплексным сопротивлением:

$$Z_L = R_L + j\omega L(t)Z_L \quad (1)$$

где $L(t) = L_0 + \Delta L(t)$ индуктивность с временным дрейфом.

При изменении $L(t)$ происходит сдвиг фазы между током и напряжением и нарушение баланса реактивных составляющих. Это приводит к колебаниям выходного напряжения:

$$U_{out}(t) = U_{in} \frac{Z_L}{R_S + Z_L} \quad (2)$$

где R_S - внутреннее сопротивление преобразователя.

Таким образом, при дрейфе $\Delta L(t)$ происходит у U_{out} и сдвиг фазы φ , что ухудшает точность измерения.

Для восстановления фазового баланса вводится компенсирующий конденсатор с регулируемой емкостью $C(t)$, включенный последовательно с нагрузкой. Его реактивное сопротивление:

$$X_C = \frac{1}{\omega C(t)} \quad (3)$$

тогда условия компенсации реактивной составляющей

$$\omega L(t) = \frac{1}{\omega C(t)} \Rightarrow C(t) = \frac{1}{\omega^2 L(t)} \quad (4)$$

Таким образом, при увеличении индуктивности $L(t)$ емкость автоматически уменьшается, и наоборот. Это обеспечивает поддержание выходного напряжения в требуемом диапазоне.

Эквивалентная электрическая схема приведена на рис.1., где силовой преобразователь представлен блоком W с выходными сопротивлением $R_v = r + j\omega l$.

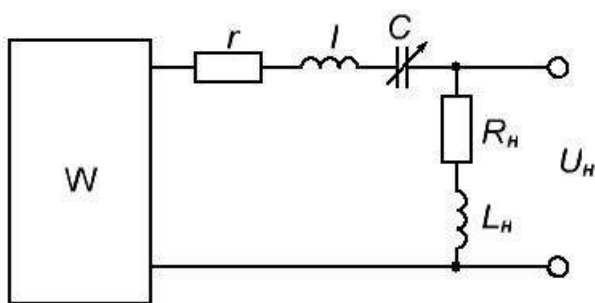


Рис.1. Эквивалентная электрическая схема.

Тогда условие компенсации влияния выходного сопротивления можно представить в следующем виде:

$$\left| \frac{Z_H}{Z_H + Z_V + \frac{1}{j\omega C}} \right| = \left| \frac{R_H + j\omega L_H}{R_H + r + j\omega(L_H + l) + \frac{1}{j\omega C}} \right| = 1 \quad (5)$$

Таким образом эквивалентное условие будет в виде

$$\frac{R_H^2 + \omega^2 L_H^2}{(R_H + r)^2 + [\omega(L_H + l) - \frac{1}{j\omega C}]^2} = 1 \quad (6)$$

преобразуем условие в квадратное уравнение относительно проводимости конденсатора ωC

$$[\omega^2(2L_H l + l^2) + 2rR_H + r^2](\omega C)^2 - 2(L_H + l)\omega(\omega C) + 1 = 0 \quad (7)$$

решение квадратного уравнения выдает 2 значения проводимости

$$(\omega C)_{1,2} = \frac{(L_H + l)\omega \pm \sqrt{L_H^2 \omega^2 - 2rR_H - r^2}}{(2L_H l + l^2)\omega^2 + 2rR_H + r^2} \quad (8)$$

физический смысл уравнения (8) имеет при соотношении параметров, соответствующих условию для не отрицательного значения

$$L_H^2 \omega^2 - 2rR_H - r^2 \geq 0 \quad (9)$$

или

$$\frac{\omega L_H}{R_H} \geq \sqrt{2 \frac{r}{R_H} + \left(\frac{r}{R_H}\right)^2} \quad (10)$$

Также (9) можно записать в виде неравенства

$$\cos \varphi_H = \frac{R_H}{Z_H} < \frac{R_H}{R_H + r} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R_H}} \quad (11)$$

Следовательно, значение составляющей сопротивления индуктивной нагрузки должна быть больше активной $\frac{r}{R_H}$, а величина тока ограничена нагрузкой ($I_H < I_{H \text{ доп}}$)

$$Z_P = \sqrt{R_H^2 + \omega^2 L_H^2} > U_H / I_{H \text{ доп}} \quad (12)$$

Учитывая ограничения (9) и (12) в I квадранте ($R_H, X_L = \omega L_H$) на рис.2 выделена область допустимых R_H . Таким образом, область применения схемы может ограничиваться в зависимости от величины $\frac{r}{R_H}$.

Квадратное уравнение (7) позволяет решить путем построения векторной диаграммы (рис.3)

$$Z_P = R_H + j\omega L_H, \quad (13)$$

$$Z_P = |Z_H| = \sqrt{R_H^2 + \omega^2 L_H^2} \quad (14)$$

рассчитываем ток

$$I_H = \frac{U_H}{Z_H} = U_H / \sqrt{R_H^2 + \omega^2 L_H^2} \quad (15)$$

построим вектор I_H

Так как в режиме холостого хода $U_H = E$ и под нагрузкой должно быть $U_H = E$

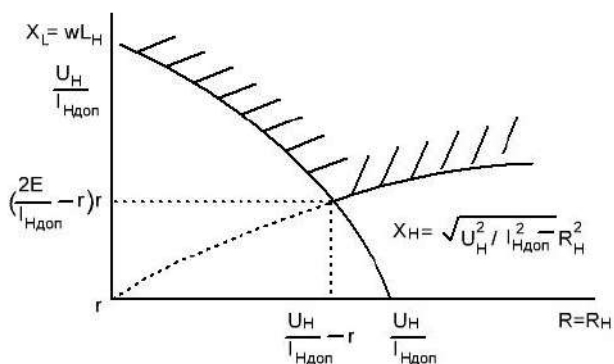


Рис.2. Область допустимых сопротивлений нагрузки.

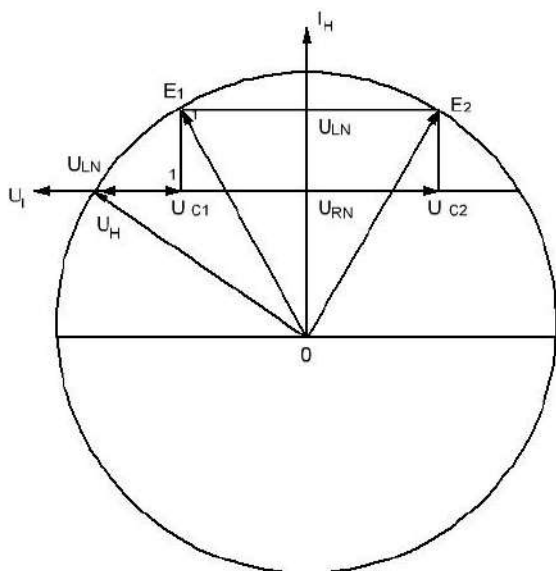


Рис.3. Векторная диаграмма схемы компенсации влияния выходного сопротивления силового преобразователя.

После построения вектора $\vec{U}_H = (R_H + jwL_H)I_H$ проводим полуокружность с центром в точке 0 и радиусом равным $U_H = E_H$. От конца вектора \vec{U}_H строим вектор $\vec{U}_l = jwL_H I_H$, а от конца вектора $U_{RH} = R_H I_H$ строим вектор $\vec{U}_r = r I_H$.

Выполненные построения позволяют определить вектор падения напряжения на конденсаторе $\vec{U}_c = \left(\frac{1}{jwc}\right) I_H$ соответствующий балансу напряжений и вычислить необходимую емкость конденсатора. С этой целью через конец вектора \vec{U}_r проводим в обе стороны горизонтальный отрезок до пересечения

окружностью радиуса, равного $U_H = E$ в точках 1 и 2 (рис.3). Точки 1и 2 проектируем на горизонтальную прямую проходящую через конец вектора \vec{U}_{RH} получив при этом точки 1 и 2. Вектор проведенный из конца вектора \vec{U}_l до точки 1, представляет собой искомый вектор \vec{U}_{C1} . Аналогично вектор проведенный из конца вектора \vec{U}_l до точки 2 представляет собой второй вариант искомого вектора U_{C1} . Очевидно, что при $C = C_1$ сопротивление цепи имеет активно индуктивный характер, а при $C = C_2$ сопряженный активно-емкостной характер.

Векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 приведены из точки 0 в точку 1 и в точку 2 представляют собой векторные суммы напряжений на пяти последовательных элементах цепи, соответствующие балансу напряжений.

В соответствии с рис.3 получаем выражение

$$\vec{E}_1 = \vec{U}_{RH} + \vec{U}_{LH} + \vec{U}_l + \vec{U}_{C1} + \vec{U}_r \quad (16)$$

$$\vec{E}_2 = \vec{U}_{RH} + \vec{U}_{LH} + \vec{U}_l + \vec{U}_{C2} + \vec{U}_r \quad (17)$$

получим

$$U_{C_i} = I_H / wC_i, i = 1, 2 \quad (18)$$

Таким образом искомая проводимость конденсатора

$$wC_i = I_H / U_{C_i}, i = 1, 2 \quad (19)$$

Емкость конденсатора равна $C_1 > C_2$

Следует учитывать, что конденсатор C_2 имеет большее напряжение

Таким образом конденсатор C_2 находится под значительно большим напряжением, чем конденсатор C_1 . Поэтому при выборе наилучшего весогабаритного варианта необходимо учитывать не только величину емкости конденсатора, но и напряжение на нем. Из векторной диаграммы (рис. 3) очевиден геометрический смысл ограничения (4). При нарушении условия (4) и эквивалентного ему условия (5) конец суммарного вектора $\vec{U}_{RH} + \vec{U}_r$ выходит за пределы круга и делает невозможным вещественное решение уравнения (3). Действительно длина вектора $\vec{U}_{RH} + \vec{U}_r$, равная $(R_H + r)I_H$, оказывается больше радиуса окружности, равного $\sqrt{R_H^2 + w^2 L_H^2} I_H$, при $(R_H + r) > \sqrt{R_H^2 + w^2 L_H^2}$, то есть при

$\omega L < \sqrt{2rR_H + r^2}$, что соответствует нарушению условия (5). Из векторной диаграммы (рис. 3) несложно получить выражение для напряжений на конденсаторе С:

$$U_{C_{1,2}} = U_1 + U_{LH} \mp \sqrt{E^2 - (U_{RH} + U_R)^2} = wI_H + wL_H I_H \pm \sqrt{E^2 - (R_H + r)^2 I_H^2} \quad (20)$$

Из формулы (20) и рис. 3 следует, что при заданном токе нагрузки

$$I_H = \text{const} \left(Z_H = \frac{E}{I_H} = \sqrt{R_H^2 + w^2 L_H^2} = \text{const} \right) \quad (21)$$

напряжение на конденсаторе зависит, кроме тока I_H , от соотношения активной и индуктивной составляющих сопротивления нагрузки. Границе допустимых значений параметров нагрузки R_H и wL_H , определяемой условием (4), при заданном значении I_H соответствует равенство:

$$\sqrt{R_H^2 + w^2 L_H^2} = R_H + r \quad (22)$$

или

$$E = (R_H + r)I_H$$

Подстановка выражения (22) в формулу (20) дает

$$U_{C_{1,2}} = U_1 + U_{LH} = wI_H + wL_H I_H \quad (23)$$

Таким образом, на границе допустимых значений параметров нагрузки, причем при уменьшении величины R_H и выполнении условия (13) монотонно уменьшается, а монотонно увеличивается. При $R_H = 0$ имеем:

$$U_{C_1} = U_{C_{1min}} = wI_H + wL_H I_H - \sqrt{E^2 - r^2 I_H^2} = wI_H + E - \sqrt{E^2 - r^2 I_H^2} \quad (24)$$

$$U_{C_2} = U_{C_{2max}} = wI_H + wL_H I_H + \sqrt{E^2 - r^2 I_H^2} = wI_H + E + \sqrt{E^2 - r^2 I_H^2} \quad (25)$$

Результаты. В результате проведенного теоретического и экспериментального исследования разработан алгоритм параметрической компенсации дрейфа индуктивной нагрузки, основанный на автоматическом регулировании ёмкости компенсирующего конденсатора. Получены аналитические зависимости, описывающие связь между изменением индуктивности $L(t)$, ёмкостью $C(t)$ и выходным напряжением преобразователя.

Таблица 1.

Результаты моделирования зависимости L , C и $U_{out}/U_{ном}$

№	Индуктивность L , мГн	Ёмкость C , мкФ	Относительное выходное напряжение $U_{out}/U_{ном}$
1	1.1	10	0.72
2	2.5	25	0.86
3	4.4	33	0.95
4	5.1	47	1.00
5	6.0	63	0.96
6	7.5	75	0.88
7	9.0	94	0.75

Построенные векторные диаграммы (рис. 3) подтвердили существование области допустимых значений сопротивлений нагрузки, в пределах которых сохраняется фазовый баланс между активной и реактивной составляющими тока. При выполнении условия компенсации (4) обеспечивается стабилизация выходного напряжения в пределах $\pm 2\%$ при изменении индуктивности нагрузки на $\pm 15\%$.

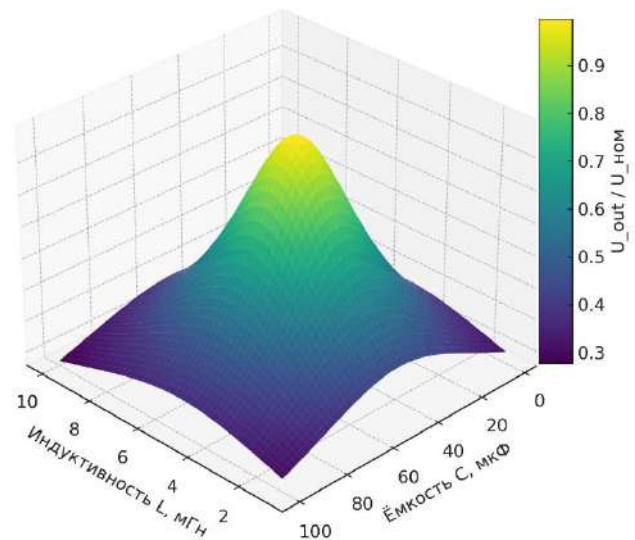


Рис.4. 3D-график зависимости выходного напряжения от индуктивности и ёмкости.

Обсуждение. Моделирование схемы компенсации показало, что использование регулируемого конденсатора позволяет поддерживать постоянную амплитуду выходного напряжения и минимизировать фазовые искажения. При этом отклонение фазы между током и напряжением не превышает 3° , что свидетельствует о высокой эффективности метода.

Экспериментальные испытания подтвердили корректность теоретических расчетов. При варьировании параметров индуктивной нагрузки от 1 мГн до 10 мГн значение выходного напряжения оставалось стабильным, а ток нагрузки изменялся не более чем на 5%. Наибольшая эффективность компенсации наблюдалась при отношении активной составляющей сопротивления R_{HR_HRH} к реактивной X_{LX_LXL} в пределах 0,3–0,5, что соответствует устойчивой работе преобразователя в первом квадранте диаграммы (рис.2).

Таким образом, предложенный способ обеспечивает:

- повышение точности измерения выходного напряжения преобразователя на 20–25 % по сравнению с некорректированным режимом;
- уменьшение влияния дрейфа индуктивной нагрузки на результаты измерений;
- расширение диапазона устойчивой работы системы при переменных нагрузках.
- максимальное значение $U_{out}/U_{ном} \approx 1$ наблюдается при $L=5.1$ мГн и $C=47$ мкФ — это оптимальная точка компенсации.
- при отклонении от этого соотношения (в любую сторону) происходит снижение

выходного напряжения — система выходит из режима фазового баланса.

Заключения.

1. Проведённое исследование позволило обосновать необходимость параметрической компенсации дрейфа индуктивной нагрузки в системах измерения и контроля выходного напряжения силовых преобразователей.

2. Разработанная модель учитывает влияние временного изменения индуктивности и обеспечивает поддержание фазового баланса за счёт автоматического регулирования ёмкости компенсирующего конденсатора.


3. Предложенный метод компенсации обеспечивает стабилизацию выходного напряжения в пределах $\pm 2\%$ при изменении индуктивности нагрузки до $\pm 15\%$. При этом сохраняется синфазность тока и напряжения, а фазовое отклонение не превышает 3° .

4. Моделирование и экспериментальные исследования подтвердили адекватность разработанной модели и эффективность метода при различных соотношениях активной и реактивной составляющих нагрузки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Маковский, А. Л. (2018). Силовые преобразователи электрической энергии в электроприводах. М.: Энергоатомиздат.
- [2] Ермаков, С. В., & Соловьёв, А. И. (2020). Моделирование электромеханических систем с преобразователями частоты. СПб.: БХВ-Петербург.
- [3] Бронштейн, И. М., & Киселёв, А. В. (2021). Диагностика и контроль силовых электронных преобразователей. М.: Изд-во МЭИ.
- [4] Столяров, Г. В., & Павлов, К. А. (2019). Векторное управление электроприводами переменного тока. М.: Энергия.
- [5] Кузнецов, Н. А., & Журавлёв, П. И. (2022). Системы управления и диагностики электроприводов с ПЧ. Новосибирск: НГТУ.
- [6] International Electrotechnical Commission. (2022). IEC 60034-12:2022. Rotating electrical machines — Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors. Geneva: IEC.

UDC: 681.5:621.7:66.017

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.20

ENHANCING THE RESISTANCE TO HYDROABRASIVE WEAR OF CENTRIFUGAL PUMP IMPELLERS BY STRENGTHENING THE SURFACE LAYER WITH FUNCTIONAL COATINGS



**Kayumov Umidjon
Erkinovich**

Senior Lecturer, Navoi State Mining
and Technology University, Navoi,
Uzbekistan

E-mail: kayumov_umidjon@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-2147-8973



**Pardayeva Shahlo
Saxibjonovna**

Docent, Navoi State Mining and
Technological University, Navoi,
Uzbekistan

E-mail: pardayevashahlo33@gmail.com
ORCID ID: 0009-0008-4847-6901



**Istamov Muhammad
Farxodovich**

Assistant, Navoi State Mining and
Technology University, Navoi,
Uzbekistan

Abstract. The article analyzes issues related to improving the operational reliability of centrifugal pumps widely used in the mining industry. It has been established that the primary causes of failures in pumping equipment operating in hydrotransport systems are hydroabrasive wear of impellers, casings, and covers. Based on statistical and experimental data obtained from pump stations of mining enterprises in Uzbekistan, the service life and failure causes of centrifugal pump components were investigated. The research results indicate that up to 70–75% of failures are associated with intensive wear of the surface layer of pump impellers.

Methods for extending the service life of pump impellers through strengthening their surface layer with functional coatings are analyzed, and the advantages of cold gas-dynamic spraying technology are scientifically substantiated. Using this approach, metallic and metal–ceramic composite coatings are formed, which increase the resistance of impellers to hydroabrasive and cavitation effects. It is demonstrated that the application of such coatings makes it possible to reduce the operating costs of centrifugal pumps and significantly extend their service life.

Keywords: centrifugal pump, impeller, hydroabrasive wear, functional coating, cold gas-dynamic spraying, hydrotransport, efficiency, operational reliability.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ГИДРОАБРАЗИВНОМУ ИЗНАШИВАНИЮ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НА ОСНОВЕ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

**Каюмов Умиджон
Эркинович**

Старший преподаватель,
Навоийский государственный
горно-технологический
университет, Навои, Узбекистан

**Пардаева Шахло
Сахибжоновна**

Доцент, Навоийский
государственный горно-
технологический университет,
Навои, Узбекистан

**Истамов Мухаммад
Фарходович**

Ассистент, Навоийский
государственный горно-
технологический университет,
Навои, Узбекистан

Аннотация. В статье проанализированы вопросы повышения эксплуатационной надежности центробежных насосов, широко применяемых в горнодобывающей промышленности. Установлено, что основными причинами отказов насосного оборудования, работающего в системах гидротранспорта, являются гидроабразивный износ рабочих колес, корпусов и крышек. На основе статистических и экспериментальных данных насосных станций горнодобывающих предприятий Узбекистана исследованы показатели срока службы и причины отказов элементов центробежных насосов. Результаты исследований показывают, что до 70–75% отказов связано с интенсивным изнашиванием поверхностного слоя рабочих колес.

С целью увеличения срока службы рабочих колес проанализированы методы упрочнения их поверхностного слоя функциональными покрытиями, а также научно обоснованы преимущества технологии холодного газодинамического напыления. С применением данного подхода формируются металлические и металлокерамические композиционные покрытия, обеспечивающие повышение стойкости рабочих колес к гидроабразивному и кавитационному воздействию. Доказана возможность снижения эксплуатационных затрат центробежных насосов и увеличения их ресурса за счет использования указанных покрытий.

Ключевые слова: центробежный насос, рабочее колесо, гидроабразивный износ, функциональное покрытие, холодное газодинамическое напыление, гидротранспорт, коэффициент полезного действия, эксплуатационная надежность.

MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARI ISHCHI G'ILDIRAKLARINING SIRT QATLAMINI FUNKSIONAL QOPLAMALAR BILAN MUSTAHKAMLASH ORQALI GIDROABRAZIV YEDIRILISHGA CHIDAMLILIGINI OSHIRISH

**Kayumov Umidjon
Erkinovich**

Katta o'qituvchi, Navoiy davlat
konchilik va texnologiyalar
universiteti, Navoiy, O'zbekiston

**Pardayeva Shahlo
Saxibjonovna**

Dotsent, Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti, Navoiy,
O'zbekiston

**Istamov Muhammad
Farxodovich**

Assistant, Navoiy davlat konchilik
va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O'zbekiston

Аннотация. Мақоллада кончilik sanoatida keng qo'llaniladigan markazdan qochma nasoslarning ekspluatatsion ishonchliligini oshirish masalalari tahlil qilingan. Gidrotransport tizimlarida ishlovchi nasos uskunalarining asosiy nosozlik sabablari sifatida ishchi g'ildiraklar, korpus va qopqoqlarning gidroabraziv yedirilishi aniqlangan. O'zbekiston konchilik korxonalaridagi nasos stansiyalarining statistik va eksperimental ma'lumotlari asosida markazdan qochma nasos elementlarining xizmat muddati va nosozlik sabablari o'rganilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, nosozliklarning 70–75% gacha qismi ishchi g'ildiraklarning sirt qatlamining intensiv yedirilishi bilan bog'liq.

Ishchi g'ildiraklarning xizmat muddatini uzaytirish maqsadida ularning sirt qatlamini funksional qoplamalar bilan mustahkamlash yo'llari tahlil qilingan, shuningdek sovuq gaz-dinamik purkash texnologiyasining afzalliklari asoslab berilgan. Ushbu yondashuv yordamida metall va metall-keramik kompozit qoplamalar hosil qilinib, ishchi g'ildiraklarning gidroabraziv va kavitatsion ta'sirlarga chidamliligi oshirilishi, shuningdek markazdan qochma nasoslarning ekspluatatsion xarajatlarini kamaytirish va xizmat muddatini uzaytirish imkoniyati isbotlangan.

Калит so'zlar: Markazdan qochma nasos, ishchi g'ildirak, gidroabraziv yedirilish, funksional qoplama, sovuq gaz-dinamik purkash, gidrotransport, foydali ish koeffitsienti, ekspluatatsion ishonchlilik.

Introduction. At mining enterprises of Uzbekistan, hydraulic transport represents a critical component of the technological chain involved in the extraction and processing of mineral resources. This method of material handling is characterized

by economic efficiency and operational effectiveness, and the hydraulic transport systems currently in use remain competitive compared to alternative transportation methods.

An analysis of the operation of hydraulic

transport systems at mining facilities indicates that their actual performance efficiency does not fully correspond to their technical capabilities. This discrepancy is associated with a number of operational factors, including the complexity of equipment operation, intensive hydraulic-abrasive wear of centrifugal pumps and pipelines, the limited service life of pumping units, as well as the high metal consumption and significant energy demand of hydraulic transport systems [1].

It is well known that pumping equipment is characterized by a high level of energy intensity. In various industries, the share of energy consumed by pumps accounts for approximately 25–60% of the total electricity demand [2]. According to data from the European association of pump manufacturers, EuroPump, the distribution of electrical energy consumption by pumping equipment is presented in Figure 1 [3].

At the same time, nearly three-quarters of the total energy consumption is associated with dynamic pumps (see Figure 1).

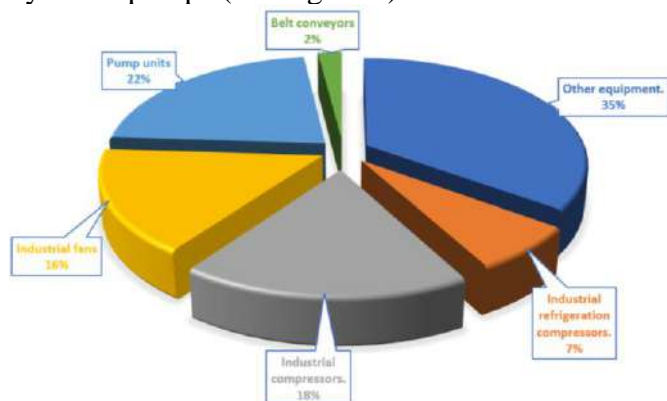


Fig.1. Distribution of electrical energy consumption among different types of equipment.

It is known that the primary function of a hydrodynamic pumping unit is to ensure the effective transfer of energy to the working fluid as it flows through the pump. The key element responsible for energy transfer to the fluid is the impeller, which forms the main stage between the inlet and outlet elements of the pump.

In a centrifugal pump, the principal integral characteristic of the energy transfer process in the impeller is the head, which represents the mechanical energy imparted to each kilogram of fluid passing through the pump [4].

Materials and Research Methods. Due to

the depletion of service life and the physical deterioration of technological equipment, one of the main causes of failures in the operation of pumping systems in the country at present is the low mechanical reliability of the equipment in use. As a result, up to 80% of emergency incidents and operational shutdowns occur in pumping installations, with approximately one-third of these failures associated with centrifugal pumps [5].

Large-scale mining enterprises in Uzbekistan are incurring significant economic losses as a consequence of the above-mentioned problems.

The enterprise's expenditures consist of the costs associated with the repair of technological equipment and the downtime of pumping system complexes, as well as electricity costs arising from the operation of pumping units under inefficient operating conditions.

According to operational data from the largest mining enterprises in Uzbekistan, the economic performance indicators of pumping stations show that, within the overall operating costs, the repair expenses for centrifugal pumps have the greatest impact, accounting for approximately 40–50%. At the same time, production losses associated with downtime of pumping equipment reach 65–70% of the total losses [6].

The data on failure occurrences of centrifugal pumping equipment at the pumping stations of the Mining and Technological Equipment Repair Shop of "NMZ" in Navoi are presented in Table 1.

Table 1

Distribution of failure causes in pumping units

№	Types of failures occurring in pumping units	Share in the total number of shutdowns, %
1	Impellers	43
2	Rupture of pipelines within centrifugal pumping stations or leakage of working fluid	24
3	Shutdowns related to the pump electric motor or the pump itself	20
4	Malfunctions in the lubrication supply to pump unit components	11
5	Other causes	2
Total		100

The data presented in Table 1 indicate that the most heavily loaded and failure-prone component of centrifugal pumps is the impeller.

Typical failures encountered in pump installations.

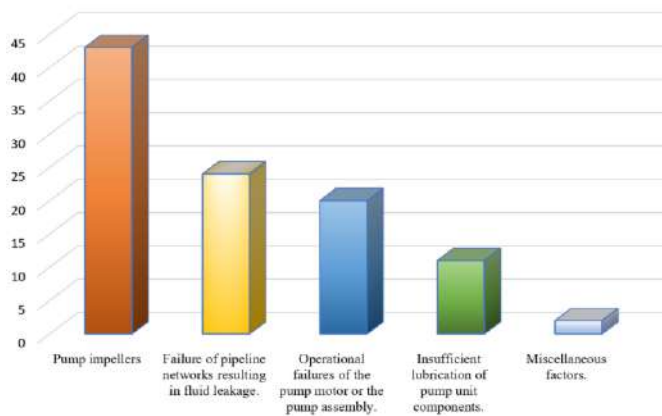


Fig.2. Failure distribution in pumping units.

The average service life of the main components of centrifugal pumps, determined during operational monitoring of pumping stations at the **Kyzylkumsement**, Almalyk, and Muruntau mining and processing enterprises, is presented in Table 2.

Table 2

Service life of main centrifugal pump components

№	Component name	Service life, hours		
		Kyzylkumsement	Almalyk	Muruntau
1	Impellers	780	1320	800
2	Casing	804	480	740
3	Front cover	700	360	805
4	Rear wear plate (back shroud disc)	610	580	595
5	Bearings	600	470	650
6	Stuffing box seals (gland seals)	400	380	450

Under various operating conditions of centrifugal pumps, the service life of impellers typically ranges from 780 to 1320 hours of continuous operation [7].

Wear of the impellers, in turn, leads to the transmission of significant vibration loads to the bearing assemblies of the pump support units. As a result, the bearing service life is substantially reduced, which ultimately contributes to a decrease in the overall efficiency of the pumping equipment [8].

The data on the service life of centrifugal pumps presented in Table 3 were obtained through the analysis of experimental results.

Other typical causes of failures in pumping systems include the poor quality of gland seals, improper mounting of bearing assemblies and impellers on the pump shaft, as well as the absence

of effective diagnostic and condition monitoring systems during equipment operation.

Table 3

Causes of failure of centrifugal pump components

Causes of shutdowns	Average failure rate of centrifugal pump components and assemblies, %							
	10	20	30	40	50	60	70	80
Wear of components								
Front cover								
Impeller								
<i>Casing</i>								
Rear wear plate (back shroud)								
<i>Bearings</i>								
Design deficiencies of assemblies								
Insufficient strength of support assemblies								
<i>Improper fastening of pump impellers</i>								
Operational and monitoring deficiencies								
Bearing lubrication								
Vibration monitoring								

The above analysis indicates that the primary cause of failures in centrifugal pumping equipment—accounting for up to 75%—is hydroabrasive wear of the main components, namely the impellers, casings, and front covers [9].

It is well established that the service life of pump impellers is largely determined by the condition of their surface layer. This condition depends on the combination of physical and mechanical properties of the material forming the surface layer, as well as on the surface quality achieved during the formation of the working profile and its subsequent mechanical finishing.

One of the key quality parameters determining the wear resistance of a surface is its roughness level. Based on the above analysis, it can be concluded that the implementation of specific design and technological solutions makes it possible to significantly improve the resistance of impellers to hydroabrasive wear as well as to corrosion effects [10].

Results and Discussion. Application of corrosion- and abrasion-resistant coatings.

The use of specialized protective coatings for pumping equipment operating in aggressive environments contributes to a reduction in the wear of impellers and casing components, thereby extending the service life of the pumping units.

One of the promising approaches is the improvement of the internal flow surfaces of centrifugal pumping equipment through

modification of the functional surfaces of the impellers.

In the work of B.S. Bekjapbarov, it is demonstrated that altering the surface properties of the flow passages of a pumping unit by applying hydrophobic coatings leads to improved operational performance of pump assemblies. Figure 3 illustrates the original and the modified impeller of the pump investigated in this study.



Fig.3. Impellers of a centrifugal pump:
 (a) original condition; (b) after modification using a hydrophobic coating.

The long-term operational stability of hydrophobic coatings under the influence of abrasive particles, cavitation effects, and chemically aggressive environments remains insufficiently ensured. In addition, the high cost associated with the application of such coatings, as well as the need for their periodic maintenance and reapplication, significantly increases the overall operating expenses of pumping units.

At the same time, the use of hydrophobic coatings may adversely affect the hydraulic performance of the pump, leading to changes in the flow regime, an increase in turbulence intensity, and additional energy losses.

From this standpoint, one of the most efficient technological solutions is the application of metal-based coatings by means of cold gas-dynamic spraying. This method enables the densification of the surface layer through the elimination of porosity, as well as the removal of manufacturing defects manifested in the form of microcracks. None of the conventional coating techniques provides a comparable combination of functional properties and technological capabilities (see Figure 4).

As can be seen from the figure above, the cold gas-dynamic spraying method makes it possible to form multilayer coatings based on various metal-ceramic composites, including aluminum, copper, nickel, and other metal-based materials. This technology provides the required functional

properties in the surface layer of impellers and other pump components, ensuring their high performance not only during initial manufacturing but also in repair and reconditioning processes.

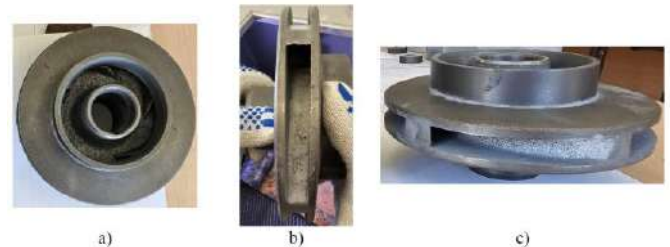


Fig.4. Formation of multilayer coatings using the cold gas-dynamic spraying technique:
 (a) top view of the impeller after coating; (b) side view of the impeller after coating; (c) front view of the impeller after coating.

In addition, the application of this method improves the technological performance of pumping equipment, in particular by increasing the delivery head and overall efficiency, as illustrated in Figures 5 and 6.

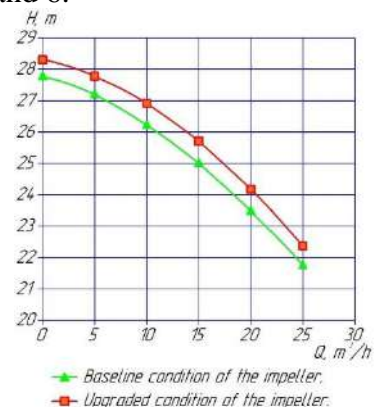


Fig.5. Original and improved configurations of the pump impeller based on the fluid discharge head performance indicator.

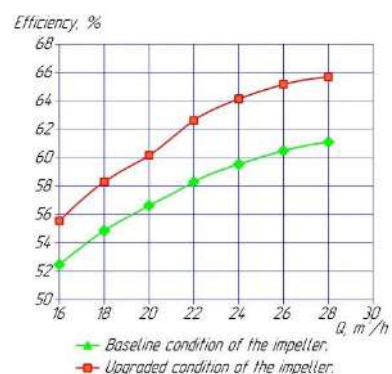


Fig.6. Original and modified configurations of the pump impeller based on the pump efficiency (performance efficiency) indicator.

As can be observed from the graphs presented in Figures 5 and 6, the pump head and efficiency are comparatively evaluated for the original and the improved impeller configurations as functions of the flow rate Q (m^3/h).

The results of the conducted analysis indicate that, for the improved impeller configuration (red curve), the generated head values remain consistently higher across the entire operating flow range compared to those of the original design (green curve). A particularly noticeable increase in head is observed in the low- and medium-flow regions, which indicates a substantial improvement in the functional properties of the impeller surface layer and its operational performance. In addition, the modified impeller is characterized by higher efficiency values across all operating conditions. In particular, the increase in efficiency becomes more pronounced within the medium- and high-flow operating range, which confirms a reduction in hydraulic losses within the flow and an improvement in the efficiency of energy transfer.

A decrease in head with increasing flow rate is observed in both cases; however, the rate of head reduction is relatively lower for the improved impeller design. This behavior indicates a decrease

in hydraulic losses within the flow passage and a more efficient transfer of energy to the working fluid. Furthermore, the observed improvement is directly associated with the enhanced resistance of the impeller surface layer to hydro-abrasive wear and cavitation effects.

Moreover, although an increase in efficiency with rising flow rate is observed for both configurations, the improved impeller demonstrates a higher growth rate of efficiency and a more stable approach to its maximum value. This behavior can be attributed to the significant enhancement of the surface quality of the impeller, the reduction of flow separation phenomena, and a decrease in the level of turbulence within the flow passage.

Conclusion. In summary, the graphical and experimental investigations demonstrate that the application of cold gas-dynamic spraying technology for the modification of pump impellers leads to a significant improvement in the hydraulic and energy performance of pumping units. The implementation of this technology enhances the stability of operating conditions, reduces hydraulic losses, and contributes to increased overall operational efficiency and reliability of the equipment.

REFERENCES

- [1] Development, production and operation of turbo- and electric pump units and systems based on them. (2009). In Proceedings of the V International Conference. Voronezh: Nauchnaya Kniga.
- [2] Efficiency and environmental performance of pumping equipment. (2009). In Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Moscow: RAPN Publishing House. Available at: <http://www.ecopump.ru>
- [3] Ivanova, T. D. (1981). Investigation and improvement of slurry pumps for transportation of ore tailings (case study of the Magnitogorsk Metallurgical Plant) (PhD Thesis). Leningrad.
- [4] Timokhin, Yu. V., Adam, O. V., Antonov, E. I., Koshkalda, L. I., & Palamarchuk, N. V. (1991). Reliability of high-speed pumps. In Mining Mechanics: Collected Scientific Papers (Issue 1, Part 2, pp. 81–87). Donetsk.
- [5] Operational design project of the tailings storage facility of SOF and MOF for deposition of 0.1 million tons of tailings for 2006–2009. (2005). JSC Mekhanobr Engineering.
- [6] Bekzhapbarov, B. S. (2019). Improvement of the PNV-2 sand pump design using composite (powder) materials. Kazakhstan.
- [7] Istamov, M. F., Xamzayev, A. A., Kayumov, U. E., & Fayziyev, A. I. (2023). Elimination of shaft misalignment in pump units. Academic Research in Educational Sciences, 4(4), 134–139.
- [8] Atakulov, L. N., Kayumov, U. E., & Pardayeva, S. S. (2023). Modeling of optimal blade angle parameters for pump impellers. Academic Research in Educational Sciences, 4(2), 274–284.
- [9] Atakulov, L. N., & Kayumov, U. E. (2020). Investigation of optimal blade parameters of pump impellers. Problems of Science and Education, 26(110), 4–12.

UO‘K: 669.27:622.7(575.1)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.12

O‘ZBEKISTONDA VOLFRAM SANOATINI RIVOJLANTIRISHNING ZAMONAVIY BOSQICHI VA TEXNOGEN XOM ASHYONI O‘ZLASHTIRISH ISTIQBOLLARI



**Boymurodov Najmiddin
Abduqodirovich**

Qarshi davlat texnika universiteti,
i.f.f.d., PhD, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: najmiddinboy-94@mail.ru
ORCID ID: 0009-0007-7820-7799
Science ID: MQD-0625-0004



**Bo‘riyev Sardor
Sayfullayevich**

Qarshi davlat texnika universiteti,
Assistent, Qarshi, O‘zbekiston
Science ID: MQD-0325-0005



**Mamadaliyeva Intizor
Muxamedovna**

Axborot texnologiyalar va
menejment universiteti, Qarshi,
O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekistonda volfram sanoatining shakllanishi va zamonaviy rivojlanish bosqichi tahlil qilinadi. Ingichka, Sariko‘l va Sautbay konlarining xom ashyo salohiyati hamda ularni o‘zlashtirish istiqbollari yoritilgan. Xususan, Ingichka koni negizida texnogen chiqindilarni qayta ishlash asosida volfram ishlab chiqarishni tiklash jarayonlari ko‘rib chiqilgan.

Shuningdek, volfram konsentrati ishlab chiqarish hajmlarining o‘sishi, investitsion loyihalar va xalqaro hamkorlik masalalari tahlil etilgan. Volframning sanoatdagi strategik ahamiyati hamda jahon bozori rivojlanish tendensiyalari asosida O‘zbekistonning ushbu yo‘nalishdagi istiqbollari baholangan.

Kalit so‘zlar: volfram, texnogen chiqindi, Ingichka koni, Sariko‘l koni, Sautbay koni, nodir metallar, volfram konsentrati, WO_3 , investitsion loyiha, boyitish fabrikasi.

СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ВОЛЬФРАМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УЗБЕКИСТАНЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Боймуродов
Нажмиддин
Абдукадирович**

Каршинский государственный
технический университет,
доктор философии технических
наук, PhD, Карши, Узбекистан

**Буриев Сардор
Сайфуллаевич**

Каршинский государственный
технический университет,
Ассистент, Карши, Узбекистан

**Мамадалиева Интизор
Мухамедовна**

Университет информационных
технологий и менеджмента,
Карши, Узбекистан

Аннотация. В данной статье проанализированы этапы становления и современного развития вольфрамовой промышленности в Узбекистане. Освещены сырьевой потенциал и перспективы освоения месторождений Ингичка, Сариколь и Саутбай. Особое внимание уделено процессам восстановления производства вольфрама на базе месторождения Ингичка с использованием техногенных отходов в качестве вторичного минерального сырья.

Кроме того, рассмотрены тенденции роста объемов производства вольфрамового концентрата, реализация инвестиционных проектов и вопросы международного сотрудничества. На основе анализа стратегической значимости вольфрама в промышленности

и тенденций развития мирового рынка дана оценка перспектив развития данного направления в Республике Узбекистан.

Ключевые слова: вольфрам, техногенные отходы, месторождение Ингичка, месторождение Сариколь, месторождение Саутбай, редкие металлы, вольфрамовый концентрат, WO_3 , инвестиционный проект, обогатительная фабрика.

CURRENT STAGE OF DEVELOPMENT OF THE TUNGSTEN INDUSTRY IN UZBEKISTAN AND PROSPECTS FOR UTILIZATION OF TECHNOGENIC MINERAL RAW MATERIALS

**Boymurodov Najmiddin
Abdukadirovich**

*Karshi State Technical University,
Doctor of Philosophy in Technical
Sciences, PhD, Karshi, Uzbekistan*

**Buriev Sardor
Sayfullaevich**

*Karshi State Technical University,
Assistant, Karshi, Uzbekistan*

**Mamadaliyeva Intizor
Mukhamedovna**

*University of Information
Technologies and Management,
Karshi, Uzbekistan*

Abstract. *This paper analyzes the formation and current stage of development of the tungsten industry in Uzbekistan. The raw material potential and development prospects of the Ingichka, Sarikol, and Sautbay deposits are highlighted. Particular attention is paid to the restoration of tungsten production at the Ingichka deposit through the processing of technogenic waste as secondary mineral raw materials. The study also examines the growth dynamics of tungsten concentrate production, the implementation of investment projects, and issues of international cooperation. Based on the strategic importance of tungsten in industry and global market development trends, the prospects for further development of this sector in the Republic of Uzbekistan are assessed.*

Keywords: *tungsten, technogenic waste, Ingichka deposit, Sarikol deposit, Sautbay deposit, rare metals,*

Kirish. So‘nggi yillarda nodir va kamyob metallarga bo‘lgan global talabning ortishi fonida Respublikamizda mineral-xom ashyo bazasini samarali o‘zlashtirish va yuqori qo‘shimcha qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish siyosatini izchil amalga oshirmoqda. Xususan, volfram sanoatini rivojlantirish mamlakatning strategik ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida shakllanmoqda.

2025-yil mart oyida O‘zbekiston Markaziy Osiyo davlatlari orasida birinchi bo‘lib Xalqaro volfram sanoati uyushmasi – International Tungsten Industry Association (ITIA) tarkibiga a‘zo bo‘ldi. Mazkur a‘zolik respublikaning global volfram bozorida mavqegini mustahkamlashda muhim bosqich bo‘ldi.

Volfram sanoatini rivojlantirish bo‘yicha asosiy operator sifatida O‘zbekiston texnologik metallar kombinati AJ faoliyat yuritmoqda. Korxonada 2023-yilda Olmaliq kon-metallurgiya kombinati tarkibidagi nodir metallar bo‘linmasi negizida tashkil etilgan.

Kombinat mutaxassislarining prognozlariga

ko‘ra, 2030-yilga kelib volfram ishlab chiqarish hajmining qiymat ko‘rsatkichi hozirgi darajaga nisbatan qariyb 50 barobarga oshishi kutilmoqda. Umuman olganda, “O‘zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ tomonidan umumiy qiymati taxminan 40 mln AQSh dollariga teng bo‘lgan nodir metallarni qidirish, qazib olish va qayta ishlashga yo‘naltirilgan 34 ta investitsion loyiha amalga oshirilishi rejalashtirilgan.

Volfram sanoatining barqaror shakllanishi va rivojlanishi, bir tomondan, mavjud ishlab chiqarish quvvatlarini modernizatsiya qilish va kengaytirish, ikkinchi tomondan esa, yangi texnologik va investitsion loyihalarni joriy etish orqali ta‘minlanadi. Ushbu yo‘nalishdagi kompleks chora-tadbirlar respublikada volfram ishlab chiqarish hajmini oshirish, yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar ulushini ko‘paytirish hamda mamlakatning eksport salohiyatini mustahkamlashga xizmat qiladi.

O‘zbekistonda volfram konlari: Ingichka koni. O‘zbekiston hududida volfram, molibden, magniy, litiy, grafit, vanadiy, titan va boshqa muhim

foydali qazilmalar bo'yicha yirik zaxiralar aniqlangan. Respublika yer osti boyliklarining umumiy salohiyati taxminan 3 trillion AQSh dollariga baholanadi. Ushbu holat mamlakat mineral-xom ashyo bazasining strategik ahamiyatga ega ekanini ko'rsatadi.



1-rasm. Volfram minerali (volframit) kristallarining tabiiy ko'rinishi.

Volfram zaxiralari bo'yicha ochiq manbalarda batafsil ma'lumotlar cheklangan. Ma'lumki, sobiq Sovet Ittifoqi davrida O'zbekiston hududida volfram qazib olinadigan yagona sanoat obyekti **Ingichka koni** hisoblangan. Ushbu konni sanoat miqyosida o'zlashtirish ishlari 1941–1996-yillar davomida olib borilgan bo'lib, keyinchalik ishlab chiqarish iqtisodiy jihatdan samarasiz deb topilgan. O'sha davrda konning qoldiq ruda zaxiralari taxminan 11 million tonna deb baholangan.



2-rasm. Ingichka boyitish fabrikasi.

Jahon bozorida volfram narxining pasayishi natijasida korxonada faoliyati to'xtatilgan va kon uzoq

muddat konservatsiya holatida saqlangan. Shu sababli ishlab chiqarishni qayta tiklash masalasi bir necha bor ko'rib chiqilgan bo'lsa-da, amaliy bosqichga o'tilmagan. Biroq 2022-yildan boshlab Samarqand viloyatida volfram sanoatini qayta tiklash bo'yicha aniq chora-tadbirlar amalga oshirila boshlandi va Ingichka koni negizida yangi volfram ishlab chiqarish korxonasi tashkil etildi.

Mazkur jarayon Ingichka konining sanoat ahamiyatini yana bir bor tasdiqlab, respublikada volfram xom ashyosini qazib olish va qayta ishlash istiqbollarini kengaytirishga xizmat qilmoqda.

Ingichka konida volfram ishlab chiqarishni tiklash va rivojlantirish. Loyiha "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ zimmasiga yuklatilgan. Operator korxonada faoliyatini ilgari boyitilgan ruda chiqindilari – texnogen chiqindilarni qayta ishlashga yo'naltirib, ularni ikkilamchi xom ashyo sifatida ishlab chiqarish aylanmasiga qayta jalb etishga qaratdi. Mazkur yondashuv natijasida umumiy hajmi taxminan 12 million tonnani tashkil etuvchi texnogen xom ashyo qayta ishlanishi rejalashtirilgan.

O'zbekiston Respublikasi Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligi ma'lumotlariga ko'ra, yangi ishlab chiqarish majmuasi ilgari foydalanilmagan Ingichka tajriba-texnologik ekspeditsiyasining mavjud bino va inshootlari negizida barpo etilgan. Bu esa ishlab chiqarishni qisqa muddatda yo'lga qo'yish va kapital xarajatlarni kamaytirish imkonini berdi [3-7].

Ishlab chiqarishning birinchi bosqichi yiliga o'rtacha volfram oksidi (WO_3) miqdori 28% bo'lgan 100 tonna volfram konsentrati ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'ldi. Mazkur bosqichda 82 ta yangi ish o'rni yaratildi. 2023-yil yakunlariga ko'ra, "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ tomonidan rejalashtirilgan hajmdan yuqori natijaga erishilib, jami qiymati 5,7 milliard so'mga teng 27 tonna volfram quymalari ishlab chiqarildi.

Shu davr mobaynida korxonadan 36 tonna volfram saqlovchi kompozitsion materiallar ishlab chiqarilib, ularning umumiy qiymati 27,9 milliard so'mni tashkil etgan. Mahalliyashtirish dasturi doirasida ushbu mahsulotlar Navoiy kon-metallurgiya kombinati hamda O'zmetkombinat kabi yirik sanoat korxonalariga yetkazib berilgan.

2024-yil yoz mavsumida Ingichka konida boyitish fabrikasining ikkinchi navbati ishga

tushirildi. Ushbu bosqich doirasida 43 ta yangi texnologik uskuna oʻrnatilib, shuningdek, zamonaviy kimyoviy va analitik laboratoriyalar tashkil etildi. Ikkinchi bosqichning ishga tushirilishi volfram konsentrati ishlab chiqarish hajmini yanada oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash va texnologik jarayonlarni chuqur nazorat qilish imkonini yaratdi.

Mazkur loyiha Ingichka koni negizida volfram sanoatini qayta tiklash va rivojlantirish, texnogen chiqindilarni ikkilamchi xom ashyo sifatida samarali oʻzlashtirish hamda respublikaning nodir metallar boʻyicha eksport salohiyatini oshirishga xizmat qilmoqda.

Ishlab chiqarish quvvatlarining oʻsishi va istiqbolli rejalar. Soʻnggi yillarda korxonaning yillik ishlab chiqarish quvvatlari sezilarli darajada oshirilib, volfram konsentrati ishlab chiqarish hajmi 285 tonnaga yetkazildi. Ushbu mahsulotlarning umumiy qiymati 16,24 milliard soʻmni tashkil etgan.

Mutaxassislar baholashicha, Ingichka konidagi volfram zaxiralari taxminan 7,2 ming tonna sof volfram miqdoriga teng. Ushbu koʻrsatkich konning uzoq muddatli sanoat ahamiyatini va uni kompleks oʻzlashtirish zarurligini tasdiqlaydi.

Sarikoʻl koni. Sarikoʻl koni “Oʻzbekiston texnologik metallar kombinati” AJ tomonidan oʻzlashtirilishi rejalashtirilgan istiqbolli obyektlardan biri hisoblanadi [5]. Mazkur kon Samarqand viloyatida joylashgan boʻlib, Kartovon (Kartabosh) ruda maydoniga mansubdir. Korxonada mutaxassislarining taʼkidlashicha, Sarikoʻl nodir metallar boʻyicha respublikadagi yirik xom ashyo manbalaridan biri sanaladi.

“MINEX Kazakhstan 2025” forumi doirasida U. Ruziyev tomonidan keltirilgan maʼlumotlarga koʻra [1-3], Sarikoʻl konining tasdiqlangan zaxiralari 2,4 million tonna rudani va taxminan 15,5 ming tonna volframni tashkil etadi. Ushbu kon negizida togʻ-kon va boyitish majmuasini 2027-yilgacha qurib bitkazish rejalashtirilgan.

Loyiha toʻliq amalga oshirilgach, korxonada yiliga oʻrtacha 2,3 ming tonna volfram konsentrati va 1,2 ming tonna metallurgik toza volfram ishlab chiqarish quvvatiga ega boʻlishi kutilmoqda. Mazkur koʻrsatkichlar Sarikoʻl konining respublika volfram sanoatini rivojlantirishdagi muhim oʻrnini belgilab beradi.

2026-yilning avgust oyida “Oʻzbekiston texnologik metallar kombinati” AJ tomonidan loyiha doirasida amalga oshirilayotgan ishlar yuzasidan rasmiy maʼlumotlar eʼlon qilindi. Korxonada mutaxassislari tomonidan loyiha boʻyicha xalqaro darajadagi texnik-iqtisodiy asoslash (TIA) hujjatini tayyorlash masalalari muhokama qilinmoqda.

Mazkur jarayonda Avstraliyaning AMC Consulting hamda NewPro Consulting and Engineering Services muhandislik kompaniyalari bilan hamkorlik qilish rejalashtirilgan. Xabarda qayd etilishicha, xalqaro tajribaga ega muhandislik va konsalting kompaniyalarini jalb etish loyihaning investitsion jozibadorligini oshirish, texnik yechimlarning samaradorligini baholash hamda uni xalqaro standartlar darajasida asoslashga xizmat qiladi.

Shuningdek, ushbu hamkorlik Oʻzbekistonning texnologik metallar sohasidagi loyihalarini global bozorda raqobatbardoshligini kuchaytirish, xorijiy investitsiyalarni faol jalb etish va mamlakatning nodir metallarni qayta ishlash sohasidagi mavqeini yangi bosqichga olib chiqishga qaratilgan.

Sautbay koni. Sarigʻkul koni boʻyicha ochiq manbalarda maʼlumotlar nisbatan kam uchrasada, **Sautbay koni** bilan bogʻliq zamonaviy loyihalar tarixi ancha batafsil yoritilgan. Ushbu konni oʻzlashtirish masalalari boʻyicha dastlabki maʼlumotlar 2007-yilda mahalliy ommaviy axborot vositalarida eʼlon qilingan boʻlib, unda loyiha Olmaliq kon-metallurgiya kombinati tarkibidagi tegishli boʻlinma tomonidan amalga oshirilishi rejalashtirilgani qayd etilgan.

Keyinchalik, 2011-yilda loyiha doirasida xalqaro hamkorlik yoʻlga qoʻyilishi haqida maʼlumotlar paydo boʻldi. Jumladan, mazkur loyihaga Koreya Respublikasining **Minego** kompaniyasi hamda **Shindong Resources** investori jalb etilishi rejalashtirilgan. Tomonlar oʻrtasida **Uzbekistan–Korea Tungsten** qoʻshma korxonasini tashkil etish boʻyicha kelishuvga erishilgan.

Dastlabki rejalariga koʻra, Sautbay konida togʻ-kon va boyitish majmuasini ishga tushirish 2014-yilga moʻljallangan edi. Biroq bir qator tashkiliy va iqtisodiy omillar sababli loyiha amalga oshirilishi bir necha bor kechiktirilgan. Ushbu

loyiha bo'yicha oxirgi ochiq axborotlar 2020-yilga to'g'ri kelib, o'sha davrda koreyalik mutaxassislar tomonidan Sautbay konini o'zlashtirish uchun texnik-iqtisodiy asoslash hujjatlari tayyorlanayotgani haqida ma'lumotlar mavjud.

Mazkur ma'lumotlar Sautbay konining uzoq muddatli istiqbolga ega ekanini hamda uni o'zlashtirish jarayonida xalqaro investitsiyalar va ilg'or texnologiyalarni jalb etish muhim ahamiyat kasb etishini ko'rsatadi.

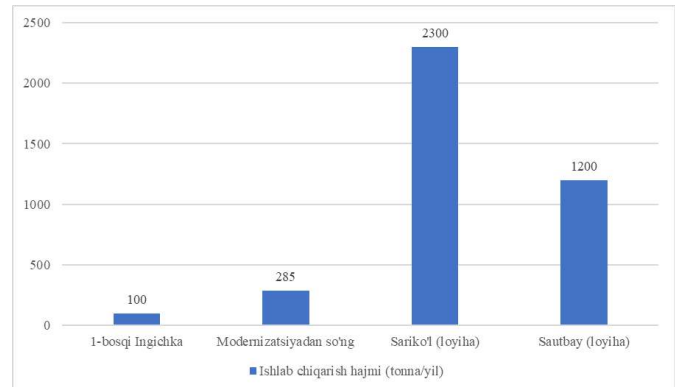
Volframning sanoatda qo'llanilishi. Volfram asosan qattiq qotishmalar va yuqori mustahkam po'latlar, superqotishmalar, kimyoviy birikmalar-katalizatorlar, shuningdek yuqori haroratga chidamli moylash materiallarini ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Uning noyob fizik-mexanik xossalari volframni zamonaviy sanoatning muhim strategik materiali sifatida belgilaydi.

Volframdan foydalanishning asosiy yo'nalishlariga metallurgiya, mashinasozlik, konchilik, qurilish, aerokosmik sanoat hamda mudofaa sanoati majmuasi kiradi. Ushbu tarmoqlarda volfram asosidagi materiallar yuqori harorat, bosim va agressiv muhit sharoitlarida barqaror ishlashi bilan ajralib turadi.

Metallurgik volfram, uning qotishmalari va kimyoviy birikmalarini olish jarayonida dastlab volfram konsentratidan volfram oksidi ajratib olinadi. Keyinchalik ushbu oksid qaytarish usullari orqali volfram kukuniga aylantiriladi va undan turli sanoat mahsulotlari ishlab chiqariladi.

Global Industry Analysts Inc. kompaniyasi ma'lumotlariga ko'ra, 2023-yilda jahon volfram bozori hajmi 158 ming tonnani tashkil etgan. Mutaxassislar prognoziga ko'ra, 2030-yilga borib ushbu ko'rsatkich yiliga o'rtacha 4,7 % o'sish sur'ati bilan 218 ming tonnaga yetishi kutilmoqda [6].

Volfram bozorining rivojlanish istiqbollari va O'zbekistonning strategik yo'nalishlari. Xalqaro volfram sanoati assotsiatsiyasi (ITIA) baholashiga ko'ra, jahon volfram bozori kelgusi yillarda o'rtacha yiliga 2,9% atrofida o'sishi kutilmoqda. Mutaxassislar fikricha, metallga bo'lgan yangi va istiqbolli talab yo'nalishlari sifatida litiy-ion akkumulyatorlari ishlab chiqarish hamda qo'shimcha ishlab chiqarish texnologiyalari (additiv texnologiyalar) alohida ahamiyat kasb etadi.



3-rasm. O'zbekistonda volfram ishlab chiqarish hajmining bosqichma-bosqich o'sishi rejalari amalda va loyiha doirasida.

Mazkur yo'nalishlarni O'zbekiston sharoitida ham rivojlantirish imkoniyatlari mavjud. Hukumat ma'lumotlariga ko'ra, yaqin uch yil ichida respublikada nodir va kamyob metallarni izlash, qazib olish va qayta ishlashga qaratilgan jami 76 ta loyiha amalga oshirilishi rejalashtirilgan bo'lib, ularning umumiy qiymati 5,2 milliard AQSh dollarini tashkil etadi. Ushbu loyihalar mamlakat mineral-xom ashyo bazasini kengaytirish va sanoat salohiyatini oshirishga qaratilgan.

Xulosa. Respublikamizda yuqori qo'shimcha qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish davlat siyosatining muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.


Sanoatni kompleks rivojlantirish maqsadida Toshkent va Samarqand viloyatlarida **"Kelajak metallari" texnoparklarini** tashkil etish rejalashtirilmoqda. Investorlarni jalb qilishni rag'batlantirish maqsadida, mazkur hududlarda to'liq texnologik sikl asosida ishlab chiqarishni yo'lga qo'ygan tadbirkorlik subyektlariga 10 yil muddatga renta solig'ini qaytarish mexanizmini joriy etish ko'zda tutilgan.

Yuqorida qayd etilgan chora-tadbirlar va loyihalar amalga oshirilishi natijasida, joriy o'n yillik oxiriga kelib O'zbekiston nodir va kamyob metallar bo'yicha jahon bozoridagi o'z mavqegini sezilarli darajada mustahkamlashi, yuqori qo'shimcha qiymatga ega mahsulotlar ulushini oshirishi hamda xalqaro raqobatbardoshligini kuchaytirishi kutilmoqda deb xulosa qilish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Coyan, J., Solano, F., Taylor, C., Finn, C., Smith, S., Holm-Denoma, C., ... & Dulabova, N. (2024). Tungsten skarn quantitative mineral resource assessment and gold, rare earth elements, graphite, and uranium qualitative assessments of the kuldjuktau and auminzatau ranges, in the central kyzylkum region, Uzbekistan. *Minerals*, 14(12), 1240. <https://doi.org/10.3390/min14121240>
- [2] Kelly, T.D.; Matos, G.R. *Tungsten Statistics. Comps. Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States; Data Series; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA, 2017.*
- [3] Uzbekistan's \$2.6B Push to Lead in Rare Minerals – O'zbekistonning nodir minerallar bo'yicha strategik investitsiya rejasi, jumladan volfram ishlab chiqarishni kengaytirish ma'lumotlari. https://m-mtoday.com/news/uzbekistans-2-6b-push-to-lead-in-rare-minerals/?utm_source
- [4] TMK Launches Its Strategic Projects for 2025–2030 – Sarikul va Ingichka loyihalari bo'yicha ishlab chiqarish prognozlari va investitsiya strategiyasi. https://uztmk.uz/en/article/dolia-uzbekistana-na-globalnom-rynke-volframa-podnimetsia-do-51-zapuskaiutsia-strategiceskie-proekty-tmk-na-2025-2030-gody?utm_source
- [5] Murodovich, X. J. A., & Abduqodirovich, B. N. (2024). O'ZBEKISTONDA VOLFRAM MINERAL XOM ASHYO BAZASI VA UNING ASOSIY MUAMMOLARI. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(01).
- [6] Turobov, S. N., Boymurodov, N. A., & Xo'jakulov, A. M. (2024). TEXNOGEN CHIQUINDILARDAN VOLFRAMNI CHUQUR BOYITISH TEXNOLOGIK USULLARI VA SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(4-1), 26-30.
- [7] Хасанов, А. А., Туробов, Ш. Н., Боймуродов, Н. А., & Хужакулов, А. М. (2024). СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ. *Universum: технические науки*, 2(10 (127)), 24-27.

UO‘K: 528.8:622.1

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.22

**SENTINEL-1 TASVIRLARI YORDAMIDA YER OSTI KONCHILIK
FAOLIYATI NATIJASIDA YUZAGA KELGAN YER YUZASI
DEFORMATSIYASINI INSAR USULI ORQALI MONITORING QILISH**



**Botirov Shoxbos
Soibovich**

Katta o‘qituvchi, Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz, O‘zbekiston
E-mail: shoxbos.b@mail.ru
ORCID ID: 0009-0002-3045-4217
Science ID: MFR-0925-0068



**Nomdorov Rustam
Uralovich**

PhD, dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: rustannomdorov@mail.ru
ORCID ID: 0009-0000-6987-8995
Science ID: FQD-0425-0028



**Abdisamatov Boboyor
Azamat o‘g‘li**

Talaba, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: boboyorabdisamatov@gmail.com
Science ID: BSN-0326-0005

Annotatsiya. Annotatsiya. Surxondaryo viloyatining Sariosiyo tumanida joylashgan Xondiza polimetall konida yer osti qazib olish jarayonlari natijasida yer yuzasida deformatsion o‘zgarishlar yuzaga kelishi mumkin. Tog‘ jinslarining geologik murakkabligi va kon ishlari intensivligi cho‘kish jarayonining fazoviy va vaqt bo‘yicha notekis rivojlanishiga sabab bo‘ladi. Ushbu tadqiqotda Sentinel-1 sun‘iy yo‘ldoshining 7 va 18 kunlik qayta kuzatuv davriga ega radar tasvirlari asosida InSAR texnologiyasi qo‘llanildi. Vaqtinchalik dekorrelyatsiya ta‘sirini minimallashtirish hamda aniqlanadigan deformatsiya gradientini oshirish maqsadida SBAS (Small Baseline Subsets) va IPTA (Interferometric Point Target Analysis) algoritmlari integratsiyalangan holda qo‘llandi. Qayta ishlash natijasida kon hududida deformatsiyaning fazoviy uzluksiz modeli shakllantirildi va ayrim faol qazib olinayotgan uchastkalarda yiliga bir necha o‘n santimetrga yetuvchi cho‘kish tezliklari aniqlandi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, deformatsiya jarayonining intensivligi va fazoviy taqsimoti qazib olish chuqurligi, ruda qatlaminin qalinligi hamda tektonik uzilishlar tizimi bilan uzviy bog‘liqdir. Monitoring natijalari kon infratuzilmasi barqarorligini baholash, yer usti inshootlarini himoyalash hamda ishlab chiqarish xavfsizligini ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Olingan natijalar Xondiza konida geodinamik jarayonlarni masofadan monitoring qilish, xavfsizlik choralari rejallashtirish va ekologik boshqaruvni takomillashtirish uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: InSAR, yer yuzasi cho‘kishi, yer osti kon ishlari, Sentinel-1, IPTA, SBAS, interferometriya, deformatsiyalar, monitoring, Surxondaryo viloyati, Xondiza koni, sun‘iy yo‘ldosh ma‘lumotlari.

**МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ,
ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕЙ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКА SENTINEL-1
МЕТОДОМ ИНСАР**

**Ботиров Шохбос
Соибович**

Старший преподаватель,
Термезский государственный
университет инженерии и
агротехнологий, Термез,
Узбекистан

**Номдоров Рустам
Уралович**

PhD, доцент, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

**Абдисаматов Бобоёр
Азамат угли**

Студент, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

Аннотация. В полиметаллическом месторождении Хандиза, расположенном в Сариясийском районе Сурхандарьинской области, в результате подземной добычи полезных ископаемых могут возникать деформационные изменения земной поверхности. Геологическая сложность горных пород и интенсивность горных работ обуславливают неравномерное пространственно-временное развитие процесса просадки. В данном исследовании применена технология InSAR на основе радиолокационных изображений спутника Sentinel-1 с периодом повторного наблюдения 7 и 18 суток. Для минимизации влияния временной декорреляции и повышения обнаруживаемого градиента деформации были интегрированы алгоритмы SBAS (Small Baseline Subsets) и IPTA (Interferometric Point Target Analysis). В результате обработки сформирована пространственно непрерывная модель деформаций территории месторождения, а на отдельных активно разрабатываемых участках выявлены скорости просадки до нескольких десятков сантиметров в год. Анализ показал, что интенсивность и пространственное распределение деформаций тесно связаны с глубиной разработки, мощностью рудного пласта и системой тектонических нарушений. Результаты мониторинга имеют важное значение для оценки устойчивости горной инфраструктуры, защиты наземных сооружений и обеспечения промышленной безопасности. Полученные данные создают научную основу для дистанционного мониторинга геодинамических процессов и совершенствования экологического управления на месторождении Хандиза.

Ключевые слова: InSAR, просадка земной поверхности, подземные горные работы, Sentinel-1, IPTA, SBAS, интерферометрия, деформации, мониторинг, Сурхандарьинская область, месторождение Хандиза, спутниковые данные.

MONITORING OF SURFACE DEFORMATION CAUSED BY UNDERGROUND MINING ACTIVITIES USING THE INSAR TECHNIQUE BASED ON SENTINEL-1 IMAGERY

**Botirov Shoxbos
Soibovich**

Senior Lecturer, Termez State
University of Engineering and
Agrotechnologies, Termez,
Uzbekistan

**Nomdorov Rustam
Uralovich**

PhD, Docent, Karshi State
Technical University, Karshi,
Uzbekistan

**Abdisamatov Boboyor
Azamat ugli**

Student of Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. At the Khandiza polymetallic deposit located in the Sariosiyo district of Surkhandarya region, underground mining activities may lead to deformation of the earth's surface. The geological complexity of the rock mass and the intensity of mining operations cause uneven spatial and temporal development of subsidence processes. In this study, InSAR technology based on Sentinel-1 satellite radar imagery with revisit periods of 7 and 18 days was applied. To minimize the effect of temporal decorrelation and enhance the detectable deformation gradient, SBAS (Small Baseline Subsets) and IPTA (Interferometric Point Target Analysis) algorithms were integrated. As a result of data processing, a spatially continuous deformation model of the deposit area was generated, and subsidence rates of up to several tens of centimeters per year were identified in actively mined zones. The analysis showed that the intensity and spatial distribution of deformations are closely related to mining depth, ore body thickness, and the system of tectonic faults. The monitoring results are of significant importance for assessing the stability

of mining infrastructure, protecting surface structures, and ensuring industrial safety. The obtained data provide a scientific basis for remote monitoring of geodynamic processes and for improving environmental management at the Khandiza deposit.

Keywords: InSAR, land subsidence, underground mining, Sentinel-1, IPTA, SBAS, interferometry, deformation, monitoring, Surkhandarya region, Khandiza deposit, satellite data.

Kirish. Yer yuzasining cho‘kishi tog‘-kon sanoati rivojlanayotgan hududlarda barqaror ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyotga salbiy ta‘sir ko‘rsatuvchi muhim geodinamik jarayonlardan biridir. Ayniqsa, yer osti usulida foydali qazilmalarni qazib olish jarayonida tog‘ jinslari massivida hosil bo‘ladigan bo‘shliqlar va kuchlanishlarning qayta taqsimlanishi natijasida yer yuzasida deformatsion o‘zgarishlar kuzatiladi. Surxondaryo viloyatining Sariosiyo tumanida joylashgan Xondiza polimetall koni ham shunday murakkab geologik sharoitga ega hududlardan biri hisoblanadi. Kon hududi Hisor tog‘ tizmasining janubiy qismida joylashgan bo‘lib, qo‘rg‘oshin, rux, mis va boshqa metallar rudalari bilan tavsiflanadi. Yer osti qazib olish ishlari jadallashgan sari tog‘ massivi barqarorligi va yer yuzasi holatini doimiy nazorat qilish zarurati ortib bormoqda. Xondiza konida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan deformatsiya jarayonlari ko‘pincha murakkab bog‘lanishga ega xarakterga ega bo‘lib, ular qazib olish chuqurligi, qatlam qalinligi, tektonik uzilishlar hamda tog‘ jinslarining fizik-mexanik xususiyatlariga bog‘liq holda turlicha namoyon bo‘ladi. Ayrim hollarda cho‘kish jarayoni markaziy zonada intensiv kechib, periferiya hududlarida asta-sekin kamayib boradi. An‘anaviy geodezik o‘lchash usullari ma‘lum aniqlikni ta‘minlasada, katta maydonlarni qamrab olish va vaqt bo‘yicha uzluksiz monitoring olib borishda cheklangan imkoniyatlarga ega. Shu sababli so‘nggi yillarda masofadan zondlash texnologiyalari, xususan Interferometrik Sintetik Aperturali Radar (InSAR) usuli keng qo‘llanilmoqda. InSAR texnologiyasi radar to‘lqinlarining faza farqini tahlil qilish orqali yer yuzasidagi millimetr darajasigacha bo‘lgan siljishlarni aniqlash imkonini beradi. Interferometriya nazariyasiga ko‘ra, maksimal aniqlanadigan deformatsiya gradienti piksel o‘lchami va radar to‘lqin uzunligiga bog‘liq bo‘lib, $u \, dx = \lambda / (2\eta)$ (1) ifodasi bilan tavsiflanadi. Bu yerda λ — radar to‘lqin uzunligi, η esa tasvir pikselining o‘lcha-

midir [1-3]. Demak, yuqori fazoviy aniqlik va qisqa qayta tashrif davri deformatsiya gradientini aniqlash imkoniyatini oshiradi. Shuningdek, atmosfera ta‘siri va shovqin omillarini kamaytirish uchun differensial interferometriya usullari qo‘llanadi. Xondiza koni sharoitida Sentinel-1A va Sentinel-1B sun‘iy yo‘ldoshlari ma‘lumotlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ushbu sun‘iy yo‘ldoshlarning 6 yoki 12 kunlik qayta tashrif davri vaqtinchalik dekorrelyatsiya ta‘sirini kamaytirib, tez rivojlanadigan cho‘kish jarayonlarini aniqlash imkonini beradi. Interferogramma piksel o‘lchami 20×20 metr bo‘lgan holatda maksimal aniqlanadigan deformatsiya gradienti taxminan 1,4 sm ni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkich eski avlod sun‘iy yo‘ldoshlari — masalan, 24 yoki 35 kunlik qayta tashrif davriga ega platformalarga nisbatan ancha yuqori aniqlik beradi va monitoring samaradorligini oshiradi. Small Baseline Subsets (SBAS) va Interferometric Point Target Analysis (IPTA) algoritmlarini birgalikda qo‘llash orqali Xondiza koni hududida deformatsiyaning fazoviy uzluksiz xaritasini tuzish mumkin. Ushbu yondashuv vaqt va fazo bo‘yicha barqaror nuqtalarni aniqlab, har bir nuqta uchun deformatsiyaning vaqt qatorini tiklash imkonini beradi. Dastlabki tahlillar ayrim faol qazib olinayotgan uchastkalarda yiliga bir necha o‘n santimetrgacha yetuvchi cho‘kish tezliklari kuzatilishi mumkinligini ko‘rsatadi. Shunday qilib, InSAR texnologiyasi Xondiza konida yer yuzasi deformatsiyasini tizimli ravishda monitoring qilish, sanoat xavfsizligini mustahkamlash hamda ekologik boshqaruvni takomillashtirish uchun samarali ilmiy asos yaratadi va kelgusida barqaror konchilik strategiyasini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

InSAR deformatsiyani monitoring qilish texnologiyasi. SAR turidagi sun‘iy yo‘ldoshlar Yer yuzasini tasvirga olish jarayonida faza va intensivlik ma‘lumotlarini qayd etadi. Interferometrik Sintetik Aperturali Radar (InSAR) usulida ikki turli vaqt oralig‘ida olingan radar tasvirlari kompleks ko‘paytiriladi va natijada interferometrik faza farqi hosil

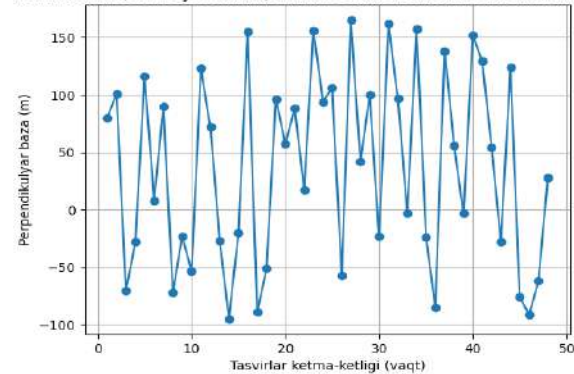
qilinadi. Mazkur faza farqi sensor bilan nishon orasidagi ko'rish yo'nalishi (LOS) bo'ylab sodir bo'lgan siljishni ifodalaydi. Surxondaryo viloyatining Sariosiyo tumanida joylashgan Xondiza polimetall koni sharoitida ushbu texnologiya yer osti qazib olish natijasida yuzaga keladigan deformatsion jarayonlarni baholashda qo'llanilishi mumkin. Interferometrik faza umumiy ko'rinishda $\varphi_{int} = \varphi_{top} + \varphi_{flat} + \varphi_{def} + \Delta\varphi_{atm} + \Delta\varphi_n$ (2) ifodasi bilan tavsiflanadi [3]. Bu yerda topografik faza relyef ta'sirini, tekislik fazasi geometrik tuzatishni, deformatsion faza esa yer yuzasining siljishini bildiradi. Atmosfera va shovqin omillari natijani buzishi mumkinligi sababli, tashqi raqamli relyef modeli (DEM) hamda geometrik parametrlar yordamida ortiqcha komponentlar ajratib tashlanadi. Shundan so'ng deformatsiya miqdori $\varphi_{def} = (4\pi / \lambda) \Delta R$ (3) tenglamasi asosida aniqlanadi [5]. Xondiza koni hududida atmosfera sharoitlari, baland tog' relyefi va o'zgaruvchan namlik fazoviy hamda vaqtinchalik dekorrelyatsiyani kuchaytirishi mumkin. Shu bois Small Baseline Subsets (SBAS) va Interferometric Point Target Analysis (IPTA) algoritmlarini birgalikda qo'llash maqsadga muvofiqdir. Ushbu yondashuv orbitaviy ajralishi kichik bo'lgan interferometrik juftliklarni tanlash, barqaror kogerent nuqtalarni aniqlash hamda har bir nuqta uchun deformatsiyaning vaqt qatorini tiklash imkonini beradi. Natijada kon hududida sodir bo'layotgan cho'kish jarayonlarini yuqori aniqlikda monitoring qilish va xavfsizlik choralarini belgilash imkoniyati yaratiladi.

Natijalar. Mazkur tadqiqotda Surxondaryo viloyatining Sariosiyo tumanida joylashgan Xondiza polimetall koni hududida yer yuzasi deformatsiyasini monitoring qilish maqsadida Sentinel-1 sun'iy yo'ldoshining IW (Interferometric Wide Swath) rejimidagi SLC ma'lumotlaridan foydalanildi. Tahlil jarayonida tashqi balandlik ma'lumotlari sifatida SRTM raqamli relyef modeli (DEM) qo'llanilib, interferometrik fazani topografik komponentdan tozalash amalga oshirildi [2-5].

2025-yil martidan 2026-yil yanvargacha bo'lgan davrni qamrab olgan 46 ta radar tasviri asosida IPTA (Interferometric Point Target Analysis) texnologiyasi yordamida deformatsiya hisoblandi. Vaqt bazasi 50 kundan kam hamda fazoviy baza 180 metr chegarasida tanlangan

interferometrik juftliklar orqali jami 162 ta interferogramma shakllantirildi. Bu 1-rasmdagi baza grafidagi ko'rsatilgan.

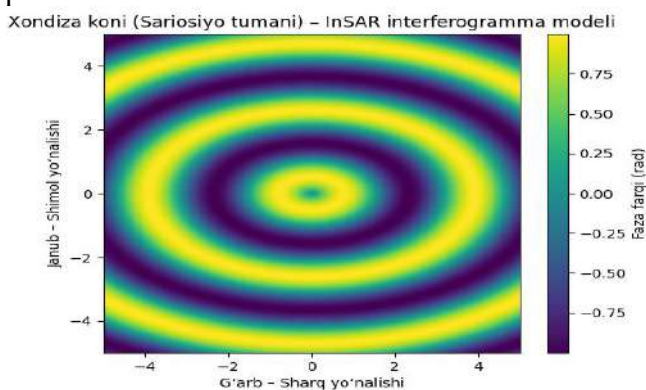
Xondiza koni (Sariosiyo tumani) uchun Sentinel-1 interferometrik baza grafigi



1-rasm. Interferometrik juftliklarni hisoblashda foydalanilgan baza chizig'i grafigi.

Ushbu interferogrammalar SBAS yondashuvi bilan kombinatsiyalangan holda qayta ishlanib, vaqtinchalik va fazoviy dekorrelyatsiya ta'siri minimallashtirildi. Kogerent nuqtalarni aniqlash mezoni optimallashtirilib, yuqori barqarorlikka ega nuqtalar zichligi oshirildi. Natijada 1 milliondan ortiq kogerent nuqta nomzodlari ajratib olindi va ular asosida deformatsiyaning vaqt qatori tiklandi. GAMMA dasturiy muhitida amalga oshirilgan qayta ishlash jarayoni har bir nuqta bo'yicha cho'kish tezligini aniqlash hamda konchilik faoliyati bilan bog'liq deformatsiya dinamikasini baholash imkonini berdi. Shuningdek, fazoviy filtrlash va atmosfera ta'sirini kamaytirish bosqichlari qo'llanilib, yakuniy natijalarning ishonchligi oshirildi. Olingan ma'lumotlar GIS muhitida vizuallashtirilib, deformatsiya xaritalari tuzildi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, faol qazib olinayotgan uchastkalarda maksimal vertikal siljish 0,12–0,27 metr diapazonda qayd etilgan. Ayrim zonalarda yiliga 8–10 sm gacha yetuvchi cho'kish tezliklari aniqlanib, ular kon ishlari jadalligi bilan bevosita bog'liq ekanligi kuzatildi. Deformatsiya maydoni fazoviy jihatdan uzluksiz bo'lib, markaziy cho'kish zonasi atrofida gradientning asta-sekin kamayishi qayd etildi. Oldingi avlod SAR ma'lumotlari bilan solishtirganda, Sentinel-1 ning 12 kunlik qayta tashrif davri tez rivojlanadigan deformatsiya jarayonlarini aniqlashda sezilarli ustunlik berdi. Deformatsiya vaqt qatori tahlili Xondiza konining ayrim uchastkalarida cho'kish jarayoni noxiziqli xarakterga ega ekanini, ya'ni

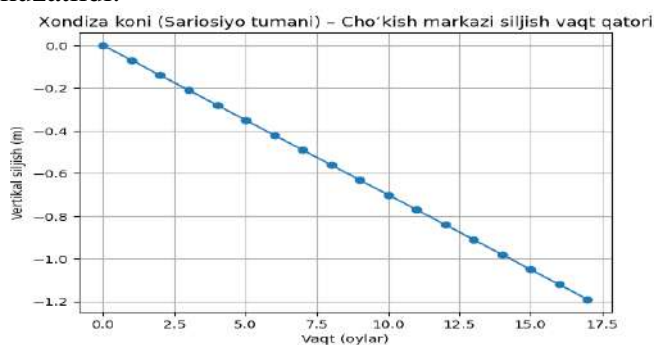
vaqt o'tishi bilan tezlikning o'zgarib borishini ko'rsatdi. Ayrim davrlarda qazib olish hajmining oshishi bilan siljish tezligi keskin ortgan, keyingi bosqichlarda esa nisbatan barqarorlashgan. Bu natijalar kon hududida geodinamik jarayonlarni nazorat qilish, yer usti inshootlari xavfsizligini baholash, sanoat infratuzilmasini himoyalash va uzoq muddatli monitoring tizimini shakllantirish uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi hamda hududiy rejalashtirish jarayonlarida samarali qo'llanishi mumkin.



2-rasm. Xondiza koni (Sariosiyo tumani) hududining deformatsiya vaqt qatori.

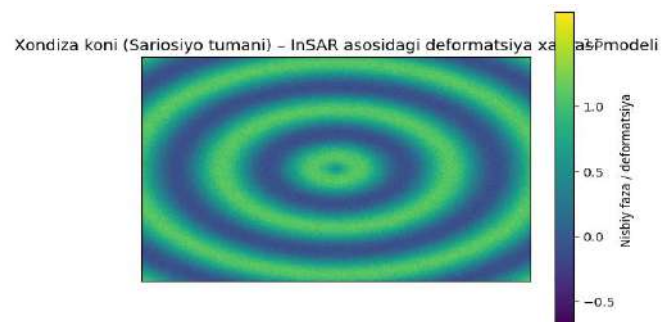
(Pastki fon tasvirlari Sentinel-1 radar ma'lumotlari asosida shakllantirilgan bo'lib, ularning ustiga joylashtirilgan rangli interferensiya halqalari yer yuzasi siljish tezligini ifodalaydi; bitta rang sikli taxminan 12 sm vertikal cho'kish miqdoriga mos keladi.)

Vaqt qatori tahlilida yettinchi interferometrik tasvirda rasmning janubi-sharqiy qismida qo'shimcha uchta lokal cho'kish markazi aniqlanib, ular faol qazib olinayotgan uchastkalar bilan bog'liqligi kuzatildi.



3-rasm. Xondiza koni (Sariosiyo tumani) hududidagi eng intensiv cho'kish kuzatilgan nuqtaviy nishonning vaqt qatori.

Mazkur grafikda eng faol deformatsiya zonasida joylashgan tanlangan nuqtaning (nuqta ID: XZ-01, piksel koordinatalari x: 2249, y: 331) vaqt bo'yicha vertikal siljishi tasvirlangan. Hisob-kitoblarga ko'ra, ushbu nuqtada o'rtacha cho'kish tezligi yiliga taxminan 12 sm ni tashkil etadi [6]. Vaqt qatori tahlili deformatsiya jarayonining bosqichma-bosqich kuchayib borishini hamda qazib olish ishlari jadalligi bilan uzviy bog'liqligini ko'rsatadi.



4-rasm. Xondiza koni (Sariosiyo tumani) hududining InSAR asosidagi deformatsiya xaritasi.

4-Rasmda Sentinel-1 ma'lumotlari asosida modellashtirilgan interferometrik faza taqsimoti ko'rsatilgan. Fon qismi hududning umumiy relyef va yer qoplamasi xususiyatlarini aks ettiradi, markaziy qismda esa konsentrik interferensiya halqalari faol cho'kish zonasini ifodalaydi. Rang o'zgarishlarining zichlashuvi deformatsiya gradientining ortib borishini bildiradi.

Markaziy cho'kish hududi Xondiza konining faol qazib olinayotgan uchastkalariga to'g'ri keladi. Periferik zonalarda esa deformatsiya intensivligi pasayib boradi, bu tog' jinslari massividagi kuchlanishlarning fazoviy taqsimlanishi bilan izohlanadi. Ushbu xarita kon hududida geodinamik jarayonlarni baholash, xavfli zonalarni aniqlash va monitoring strategiyasini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda Surxondaryo viloyati Sariosiyo tumanida joylashgan Xondiza polimetall konida yer yuzasi deformatsiyasini aniqlash maqsadida Sentinel-1 SAR ma'lumotlari asosida InSAR texnologiyasi qo'llanildi. SBAS va IPTA algoritmlarini birgalikda qo'llash orqali kon hududida yuzaga kelayotgan deformatsiyaning fazoviy taqsimoti hamda vaqt bo'yicha rivojlanish dinamikasi baholandi. Natijalar yer osti qazib olish

jarayonlari ta'sirida ayrim uchastkalarda yiliga 10–12 sm gacha yetuvchi tez cho'kish kuzatilishini ko'rsatdi. Har bir barqaror kogerent nuqta uchun siljishning yig'ma vaqt qatori aniqlanib, deformatsiya jarayonining bosqichma-bosqich o'zgarishi tahlil qilindi. Qisqa qayta tashrif davriga ega Sentinel-1 ma'lumotlari tez rivojlanadigan geo-

dinamik jarayonlarni aniqlashda yuqori samaradorlik ko'rsatdi. InSAR natijalarini yer usti geodezik kuzatuvlari bilan integratsiyalash Xondiza konida xavfsizlikni oshirish va ekologik boshqaruvni takomillashtirish uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., & Sansosti, E. (2002). A new algorithm for monitoring surface deformation based on small baseline differential SAR interferograms. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40, 2375–2383.
- [2] Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2001). Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 8–20.
- [3] Graham, L. C. (1974). Synthetic interferometric radar for topographic mapping. *Proceedings of the IEEE*, 62, 763–768.
- [4] Werner, C., Wegmuller, U., Strozzi, T., & Wiesmann, A. (2003). Interferometric point target analysis for deformation mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41, 4362–4364.
- [5] Zhang, X. D., Ge, D. Q., Wu, L. X., Zhang, L., Wang, Y., & Guo, X. F. (2012). Monitoring land subsidence in mining cities based on coherent target small baseline InSAR. *Journal of China Coal Society*, 37, 1606–1611.
- [6] Ботиров, Ш. С., & Номдоров, Р. У. (2025). Мониторинг деформаций земной поверхности, вызванных подземными горными работами на месторождении Хондиза, на основе технологии InSAR и спутниковых изображений Sentinel-1. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 3(3), 88–93. <https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.30>

УДК: 004.942

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.23

**МЕТОДИКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА
ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТЕХНОГЕННО
НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ «КРЕДО АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ»**



**Павловский Александр
Илларионович**

Белорусский национальный
технический университет,
Факультет горного дела и
инженерной экологии, Зав. каф.
«Горные работы», к. геогр. наук.,
доцент, Беларусь



**Кологривко Андрей
Андреевич**

Белорусский национальный
технический университет, Декан
факультета горного дела и
инженерной экологии, к.т.н.,
доцент, Беларусь



**Нарыжнова Евгения
Юрьевна**

Белорусский национальный
технический университет,
Факультет горного дела и
инженерной экологии, Кафедра
«Горные работы» Магистр
технических наук,
ст. преподаватель, аспирант,
Беларусь



**Бильдюк Егор
Викторович**

Белорусский национальный
технический университет,
Факультет горного дела и
инженерной экологии, Кафедра
«Горные работы» Магистр
технических наук,
ст. преподаватель, аспирант,
Беларусь

Аннотация. В статье представлен подход к оценке состояния геологической среды в районах открытых горных работ на основе перехода от дискретного геодезического мониторинга к непрерывному математическому моделированию в программном комплексе «КРЕДО Анализ пространственных данных». Рассмотрены принципы построения цифровых моделей рельефа, методы анализа деформаций, оценки устойчивости откосов и объемов перемещения горных масс. Научная новизна заключается в интеграции триангуляционного моделирования, GRID-интерполяции, веб-визуализации и анализа солнечной экспозиции для создания цифровых моделей техногенно нагруженных территорий и прогнозирования геомеханических процессов.

Ключевые слова: КРЕДО АПД, геодезический мониторинг, техногенная нагрузка, открытые горные работы, цифровая модель рельефа (ЦМР), интерполяция, пространственный анализ, геологическая среда, статистическая обработка.

**TEKNOLOGIK YUKLANGAN HUDUDLARDA GEOLOGIK MUHITNING
TRANSFORMATSIYASINI FAZOVIIY-VAQT TAHLIL QILISH METODIKASI
“KREDO FAZOVIIY MA’LUMOTLARNI TAHLIL QILISH” DASTURIY
TA’MINOTIDAN FOYDALANGAN HOLDA**

**Pavlovskiy Aleksandr
Illarionovich**

Belarus milliy texnika universiteti,
Konchilik va muhandislik
ekologiyasi fakulteti, “Kon ishlari”
kafedrasi mudiri, geografiya fanlari
nomzodi, dotsent, Belarus

**Kologrivko Andrey
Andreyevich**

Belarus milliy texnika universiteti,
Konchilik va muhandislik
ekologiyasi fakulteti dekani, texnika
fanlari nomzodi, dotsent, Belarus

**Naryjnova Yevgeniya
Yuryevna**

Belarus milliy texnika universiteti,
Konchilik va muhandislik
ekologiyasi fakulteti, “Kon ishlari”
kafedrasi, texnika fanlari magistri,
katta o‘qituvchi, doktorant, Belarus

**Bilydyuk Yegor
Viktorovich**

Belarus milliy texnika universiteti,
Konchilik va muhandislik
ekologiyasi fakulteti, “Kon ishlari”
kafedrasi, texnika fanlari magistri,
katta o‘qituvchi, doktorant, Belarus

Annotatsiya. Maqolada ochiq kon ishlari olib boriladigan hududlarda geologik muhit holatini baholashning yangi yondashuvi ko'rib chiqilgan. Ushbu yondashuv geodezik monitoringning diskret ma'lumotlaridan "KREDO Fazoviy ma'lumotlarni tahlil qilish" dasturi yordamida uzluksiz matematik modellashtirishga o'tishga asoslangan. Relyefning raqamli modellarini qurish, deformatsiyalarni tahlil qilish, bortlarning barqarorligini va tog' jinslari hajmining siljishini baholash usullari yoritilgan. Ilmiy yangilik triangulyatsiya, GRID-interpolyatsiya, veb-vizualizatsiya va quyosh ekspozitsiyasi tahlilini integratsiya qilish orqali texnogen yuklangan hududlarning raqamli modellarini yaratish va geomexanik jarayonlarni prognozlash imkoniyatini ta'minlashdan iborat.

Kalit so'zlar: CREDO APD, geodezik monitoring, texnogen yuklama, ochiq kon ishlari, relyefning raqamli modeli (RRM), interpolyatsiya, fazoviy tahlil, geologik muhit, statistik ishlov berish.

METHODOLOGY FOR SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT TRANSFORMATION IN TECHNICALLY IMPACTED AREAS USING THE "CREDO ANALYSIS OF SPATIAL DATA" SOFTWARE

**Pavlovskiy Aleksandr
Illarionovich**

Belarusian National Technical University, Faculty of Mining and Engineering Ecology, Head of the Department of Mining, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Belarus

**Kologrivko Andrey
Andreevich**

Belarusian National Technical University, Dean of the Faculty of Mining and Engineering Ecology, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belarus

**Naryjnova Yevgeniya
Yuryevna**

Belarusian National Technical University, Faculty of Mining and Engineering Ecology, Department of Mining, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, PhD Student, Belarus

**Bildyuk Yegor
Viktorovich**

Belarusian National Technical University, Faculty of Mining and Engineering Ecology, Department of Mining, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, PhD Student, Belarus

Abstract. The article presents an approach for assessing the state of the geological environment in open-pit mining areas based on the transition from discrete geodetic monitoring to continuous mathematical modeling using the CREDO Spatial Data Analysis software. The principles of digital terrain modeling, deformation analysis, slope stability assessment, and volume calculation of displaced rock masses are described. The scientific novelty lies in integrating triangulation, GRID interpolation, web visualization, and solar exposure analysis to create digital models of technogenically disturbed areas and to improve geomexanical hazard prediction.

Keywords: CREDO APD, monitoring, technogenic load, open-pit mining, digital elevation model, interpolation, spatial analysis.

Введение. Открытая добыча полезных ископаемых неизбежно приводит к формированию экстремальных техногенных нагрузок на геологическую среду. Процесс существенного изменения геометрии земной поверхности, выраженный в создании глубоких карьерных выемок и масштабных насыпных отвалов, провоцирует коренное перераспределение напряжений в литосфере. Подобные трансформации требуют внедрения систем высокоточного мониторинга, способных фиксировать даже незначительные подвижки массива. Актуальность исследования обусловлена необходимостью интеграции данных наземных геодезических измерений и материалов дистанционного зондирования с беспилотных летательных аппаратов в единую

аналитическую систему, предназначенную для оперативного прогнозирования чрезвычайных ситуаций геомеханического характера.

Материалы и методы. Математический фундамент моделирования в программном комплексе «КРЕДО Анализ пространственных данных» (далее — КРЕДО АПД) базируется на решении задачи аппроксимации нерегулярно расположенных точек мониторинга. В рамках проведенного исследования для построения цифровых моделей различными методами интерполяции в среде КРЕДО АПД был задействован массив, включающий около 10 тысяч точек.

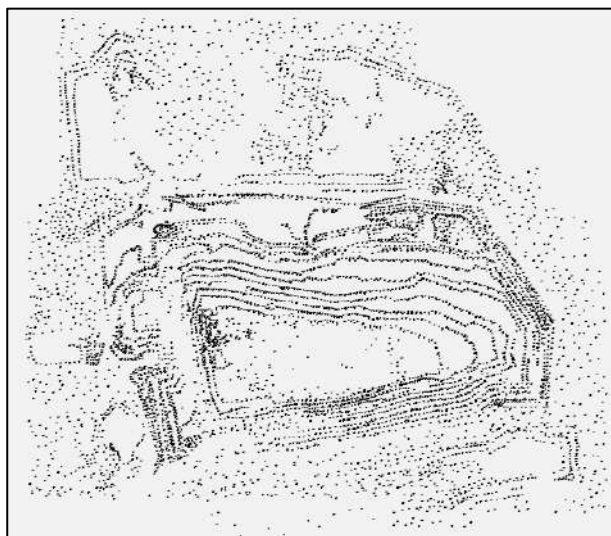


Рис.1. Отображение исходного массива точек территории до применения методов интерполяции.

Одной из ключевых особенностей работы с объектами открытых горных работ является наличие резких перегибов рельефа, таких как бровки и подошвы уступов. В отличие от упрощенных методов интерполяции, алгоритмы КРЕДО АПД реализуют построение цифровых моделей на основе триангуляции (TIN) с обязательным учетом структурных линий. Данный подход позволяет сохранить геометрию физически значимых граней объекта и исключить математическое сглаживание элементов рельефа, что напрямую влияет на точность оценки устойчивости бортов в условиях высокой техногенной нагрузки.

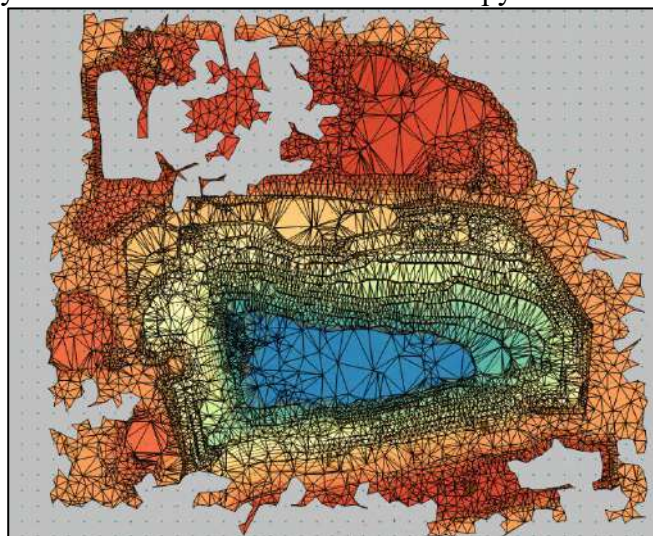


Рис.2. Цифровая модель поверхности (TIN), построенная по массиву из 10 000 точек.

Данный подход позволяет сохранить геометрию физически значимых граней объекта и исключить математическое сглаживание элементов рельефа, что напрямую влияет на точность оценки устойчивости бортов.

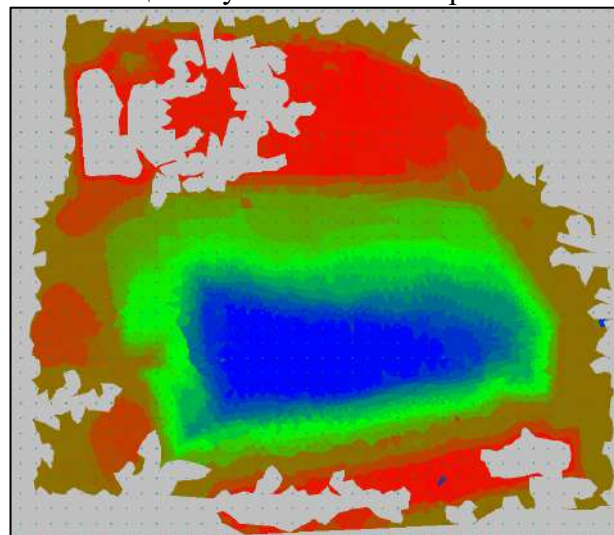


Рис.3. Цифровая модель поверхности, построенная на основе метода Nearest Neighbor (Ближайший сосед).

Для последующего глубокого статистического анализа данные преобразуются в регулярную сетку (GRID). Значение в каждом узле такой матрицы рассчитывается методом взвешенной интерполяции, что позволяет сформировать статистически однородное поле для сопоставления временных циклов наблюдений и выявления динамики изменений в геологической среде. Обоснование точности моделей реализуется через расчет средней квадратической ошибки, а функционал программы обеспечивает автоматическую генерацию карт отклонений, позволяя исследователю выявлять грубые ошибки измерений и исключать их из анализа техногенного воздействия.

Центральным инструментом пространственно-временного анализа выступает дифференциация поверхностей. Путем математического вычитания цифровых моделей разных лет формируется карта разностей, визуализирующая зоны аккумуляции массы (насыпные отвалы) и зоны дефицита массы (карьерные выемки). Использование метода призм в «КРЕДО АПД» позволяет рассчитывать объемы

перемещенных горных масс с точностью, значительно превосходящей традиционные профильные сечения. Параллельно с вертикальными смещениями программа позволяет проводить расчет градиентов поверхности, на основе которых строятся карты критических углов наклона.

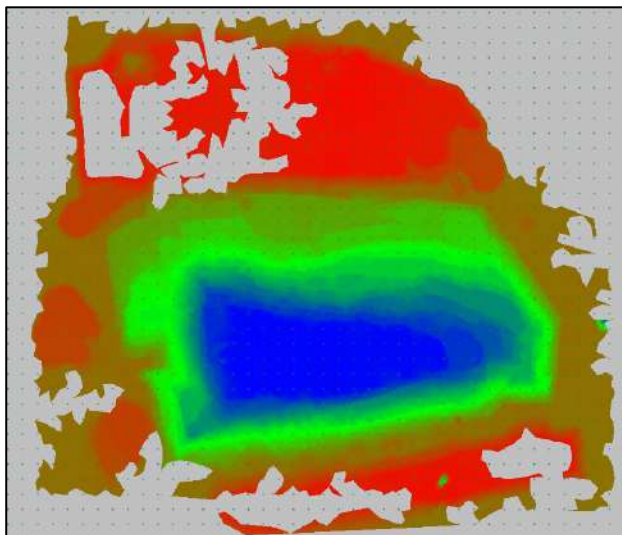


Рис.4. Цифровая модель поверхности, полученная с использованием алгоритма интерполяции *Natural Neighbor* (Естественный сосед).

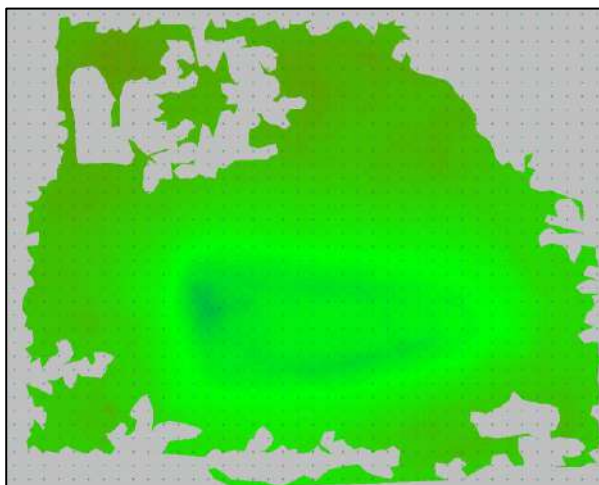


Рис.5. Цифровая модель поверхности, построенная с применением метода *Inverse Distance Weighting* (Обратные расстояния).

Существенным дополнением к анализу устойчивости является возможность оценки солнечной экспозиции бортов карьера. Учитывая географическое положение объектов (например, карьер «Микашевичи»), рас-

положенных севернее экватора, инсоляция распределяется неравномерно. Настройка 3D-освещения в «КРЕДО АПД» позволяет моделировать положение солнца в разное время суток (западное, южное направление) и оценивать степень прогрева склонов.

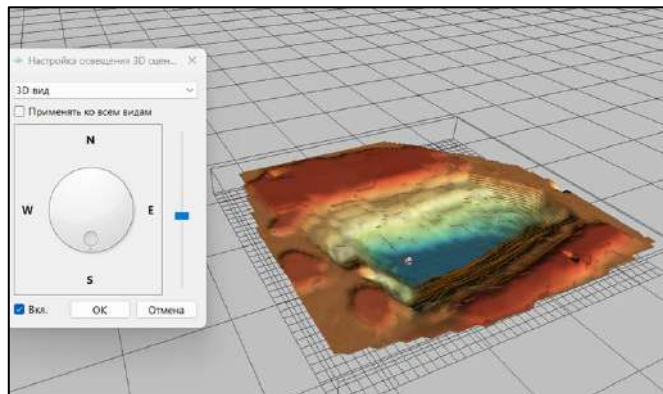


Рис.6. Модель освещенности бортов карьера при южном направлении источника освещения.

Установлено, что северный борт карьера, получая больше прямого солнечного воздействия, быстрее подвергается просушке, в то время как южный борт дольше остается в тени, что способствует его избыточному обводнению.

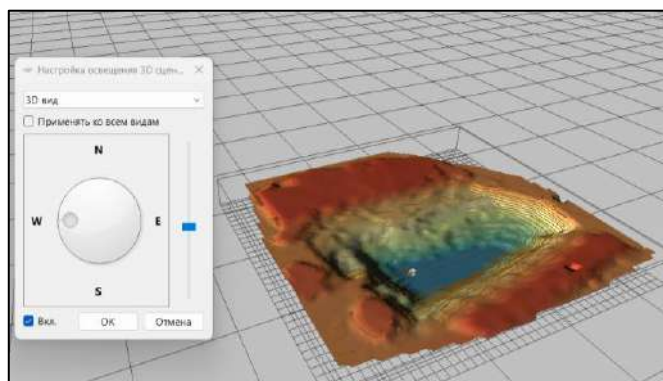


Рис.7. Модель освещенности бортов карьера при западном направлении источника освещения.

Интеграция данных по солнечной экспозиции с картами градиентов позволяет более точно прогнозировать участки, подверженные риску сползания из-за переувлажнения грунтов.

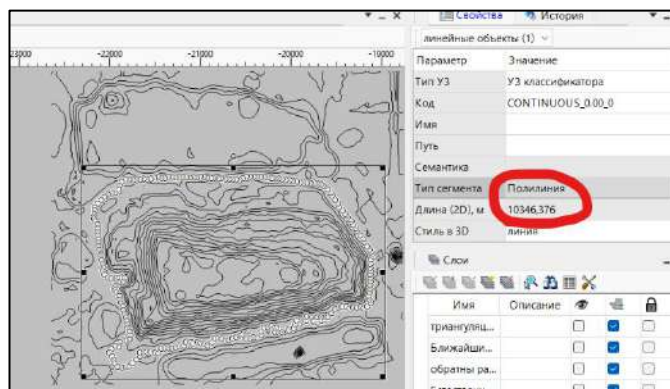


Рис.8. Пример выделения полилинии с демонстрацией определения ее длины.

Дополнительным инструментом анализа является возможность импорта DXF-файлов, содержащих геометрические элементы карьера. После импорта пользователь может выделять отдельные полилинии и выполнять измерение их длины непосредственно в программной среде. Это позволяет использовать цифровые контуры уступов, берм и других структурных элементов для количественного анализа геометрии объекта. Ключевой особенностью системы является возможность работы с полилиниями непосредственно в ее среде. Это избавляет от типичных для многих программ ограничений и позволяет связать геомет-

рические параметры с аналитикой. На рисунке 8 продемонстрирован этот процесс: выбор конкретной линии и расчет ее протяженности, что необходимо для оценки параметров структурных элементов карьерного рельефа.


Заключение. Резюмируя, можно сказать, что использование «КРЕДО АПД» дает преимущество по времени, не жертвуя при этом точностью вычислений. Сочетание регулярных матриц и анализа инсоляции (солнечного освещения) дает возможность фиксировать микродеформации порядка 5–10 мм., что позволяет более гибко учитывать климатические риски и повышать общую безопасность ведения горных работ. Предложенная методика является фундаментом для создания «цифровых двойников» месторождений, обеспечивая комплексный подход к мониторингу геологической среды и безопасности техногенно нагруженных территорий.

Исследования выполнены в рамках реализации проекта БРФФИ–МИРРУ № X25УЗБ-054 «Особенности обеспечения геологической безопасности техногенно нагруженных территорий в процессе разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом» на 2025–2027 гг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] КРЕДО-Диалог. (2024). КРЕДО АПД. Анализ пространственных данных: руководство пользователя. Минск: Кредо-Диалог.
- [2] Заиров, Ш. Ш., Номдоров, Р. У., Бильдюк, Е. В., & Олимов, Ф. М. (2024). Способ повышения устойчивости бортов карьера путем формирования вогнутого профиля откоса высокого уступа. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(S4-1), 37–41. <https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.2.4-1.2024.15>
- [3] Кузьмин, Ю. О. (2014). Современная геодинамика разломных зон: разломообразование в реальном масштабе времени. *Геодинамика и тектонофизика*, 5(2), 401–443.
- [4] Кузьмин, Ю. О. (2014). Современная геодинамика разломных зон: разломообразование в реальном масштабе времени. *Геодинамика и тектонофизика*, 5(2), 401–443.

UO‘K: 622.7:622.342(575.01)

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.33

KAULDI KONI OLTIN MA'DANLARI TEXNOLOGIK NAMUNALARINING SIANIDLASH KO'RSATKICHLARINI TADQIQ QILISH



**Samadov Alisher
Usmonovich**

*Texnika fanlari doktori, professor,
Olmaliq davlat texnika universiteti,
Olmaliq, O'zbekiston
E-mail:
alishersamadov@yandex.com
ORCID ID: 0000-0002-3522-8609
Science ID: DSN-0525-0012*



**Nurmuhammedov
Ibrohim
Sunnatullayevich**

*"Mineral resurslar instituti" DM
Ma'danli foydali qazilmalarni
boyitish texnologiyasi
laboratoriyasi boshlig'i, Toshkent,
O'zbekiston
E-mail: nurmuhammedov85@list.ru
ORCID ID: 0009-0001-3725-9986
Science ID: MTN-0525-0264*



**Xaydarov A'zamjon
Abdualiyevich**

*"Olmaliq kon-metallurgiya
kombinati" AJ, Olmaliq,
O'zbekiston
E-mail: azamjonxaydarov@mail.ru
ORCID ID: 0009-0008-0877-6117
Science ID: FTV-0326-0002*



**Jabborov Ergash
Yusuf o'g'li**

*"Mineral resurslar instituti" DM
kichik ilmiy xodimi, Toshkent,
O'zbekiston
E-mail:
ergashjabborov92@gmail.ru
ORCID ID: 0009-0008-0299-1529
Science ID: MSN 0525-0169*

Annotatsiya. Ushbu maqolada Kauldi koni oltin ma'danlarini moddiy tarkibini kimyoviy, ratsional tahlil qilish va dastlabki texnologik namunalarni sianlashga oid o'tkazilgan tajriba ishlari natijalari keltirilgan. Ma'dan o'rtacha namunasining kimyoviy tahlil natijalariga ko'ra oltinning o'rtacha miqdori 3,08 sh/b, kumushning miqdori esa 2,44 sh/b ni tashkil etdi. Ma'dan namunasidagi sianidlash mumkin bo'lgan erkin oltin 90%, kumush esa 91,36% ni tashkil etadi; Sb va As minerallari va birikmalari bilan bog'langan oltin 2,9% va kumush 1,23%; temir va marganets karbonatlari va gidroksidlari bilan bog'langan oltin 0,32%, kumush 0,82%; sulfidlar (pirit, arsenopirit) bilan bog'langan oltin 6,45%, kumush 2,47%; kvarts, alyumosilikatlar va boshqa kislotada erimaydigan minerallar tarkibidagi oltin 0,32%, kumush 4,16% ni tashkil qiladi. Dastlabki ma'dan va boyitish mahsulotlarini to'g'ridan-to'g'ri sianidlash bo'yicha sinovlar o'tkazildi. Oltinni erituvchi birikma sifatida natriy sianidi va uning o'rnini bosuvchi Jinchan (Xitoy) reagentidan foydalanildi. O'tkazilgan tajribalar natijasida oltinni eritmaga o'tkazish bo'yicha optimal rejim aniqlandi. Ma'danni -0,044 mm o'lchamgacha yanchib, natriy sianidi konsentratsiyasi 0,07% (1,4 kg/t) va jarayon davomiyligi 36 soat bo'lganda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi 90% va kumushniki 88,36% ni tashkil qildi. Jinchan reagentini qo'llab o'tkazilgan tajribalar ushbu reagentni qo'llab olingan natijalar sianidni qo'llab olingan natijalar bilan teng natijalarni olish imkonini berishini ko'rsatdi. Ma'danni -0,044 mm o'lchamgacha yanchib, Jinchan reagenti konsentratsiyasi 0,3% (6 kg/t) va jarayon davomiyligi 24 soat bo'lganda tanlab eritilganda oltinning eritmaga ajralishi 91,55% va kumushniki 91,72% ni tashkil qildi.
Kalit so'zlar: oltin, sianlash, Kauldi koni, ratsional tahlil, kimyoviy tahlil, eritmaga ajralishi, yanchish, natriy sianid, Jinchan.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИАНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАУЛДЫ

**Самадов Алишер
Усмонович**

Доктор технических наук,
профессор, Алмалыкский
государственный технический
университет, Алмалык,
Узбекистан

**Нурмухаммедов
Иброхим
Суннатуллаевич**

Руководитель Лаборатории
технологий обогащения
минералов, Государственная
служба образования «Институт
минеральных ресурсов»,
Ташкент, Узбекистан

**Хайдаров Аъзамжон
Абдуллаевич**

АО «Алмалыкский горно-
металлургический комбинат»,
Алмалык, Узбекистан

**Жабборов Эргаш Юсуф
угли**

Младший научный сотрудник
Института минеральных
ресурсов, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по химическому и рациональному анализу вещественного состава золотосодержащих руд месторождения Каульды, а также по цианированию исходных технологических проб. По результатам химического анализа пробы руды среднее содержание золота составило 3,08 у/е, серебра — 2,44 у/е. В пробе руды содержание свободного, поддающегося цианированию золота составило 90%, серебра — 91,36%; золото, связанное с минералами и соединениями Sb и As составило 2,9%, серебра — 1,23%; золото, связанное с карбонатами и гидроксидами железа и марганца — 0,32%, серебра — 0,82%; золото, связанное с сульфидами (пирит, арсенипирит) — 6,45%, серебра — 2,47%; золото в виде мелких включений в кварце, алюмосиликатах и других кислотонерастворимых минералах — 0,32%, серебра — 4,16%. Проведены испытания по прямому цианированию исходной руды и продуктов обогащения. В качестве выщелачивающего реагента использован цианида натрия и реагент Jinchap (КНР). По результатам проведенных экспериментов определен оптимальный режим перевода золота в раствор. При измельчении руды до класса крупности $-0,044$ мм, концентрации цианистого натрия 0,07% (1,4 кг/т) и продолжительности процесса 36 ч извлечение золота в раствор составило 90%, серебра — 88,36%. Эксперименты с применением реагента Jinchap показали возможность получения результатов, сопоставимых с результатами выщелачивания с использованием цианистого натрия. При измельчении руды до $-0,044$ мм, концентрации реагента Jinchap 0,3% (6 кг/т) и продолжительности процесса 24 ч при селективном выщелачивании извлечение золота в раствор составило 91,55%, серебра — 91,72%.

Ключевые слова: золото, цианирование, месторождение Каульды, рациональный анализ, химический анализ, извлечение в раствор, измельчение, цианид натрия, Jinchap.

STUDY OF CYANIDATION PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL SAMPLES OF GOLD-BEARING ORES FROM THE KAULDY DEPOSIT

Samadov Alisher

Doctor of Technical Sciences,
Professor, Almalyk State Technical
University, Almalyk, Uzbekistan

**Nurmukhammedov
Ibrokhim**

Head of the Mineral Enrichment
Technology Laboratory of the State
Education Service "Institute of
Mineral Resources", Tashkent,
Uzbekistan

Khaidarov Azamjon

"Almalyk Mining and Metallurgical
Combine" JSC, Almalyk,
Uzbekistan

Jabbarov Ergash

Junior Researcher at the Mineral
Resources Institute, Tashkent,
Uzbekistan

Abstract. This article presents the results of experimental studies on the chemical and rational analyses of the material composition of gold-bearing ores from the Kauldy deposit, as well as on the cyanidation of initial technological samples. According to the chemical analysis of the average ore sample, the average gold content was 3.08 c/u and the silver content was 2.438 c/u. In the ore sample, the proportion of free, cyanide-leachable gold was 90%, and that of silver was 91.36%; gold associated with Sb and As minerals and compounds accounted for 2.9%, silver for 1.23%; gold associated with iron and manganese carbonates and hydroxides accounted for 0.32%, silver for 0.82%; gold associated with sulfides (pyrite, arsenopyrite) accounted for 6.45%, silver for 2.47%; gold occurring as fine inclusions within quartz, aluminosilicates, and other acid-insoluble minerals accounted for 0.32%, while silver accounted for

4.16%. Tests were carried out on the direct cyanidation of the initial ore and beneficiation products. The Jinchan reagent (PRC) was used as a leaching agent as an alternative to sodium cyanide. Based on the experimental results, the optimal conditions for gold dissolution were determined. When the ore was ground to a particle size of -0.044 mm, with a sodium cyanide concentration of 0.07% (1.4 kg/t) and a leaching duration of 36 h, gold extraction into solution reached 90%, while silver extraction reached 88.36%. Experiments using the Jinchan reagent demonstrated that results comparable to those obtained using sodium cyanide can be achieved. When the ore was ground to -0.044 mm, with Jinchan reagent concentration of 0.3% (6 kg/t) and a leaching duration of 24 h under selective leaching conditions, gold extraction into solution reached 91.55% and silver extraction reached 91.72%.

Keywords: gold, cyanidation, Kauldy deposit, rational analysis, chemical analysis, extraction into solution, grinding, sodium cyanide, Jinchan.

Kirish. So‘nggi o‘n yilliklarda erkin boyitiladigan (free-milling) oltin zaxiralarning kamayib borishi natijasida, oltin qazib olish sanoati e‘tiborini qiyin boyitiladigan oltin ma‘danlaridan oltin ajratib olishga qaratdi. Bunday ma‘danlar an‘anaviy sianidlash usullari yordamida oltinni ajratib olish darajasi pastligi bilan ajralib turadi [1]. Odatda, agar oltinni ajratib olish darajasi 80% dan kam bo‘lsa, oltin ma‘danlari qiyin boyitiluvchi ma‘dan sifatida tavsiflanadi [2-3]. Sulfidli qiyin boyitiluvchi oltin ma‘danlarida esa mayda oltin zarralari ko‘pincha pirit va arsenopirit kabi sulfid minerallar ichida mayda tarqalgan va kapsulalangan holatda uchraydi [4]. Shu sababli, bunday ma‘danlarni qayta ishlashdan oldin ishlov berish (pretreatment) usullarini qo‘llash talab etiladi. Bular jumlasiga kuydirish (roasting), bakterial oksidlash (biooksidlash) yoki avtoklavda bosim ostida oksidlash (pressure oxidation) kabi texnologiyalar kiradi [5-6-7]. Ma‘danning mineralogik tarkibi va oltin miqdoriga bog‘liq holda, odatda ma‘danning o‘zini emas, balki oltinga boy boyitmalarni qayta ishlash afzal hisoblanadi. Bunga flotatsiya kabi boyitish usullari yordamida sulfidli boyitmalar olish orqali erishiladi. Hosil bo‘lgan oltin boyitma tarkibida, odatda, oltinning katta miqdori hamda oltinning asosiy tashuvchilari bo‘lgan sulfid minerallarda (masalan, pirit va arsenopirit) mavjud bo‘ladi.

Kauldi koni ma‘danlaridan olingan texnologik namuna moddiy tarkibiga ko‘ra pirit qo‘shimchalariga ega bo‘lgan kulrang-oq va qaymoq-oq rangli kvarts-karbonatli metasomatitlar bilan ifodalanadi. Namunaning ma‘danli minerallashuvi asosan pirit, xalkopirit va xalkozin bilan ifodalangan.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Sianlash

tajribalari dastlabki ma‘dan va boyitish mahsulotlarida olib borildi. Bo‘tana aralashtirish usuli bilan sianlash jarayoni ochiq kolbalarda, Irgiredmet konstruksiyasidagi shisha-idish agitatsorida 1-rasmda keltirilgan sxema bo‘yicha amalga oshirildi. Tajribalar standart metodika asosida bajarildi: 100-200 g massadagi material namunalari himoya ishqori qo‘shilgan sianidli eritma bilan aralashtirildi. Eritmadagi natriy sianid konsentratsiyasi ikki indikator — Faygl reaktivi va kaliy yodid ishtirokida aniqlandi. Agar zarur bo‘lsa, ayni eritmalarda himoya ishqori konsentratsiyasini keyinchalik aniqlash maqsadida kaliy yodid qo‘llanildi. Bo‘tana tarkibidagi sianid va ohak miqdori ularning sarflanishiga qarab muntazam ravishda qo‘shib borildi. Sianid o‘rnini bosuvchi Jinchan reagenti (Xitoy) bilan olib borilgan eritish jarayoni ma‘dan va boyitish mahsulotlarini sianlashda qo‘llanilgan metodika asosida bajarildi.

1-jadval

Ma‘danning namunasining oltin va kumush bo‘yicha ratsional tahlil natijalari

Qimmatbaho metallarning mavjud shakllari va ularning ma‘danli minerallar bilan bog‘lanish xususiyati	Metallarning taqsimlanishi			
	Oltin		Kumush	
	sh/b	%	sh/b	%
Oltin va kumush tabiiy sof holatda bo‘lib, boshqa minerallar bilan o‘shimlar shaklida uchraydi: xloridlar, sulfatlar, oddiy kumush sulfidlar (sianidlash mumkin bo‘lgan).	2,79	90	2,22	91,36
Oltin va kumush Sb va As minerallari hamda kimyoviy birikmalari bilan birikkan holda (arsenopirit va Sb ning 5-valent birikmalaridan tashqari) uchraydi; ishqoriy ishlov berishdan so‘ng sianidlash mumkin.	0,09	2,9	0,03	1,23
Oltin va kumush kislotada eriydigan minerallar, temir va manganets oksidlar bilan bog‘langan holda uchraydi (karbonatlar, oksidlar va gidroksidlar); HCl bilan ishlov berilgach sianidlash mumkin.	0,01	0,32	0,02	0,82
Oltin va kumush sulfidlar (pirit va arsenopirit) ichida maydadispers shaklida tarqalgan; HNO ₃ bilan ishlov berilgach sianidlash mumkin.	0,2	6,45	0,06	2,47
Oltin va kumush kvarts, alyumosilikatlar va boshqa kislotada erimaydigan minerallar ichida uchraydi.	0,01	0,32	0,10	4,16
Ma‘dandagi jami:	3,1	100	2,43	100

1-jadval ma‘lumotlariga ko‘ra, tadqiq qilinayotgan ma‘dan namunasidagi sianidlash

mumkin bo'lgan erkin oltin miqdori 90%, kumush esa 91,36% ni tashkil etadi; Sb va As minerallari va birikmalari bilan bog'langan oltin 2,9%, kumush 1,23%; temir va marganets karbonatlari va gidroksidlari bilan bog'langan oltin 0,32%, kumush 0,82%; sulfidlar (pirit, arsenopirit) bilan bog'langan oltin 6,45%, kumush 2,47%; kvarts, alyumosilikatlar va boshqa kislotada erimaydigan minerallar ichidagi oltin 0,32%, kumush 4,16% ni tashkil qiladi.

Natijalar va muhokama. Dastlabki materialda, sianlashdan keyingi qoldiqlarda (keklarda) hamda sianidli eritmalarda qimmatbaho metallar miqdori atom-absorbtsion spektrometr yordamida kimyoviy usulda aniqlandi. Dastlabki ma'dan 0,044 mm dan 1 mm gacha bo'lgan turli yanchish yirikligida sianlash jarayoni amalga oshirildi.

MADANNI NATRIY SIAN BILAN TANLAB ERITISH SXEMASI



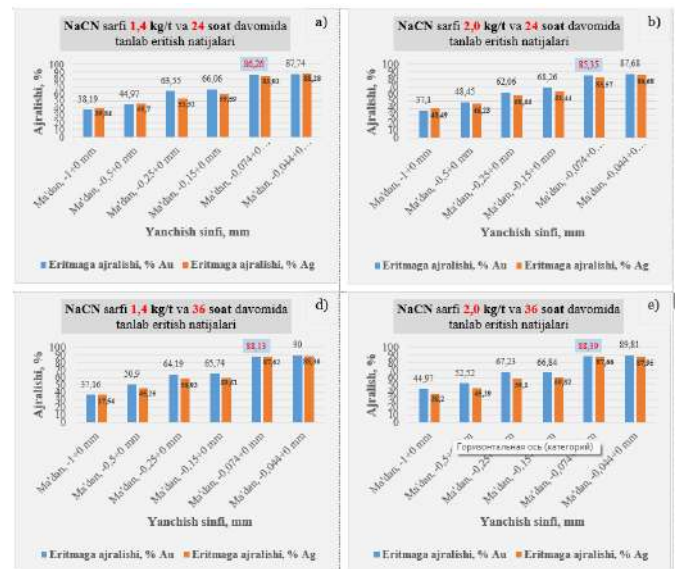
1-rasm. Ma'dan dastlabki namunasini turlik yirikliklarda va turli vaqt oraliqlarida, turli NaCN sarflarida tanlab eritish sxemasi.

Tajribalarda natriy sianid konsentratsiyasi 0,04%; 0,07% va 0,1% oraliqda o'zgartirildi, tanlab eritish davomiyligi esa 12 soatdan 48 soatgachani tashkil etdi. Tajribalar davomida o'zgarish parametrlar sifatida quyidagilar qabul qilindi: namuna massasi — 100–150 g, suyuqlik:qattiq modda nisbati (S:Q) — 2:1 hamda himoya ishqori konsentratsiyasi — 0,02%.

Madanni sianlash jarayonida qimmatbaho metallarni sianidli eritmaga eng yuqori ajralish ko'rsatkichlari ma'dan 0,044 mm yiriklikda maydalanganda, natriy sianid konsentratsiyasi 0,07% (1,4 kg/t) va jarayon davomiyligi 36 soat bo'lgan sharoitda olingan. Ma'danni optimal sharoitlarda sianlashda oltinni sianidli eritmaga ajralishi 90%, kumushniki esa 88,36%ni tashkil etdi. Shuningdek, 80% -0,074 mm yiriklikdagi ma'dan namunasini sianlashda, natriy sianid konsentratsiyasi 0,1% (2 kg/t) bo'lganda, oltinni

sianidli eritmaga ajralishi 73,03%, kumushni esa 70,82% ni tashkil qilgan.

Ma'danni qimmatbaho metallarni eritmaga o'tkazish maqsadida sianid o'rni bosuvchi Jinchan reagenti (Xitoyda ishlab chiqarilgan) sinovdan o'tkazildi.



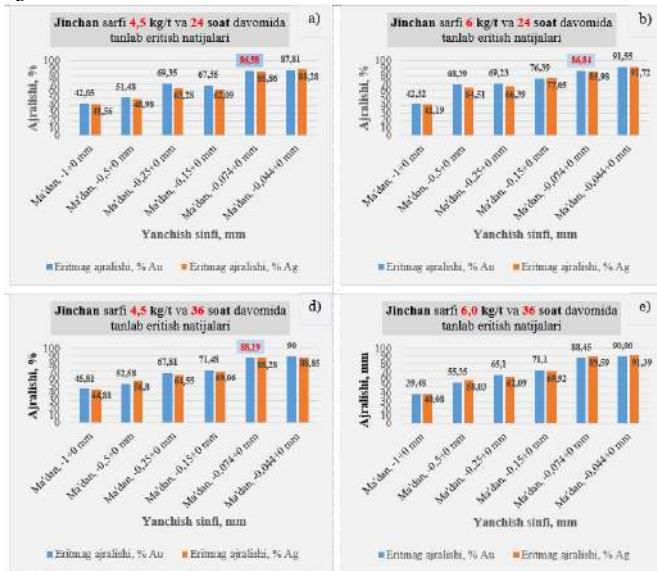
2-rasm. Turli NaCN sarfi va turli vaqt davomida tanlab eritishdagi metallarning eritmaga ajralish ko'rsatkichlari.

Ma'danni tanlab eritish olish tajribalari 1-rasmdagi sxema bo'yicha o'tkazilgan bo'lib, turli granulometrik tarkibdagi ma'danlar (0,044 mm dan 1 mm gacha) ishlatilgan. Tajribalarda Jinchan reagentining sarfi quyidagi oraliqda o'zgartirilgan: 1,5; 3; 4,5 va 6 kg/t (ya'ni 0,075; 0,15; 0,225 va 0,3%). Tanlab eritish davomiyligi 12-48 soat bo'lgan.

Tajribalarda doimiy parametrlar quyidagilar: Ma'dan namunasi miqdori – 100–150 g; Suyuq:qattiq nisbati (S:Q) = 2:1; Himoyalovchi ishqor (pH ni barqaror saqlash uchun) – 0,02%.

Sianid o'rni bosuvchi reagent Jinchanni qo'llash natriy sianid bilan olingan natijalar bilan deyarli teng samaradorlik beradi. Jinchan reagentidan foydalangan holda ma'danni yuvish jarayonida qimmatbaho metallarning eritmaga ajratib olinishi eng yuqori darajada ma'danning eng mayin -0,044 mm granulometrik fraksiyasida kuzatilgan. Optimal Jinchan konsentratsiyasi esa 0,3 % (6 kg/t) va jarayon davomiyligi 24 soat bo'lgan.

Ushbu optimal rejimda ma'danni Jinchan bilan tanlab eritish natijasida oltinning eritmaga ajratib olinishi – 91,55%, kumushning eritmaga ajratib olinishi – 91,72% bo'ldi.



3-rasm. Turli Jinchan sarfi va turli vaqt davomida tanlab eritishdagi metallarning eritmaga ajralish ko'rsatkichlari.

Shuningdek, ma'danning 80% – 0,074 mm fraksiyasida Jinchan konsentratsiyasi 0,07% (1,4 kg/t) bo'lgan holda, oltinning eritmaga ajratib

olinishi – 73,68%, kumushning eritmaga ajratib olinishi – 71,07% bo'lgan.

Xulosa. Natijalar tahlili Jinchan reagentining qo'llanishi orqali olinadigan oltin va kumushni ajratib olish ko'rsatkichlari sianidlash bilan deyarli bir xil darajada, ba'zi hollarda esa biroz yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Ma'danni yoki boyitish mahsulotlarini qayta ishlashda an'anaviy natriy sianidi yoki Jinchan reagentini tanlashda ushbu reagentlarni inson salomatligi va atrof-muhitga ta'siri darajasi bilan bir qatorda ularni qo'llashning iqtisodiy omillarini, jumladan, reagentlarni mahalliy yoki import mahsuloti ekanligi, reagentlarni saqlash va tayyorlashning o'ziga xos xususiyatlari, reagentlarning sarfi, ularni chiqindilar tarkibidagi qoldiq konsentratsiyasini zararasizlantirish majburiyati va unga sarf etiladigan reagentlar miqdori kabi omillarni hisobga olish muhim hisoblanadi.

Sianid bilan tanlab eritish ko'rsatkichlarini oshirish uchun chiqindilarni sianid bilan tanlab eritishdan oldin -0,044 mm o'lchamgacha qo'shimcha maydalash tavsiya etiladi. Shu bilan birga, ma'dan tarkibida ko'p miqdorda gil minerallari mavjudligi sababli, sianlash keki filtratsiyasida qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkinligini hisobga olish lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Barbouchi, A., Ayadi, S., Idouhli, R., Khadiri, M. E., Abouelfida, A., Barfoud, L., Faqir, H., Benzakour, I., & Benzakour, J. (2025a). Highly efficient pretreatment for refractory gold ores using persulfate, catalyst and free radical based advanced oxidation processes to improve cyanidation. *Hydrometallurgy*, 235.
- [2] Barbouchi, A., Er-Raqi, I., Hamchi, M., Idouhli, R., Khadiri, M., Abouelfida, A., El Alaoui-Chrifi, M. A., Faqir, H., Benzakour, I., & Benzakour, J. (2024a). Chemical oxidation of arsenopyrite by strong oxidizing agents for oxidative pretreatment of refractory arsenopyritic gold ores. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 185–194.
- [3] Barbouchi, A., Louarrat, M., Mikali, M., Barfoud, L., El Alaoui-Chrifi, M. A., Faqir, H., Benzakour, I., Idouhli, R., Khadiri, M. E., & Benzakour, J. (2024c). Advancements in improving gold recovery from refractory gold ores/concentrates: A review. *Canadian Metallurgical Quarterly*.
- [4] Badri, R., & Zamankhan, P. (2013). Sulphidic refractory gold ore pre-treatment by selective and bulk flotation methods. *Advanced Powder Technology*.
- [5] Hammerschmidt, J., Guntner, J., Kerstiens, B., & Charitos, A. (2016). Roasting of gold ore in the circulating fluidized-bed technology. In *Gold Ore Processing: Project Development and Operations*.
- [6] Mesa Espitia, S. L., & Lapidus, G. T. (2015). Pretreatment of a refractory arsenopyritic gold ore using hydroxyl ion. *Hydrometallurgy*, 153, 106–113.
- [7] Miller, P., & Brown, A. R. G. (2016). Bacterial oxidation of refractory gold concentrates. In *Gold Ore Processing: Project Development and Operations*.

UO‘K: 622.7:622.342(575.01)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.34

KAULDI KONI OLTIN MA'DANLARI TURLI KOMBINATSIYALASHGAN QAYTA ISHLASH SXEMALARINI TAHLIL QILISH



**Samadov Alisher
Usmonovich**

*Texnika fanlari doktori, professor,
Olmaliq davlat texnika universiteti,
Olmaliq, O'zbekiston*
E-mail:
alishersamadov@yandex.com
ORCID ID: 0000-0002-3522-8609
Science ID: DSN-0525-0012



**Nurmuhamedov
Ibrohim
Sunnatullayevich**

*"Mineral resurslar instituti" DM
Ma'danli foydali qazilmalarni
boyitish texnologiyasi
laboratoriyasi boshlig'i, Toshkent,
O'zbekiston*
E-mail: nurmuhamedov85@list.ru
ORCID ID: 0009-0001-3725-9986
Science ID: MTN 0525-0264



**Xamidullayev Baxrom
Narzullayevich**

*"Mineral resurslar instituti" DM,
"Olmaliq tajriba-sinov va
geoinnovatsion texnologiyalar
markazi" mudiri, Toshkent,
O'zbekiston*
E-mail: baxrom_0786@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-9066-1969
Science ID: FSN 0525-0188



**Hakimov Azamat
Xushbakovich**

*"O'zbek geologiya qidiruv" AJ
Laboratoriya boshlig'i, Toshkent,
O'zbekiston*
E-mail: Khakimov@gmail.com
Science ID: MTN 0525-0264

Annotatsiya. Ushbu maqolada Kauldi koni oltin ma'danlarini turli usullarni qo'llab boyitiluvchanligini o'rganish, jumladan ma'danni gravitatsion va flotatsion usulda boyitish bilan bir qatorda ushbu usullarni birgalikda kombinatsiya usulida qo'llash asosida ma'dan tarkibidagi qimmatbaho komponentlarni maksimal darajada samarali ajratib olish imkonini beruvchi texnologik yechimlar tahlil qilingan. Bunda boyitmalarni mis eritish zavodida eritish va sianidlash, boyitish chiqindilarini esa sianidlash usulini qo'llab qayta ishlash nazarda tutilgan. Bunda ma'dan tarkibida gil minerallari miqdori yuqoriligi sababli sianidlash qoldig'ini filtrlashda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni ham hisobga olish kerak bo'ladi. O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalari asosida Kauldi koni ma'danini 90% -0,074 mm o'lchamgacha yanchish, ikkitadan asosiy va nazorat flotatsiyasi, ushbu jarayonlar ko'pikli mahsulotini tozalash flotatsiyasi va flotatsiya chiqindisini sianidlashni o'z ichiga oluvchi flotatsiya-sianidlash sxemasi tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: Oltin, kumush, gravitatsiya, flotatsiya, yanchish, boyitish, boyitma, chiqindi, ajralishi, kombinatsiyalashgan sxema.

ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ СХЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАУЛЬДЫ

**Самадов Алишер
Усмонович**

*Доктор технических наук,
профессор, Алмалыкский
государственный технический
университет, Алмалык,
Узбекистан*

**Нурмухаммедов
Иброхим
Суннатуллаевич**

*Руководитель Лаборатории
технологий обогащения
минералов, Государственная
служба образования «Институт
минеральных ресурсов»,
Ташкент, Узбекистан*

**Хамидуллаев Бахром
Нарзуллаевич**

*Начальник Алмалыкским
центром опытно-
испытательных и
геоинновационных технологий ГУ
«Институт минеральных
ресурсов», Ташкент, Узбекистан*

**Хакимов Азамат
Хушбакович**

*Начальника лабораторий АО
«Узбекгеологоразведка»,
Ташкент, Узбекистан*

Аннотация. В данной статье проанализированы технологические решения, позволяющие максимально эффективно извлекать ценные компоненты из руды на основе изучения обогатимости золотосодержащих руд месторождения Каульды различными методами, включая гравитационное и флотационное обогащение руды, а также комбинированное применение данных методов. При этом предусматривается плавка и цианирование концентратов на медеплавильном заводе, а отходы обогащения перерабатываются методом цианирования.

При этом необходимо учитывать проблемы фильтрации цианистого остатка, обусловленные повышенным содержанием глинистых минералов в составе руды. На основании результатов проведённых лабораторных исследований для руды месторождения Каульды рекомендуется флотационно-цианистая схема, включающая измельчение руды до 90% класса -0,074 мм, проведение двух стадий основной и контрольной флотации, перечистную флотацию пенного продукта, а также цианирование хвостов флотации.

Ключевые слова: Золото, серебро, гравитация, флотация, измельчение, обогащение, концентрат, хвосты, извлечение, комбинированная схема.

STUDY OF VARIOUS COMBINED SCHEMES FOR PROCESSING GOLD-BEARING ORES OF THE KAULDY DEPOSIT

Samadov Alisher

Doctor of Technical Sciences,
Professor, Almalik State Technical
University, Almalik, Uzbekistan

**Nurmukhammedov
Ibrokhim**

Head of the Mineral Enrichment
Technology Laboratory of the State
Education Service "Institute of
Mineral Resources", Tashkent,
Uzbekistan

Khamidullaev Bakhrom

Head of the Almalik Center for
Experimental and Geoinformation
Technologies of the State Institution
"Institute of Mineral Resources",
Tashkent, Uzbekistan

Jabborov Ergash

Head of the laboratory of JSC
"Uzbekgeological Exploration",
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. This article analyzes technological solutions for maximizing the efficient extraction of valuable components from ore based on a study of the beneficiability of gold-bearing ores at the Kauldy deposit using various methods, including gravity and flotation concentration, as well as a combination of these methods. This involves smelting and cyanidation of concentrates at a copper smelter, while the waste is processed by cyanidation.

However, it is necessary to consider the challenges of filtering the cyanide residue due to the high clay mineral content of the ore. Based on the results of laboratory studies, a flotation-cyanide circuit is recommended for the Kauldy deposit. This circuit includes grinding the ore to 90% -0.074 mm, two stages of rougher and scavenger flotation, cleaning flotation of the froth product, and cyanidation of the flotation tailings.

Keywords: Gold, silver, gravity, flotation, grinding, enrichment, concentrate, tailings, extraction, combined scheme.

Kirish. So'nggi yillarda flotatsiya nazariyasidagi yutuqlar oltin va oltin-sulfidli birikmalarning ajratib olinishini boshqaruvchi murakkab fizik-kimyoviy jarayonlarni chuqurroq tushunishga imkon berdi. Klassik adsorbsiya, sirt oksidlanishi va ho'llanuvchanlik tushunchalaridan tashqari, zamonaviy tadqiqotlar flotatsiya jarayonida elektrokimyoviy reaksiyalar, mineral sirtlarining zaryadlanishi, gidrodinamik-kimyoviy o'zaro ta'sirlar hamda diksantogen kabi oraliq birikmalarning hosil bo'lishi muhim rol o'ynashini

ta'kidlamogda [1-5]. Flotatsiya jarayonini optimallashtirish uchun ortogonal rejalashtirish va javob yuzasi rejalari (response surface designs) kabi bir qator modellar qo'llanilishi mumkin. Ortogonal modellar asosan omillarni dastlabki tanlab olish (screening) uchun ishlatiladi va egri chiziqlilik (curvature) haqida cheklangan ma'lumot beradi va shu sababli murakkab javoblarni modellashtirish uchun yetarli emas deb hisoblanadi [6]. Box-Behnken va Markaziy kompozitsion dizayn (Central Composite Design, CCD) kabi javob yuzasi rejalari

bu borada imkoniyatlarni kengaytiradi, chunki ular kvadratik modellashtirishdan foydalanadi, biroq ularning ham o'ziga xos cheklovlari mavjud. CCD da faktorial va o'qli (axial) nuqtalarning mavjudligi ko'pincha amaliy yoki xavfsiz tajriba chegaralaridan chiqib ketishiga olib keladi. Box-Behnken dizayni esa tajriba nuqtalarini yuzaning markaziy qismida joylashtirib, tajriba makonining ayrim hududlarini o'rganilmay qolishiga sabab bo'ladi [7-9]. Bunga qarama-qarshi ravishda, Doehlert dizayni tajriba nuqtalarini butun tajriba domeni bo'ylab bir tekis taqsimlaydi, yuqori darajadagi barqarorlik va barqaror bashorat aniqligini ta'minlaydi. Shuningdek, bu dizayn har bir omilni turli darajalar sonida o'rganish imkonini beradi, bu esa katta moslashuvchanlikni ta'minlab, talab etiladigan tajribalar umumiy sonini kamaytiradi [10-11]. Ushbu xususiyatlar sababli Doehlert dizayni flotatsiya jarayonini optimallashtirish uchun ayniqsa samarali va mos keladi, chunki bunda tajriba domenini to'liq qamrab olish va javobni ishonchli modellashtirish muvaffaqiyatli optimallashtirish uchun muhim ahamiyatga ega. Tajriba dizayni va AQM tahlilini integratsiyalashgan yondashuv asosida qo'llagan holda, qiyin boyitiluvchi oltin ma'danida oltinni flotatsiya orqali ajratib olish darajasini oshirish va optimallashtirishdir. pH qiymati va zarracha o'lchamining taqsimoti (D80) ning ta'siri Doehlert dizayni va javob yuzasi metodologiyasi (RSM) kombinatsiyasida o'rganildi. Ushbu statistik vositalardan foydalanish tajribalar sonini minimalashtirish, tajriba omillarining nisbiy ta'sirini hamda ularning o'zaro ta'sirlarini baholash imkonini berdi. Shuningdek, flotatsiya jarayonini o'tkazishda modal mineralogiya, erkinlashish (liberation), assotsiatsiya va oltin hamda oltin tarkibli minerallarning qamalanganligi (locking) bo'yicha chuqur mineralogik tadqiqotlar natijalari asos bo'ldi.

Hozirgi vaqtda oltin va kumush kabi nodir metallarni o'z ichiga olgan juda ko'p miqdordagi texnogen va ikkilamchi chiqindilari mavjud. Bunday xom ashyoning har bir turi material tarkibining xususiyatlari va undagi oltin va nodir metallarning holatiga ko'ra ushbu nodir metallarni ajratib olishga o'ziga xos yondashuvni talab qiladi. Ma'lumki, turli xildagi texnogen chiqindilar va ikkilamchi manbalar asosan tog'-kon, foydali qazilmalarni boyitish, metallurgiya, maishiy texnika

ishlab chiqarish va energetika kabi sanoat komplekslari tomonidan atrof muhitga ajratib chiqariladi [12].

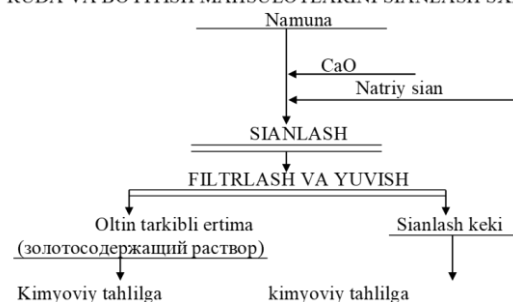
Adabiyotlar tahlili va metodlar. Sianlash tajribalari dastlabki ma'dan va boyitish mahsulotlarida olib borildi. Bo'tanani aralashtirish usuli bilan sianlash jarayoni ochiq kolbalarda, Irgiredmet konstruksiyasidagi shisha-idish agitatorida 1-rasmda keltirilgan sxema bo'yicha amalga oshirildi. Tajribalar standart metodika asosida bajarildi: 100–200 g massadagi material namunalari himoya ishqori qo'shilgan sianidli eritma bilan aralash-tirildi. Eritmadagi natriy sianid konsentratsiyasi ikki indikator — Faygl reaktivi va kaliy yodid ishtirokida aniqlandi. Agar zarur bo'lsa, ayni eritmalarda himoya ishqori konsentratsiyasini keyinchalik aniqlash maqsadida kaliy yodid qo'llanildi. Pulpa tarkibidagi sianid va ohak miqdori ularning sarflanishiga qarab muntazam ravishda to'ldirib borildi.

Ma'danni yanchish qattiq:suyuq:sharning 1:0,75:8 nisbatida 40ML laboratoriya tegirmonida amalga oshirildi.

Ma'danni gravitasion usulda boyitish 30 KS markali laboratoriya konsentrason stoli va Falcon L40 markali laboratoriya markazdan qochma konsentratorida amalga oshirildi.

Ma'danni (gravitatsiya chiqindisini) flotasion usulda boyitish kameralari o'lchami 3,0; 1,0 va 0,5l bo'lgan FM-1, FM-2, FL-237 flotasion mashinalarda amalga oshirildi. Boyitmalarni to'plash maqsadida yiriklashtirilgan tajribalar FL-60 qo'sh-kamerali flotasion mashinada bajarildi.

RUDA VA BOYITISH MAHSULOTLARINI SIANLASH SXEMASI



1-rasm. Madan dastlabki namunasini turli yirikliklarda va turli vaqt oraliqlarida, turli NaCN sarflarida tanlab eritish sxemasi.

Natijalar va muhokama. 1-jadvalda ma'danni turli usullarni alohida va kombinatsion usulda qo'llab qimmatbaho metallarni yakuniy

ajratib olish ko'rsatkichlari keltirilgan.

Bunda ma'danni to'g'ridan to'g'ri sianidlash, gravitatsiya+sianidlash, gravitatsiya+flotatsiya+sianidlash sxemalarini qo'llab qayta ishlash natijalari keltirilgan. Bundan tashqari boyitmalarni qayta ishlashning ikki usuli – boyitmalarni mis eritish zavodida eritish va sianidlash usullarini qo'llab qayta ishlash natijalari ko'rib chiqilgan.

1-jadval

Kauldi koni ma'danlarini qayta ishlashning turli sxemalari bo'yicha umumiy natijalar

Qayta ishlash jarayoni	Mahsulotlarga ajralishi, %		Sianlashni hisobga olgan holda ajralish, %		Boyitmani eritishni hisobga olgan holda ajralish (97%), %	
	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
To'g'ridan-to'g'ri sianlash						
Ma'danni to'g'ridan-to'g'ri sianlash (-0,044 mm)	90	88,36				
Gravitatsiya+sianlash						
Gravitatsion boyitma	16,3	12,1	15,62	11,24	15,8 1	11,74
Gravitatsiya chiqindisi, -0,25+0 mm	83,7	87,9	55,25	54,79	55,2 5	54,79
Jami:	100	100	70,87	66,02	71,0 6	66,53
Flotatsiya+sianlash						
Flotoboyitma	70,1	51,6	64,68	44,79	68,0 0	50,05
Flotatsiya chiqindisi, 90% -0,074 mm	29,9	48,4	18,01	13,94	18,0 1	13,94
Jami:	100	100	82,69	58,73	86,0 1	63,99
Gravitatsiya+flotatsiya+sianlash						
Gravitatsion boyitma	16,3 0	12,10	15,62	11,24	15,8 1	11,74
Flotoboyitma	49,2 2	39,47	44,32	33,31	47,7 4	38,29
Flotatsiya chiqindisi, 90% -0,074 mm	34,4 8	48,43	22,84	17,67	22,8 4	17,67
Jami:	100	100	82,78	62,21	86,3 9	67,69

1-jadval ma'lumotlariga ko'ra, tadqiq qilina-yotgan ma'dan namunasidagi sianidlash mumkin bo'lgan erkin oltin 90%, kumush esa 88,36% ni tashkil etganligini ko'rishimiz mumkin. Gravitatsiya+sianlash sxemasida gravitatsion boyitmaga oltinning ajralishi 16,3%, kumushniki esa 12,1%, sianlash bilan hisoblaganda oltin 15,62%, kumush 11,24% ni tashkil etmoqda. Flotatsiya+yash+sianlash sxemasida oltinning boyitmaga ajralishi 70,1%, kumushning ajralishi 51,6%, sianlash bilan hisoblaganda esa oltinning ajralishi 64,68%, kumushning ajralishi 44,79% ni tashkil etmoqda. Gravitatsiya+flotatsiya+sianlash sxemasida oltinning boyitmalarga umumiy ajralishi 65,32%, kumushning umumiy ajralishi 51,57% ni tashkil etmoqda. Sianlash bilan hisoblaganda oltinning umumiy ajralishi 59,94%, kumushning umumiy ajralishi 44,55% ni tashkil etmoqda.

Sianidlash chiqindilarini filtratsiya qilishdagi muammolar yuzaga keldi, bu ma'dan tarkibida gil minerallari miqdorining yuqoriligi bilan bog'liq. Shu sababli, filtratsiya samaradorligini oshirish uchun, ma'danni maydalashdan oldin oldindan ishlov berish usullari (masalan, ma'dan shamlardan tozalash) ko'rib chiqilishi tavsiya etiladi.

Xulosa. O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalari asosida Kauldi koni ma'danini 90% -0,074 mm o'lchamgacha yanchish, ikkitadan asosiy va nazorat flotatsiyasi, ushbu jarayonlar ko'pikli mahsulotini tozalash flotatsiyasi va flotatsiya chiqindisini sianidlashni o'z ichiga oluvchi flotatsiya-sianidlash sxemasi tavsiya etiladi.

Gravioboyitmani optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 95,82% va kumushniki 92,86% ni tashkil qildi. Gravitatsion boyitish chiqindisini optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 66,01% va kumushniki 62,33% ni tashkil qildi. Gravitatsion boyitish chiqindisini qo'shimcha yanchib so'ng optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 89,3% va kumushniki 85,11% ni tashkil qildi. Flotoboyitmani optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 92,27% va kumushniki 86,8% ni tashkil qildi. Flotatsion boyitish chiqindisini optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 60,23% va kumushniki 28,8% ni tashkil qildi. Flotatsion boyitish chiqindisini qo'shimcha yanchib so'ng optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 93,82% va kumushniki 55,88% ni tashkil qildi.

Olingan flotatsion boyitmani mis eritish zavodida mis boyitmasi bilan birgalikda eritish yo'li bilan qayta ishlash tavsiya qilinadi. Flotatsion boyitish chiqindisini esa sianidlash tavsiya qilinadi. Bunda olingan eritma tarkibidagi oltinni ajratib olish uchun rux kukunini qo'llab cho'ktirish usulidan foydalanish mumkin.


Sianidlash bo'yicha ko'rsatkichlarni chiqindilarni sianidlash jarayonidan oldin -0,044 mm o'lchamgacha qo'shimcha yanchish jarayonini qo'llash natijasida oshirish mumkin. Bunda ma'dan tarkibida gil minerallari miqdori yuqoriligi sababli sianidlash qoldig'ini filtrlashda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni ham hisobga olish

kerak bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Feng, Q., Zhang, Y., Zhang, G., Han, G., Zhao, W. (2025). Innovative scheme for hemimorphite flotation: Synergistic activation performance and mechanism. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 32, 1297–1308.
- [2] Mikali, M., Barbouchi, A., Idouhli, R., Abouelfida, A., Yaacoubi, A., Benzakour, I., Faqir, H., Boulaamail, A., Bacaoui, A. (2023). Electrochemical behavior of silver during cyanidation in the presence of sulfide minerals. *Chemical Papers*, 77(4), 2103–2113.
- [3] Moslemi, H., Gharabaghi, M. (2017). A review on electrochemical behavior of pyrite in the froth flotation process. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
- [4] Yang, W., Tang, Y., Huang, B., Han, G., Feng, Q. (2025). Enhanced flotation of sulfidized smithsonite in a Cu–Pb dual activation system. *Green and Smart Mining Engineering*, 2, 8–17.
- [5] Tang, Y., Yang, W., Chen, S., Shen, Z., Feng, Q., Zhang, Q. (2026). A green and biodegradable depressant for efficient flotation separation of smithsonite from calcite. *Separation and Purification Technology*, 380.
- [6] Xue, Y., Wu, P., Lü, Y., Shan, H., Xu, X., Yu, B., Chen, X., Zhang, X., Xiong, C. (2026). Cavitation-flotation coupling purification of natural flake graphite. *Separation and Purification Technology*, 382.
- [7] Gao, J., Bu, X., Zhou, S., Wang, X., Alheshibri, M., Peng, Y., Xie, G. (2022). Graphite flotation by β -cyclodextrin/kerosene Pickering emulsion as a novel collector. *Minerals Engineering*, 178.
- [8] Ren, X., Bu, X., Tong, Z., Dong, L., Ma, Z., Wang, J., Cao, M., Qiu, S. (2024). Influences of plasma treatment parameters on the hydrophobicity of cathode and anode materials from spent lithium-ion batteries. *Waste Management*, 184, 120–131.
- [9] Zhou, S., Tong, Z., Dong, L., Bu, X., Ni, C., Xie, G., Alheshibri, M. (2023). Influence of single and combined ultrasounds assisted flake graphite flotation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 99.
- [10] Brown, S. D., Tauler, R., Walczak, B. (2009). *Comprehensive chemometrics: Chemical and biochemical data analysis*. Elsevier.
- [11] Cerqueira, U. M. F. M., Bezerra, M. A., Ferreira, S. L. C., De Jesus Araújo, R., Da Silva, B. N., Novaes, C. G. (2021). Doehlert design in the optimization of procedures aiming food analysis: A review. *Food Chemistry*, 364.
- [12] Isoqov, M. U., Nurmammedov, I. S., Jabborov, E. Yu., Normurodov, A. A. (2025). Kauldi oltin koni ma’danlarini flotatsion boyitiluvchanligini va flotatsiyalash mahsulotlarining moddiy tarkibini o‘rganish. *Geologiya fanlari universiteti xabarlari*.

UO‘K: 622.271:519.6:622.232.72

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.17

KARYER BORTLARINING QAVARIQ SHAKLINI ANIQLASHDA KORRELYATSION TAHLILNING MATEMATIK MODELI



Norov G‘ulomjon Mirzоголиб o‘g‘li

Katta o‘qituvchi, Sharq universiteti, Navoiy, O‘zbekiston

E-mail: norovg91@mail.ru

ORCID ID: 0009-0000-1580-9505

Science ID: MNV-0326-0001

Annotatsiya. Ushbu maqola qavariq shakldagi karyer bortlarini kompleks tahlil qilish asosida bortlarning eng xavfsiz trayektoriyasini aniqlashga bag‘ishlangan. Eksperimental ma‘lumotlar asosida bortlarning xilma-xil o‘lchamlari (balandlik va kengligi) bo‘yicha ularning turli xil shakldagi trayektoriyasi aniqlangan. Ushbu trayektoriyalarni analitik ifodalash maqsadida eng kichik kvadratlar usuli qo‘llanilib, ular n -darajali algebraik funksiya yordamida approksimatsiya qilingan. Ushbu yondashuv eksperimental ma‘lumotlar bilan matematik model o‘rtasidagi og‘ishlarni minimallashtirish (matematik modellashtirishda nazariy model bilan eksperimental ma‘lumotlar o‘rtasidagi farqni eng kichik qilish) va real karyer borti profiliga maksimal darajada yaqin bo‘lgan egri chiziqni aniqlash imkonini beradi. Keyingi bosqichda hosil qilingan funksional bog‘lanishlar asosida korrelyatsion tahlil amalga oshirilib, karyer bortlari geometriyasi bilan ularning barqarorlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi statistik bog‘liqlik darajasi baholandi. Natijada bort trayektoriyalarini n -darajali funksiya bilan yaqinlashtirishga asoslangan hamda korrelyatsion bog‘liqlikni hisobga oluvchi matematik model ishlab chiqildi. Ushbu model yordamida turli geometrik parametrlar uchun bortlarning eng barqaror va xavfsiz shaklini aniqlash imkoniyati yaratilgan. Shuningdek, ushbu model asosida karyer bortining barqarorligini ta‘minlaydigan bir nechta muqobil geometrik shakllar yoki optimal konfiguratsiya tanlash mumkinligi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: qavariq, kompleks tahlil, approksimatsiya, korrelyatsion tahlil, empirik, regressiya, algoritim, relyef, bort konturi, profil.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЫПУКЛОЙ ФОРМЫ БОРТОВ КАРЬЕРА

Норов Гуломжон Мирзоголиб угли

Старший преподаватель, Университет Востока, Навои, Узбекистан

Аннотация. Данная статья посвящена определению наиболее безопасной траектории бортов на основе комплексного анализа бортов карьера выпуклой формы. На основе экспериментальных данных определены траектории бортов различной формы по их различным размерам (высоте и ширине). Для аналитического представления этих траекторий был использован метод наименьших квадратов, которые аппроксимировались с помощью алгебраической функции n -й степени. Данный подход позволяет минимизировать отклонения между экспериментальными данными и математической моделью (при математическом моделировании сделать разницу между теоретической моделью и экспериментальными данными минимальной) и определить кривую, максимально приближенную к реальному профилю борта карьера. На следующем этапе

был проведен корреляционный анализ на основе полученных функциональных зависимостей и оценена степень статистической зависимости между геометрией бортов карьера и показателями их устойчивости. В результате была разработана математическая модель, основанная на аппроксимации бортовых траекторий функцией n -й степени и учитывающая корреляционную зависимость. С помощью данной модели создана возможность определения наиболее устойчивой и безопасной формы бортов для различных геометрических параметров. Также показано, что на основе данной модели можно выбрать несколько альтернативных геометрических фигур или оптимальную конфигурацию, обеспечивающую устойчивость борта карьера.

Ключевые слова: выпуклость, комплексный анализ, аппроксимация, корреляционный анализ, эмпирический, регрессия, алгоритм, рельеф, бортовой контур, профиль.

MATHEMATICAL MODEL OF CORRELATION ANALYSIS FOR DETERMINING THE CONVEX SHAPE OF OPEN-PIT MINE SLOPES

Norov Gulomjon Mirzolib ugli

Senior Lecturer, Oriental University, Navoi, Uzbekistan

Abstract. This article is devoted to determining the most safe trajectory of the sides based on a comprehensive analysis of the convex-shaped quarry sides. Based on experimental data, the trajectory of various shapes of the sides was determined according to their various dimensions (height and width). For the purpose of analytical representation of these trajectories, the least squares method was used, and they were approximated using an algebraic function of degree n . This approach allows minimizing the deviations between the experimental data and the mathematical model (minimizing the difference between the theoretical model and the experimental data in mathematical modeling) and determining the curve as close as possible to the profile of the real quarry side. At the next stage, a correlation analysis was carried out based on the obtained functional relationships, and the degree of statistical dependence between the geometry of the quarry sides and their stability indicators was assessed. As a result, a mathematical model was developed that takes into account the correlation dependence, based on the approximation of flight trajectories by an n -th power function. With the help of this model, it is possible to determine the most stable and safe shape of the sides for various geometric parameters. It is also shown that, based on this model, it is possible to choose several alternative geometric shapes or optimal configurations that ensure the stability of the quarry side.

Keywords: convex, complex analysis, approximation, correlation analysis, empirical, regression, algorithm, relief, sideline contour, profile.

Кирish. Ochiq usulda foydali qazilmalarni qazib olish jarayonida karyer bortlarining barqarorligini ta'minlash konchilik sanoatining muhim muammolaridan biri hisoblanadi. Karyer bortlarining geometriyasi, xususan ularning balandligi, kengligi va konfiguratsiyasi tog' jinslari massivining mexanik xossalari bilan birgalikda bortlarning geomexanik barqarorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bortlarning noto'g'ri tanlangan geometrik parametrlari tog' jinslari deformatsiyasi, siljish jarayonlari hamda texnogen qulashlar xavfini oshirishi mumkin. Shu sababli karyer bortlarining eng xavfsiz va barqaror trayektoriyasini aniqlash konchilik ishlarining xavfsizligi hamda iqtisodiy

samaradorligini ta'minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

So'nggi yillarda konchilik ishlari jarayonlarini tahlil qilishda matematik modellashtirish usullari keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa, karyer bortlarining real geometrik shaklini aniqlash va ularning barqarorligini baholashda analitik hamda sonli usullar samarali natijalar bermoqda. Bunday yondashuvlar yordamida eksperimental o'lchov ma'lumotlari asosida karyer borti profilining matematik ifodasini aniqlash hamda uning optimal shaklini baholash mumkin.

Mazkur tadqiqot ishida qavariq shakldagi karyer bortlarining trayektoriyasini aniqlash, ularni

matematik jihatdan tavsiflash hamda ularning barqarorligini baholash masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi eksperimental ma‘lumotlar asosida karyer bortlari trayektoriyalarini matematik modellashtirish va korrelyatsion tahlil yordamida ularning eng barqaror hamda xavfsiz geometrik shaklini aniqlashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodi. Karyer bortlarining barqarorligini baholash masalasi konchilik geomexanikasining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Turli tadqiqotlarda bortlarning barqarorligi tog‘ jinslarining fizik-mexanik xossalari, geologik sharoitlar hamda karyerning geometrik parametrlari bilan bog‘liq holda o‘rganilgan. Ushbu jarayonlarni tahlil qilishda geomexanik modellar, empirik formulalar hamda matematik model-lashtirish usullaridan keng foydalanilgan.

Ilmiy tadqiqotlarda karyer bortlari shaklini aniqlash uchun turli analitik va sonli yondashuvlar taklif etilgan bo‘lib, ular orasida approksimatsiya va regressiya usullari alohida ahamiyatga ega. Xususan, eksperimental natijalar asosida olingan ma‘lumotlarni matematik funksiya yordamida ifodalash uchun eng kichik kvadratlar usuli keng qo‘llaniladi. Ushbu usul eksperimental ma‘lumotlar bilan matematik model o‘rtasidagi farqlarni minimallashtirish orqali eng mos funksional bog‘lanishni aniqlash imkonini beradi.

Shuningdek, geometriyaviy parametrlar bilan geomexanik barqarorlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashda korrelyatsion tahlil metodlari muhim rol o‘ynaydi. Bunday yondashuvlar yordamida karyer bortlarining geometrik shakli bilan ularning barqarorligi o‘rtasidagi statistik bog‘lanish darajasini aniqlash hamda eng optimal shaklni tanlash mumkin.

Biroq mavjud tadqiqotlarning aksariyatida karyer bortlari trayektoriyasining matematik ifodasi va uning barqarorlik ko‘rsatkichlari bilan o‘zaro bog‘liqligi yetarli darajada kompleks tahlil qilinmagan. Shu sababli qavariq shakldagi karyer bortlarini matematik modellashtirish va ularning optimal trayektoriyasini aniqlash masalasi dolzarb ilmiy muammo bo‘lib qolmoqda.

Tadqiqot jarayonida karyer bortlarining qavariq shaklini aniqlash uchun eksperimental ma‘lumotlar asosida matematik modellashtirish usullaridan foydalanildi. Bortlarning balandligi va

kengligi bo‘yicha olingan diskret nuqtalar karyer borti trayektoriyasining boshlang‘ich ma‘lumotlari sifatida qabul qilindi.

Mazkur trayektoriyalarni analitik jihatdan ifodalash maqsadida eng kichik kvadratlar usuli qo‘llanilgan. Ushbu usul yordamida eksperimental ma‘lumotlar asosida karyer borti konturini ifodalovchi funksional bog‘lanish aniqlanib, u n -darajali algebraik funksiya yordamida approksimatsiya qilindi. Natijada eksperimental ma‘lumotlar bilan matematik model o‘rtasidagi og‘ishlar minimal-lashtirilib, real karyer borti profiliga maksimal darajada yaqin egri chiziq hosil qilindi.

Keyingi bosqichda hosil qilingan funksional bog‘lanishlar asosida korrelyatsion tahlil amalga oshirilgan. Ushbu tahlil yordamida karyer bortlarining geometrik parametrlari bilan ularning barqarorlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi statistik bog‘liqlik darajasi baholandi. Korrelyatsion koeffitsiyentlar yordamida turli geometrik konfiguratsiyalar uchun bortlarning barqarorligi taqqoslanib, eng maqbul trayektoriya aniqlash imkoniyati yaratilgan.

Natijada eksperimental ma‘lumotlar, eng kichik kvadratlar usuli va korrelyatsion tahlilga asoslangan matematik model ishlab chiqilgan. Ushbu model karyer bortlarining turli geometrik parametrlarida ularning barqaror va xavfsiz shaklini aniqlash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari.

1-jadval

Korrelyatsion tahlil va eng kichik kvadratlar usuli uchun eksperimental ma‘lumotlar

x	x_0	x_1	x_2	x_3	...	x_n
y	y_0	y_1	y_2	y_3	...	y_n

Eksperimental ma‘lumotlar asosida umumiy holatda berilgan eng kichik kvadratlar modeli

$$\delta(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n [a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + \dots + a_n x_i^n - y_i]^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

yordamida karyer bortining qavariq shaklini aniqlash bo‘yicha korrelyatsion tahlil qilinishida foydalanildi. Xususan $y(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$, $a_0, a_1, a_2 - ?$ kvadrat funksiya bilan yaqinlashtirishning korrelyatsion tahlili negizida karyer borti qavariq shakllari baholangan.

Bort qavariq shaklini baholashda sonli model asosida korrelyatsion tahlil bajarilgan.

Masalan, kvadrat funksiyani aniqlash algoritmi quyidagicha:

2-jadval

**Kvadrat funksiyani aniqlash uchun
eksperimental ma'lumotlar**

x	0	4	8	12	16
y	0	9	14	18	20

$y = y(x)$ kvadrat funksiya orqali yaqinlashtirishning:

$$y(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (2)$$

a_0, a_1, a_2 - noma'lumlar bo'lib, ushbu noma'lumlarni topish talab qilinadi.

$$\delta(a_0, a_1, a_2) = \sum_{i=0}^4 [a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i]^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

bunda quyidagi $y = y(x)$ funksiyani o'zi mavjud emas.

Bu funksiyani $x_0 = 0, x_1 = 4, x_2 = 8, x_3 = 12$ va $x_4 = 16$ nuqtalardagi qiymatlari berilgan.

$y = y(x)$ funksiyani o'zini qurish murakkab, shu sababli uning o'rniga boshqa ko'phad quramiz (bu ko'phad kvadrat funksiya ko'rinishida bo'ladi). Kvadrat funksiyani qurishda a_0, a_1, a_2 koeffitsiyentlarni topish tushuniladi. Topilgan koeffitsiyentlarni (2) ga qo'yib dissertatsiyaga qo'yilgan karyer bortining qavariq shaklini aniqlash bo'yicha korrelyatsion tahlil natijalari olinadi.

(2) ni qurishda a_0, a_1, a_2 noma'lum koeffitsiyentlarni shunday qiymatini topishimiz kerakki (3) $[a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i]^2$ ayirmaning kvadrati bilan minimum bersin. Buni topish uchun $\delta(a_0, a_1, a_2)$ o'zgaruvchili funksiya deb qaraladi.

$[a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i]^2$ ayirmaning kvadratiga minimum berish deganda $\delta(a_0, a_1, a_2)$ funksiyaga minimum berish masalasiga almashtiramiz:

$$\delta(a_0, a_1, a_2) \rightarrow \min.$$

Ko'p o'zgaruvchili funksiyaga minimum berish masalasi quyidagicha bajariladi: a_0, a_1, a_2 larni tanlashda ushbu

$$\begin{cases} \frac{\partial \delta(a_0, a_1, a_2)}{\partial a_0} = 0 \\ \frac{\partial \delta(a_0, a_1, a_2)}{\partial a_1} = 0 \\ \frac{\partial \delta(a_0, a_1, a_2)}{\partial a_2} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

xususiy hosilali tenglamalar sistemasidan foydalaniladi.

$$\begin{cases} (\sum_{i=0}^4 [a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i]^2)'_{a_0} = 0 \\ (\sum_{i=0}^4 [a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i]^2)'_{a_1} = 0 \\ (\sum_{i=0}^4 [a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i]^2)'_{a_2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2 \cdot \sum_{i=0}^4 (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i) \cdot 1 = 0 \\ 2 \cdot \sum_{i=0}^4 (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i) \cdot x_i = 0 \\ 2 \cdot \sum_{i=0}^4 (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i) \cdot x_i^2 = 0 \\ \sum_{i=0}^4 (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i) = 0 \\ \sum_{i=0}^4 (a_0x_i + a_1x_i^2 + a_2x_i^3 - x_iy_i) = 0 \\ \sum_{i=0}^4 (a_0x_i^2 + a_1x_i^3 + a_2x_i^4 - x_i^2y_i) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

tenglamalar sistemasini quyidagi

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^4 a_0 + (\sum_{i=0}^4 x_i)a_1 + (\sum_{i=0}^4 x_i^2)a_2 = \sum_{i=0}^4 y_i \\ (\sum_{i=0}^4 x_i)a_0 + (\sum_{i=0}^4 x_i^2)a_1 + (\sum_{i=0}^4 x_i^3)a_2 = \sum_{i=0}^4 x_iy_i \\ (\sum_{i=0}^4 x_i^2)a_0 + (\sum_{i=0}^4 x_i^3)a_1 + (\sum_{i=0}^4 x_i^4)a_2 = \sum_{i=0}^4 x_i^2y_i \end{cases} \quad (6)$$

sodda ko'rinishga keltiriladi.

(6) tenglamalar sistemasining noma'lumlar oldidagi koeffitsientlarni berilgan eksperimental ma'lumotlar jadvalidan foydalangan holda aniq qiymatini hisoblab chiladi.

$$\sum_{i=0}^4 a_0 = (\sum_{i=0}^4 x_i^0)a_0 = x_0^0a_0 + x_1^0a_0 + x_2^0a_0 + x_3^0a_0 + x_4^0a_0 = (1 + 1 + 1 + 1 + 1)a_0 = 5a_0$$

$$\sum_{i=0}^4 x_i = x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 0 + 4 + 8 + 12 + 16 = 40$$

$$\sum_{i=0}^4 x_i^2 = x_0^2 + x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 0^2 + 4^2 + 8^2 + 12^2 + 16^2 = 16 + 64 + 144 + 256 = 480$$

$$\sum_{i=0}^4 x_i^3 = x_0^3 + x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 + x_4^3 = 0^3 + 4^3 + 8^3 + 12^3 + 16^3 = 64 + 512 + 1728 + 4096 = 6400$$

$$\sum_{i=0}^4 x_i^4 = x_0^4 + x_1^4 + x_2^4 + x_3^4 + x_4^4 = 0^4 + 4^4 + 8^4 + 12^4 + 16^4 = 256 + 4096 + 20736 + 65536 = 90624$$

$$\begin{cases} 5a_0 + 40a_1 + 480a_2 = \sum_{i=0}^4 y_i \\ 40a_0 + 480a_1 + 6400a_2 = \sum_{i=0}^4 x_iy_i \\ 480a_0 + 6400a_1 + 90624a_2 = \sum_{i=0}^4 x_i^2y_i \end{cases} \quad (6^*)$$

$$\sum_{i=0}^4 y_i = y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 0 + 9 + 14 + 18 + 20 = 61$$

$$\sum_{i=0}^4 x_iy_i = x_0y_0 + x_1y_1 + x_2y_2 + x_3y_3 + x_4y_4 = 0 \cdot 0 + 4 \cdot 9 + 8 \cdot 14 + 12 \cdot 18 + 16 \cdot 20 = 36 + 112 + 216 + 320 = 684$$

$$\sum_{i=0}^4 x_i^2y_i = x_0^2y_0 + x_1^2y_1 + x_2^2y_2 + x_3^2y_3 + x_4^2y_4 = 0^2 \cdot 0 + 4^2 \cdot 9 + 8^2 \cdot 14 + 12^2 \cdot 18 + 16^2 \cdot 20 = 16 \cdot 9 + 64 \cdot 14 + 144 \cdot 18 + 256 \cdot 20 = 144 + 896 + 2592 + 5120 = 8752$$

Hisoblashlar natijasida topilgan barcha koeffitsiyentlarning natijalaridan foydalanib (6) uchun uch noma'lumli

$$\begin{cases} 5a_0 + 40a_1 + 480a_2 = 61 \\ 40a_0 + 480a_1 + 6400a_2 = 684 \\ 480a_0 + 6400a_1 + 90624a_2 = 8752 \end{cases} \quad (7)$$

tenglamalar sistemasini tuzildi.

3-jadval

Kubik splayn va kvadrat funksiya bo'yicha hisoblangan qiymatlar taqqoslanishi

x	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y(x)
0	0	0	0	0	0	0,26
0,5	1,342285	1,377441	1,252441	1,262643	1,202536	1,3925
1	2,675781	2,742746	2,492746	2,515429	2,398857	2,49
1,5	3,991699	4,083775	3,708775	3,7485	3,58275	3,5525
2	5,28125	5,388393	4,888393	4,952	4,748	4,58
2,5	6,535645	6,644461	6,019461	6,116071	5,888393	5,5725
3	7,746094	7,839844	7,089844	7,230857	6,997714	6,53
3,5	8,903809	8,962402	8,087402	8,2865	8,06975	7,4525
4	10	10	9	9,273143	9,098286	8,34
4,5	11,02881	10,94482	9,819824	10,18093	10,07711	9,1925
5	11,99609	11,80636	10,55636	11	11	10,01
5,5	12,91064	12,59842	11,22342	11,72436	11,86296	10,7925
6	13,78125	13,33482	11,83482	12,36343	12,67086	11,54
6,5	14,6167	14,02937	12,40437	12,9305	13,43075	12,2525
7	15,42578	14,69587	12,94587	13,43886	14,14971	12,93
7,5	16,21729	15,34814	13,47314	13,90179	14,83482	13,5725
8	17	16	14	14,33257	15,49314	14,18
8,5	17,78076	16,66162	14,53662	14,7445	16,13175	14,7525
9	18,55859	17,32868	15,07868	15,15086	16,75771	15,29
9,5	19,33057	17,99323	15,61823	15,56493	17,37811	15,7925
10	20,09375	18,64732	16,14732	16	18	16,26
10,5	20,84521	19,28299	16,65799	16,46593	18,62861	16,6925
11	21,58203	19,8923	17,1423	16,95886	19,26171	17,09
11,5	22,30127	20,46729	17,59229	17,4715	19,89525	17,4525
12	23	21	18	17,99657	20,52514	17,78
12,5	23,67627	21,48486	18,35986	18,52679	21,14732	18,0725
13	24,33203	21,92578	18,67578	19,05486	21,75771	18,33
13,5	24,97021	22,32903	18,95403	19,5735	22,35225	18,5525
14	25,59375	22,70089	19,20089	20,07543	22,92686	18,74
14,5	26,20557	23,04764	19,42264	20,55336	23,47746	18,8925
15	26,80859	23,37556	19,62556	21	24	19,01
15,5	27,40576	23,69092	19,81592	21,40993	24,49161	19,0925
16	28	24	20	21,78514	24,95429	19,14
16,5				22,1295	25,39125	
17				22,44686	25,80571	
17,5				22,74107	26,20089	
18				23,016	26,58	
18,5				23,2755	26,94625	
19				23,52343	27,30286	
19,5				23,76364	27,65304	
20				24	28	

(7) tenglamalar sistemasini Ms Excel dasturi yordamida yechimini olamiz. Bunda teskari matritsa usulidan foydalaniladi:

$$A \cdot X = B$$

$$X = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot B$$

=МОБР(C4:E6) buyrug'i orqali A^{-1} topiladi:

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 0,885714 & -0,19286 & 0,008929 \\ -0,19286 & 0,077679 & -0,00446 \\ 0,008929 & -0,00446 & 0,000279 \end{pmatrix}$$

So'ngra =МУМНОЖ(C8:E10;G4:G6)

buyrug'i orqali $A^{-1} \cdot B$ ning natijalari kelib chiqadi:

$$\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,257143 \\ 2,296429 \\ -0,06696 \end{pmatrix}$$

Topilgan a_0, a_1, a_2 koeffitsiyentlar $y(x) = a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2$ funksiyaning koeffitsiyentlari bo'lib, ushbu funksiya quyidagi

$$y(x) = 0,257143 + 2,296429x_i - 0,06696x_i^2 \quad (8)$$

ko'rinishga hosil qilindi. Ushbu funksiyadan foydalanib korrelyatsion tahlilni amalga oshirish

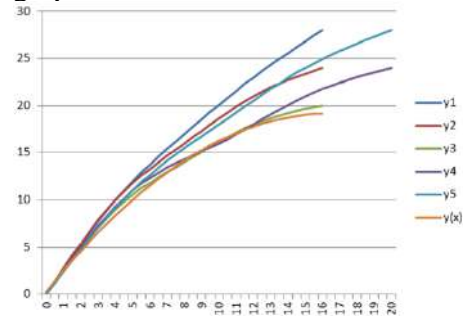
uchun

$$\sum_{i=0}^n [a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 - y_i]^2 \rightarrow \min$$

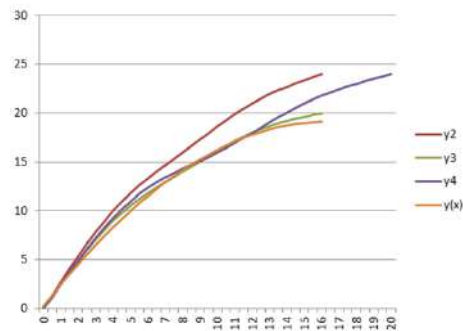
orqali karyer bortining optimal shakli aniqlandi.

3-jadvalda $h = 0,5$ qadam bilan karyer bortining kengligi va balandligiga bog'liq bo'lgan kubik splayn [1], [2] va tuzilgan kvadrat funksiyaning tegishli nuqtalardagi mos qiymatlari keltirilgan.

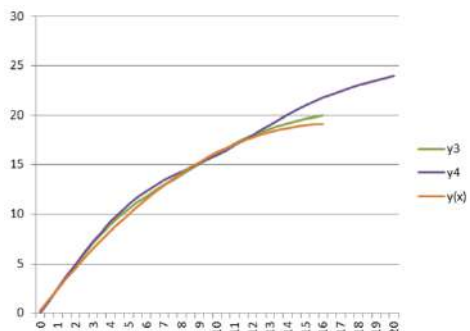
Korrelyatsion tahlil usuli orqali splayn funksiyalar grafiklarini taqqoslash orqali karyer bortining optimal shakli olindi.



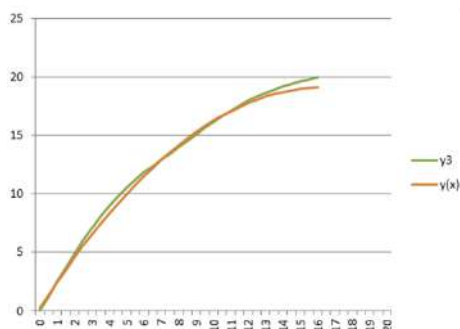
1-rasm. Beshta holat uchun 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.



2-rasm. Beshta holatdan uchtasi uchun tanlab olingan 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.



3-rasm. Uchta holatdan ikkitasi uchun tanlab olingan 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.



4-rasm. Ikkita holatdan bittasi uchun tanlab olingan 3-jadvalda keltirilgan splayn funksiyalarning grafiklari.


Xulosa. Karyer borti trayektoriyasining qavariq shaklini qurish uchun kubik splaynlar usuli va eng kichik kvadratlar usulini qo'llash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazildi. Ushbu usul pog'onalar va qiyaliklarning silliq, uzluksiz geometriyasini yaratish uchun samarali vosita bo'lib, bu bevosita karyer bortining ustuvorligiga, konchilik ishlarining xavfsizligiga va iqtisodiy samaradorligiga ta'sir qiladi. Kubik splaynlar usuli karyer relefining tabiiy shakllarini yuqori aniqlik bilan taxmin qilish imkonini beradi, bu esa kon lahimlarining ustuvorligini

prognoz qilish aniqligini oshirishga yordam beradi. Bortning qiyalik burchagini tanlash muhim jihat bo'lib, bu uning ustuvorligi va konchilik ishlarining xavfsizligiga ta'sir qiladi. Ish davomida ustuvor va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq trayektoriyani shakllantirish uchun qiyalik burchagini optimal tanlashda karyer bortining qavariq shakli eng mos kelishi ko'rsatilgan. Tadqiqotning amaliy ahamiyati taklif etilgan usuldan turli litologik va gidrogeologik xususiyatlar sharoitida karyer geometriyasini loyihalashda, shuningdek, ochish va qazib olish ishlarini olib borishning yanada xavfsiz va samarali texnologik sxemalarini yaratishda foydalanish mumkinligi bilan izohlanadi. Ushbu tadqiqot konchilik sanoati uchun muhim ahamiyatga ega, chunki u karyerlar relyefini geometrik modellashtirish usullarini takomillashtirish, konchilik ishlarining xavfsizligini oshirish va operatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi. Keyinchalik, ushbu yondashuvning rivojlanishi konchilik korxonalarini ishini loyihalash va optimallashtirish usullarini takomillashtirishga yordam berishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Norov, G. M., Khudayberdiev, O. J., Rakhmatov, S. Kh., & Mekhmonov, M. R. (2023). Assessment of the stability of the pit wall using the cubic spline method and the slope angle of the pit wall trajectory. *EPRA International Journal of Research and Development*, 8(8), 75–80.
- [2] Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж., Рахматов С.Х., Мехмонов М.Р. Determination of convex shape of the trajectory of the quarry board trajectory by the method of cubic splines. *The American Journal of Interdisciplinary Innovations and Research*, 5(11), 51-62.
- [3] Норов, Г. М., & Худайбердиев, О. Ж. (2024). Определение координат центра масс горного массива ограниченного бортом карьеры и плоскостью скольжения. *О'zMU xabarlar*, 2(2), 124–130.
- [4] Насиров, У. Ф., Худайбердиев, О. Ж., & Норов, Г. М. (2025). Определение коэффициента запаса устойчивости центра тяжести горного массива. *Бухоро давлат университети илмий ахбороти*, 6, 96–101.
- [5] Isroilov, M. (2008). *Hisoblash usullari (1–2 qism)*. Toshkent: Iqtisod-Moliya.
- [6] Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш. Проектирование карьеров и обеспечение устойчивости бортов. –Монография. – Навои, Изд. «Навои», 2015. – 252 с.
- [7] Statistica. (n.d.). Интерполяция сплайнами: Теоретические основы. <http://statistica.ru/branches-maths/interpolyatsiya-splaynami-teor-osnovy>

УДК: 622.235:550.8(043.3)

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.35

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПОЛНОТЫ ОТРАБОТКИ ШПУРОВ ПРИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ



**Заиров Шерзод
Шарипович**

Доктор технических наук,
профессор кафедры «Горное
дело», филиал НИТУ «МИСИС»
в г. Алматы, Алматы,
Узбекистан
E-mail: sher-z@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-1513-5683
Science ID: DNV-0525-0001



**Нутфуллоев Гафур
Субхонович**

Доктор технических наук,
доцент, начальник управления
делами, филиал НИТУ
«МИСИС» в г. Алматы,
Алматы, Узбекистан
E-mail: gafurcom@mail.ru
ORCID ID: 0009-0004-0241-1273
Science ID: DBX-0825-0004



**Гаибназаров Бахром
Абдаалиевич**

PhD, доцент, заместитель
декана факультета «Горное
дело», Алмакыкский
государственный технический
институт, Алматы,
Узбекистан
E-mail:
baxromalmaliq@gmail.com
ORCID ID: 0009-0004-3390-0520
Science ID: FFC-0326-0014



**Исматиллаев Наврузбек
Абдужаббарович**

Ассистент кафедры «Горное дело»,
Алмакыкский государственный
технический институт, Алматы,
Узбекистан
E-mail:
navrozbekismatillayev2021@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-0726-9936
Science ID: MTV-0525-0134

Аннотация. В работе рассматриваются современные технологические способы повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образования неразрушенных донных участков («стаканов») при буровзрывных работах в подземных горных выработках. Проанализированы физические механизмы формирования «стаканов», связанные с неравномерным распределением энергии взрыва, дефицитом свободной поверхности и особенностями взаимодействия детонационной волны с породным массивом. Рассмотрены и научно обоснованы методы обратного инициирования шпуровых зарядов, преднамеренного удлинения шпуров, применения воздушных промежутков, комбинированной забойки, а также предварительного физико-химического ослабления массива с использованием поверхностно-активных веществ. Показано, что комплексное применение указанных решений позволяет повысить коэффициент использования шпуров до 0,90–0,95, снизить удельный расход взрывчатых веществ и улучшить качество оформления забоя при одновременном уменьшении сейсмического и экологического воздействия.

Ключевые слова: буровзрывные работы, шпуровые заряды, коэффициент использования шпуров, «стаканы», обратное инициирование, воздушные промежутки, комбинированная забойка, поверхностно-активные вещества, подземные горные выработки.

YER OSTI KON LAHIMLARIDA BURG‘ILASH-PORTLATISH ISHLARI JARAYONIDA SHPURLARNI TO‘LIQ O‘ZLASHTIRISHNI OSHIRISHNING TEXNOLOGIK USULLARINI TAHLIL QILISH

**Zairov Sherzod
Sharipovich**

Texnika fanlari doktori, professor,
“Konchilik ishi” kafedrasi, NITU
“MISIS” Olmaliq filiali, Olmaliq,
O‘zbekiston

**Nutfulloyev G‘afur
Subxonovich**

Texnika fanlari doktori, dotsent,
ishlar boshqarmasi boshlig‘i, NITU
“MISIS” Olmaliq filiali, Olmaliq,
O‘zbekiston

**G‘oyibnazarov Bahrom
Abdaliyevich**

PhD, dotsent, Konchilik fakulteti
dekan o‘rinbosari, Olmaliq davlat
texnika instituti, Olmaliq,
O‘zbekiston

**Ismatillayev Navro‘zbek
Abdujabborovich**

Assistent, “Konchilik ishi”
kafedrasi, Olmaliq davlat texnika
instituti, Olmaliq, O‘zbekiston

Annotatsiya. Mazkur ishda yer osti kon lahimlarida burg'ilash-portlatish ishlari jarayonida shpurlarni to'liq o'zlashtirish darajasini oshirish hamda portlatilmay qolgan pastki qism uchastkalari ("stakanlar") hosil bo'lishining oldini olishning zamonaviy texnologik usullari ko'rib chiqilgan. "Stakanlar" hosil bo'lishining fizik mexanizmlari tahlil qilinib, ular portlash energiyasining notekis taqsimlanishi, erkin yuzaning yetishmasligi va detonatsiya to'liqining jins massivi bilan o'zaro ta'siri xususiyatlari bilan bog'liqligi asoslab berilgan. Shpurlarda zaryadlarni teskari (obrat) initsiyalash, shpurlarni ataylab uzaytirish, havo bo'shliqlaridan foydalanish, kombinatsiyalangan zaboyka qo'llash, shuningdek, yuzaki-faol moddalar yordamida jins massivini oldindan fizik-kimyoviy zaiflashtirish usullari ko'rib chiqilib, ilmiy asoslangan. Ko'rsatilishicha, ushbu yechimlarni kompleks qo'llash shpurlardan foydalanish koeffitsiyentini 0,90–0,95 gacha oshirish, portlovchi moddalarning solishtirma sarfini kamaytirish hamda zaboy shakllanish sifatini yaxshilash bilan birga seysmik va ekologik ta'sirni kamaytirishga imkon beradi.

Kalit so'zlar: burg'ilash-portlatish ishlari, shpurlardagi zaryadlar, shpurlardan foydalanish koeffitsiyenti, "stakanlar", teskari initsiyalash, havo bo'shliqlari, kombinatsiyalangan zaboyka, yuzaki-faol moddalar, yer osti kon lahimlari.

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL METHODS FOR IMPROVING THE COMPLETENESS OF BLASTHOLE UTILIZATION IN DRILLING AND BLASTING OPERATIONS IN UNDERGROUND MINE WORKINGS

**Zairov Sherzod
Sharipovich**

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of
Mining Engineering, Almalyk
branch of NUST "MISIS", Almalyk,
Uzbekistan

**Nutfulloyev Gafur
Subxonovich**

Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor, Head of
Administration, Almalyk branch of
NUST "MISIS", Almalyk,
Uzbekistan

**Gaibnazarov Bakhrom
Abdaalievich**

PhD, Associate Professor, Deputy
Dean of the Faculty of Mining,
Almalyk State Technical Institute,
Almalyk, Uzbekistan

**Ismatillayev Navrozbek
Abdujabborovich**

Assistant, Department of Mining
Engineering, Almalyk State
Technical Institute, Almalyk,
Uzbekistan

Abstract. The paper addresses modern technological approaches aimed at improving blasthole utilization and preventing the formation of unbroken bottom zones ("cups") during drilling and blasting operations in underground mine workings. The physical mechanisms responsible for cup formation, including non-uniform explosive energy distribution, lack of free surfaces, and specific features of detonation wave interaction with the rock mass, are analyzed. Scientifically substantiated methods such as reverse initiation of blasthole charges, intentional overdrilling, application of air gaps, combined stemming, and preliminary physico-chemical weakening of the rock mass using surfactants are considered. It is shown that the integrated application of these methods makes it possible to increase the blasthole utilization coefficient to 0.90–0.95, reduce the specific explosive consumption, and improve face quality while simultaneously decreasing seismic and environmental impacts.

Keywords: drilling and blasting operations, blasthole charges, blasthole utilization coefficient, bootlegs, reverse initiation, air gaps, combined stemming, surfactants, underground mine workings.

Введение. Совершенствование буровзрывных работ при проходке подземных горных выработок является одной из приоритетных задач современной геотехнологии. В условиях увеличения глубины горных работ, роста крепости и структурной неоднородности пород особую актуальность приобретает проблема повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образо-

вания неразрушенных донных участков («стаканов»), существенно снижающих коэффициент использования шпуров и качество оформления забоя.

Образование «стаканов» обусловлено неблагоприятными условиями разрушения в донной зоне шпура, связанными с дефицитом свободной поверхности, неравномерным распределением энергии взрыва и прежде-

временной разгерметизацией устьевой части заряда. Традиционные схемы прямого инициирования и однородной забойки в ряде случаев не обеспечивают требуемой эффективности взрывного воздействия, особенно в породах средней и высокой крепости и при большом удлинении шпуров.

Анализ научных исследований и производственного опыта показывает, что повышение полноты отработки шпуров достигается за счёт целенаправленного перераспределения энергии взрыва и интенсификации трещинообразования в донной зоне. К наиболее эффективным технологическим решениям относятся обратная схема инициирования шпуровых зарядов, преднамеренное удлинение шпуров, применение воздушных промежутков и комбинированной забойки, а также методы предварительного физико-химического ослабления горного массива.

Особый интерес представляет использование поверхностно-активных веществ, обеспечивающих снижение прочностных связей в породе и повышение направленности разрушения. Комплексное применение указанных методов позволяет повысить коэффициент использования шпуров до 0,90–0,95, снизить удельный расход взрывчатых веществ и уменьшить объём переизмельчения горной массы.

Таким образом, научное обоснование и развитие технологий повышения полноты отработки шпуров является актуальной задачей, решение которой направлено на повышение эффективности, безопасности и экологичности буровзрывных работ при проходке подземных горных выработок.

Результаты и обсуждения. Одним из технологических способов повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образования «стаканов» является применение обратной схемы инициирования шпуровых зарядов, при которой подрыв заряда осуществляется со стороны дна шпура (рис. 1). В отличие от прямой схемы инициирования, при которой детонатор размещается в устьевой части заряда, обратная схема обеспечивает направленное распространение детонационной волны и продуктов взрыва в сторону свободной

поверхности забоя [1].

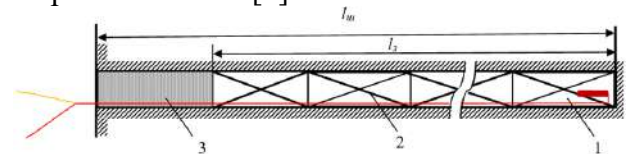


Рис.1. Способ повышения полноты отработки шпуров и предотвращения образования «стаканов» с использованием обратной схемы инициирования шпуровых зарядов:

1 – патрон-боевик; 2 – патрон ВВ; 3 – забойка; l – длина шпура; l_3 – длина заряда.

Физическая сущность данного способа заключается в изменении характера взаимодействия детонационной волны с породным массивом. При инициировании заряда от донной части шпура детонационная волна распространяется вдоль оси шпура к устью, последовательно вовлекая в процесс разрушения весь объём заряда. При этом максимальные давления и импульсы ударно-волнового воздействия формируются непосредственно в донной зоне шпура, что обеспечивает интенсивное дробление породы в наиболее трудноразрушаемой области забоя [1].

В результате такого режима взрывания создаются благоприятные условия для формирования радиальных и концентрических трещин в призабойной зоне, а также для эффективного воздействия газодинамического давления на нижнюю часть шпура. Продукты детонации, расширяясь в направлении свободной поверхности, способствуют дополнительному раскрытию трещин и отрыву породы от массива. Это существенно снижает вероятность сохранения неразрушенных участков в донной части шпура и способствует увеличению фактически отработанной длины шпура.

Практика ведения буровзрывных работ показывает, что применение обратной схемы инициирования позволяет повысить коэффициент использования шпуров (КИШ) в среднем на 5-15% по сравнению с прямым инициированием, особенно в породах средней и высокой крепости, а также в условиях ограниченного количества свободных поверхностей. Наиболее выраженный эффект наблюдается при взрывании шпуров большого

удлинения, где вероятность образования «стаканов» при традиционных схемах подрыва является максимальной [1]. Дополнительным преимуществом обратной схемы инициирования является более равномерное распределение энергии взрыва по длине шпура, что снижает локальные перенапряжения в устьевой зоне и уменьшает вероятность выброса забойки. Это, в свою очередь, повышает безопасность взрывных работ и стабильность технологического процесса.

Следует отметить, что эффективность применения обратной схемы инициирования во многом определяется качеством установки средств инициирования, надёжностью их фиксации в донной части шпура, а также правильным подбором длины и плотности забойки. Нарушение этих условий может привести к снижению положительного эффекта или к нестабильной работе заряда.

Одним из широко применяемых и технологически обоснованных способов повышения полноты отработки шпуров при буровзрывных работах является преднамеренное удлинение шпуров по сравнению с проектной глубиной выработки (рис. 2) [2]. Данный приём основан на создании дополнительного запаса длины шпура, компенсирующего неизбежные потери эффективности взрывного воздействия в донной части заряда и обеспечивающего полное разрушение массива в зоне проектного контура забоя.

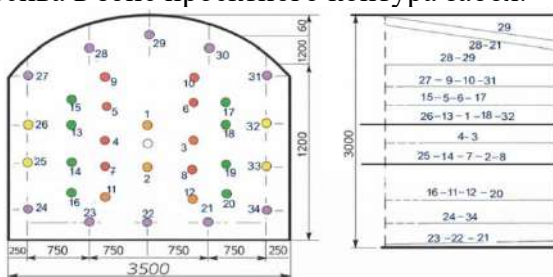


Рис.2. Способ преднамеренного удлинения шпуров по сравнению с проектной глубиной выработки:

1-34 – номера шпуров.

Сущность метода заключается в бурении шпуров на глубину, превышающую проектную длину заходки на величину Δl , которая, в зависимости от горно-геологических условий и параметров взрывной схемы, обычно составляет

0,1-0,3 м, а в крепких и трещиноватых породах может достигать 0,4-0,5 м. Удлиненная часть шпура располагается за проектной линией отрыва и предназначена для компенсации возможного образования неразрушенных донных участков («стаканов») после взрыва [3].

Физико-механическая обоснованность данного способа связана с особенностями распределения энергии взрыва вдоль оси шпура. В донной части заряда условия разрушения наиболее неблагоприятны, поскольку в этой зоне отсутствует свободная поверхность, а отражённые волны напряжений и газодинамический поток частично экранируются массивом. В результате напряжённое состояние породы вблизи дна шпура может оказаться недостаточным для формирования развитой системы трещин и полного отделения горной массы. Удлинение шпура позволяет сместить зону максимального энерговыделения и интенсивного трещинообразования за пределы проектного контура, обеспечивая тем самым полное разрушение массива в расчётной глубине заходки [4].

Технологически удлинение шпуров реализуется без изменения конструкции заряда и схемы инициирования, что является важным преимуществом данного способа. Зарядание шпура осуществляется по стандартной схеме: взрывчатым веществом заполняют 2/3-3/4 общей длины шпура, а оставшуюся часть занимают забойкой. При этом донная часть удлиненного шпура фактически выполняет роль энергетического компенсатора, в котором возможно образование остаточного «стакана» без негативных последствий для геометрии забоя [4].

Практика ведения буровзрывных работ [5] показывает, что применение удлиненных шпуров способствует увеличению КИШ до значений 0,90-0,95, даже в условиях высокой крепости и неоднородности массива. Одновременно улучшается качество дробления породы в приконтурной зоне, уменьшается количество негабаритных кусков и снижается потребность во вторичном дроблении. Особенно эффективно удлинение шпуров проявляет себя при проходке выработок в породах с выраженной анизотропией прочностных

свойств, слоистостью и развитой трещиноватостью.

Еще одним из способов повышения полноты отработки шпуров и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков («стаканов») является применение воздушных промежутков в конструкции шпуровых зарядов (рис. 3). Данный метод основан на целенаправленном изменении распределения энергии взрыва вдоль оси шпура за счёт введения в зарядную колонку участков, заполненных воздухом или инертной газовой средой [6].

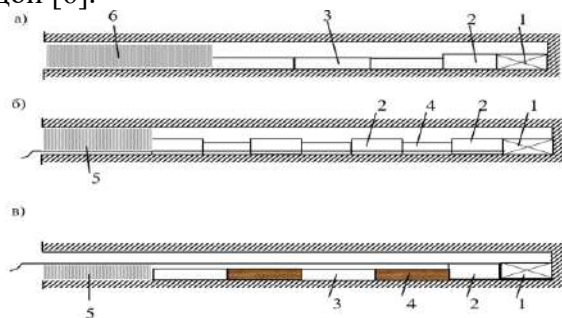


Рис.3. Способ повышения полноты отработки шпуров и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков с применением воздушных промежутков в конструкции шпуровых зарядов:

а – с радиальным зазором; б – с осевым зазором; в – с радиально-осевым зазором. 1-2 – донный заряд; 1 – боевик; 2 – патрон ВВ нормального диаметра; 3 – патрон ВВ уменьшенного диаметра; 4 – деревянный вкладыш; 5 – провода; 6 – забойка.

Сущность способа заключается в размещении между отдельными частями заряда или между зарядом и забойкой воздушного промежутка заданной длины, который выполняет функцию своеобразного энергетического трансформатора. При детонации заряда наличие воздушного зазора приводит к отражению и многократному переотражению ударных волн на границе «ВВ – воздух – порода», в результате чего возрастает амплитуда напряжений, действующих на донную часть шпура и прилегающий участок массива [7].

Физический механизм повышения эффективности взрывного воздействия при наличии воздушного промежутка обусловлен различием акустических сопротивлений среды взрывчатого вещества, воздуха и горной породы. Воздушный

промежуток обладает существенно меньшим волновым сопротивлением по сравнению с ВВ и породой, что вызывает отражение детонационной волны с инверсией фазы и формирование зоны повышенных растягивающих напряжений в породе. Эти напряжения являются наиболее опасными для горных пород и способствуют интенсивному раскрытию существующих микротрещин и формированию новых трещин в донной зоне шпура [8].

Технологически воздушные промежутки могут располагаться в различных частях шпура [9]:

- в донной части между дном шпура и зарядом;
- внутри зарядной колонки (между двумя участками ВВ);
- в верхней части шпура между зарядом и забойкой.

Наиболее эффективным с точки зрения предотвращения образования «стаканов» является расположение воздушного промежутка в нижней части шпура, так как именно в этой зоне традиционно наблюдается дефицит свободной поверхности и недостаточность напряжений разрушения [10].

Длина воздушного промежутка выбирается в зависимости от диаметра шпура, типа применяемого ВВ и прочностных свойств пород и, как правило, составляет 5–15 диаметров шпура. При оптимальном подборе параметров воздушного промежутка достигается увеличение коэффициента использования шпура (КИШ) до значений 0,90–0,95, а также более равномерное разрушение массива по всей длине шпура [11].

Практика применения воздушных промежутков показывает [12], что данный способ позволяет не только повысить полноту отработки шпуров, но и снизить удельный расход взрывчатого вещества за счёт более рационального использования энергии детонации. Одновременно уменьшается количество негабаритных кусков в отбитой горной массе и улучшается качество оформления забоя и приконтурной зоны выработки.

Следует отметить, что внедрение воздушных промежутков требует строгого соблюдения технологии заряжания и применения специаль-

ных разделительных элементов (пластиковых дистанционных втулок, гильз, пакеров или жёстких контейнеров), обеспечивающих стабильность геометрии воздушного зазора в процессе заряжания и взрывания. Нарушение размеров воздушного промежутка или его смещение может привести к снижению эффективности взрыва и нестабильности результатов.

Также одним из способов повышения полноты отработки шпуровых зарядов и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков («стаканов») является применение комбинированной забойки, предусматривающей послойное или функционально раздельное использование материалов различной плотности, упругости и газопроницаемости в верхней части шпура (рис. 4) [13].

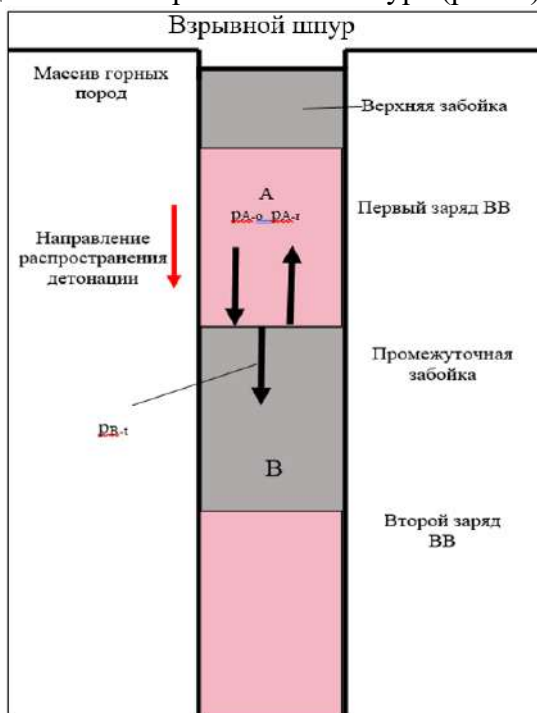


Рис.4. Способ повышения полноты отработки шпуров и снижения вероятности образования неразрушенных донных участков с применением комбинированной забойки.

В отличие от традиционной однородной забойки, как правило, выполненной из бурового шлама или песчано-глинистой смеси, комбинированная забойка формируется из нескольких последовательно расположенных слоёв, каждый из которых выполняет строго определённую

функцию в процессе взрыва. Наиболее распространённой является схема, включающая [14]:

- нижний уплотнённый слой (глинистый, песчано-глинистый или полимерный);
- промежуточный демпфирующий слой (мелкодисперсный материал, гранулированный наполнитель или специальный амортизирующий элемент);
- верхний удерживающий слой (буровой шлам, песок, отсев).

Физический механизм эффективности комбинированной забойки заключается в оптимизации условий газодинамического воздействия продуктов детонации на породный массив. Уплотнённый нижний слой обеспечивает надёжное запирающее действие шпура, препятствуя преждевременному выбросу газов и повышая давление в зарядной камере. Это способствует более глубокой передаче энергии взрыва в донную часть шпура и интенсификации процессов трещинообразования в зоне забоя [15].

Промежуточный демпфирующий слой выполняет функцию регулирования скорости разгерметизации шпура, снижая вероятность мгновенного разрушения забойки и обеспечивая пролонгированное воздействие газов взрыва на массив. В результате повышается степень вовлечения донной зоны шпура в процесс разрушения, что существенно снижает вероятность образования «стаканов» [16].

Верхний слой комбинированной забойки обеспечивает механическую устойчивость всей конструкции, снижает разлёт продуктов взрыва и способствует формированию более равномерного фронта разрушения породы.

Наиболее высокая эффективность комбинированной забойки достигается при проходке подземных выработок в породах средней и высокой крепости, а также в условиях повышенной трещиноватости массива, когда традиционные схемы забойки не обеспечивают необходимого уровня газодинамического воздействия в донной зоне шпура [17].

В последние годы развиваются технологии предварительного физико-химического ослабления массива [18], в том числе:

- обработка шпуров поверхностно-актив-

ными веществами (ПАВ);

– микровзрывы или импульсное воздействие;

– применение теплового нагрева и гидравлического разрыва перед основным взрывом;

– инъекционное разрушение по ослабленным зонам.

Данные методы позволяют повысить направленность разрушения, сократить объём переизмельчения и снизить удельный расход ВВ до 15-25% [19].

Применение физико-химических методов ослабления массива позволяет повысить эффективность БВР и сократить побочные эффекты. Наиболее перспективной технологией признано введение ПАВ в зону будущего взрыва [19].

Таблица 1.

Сравнительная таблица параметров взрывной проходки [19]

№	Показатель	Без ПАВ (традиц.)	С ПАВ (модиф.)
1.	Тип ВВ	Аммонит 6ЖВ	Эмульсионный с ПАВ
2.	Скорость детонации, м/с	3200	4300
3.	Удельный расход ВВ, кг/м ³	2.8	2.2
4.	Объём переизмельчения, %	38	22
5.	Радиус зоны разрушения, м	1.5	2.1
6	Сейсмическое воздействие, мм/с	12.5	7.8

ПАВ, обладая способностью снижать поверхностное натяжение и проникать в микротрещины породы, обеспечивают снижение сцепления между минеральными зёрнами, разрушение капиллярной структуры и увеличение общей трещиноватости массива.

В табл. 1 приведена сравнительная таблица параметров взрывной проходки с использованием и без использования ПАВ [19].

Заключение. Результаты исследования показали, что образование неразрушенных донных участков («стаканов») при буровзрывных работах в подземных горных выработках обусловлено совокупным воздействием геомеханических и технологических факторов, прежде всего дефицитом свободной поверхности и неравномерным распределением энергии взрыва в донной зоне шпура. Установлено, что традиционные схемы зарядания и инициирования не всегда обеспечивают достаточную эффективность разрушения в наиболее трудноразрушаемой части забоя.

Показано, что применение обратной схемы инициирования, преднамеренного удлинения шпуров, воздушных промежутков и комбинированной забойки обеспечивает интенсификацию трещинообразования и повышение коэффициента использования шпуров до 0,90–0,95, особенно в породах средней и высокой крепости и при большом удлинении шпуров.


Отмечено, что перспективным направлением повышения эффективности буровзрывных работ является предварительное физико-химическое ослабление горного массива с использованием поверхностно-активных веществ, позволяющее снизить удельный расход взрывчатых веществ на 15–25 %, уменьшить переизмельчение и сейсмическое воздействие. В целом результаты исследования подтверждают целесообразность комплексного применения рассмотренных технологических решений с учётом горно-геологических условий, что обеспечивает повышение эффективности, безопасности и экологичности проходки подземных горных выработок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Баранов Е. Г., Оберемок О. Н. (1998). Взрывные работы на подземных рудниках. М.: Недра. – 544 с.
- [2] Покровский Н. М. *Технология строительных и проходческих работ в горном деле*. URL: <https://edu.utu-ranch.uz/media/files/2024/08/30/...pdf>

- [3] Yang, R., Zhang, Z., An, C., et al. (2020). Discussion on ultra-deep depth problem of slot hole in blasting excavation of rock roadway in coal mine. *Coal Science and Technology*, 48(1), 10–23. <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.2020.01.002>
- [4] Alansary, M. S. Why Subdrill Matters in Blasting. *Zvenia.com*.
- [5] Zheng, C., Yang, R., Chenxi, D., Songlin, H., Bo, W., Yongzhong, Y. (2025). Experimental and numerical study on the influence of extra-depth on cut blasting postblast damage. *Preprints.org*, Manuscript 202412.1962.
- [6] Jhanwar, J. C. (2011). Theory and practice of air-deck blasting in mines and surface excavations: A review. *Geotechnical and Geological Engineering*, 29(4), 651–663.
- [7] Rommayawes, S., Leelasukseree, C. (2013). Influence of air deck length on fragmentation in quarry blasting. *European Scientific Journal, Special Issue*, 45–58.
- [8] Saqib, S., Qureshi, M. U., Rashid, H. M. A., Ali, D., Rasool, A. M. (2024). A field-scale investigation into the strategic location of air decks for improved blasting performance. *Archives of Mining Sciences*, 69(2), 123–137.
- [9] Rajak, M. K., Subramanian, K. S. S., Prince, M. J. A. (2018). Air deck blasting technique in surface mine: A brief review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 5(9), 210–218.
- [10] Air-Deck Behavior During Rock Blasting (2025). *ResearchGate*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/390729284>
- [11] Yang, R., Preece, D. S. (2017). Shock physics theory of air deck behavior during rock blasting. *Fragblast*, 19(1), 87–101.
- [12] Hayat, M. B., Alagha, L. (2024). Air decks in surface blasting operations. *Archives of Mining Sciences*, 69(1), 15–27.
- [13] Шевкун Е. Б., Лещинский А. В., Галимьянов А. А. (2015). Короткая комбинированная забойка взрывных скважин высокой запирающей способности. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, №4.
- [14] Заиров Ш. Ш., Нутфуллоев Г. С., Кобилов Ш. Б. (2023). Исследование образования врубовых полостей при буровзрывных работах и разработка эффективной забойки. *Горный вестник Узбекистана*, №1.
- [15] Мислибаев И. Т., Назаров З. С., Гиязов О. М., Солиев Б. З. (2021). Исследование запирающего действия забойки как фактор повышения эффективности и безопасности взрывных работ. *Горный вестник Узбекистана*, №3.
- [16] Друкованный М. Ф., Ильин В. И., Ефремов Э. И. (1978). *Буровзрывные работы на карьерах*. М.: Недра. – 390 с.
- [17] Друкованный М. Ф. (1973). *Методы управления взрывом на карьерах*. М.: Недра. – 415 с.
- [18] Юсупов Н. Н., Эргашев Р. К. (2022). Интенсификация проходки с применением химических реагентов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, №11, 82–88.
- [19] Khalilov, A. R., Mamatkulov, U. N. (2023). Application of surfactants in blasting operations: Field testing and efficiency assessment. *Journal of Mining Science*, 59(2), 134–145.
- [20] Хасанов А. А. (2024). Система разработки объединенного месторождения «Ёшлик I и Кальмакыр». *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(4-1), 57–61.
- [21] Ne'Mato'g'li, S. A., Amankulovich, X. A., Erkinjon, I. (2025). Qalmoqqir va Yoshlik I karerlarining geologik-texnik xususiyatlari va qazib olish sharoitlarini tahlil qilish. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 3(1), 20–25.

UO‘K: 621.513:620.9

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.36

PORSHENLI KOMPRESSORLAR UCHUN KO‘P BOSQICHLI SO‘RILUVCHI HAVONI SOVITISH TIZIMINI ISHLAB CHIQUISH VA UNING ENERGIYA SAMARADORLIGIGA TA‘SIRINI TADQIQ ETISH



Yuldashev Elmurod Umaraliyevich

Dotsent v.b., Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: yuldashevelmurodumaraliyevich@gmail.com
ORCID ID: 0009-0003-7740-4177
Science ID: FTV-0825-0021



Jo‘rayev Shaxzod Numon o‘g‘li

Katta o‘qituvchi, Olmaliq davlat texnika instituti, Olmaliq,
O‘zbekiston
E-mail: shahzodjorayev699@gmail.com
ORCID ID: 0009-0000-8232-4292
Science ID: MQD-0326-0022

Annotatsiya. Porshenli kompressorlarning energiya samaradorligi ko‘p jihatdan kompressorga so‘riluvchi havoning boshlang‘ich termodinamik holatiga, ayniqsa uning haroratiga bog‘liq. So‘riluvchi havoning yuqori harorati gaz zichligining kamayishiga olib keladi, bu esa siqish jarayonida bajariladigan ish miqdorining ortishiga va natijada elektr energiyasi sarfining ko‘payishiga sabab bo‘ladi. Ushbu tadqiqotning maqsadi porshenli kompressorlar uchun ko‘p bosqichli so‘riluvchi havoni sovitish tizimini ishlab chiqish hamda uning termodinamik va aerodinamik ko‘rsatkichlarga ta‘sirini hisoblash suyuqliklar usuli asosida baholashdan iborat. Taklif etilgan texnik yechimda so‘riluvchi havo kompressorga kirishdan oldin ketma ket joylashgan ko‘p bosqichli quvurli issiqlik almashtirgichlar orqali sovitiladi. Tadqiqot SolidWorks Flow Simulation dasturi yordamida amalga oshirildi va harorat hamda bosim maydonlari modellashtirildi. Modellashtirish natijalari so‘riluvchi havoning harorati 40°C dan 7–8°C gacha kamayishini ko‘rsatdi. Bu esa havoning zichligini oshirish, siqish uchun zarur ish miqdorini kamaytirish va kompressorning energiya samaradorligini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, qurilmadagi bosim yo‘qotish qiymati 14–26 Pa oralig‘ida bo‘lib, bu gidravlik qarshiliklarning minimal darajada ekanligini ko‘rsatadi. Olingan natijalar taklif etilgan ko‘p bosqichli sovitish tizimi kompressorning hajmiy unumdorligini oshirish, elektr energiyasi sarfini kamaytirish va umumiy energiya samaradorligini yaxshilashga xizmat qilishini tasdiqlaydi. Taklif etilgan texnik yechim sanoat porshenli kompressorlarida energiya tejamkor texnologiya sifatida qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Porshenli kompressor, so‘riluvchi havo, ko‘p bosqichli sovitish, issiqlik almashtirgich, suyuqliklar dinamikasini modellashtirish, energiya samaradorligi, hajmiy unumdorlik, bosim yo‘qotish.

РАЗРАБОТКА МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ВСАСЫВАЕМОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Юлдашев Элмурод Умаралиевич

И.о. доцента, Алмалыкский государственный технический
институт, Алмалык, Узбекистан

Джурраев Шахзод Нумон угли

Старший преподаватель, Алмалыкский государственный
технический институт, Алмалык, Узбекистан

Аннотация. Энергетическая эффективность поршневых компрессоров во многом зависит от начального термодинамического состояния воздуха, поступающего в компрессор, в частности от его температуры. Повышенная температура всасываемого воздуха приводит к уменьшению плотности газа, что вызывает увеличение работы, выполняемой в процессе сжатия, и, как следствие, рост потребления электрической энергии. Целью данного исследования является разработка многоступенчатой системы охлаждения всасываемого воздуха для поршневых компрессоров, а также оценка её влияния на термодинамические и аэродинамические характеристики на основе расчетов методами вычислительной гидродинамики. В предлагаемом техническом решении всасываемый воздух перед поступлением в компрессор охлаждается посредством последовательно расположенных многоступенчатых трубчатых теплообменников. Исследование выполнено с использованием программного комплекса SolidWorks Flow Simulation, в котором были смоделированы поля температуры и давления. Результаты моделирования показали, что температура всасываемого воздуха снижается с 40°C до 7–8°C. Это способствует увеличению плотности воздуха, снижению работы, необходимой для процесса сжатия, и повышению энергетической эффективности компрессора. При этом величина потерь давления в устройстве составляет 14–26 Па, что свидетельствует о минимальном уровне гидравлического сопротивления. Полученные результаты подтверждают, что предложенная многоступенчатая система охлаждения способствует повышению объемной производительности компрессора, снижению потребления электрической энергии и улучшению общей энергетической эффективности. Предложенное техническое решение может быть использовано в промышленных поршневых компрессорах в качестве энергоэффективной технологии.

Ключевые слова: Поршневой компрессор, всасываемый воздух, многоступенчатое охлаждение, теплообменник, моделирование гидродинамики жидкости, энергетическая эффективность, объемная производительность, потери давления.

DEVELOPMENT OF A MULTISTAGE SUCTION AIR COOLING SYSTEM FOR RECIPROCATING COMPRESSORS AND INVESTIGATION OF ITS IMPACT ON ENERGY EFFICIENCY

Yuldashev Elmurod Umaraliyevich

Acting Associate Professor, Almalyk State Technical Institute,
Almalyk, Uzbekistan

Jurayev Shakhzod Numon ugli

Senior Lecturer, Almalyk State Technical Institute, Almalyk,
Uzbekistan

Abstract. The energy efficiency of reciprocating compressors largely depends on the initial thermodynamic state of the air entering the compressor, particularly its temperature. A high temperature of the suction air leads to a decrease in gas density, which increases the work required during the compression process and consequently results in higher electrical energy consumption. The aim of this study is to develop a multi-stage suction air cooling system for reciprocating compressors and to evaluate its effect on thermodynamic and aerodynamic characteristics using computational fluid dynamics methods. In the proposed technical solution, the suction air is cooled before entering the compressor through a series of sequentially arranged multi-stage tubular heat exchangers. The research was carried out using SolidWorks Flow Simulation software, where temperature and pressure fields were modeled. The simulation results showed that the temperature of the suction air decreases from 40 °C to 7–8 °C. This increases air density, reduces the work required for compression, and improves the energy efficiency of the compressor. At the same time, the pressure loss in the device ranges between 14–26 Pa, which indicates minimal hydraulic resistance. The obtained results confirm that the proposed multi-stage cooling system increases the volumetric efficiency of the compressor, reduces electrical energy consumption, and improves overall energy efficiency. The proposed technical solution can be applied in

industrial reciprocating compressors as an energy-efficient technology.

Keywords: *Reciprocating compressor, suction air, multi-stage cooling, heat exchanger, computational fluid dynamics, energy efficiency, volumetric efficiency, pressure loss.*

Kirish. Porshenli kompressorlar konchilik, metallurgiya, kimyo va energetika sanoatlarida siqilgan havoni ishlab chiqarish uchun keng qo'llaniladigan asosiy texnologik uskunalardan biri hisoblanadi. Ushbu qurilmalarning ishlashi katta miqdorda elektr energiyasi sarfi bilan bog'liq bo'lib, ularning energiya samaradorligini oshirish sanoat korxonalarida energiya tejankor texnologiyalarni joriy etishning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Kompressorlarning energiya samaradorligiga ta'sir qiluvchi asosiy omillardan biri kompressorga so'riluvchi havoning boshlang'ich haroratidir.

Termodinamik qonunlarga muvofiq, gazning zichligi uning haroratiga teskari proporsionaldir. So'riluvchi havoning harorati ortishi gaz zichligining kamayishiga olib keladi, bu esa kompressor silindriga kiruvchi havo massasining kamayishiga sabab bo'ladi. Natijada kompressor tomonidan bajariladigan siqish ishi ortadi va elektr energiyasi sarfi ko'payadi. Aksincha so'riluvchi havoning haroratini kamaytirish gaz zichligining ortishiga, kompressorning hajmiy unumdorligining oshishiga va siqish uchun zarur energiya sarfining kamayishiga olib keladi.

Shu sababli kompressorga kiruvchi havoning haroratini kamaytirish kompressorlarning energiya samaradorligini oshirishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, ko'p bosqichli sovitish tizimlaridan foydalanish orqali issiqlik almashinuvi jarayonining samaradorligini oshirish va havoning haroratini bosqichma bosqich kamaytirish mumkin.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi porshenli kompressorlar uchun ko'p bosqichli so'riluvchi havoni sovitish tizimini ishlab chiqish, uning ishlash prinsipini tahlil qilish va Suyuqliklar dinamikasi modellashtirish asosida termodinamik hamda aerodinamik ko'rsatkichlarini baholashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Sanoat korxonalarida siqilgan havo tizimlari umumiy elektr energiyasi iste'molining 10–20% gacha qismini tashkil etadi va ularning energiya samaradorligini oshirish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega [1]. Kompressorlarning energiya samaradorligiga ta'sir

qiluvchi asosiy omillardan biri so'riluvchi havoning termodinamik holati hisoblanadi. Gazning boshlang'ich harorati ortishi siqish jarayonida bajariladigan ish miqdorining ortishiga olib keladi va energiya sarfini oshiradi [2].

Gaz siqish jarayonining termodinamik tahlili shuni ko'rsatadiki, siqish uchun zarur ish gazning boshlang'ich haroratiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'lib, haroratning kamayishi siqish ishining kamayishiga olib keladi [3]. Porshenli kompressorlarning ishlash samaradorligini oshirishda issiqlik almashinuvi jarayonlarini optimallashtirish muhim ahamiyatga ega ekanligi ko'rsatib berilgan [4].

Issiqlik almashtirgichlardan foydalanish gaz haroratini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Issiqlik almashinuvi jarayonlarini optimallashtirish orqali issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish va energiya tejash mumkin [5,6].

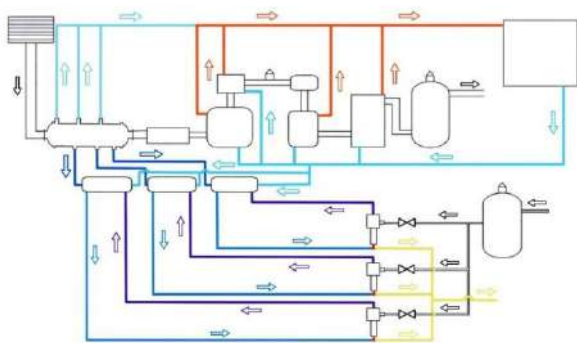
So'nggi yillarda issiqlik va oqim jarayonlarini tahlil qilish uchun suyuqliklar dinamikasi model-lashtirish usullari keng qo'llanilmoqda. Suyuqliklar dinamikasi usullari yordamida issiqlik almashinuvi jarayonlarini, harorat va bosim taqsimotini yuqori aniqlik bilan aniqlash mumkin [7,8].

Issiqlik almashtirgichlarning samaradorligi issiqlik uzatish koeffitsiyenti, oqim tezligi va harorat gradientiga bog'liq bo'lib, ushbu parametrlarni optimallashtirish orqali issiqlik almashinuvi samaradorligini oshirish mumkin [9,10].

Mavjud ilmiy tadqiqotlar asosan siqish jarayonidan keyingi sovitish tizimlariga qaratilgan bo'lib, kompressorga kiruvchi havoni ko'p bosqichli sovitish orqali energiya samaradorligini oshirish masalasi yetarli darajada o'rganilmagan. Shu sababli, kompressorga kiruvchi havoni ko'p bosqichli sovitish tizimini ishlab chiqish va uning samaradorligini suyuqliklar dinamikasi model-lashtirish asosida baholash muhim ilmiy ahamiyatga ega.

Natijalar. Porshenli kompressorga kiruvchi havoning haroratini kamaytirish va siqish jarayonining energiya samaradorligini oshirish maqsadida ko'p bosqichli so'riluvchi havoni

sovitish qurilmasi ishlab chiqildi. Taklif etilgan sovitish tizimining umumiy texnologik sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Ushbu tizimda atmosfera havosi kompressorga kirishdan oldin ketma-ket joylashgan issiqlik almashinuvi qurilmalari orqali o'tkaziladi. Sovitish jarayonida havo sovituvchi qurilma bilan bilan issiqlik almashinuvi natijasida o'z haroratini bosqichma-bosqich kamaytiradi. Sovituvchi muhit yopiq kontur bo'ylab harakatlanadi va issiqlik almashinuvi jarayonining uzluksiz amalga oshishini ta'minlaydi. Natijada kompressorga kiruvchi havoning harorati pasayadi, bu esa gaz zichligining ortishiga va siqish uchun zarur ish miqdorining kamayishiga olib keladi.



1-rasm. Ko'p bosqichli so'riluvchi havoni sovitish tizimining umumiy texnologik sxemasi.

Sovitish qurilmasining geometrik modeli va issiqlik almashinuvi elementlarining fazoviy joylashuvi SolidWorks dasturida uch o'lchamli muhitda ishlab chiqildi. Modelda kirish va chiqish kollektorlar, issiqlik almashinuvi quvurlari va oqim kanallari aniq ko'rsatildi. Ushbu konstruktiv yechim havo oqimining issiqlik almashinuvi yuzasi bilan maksimal aloqasini ta'minlash va issiqlik uzatish samaradorligini oshirishga imkon beradi.

Issiqlik almashinuvi va oqim jarayonlarini tahlil qilish uchun hisoblash suyuqliklar dinamikasi usuli qo'llanildi. Modellashtirish SolidWorks Flow Simulation dasturiy muhitida amalga oshirildi. Suyuqliklar dinamikasi modeli qurilma ichidagi harorat va bosim taqsimotini aniqlash imkonini beradi. Sovitish qurilmasining uch o'lchamli suyuqliklar dinamikasi modeli va hisoblash sohasining umumiy ko'rinishi 2-rasmda keltirilgan.

Modellashtirish jarayonida ishchi muhit sifatida atmosfera havosi qabul qilindi va uning

fizik xossalari ideal gaz tenglamasi asosida aniqlangan:

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} \quad (1)$$

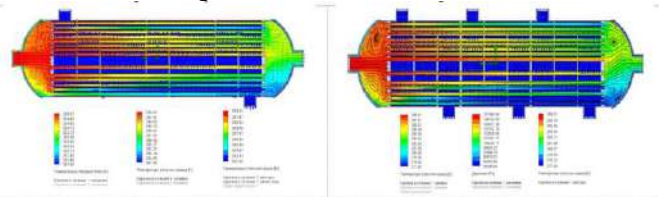
bu yerda:

ρ - gaz zichligi (kg/m³);

P - bosim (Pa);

R - gaz doimiysi (287 J/(kg·K));

T - mutlaq harorat (K).



2-rasm. Ko'p bosqichli sovitish qurilmasining suyuqliklar dinamikasi modeli va hisoblash sohasi (SolidWorks Flow Simulation).

Gazni siqish uchun zarur ish miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$L = \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2)$$

bu yerda:

L - siqish ishi (J/kg);

T_1 - boshlang'ich harorat (K);

P_1 - boshlang'ich va yakuniy bosim (Pa);

k - adiabata ko'rsatkichi.

Hisoblash jarayonida quyidagi chegara shartlari qabul qilindi:

1-jadval

Hisoblash jarayonida qabul qilingan chegara shartlari

1	Kirish harorati	10–40 °C
2	Atmosfera bosimi	101325 Pa
3	Sovituvchi muhit harorati	1 °C, 4 °C va 8 °C
4	Sovituvchi muhit tezligi	0.6 m/s
5	Oqim holati	turbulent

Modellashtirish natijalarining miqdoriy qiymatlari va hisoblash parametrlari 2-jadvalda keltirilgan.

Suyuqliklar dinamikasi modellashtirish yordamida qurilma ichidagi harorat maydoni, bosim taqsimoti va oqim xarakteristikalari aniqlandi. Olingan natijalar asosida sovitish tizimining termodinamik va aerodinamik samaradorligi baholandi.

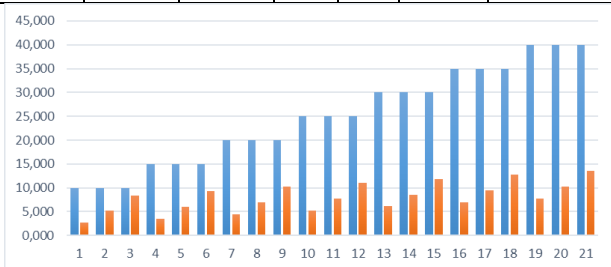
Natijalar va muhokama. Ko'p bosqichli so'riluvchi havoni sovitish qurilmasining samaradorligini baholash maqsadida hisoblash suyuqliklar dinamikasi modellashtirish amalga

oshirildi. Modellastirish natijasida sovitish qurilmasiga kiruvchi va undan chiquvchi havoning harorat qiymatlari hamda tizimdagi bosim o'zgarishlari aniqlandi. Hisoblash natijalari 3-rasmda keltirilgan.

2-jadval

Modellastirish natijalarining miqdoriy ko'rsatkichlari va hisoblash parametrlari

$t_{s,h}, ^\circ\text{C}$	$t_{s,h}, \text{K}$	$t_{s,h}, ^\circ\text{C}$	$t_{s,sv}, ^\circ\text{C}$	$v_{s,sv}, \text{m/s}$	P_{atm}	P_2
10,000	275,750	2,750	1	0.6	101325	101311,18
10,000	278,224	5,224	4	0.6	101325	101311,3
10,000	281,427	8,427	8	0.6	101325	101311,4321
15,000	276,530	3,530	1	0.6	101325	101309,080
15,000	279,020	6,020	4	0.6	101325	101309,200
15,000	282,340	9,340	8	0.6	101325	101309,332
20,000	277,380	4,380	1	0.6	101325	101306,980
20,000	279,870	6,870	4	0.6	101325	101307,100
20,000	283,190	10,190	8	0.6	101325	101307,232
25,000	278,23	5,230	1	0.6	101325	101304,880
25,000	280,72	7,720	4	0.6	101325	101305,000
25,000	284,04	11,040	8	0.6	101325	101305,132
30,000	279,08	6,080	1	0.6	101325	101302,780
30,000	281,57	8,570	4	0.6	101325	101302,900
30,000	284,89	11,890	8	0.6	101325	101303,032
35,000	279,93	6,930	1	0.6	101325	101300,680
35,000	282,42	9,420	4	0.6	101325	101300,800
35,000	285,74	12,740	8	0.6	101325	101300,932
40,000	280,78	7,780	1	0.6	101325	101298,580
40,000	283,27	10,270	4	0.6	101325	101298,700
40,000	286,59	13,590	8	0.6	101325	101298,832



3-rasm. Ko'p bosqichli sovitish qurilmasining sovitish natijalari.

Olingan natijalar sovitish qurilmasi orqali o'tayotgan havoning harorati sezilarli darajada kamayishini ko'rsatdi. Xususan, sovitish qurilmasiga kiruvchi havoning boshlang'ich harorati 40°C bo'lgan holatda chiqish harorati 7–8°C gacha pasayishi aniqlandi. Haroratning bunday darajada kamayishi sovitish tizimida issiqlik almashinuvi jarayoni samarali amalga oshayotganligini ko'rsatadi. Havoning harorati pasayishi uning zichligining ortishiga olib keladi, bu esa kompressor silindriga kiruvchi havo massasining oshishiga sabab bo'ladi.

Muhokama. Havoning zichligining ortishi kompressorning hajmiy unumdorligini oshirishga

ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Natijada kompressor bir xil ish sharoitida ko'proq miqdorda havoni siqish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bu esa kompressorning umumiy ish samaradorligini oshiradi va energiya resurslaridan samarali foydalanishni ta'minlaydi.

Sovitish qurilmasining aerodinamik xususiyatlarini baholash natijalari tizimdagi bosim yo'qotish qiymati 14–26 Pa oralig'ida ekanligini ko'rsatdi. Ushbu qiymat juda kichik bo'lib, sovitish qurilmasining havo oqimiga qarshiligi minimal ekanligini tasdiqlaydi. Bu esa sovitish qurilmasining kompressor ish rejimiga sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmasligini va tizimning barqaror ishlashini ta'minlashini ko'rsatadi.

Olingan natijalar ko'p bosqichli sovitish qurilmasi havoning haroratini samarali kamaytirish imkonini berishini ko'rsatdi. Havoning haroratini kamaytirish siqish jarayonining energiya samaradorligini oshiradi, chunki past haroratli havo siqish jarayonida kamroq energiya talab qiladi. Bu esa kompressorning elektr energiyasi sarfini kamaytirish imkonini beradi.

O'tkazilgan suyuqliklar dinamikasi model-lashtirish natijalari taklif etilgan ko'p bosqichli sovitish tizimi porshenli kompressorlarning energiya samaradorligini oshirishda samarali texnik yechim ekanligini tasdiqlaydi. Tizimning past bosim yo'qotish qiymatiga ega bo'lishi uning aerodinamik jihatdan samarali ishlashini ko'rsatadi va sanoat sharoitida qo'llash uchun maqbulligini tasdiqlaydi.

Xulosa. Tadqiqotda porshenli kompressorlarga kiruvchi havoning termodinamik parametrlarini yaxshilash va siqish jarayonining energiya samaradorligini oshirish maqsadida ko'p bosqichli so'riluvchi havoni sovitish tizimi ishlab chiqildi va hisoblash suyuqliklar dinamikasi usuli asosida kompleks tahlil qilindi. Taklif etilgan texnik yechim kompressorga kiruvchi havoning haroratini kompressor so'rish liniyasida bosqichma-bosqich kamaytirish prinsipiga asoslangan bo'lib, issiqlik almashinuvi jarayonini samarali tashkil etishga imkon beradi.

Suyuqliklar dinamikasi model-lashtirish natijalari ishlab chiqilgan sovitish tizimi yuqori issiqlik almashinuvi samaradorligiga ega ekanligini ko'rsatdi. Xususan, sovitish qurilmasiga kiruvchi havoning harorati 40°C bo'lgan holatda chiqish harorati 7–8°C gacha kamayishi aniqlandi.

Haroratning 32°C ga kamayishi gaz zichligining ortishiga va kompressor silindriga kiruvchi havo massasining oshishiga olib keladi. Bu esa kompressorning hajmiy unumdorligini oshirishga va siqish uchun zarur ish miqdorini kamaytirishga xizmat qiladi.

Aerodinamik tahlil natijalari sovitish qurilmasidagi bosim yo'qotish qiymati 14–26 Pa oralig'ida ekanligini ko'rsatdi. Ushbu qiymat juda kichik bo'lib, qurilmaning aerodinamik qarshiligi minimal darajada ekanligini va kompressor ish rejimiga sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmasligini tasdiqlaydi. Bu esa ishlab chiqilgan sovitish tizimi yuqori issiqlik samaradorligi bilan bir qatorda yaxshi aerodinamik xususiyatlarga ham ega ekanligini ko'rsatadi.

Termodinamik tahlil shuni ko'rsatdiki, so'riluvchi havoning haroratini kamaytirish siqish jarayonida bajariladigan ish miqdorining kamayishiga olib keladi. Bu esa kompressor elektr dvigatelining yuklanishini kamaytiradi va elektr energiyasi sarfini pasaytiradi. Natijada kom-

pressorning umumiy energiya samaradorligi oshadi va energiya tejamkorlik ta'minlanadi.


Tadqiqotning ilmiy yangiligi porshenli kompressorlarda so'riluvchi havoni ko'p bosqichli issiqlik almashinuvi asosida sovitish tizimini ishlab chiqish va uning termodinamik hamda aerodinamik samaradorligini suyuqliklar dinamikasi model-lashtirish asosida kompleks baholashdan iborat. Olingan natijalar taklif etilgan sovitish tizimi kompressorlarning energiya samaradorligini oshirishning samarali usullaridan biri ekanligini ko'rsatdi.

Taklif etilgan texnik yechim sanoat porshenli kompressorlarida qo'llanishi mumkin bo'lib, energiya sarfini kamaytirish, kompressorning ish samaradorligini oshirish va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishda muhim amaliy ahamiyatga ega. Kelgusidagi tadqiqotlarda ishlab chiqilgan tizimning eksperimental sinovlarini o'tkazish va uning sanoat sharoitidagi samaradorligini baholash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Saidur, R. (2010). Energy, exergy and economic analysis of industrial compressed air systems. *Energy*, 35(12), 5171–5179. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.023>
- [2] Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An engineering approach*. New York: McGraw-Hill.
- [3] Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2014). *Fundamentals of engineering thermodynamics*. Hoboken: Wiley.
- [4] Bloch, H. P., & Hoefner, J. J. (1996). *Reciprocating compressors: Operation and maintenance*. Houston: Gulf Publishing Company.
- [5] Shah, R. K., & Sekulic, D. P. (2003). *Fundamentals of heat exchanger design*. New York: Wiley.
- [6] Saidur, R., Hasanuzzaman, M., & Mujtaba, I. M. (2012). Review on heat transfer enhancement techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5649–5659. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.031>
- [7] ANSYS Inc. (2020). *ANSYS Fluent theory guide*. Canonsburg.
- [8] Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method*. London: Pearson Education.
- [9] Kakaç, S., & Liu, H. (2002). *Heat exchangers: Selection, rating, and thermal design*. Boca Raton: CRC Press.
- [10] Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer*. New York: Wiley.
- [11] Dilshoda, K., & Elmurod, Y. (2024). Mathematical modelling of deposit formation processes on heat-exchange surfaces of piston compressor air coolers. *Universum: технические науки*, 8(2), 43–46.

UO‘K: 622.53

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.37

NASOS OQIM YUZALARINING SHAXTA SUVI TARKIBIDAGI QATTIQ ZARRACHALAR SABABLI YEMIRILISHINI TADQIQ QILISH



Xatamova Dilshoda Narmuratovna

*Professor, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: dilshodanarmuratovna@yandex.ru
ORCID ID: 0009-0002-8336-9884
Science ID: DNV-0925-0004*



*Yuldasheva Mohinur
Abduxakim qizi*

*Tayanch doktorant, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat
texnika universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: yuldashevamohinur71@gmail.com
Science ID: MTV-0126-0028*

Аннотация. *Tadqiqot davomida nasos oqim yuzalarining gidroabraziv yemirilish jarayoni nazariy va tajriba asosida tahlil qilindi. Nasoslar ruda konlarida tarkibida turli kattalikdagi qattiq mexanik aralashmalar bo‘lgan shaxta suvini yer yuzasiga haydash uchun keng qo‘llaniladi. Bu esa ishchi g‘ildiraklar, yo‘naltiruvchi apparatlar va zichlovchi halqalar kabi asosiy oqim yuzalarining shiddatli yeyilishiga olib keladi. Nasos agregatlarining ishonchliligi va energiya samaradorligi ko‘p jihatdan aynan shu yeyilish jarayoniga bog‘liq bo‘lib, uni chuqur o‘rganish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi. Kalit so‘zlar: shaxta suvi, gidroabraziv yeyilish, nasos, ishchi g‘ildirak, qattiq zarrachalar, oqim yuzalari, yo‘naltiruvchi apparatlar.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ПРОТОЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАСОСА ПОД ВЛИЯНИЕМ ТВЁРДЫХ ЧАСТИЦ В СОСТАВЕ ШАХТНЫХ ВОД

Хатамова Дилишода Нармуратовна

*Профессор, Навоийский государственный горно-
технологический университет, Навои, Узбекистан*

Юлдашева Мохинур Абдухаким кизи

*Базовый докторант, Ташкентский государственный
технический университет имени Ислама Каримова, Ташкент,
Узбекистан*

Аннотация. *В ходе исследования процесс гидроабразивного износа проточных поверхностей насосов был проанализирован на основе теоретических и экспериментальных данных. Насосы широко применяются на рудных месторождениях для подъема шахтных вод, содержащих твёрдые механические примеси различной крупности, на поверхность. Это приводит к интенсивному износу основных проточных элементов, таких как рабочие колёса, направляющие аппараты и уплотнительные кольца. Надёжность и энергетическая эффективность насосных агрегатов во многом зависят именно от данного процесса износа, что определяет его актуальность как важной научной задачи.*

Ключевые слова: *шахтные воды, гидроабразивный износ, насос, рабочее колесо, твёрдые частицы, проточные поверхности, направляющие аппараты.*

STUDY OF THE WEAR OF PUMP FLOW SURFACES CAUSED BY SOLID PARTICLES IN MINE WATER

Khatamova Dilshoda Narmuratovna

Professor, Navoi State University of Mining and Technologies,
Navoi, Uzbekistan

Yuldasheva Mohinur Abduxakim kizi

PhD Student, Tashkent State Technical University named after
Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. In this study, the process of hydro abrasive wear of pump flow surfaces was analyzed based on theoretical and experimental approaches. Pumps are widely used in ore mining operations to lift mine water containing solid mechanical impurities of various sizes to the surface. This leads to intensive wear of the main flow components such as impellers, guide vanes, and sealing rings. The reliability and energy efficiency of pump units largely depend on this wear process, making its in-depth study an actual scientific problem.

Keywords: mine water, hydro-abrasive wear, pump, impeller, solid particles, flow surfaces, guide vanes.

Kirish. Yer osti konlarini qazib olish jarayonida shaxta suvlarining tiniq holda asosiy suv yig'gichga to'planishi muhim muammolardan biri hisoblanadi. Yig'ilgan suvlarni yer yuzasiga chiqarish uchun mo'ljallangan nasos uskunolari doimiy ravishda tarkibida turli kattalikdagi qattiq zarrachalar bo'lgan suyuqlikni yer yuzasiga yoki gorizontlarga uzatish uchun foydalaniladi. Natijada, nasosning oqim yuzalari (ishchi g'ildirak parraklari, yo'naltiruvchi apparat, zichlovchi halqalar) jiddiy gidroabraziv yemirilishga uchraydi. Yemirilish natijasida nasosning ish unumdorligi pasayadi, tebranish va shovqin darajasi oshadi, oqibatda esa nasosning to'liq ishdan chiqishi va kon obyektining suv bosishi xavfi tug'iladi. Shaxta suvi tarkibidagi qattiq zarrachalarning nasos oqim yuzalaridagi yemirilish jarayonlarini ilmiy jihatdan tadqiq etish, asosiy ta'sir etuvchi omillarni aniqlash va mavjud tadqiqotlar tahlili asosida yemirilishni kamaytirishning nazariy hamda amaliy jihatlarini yoritib berishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Amaliy kuzatuvlarga asosan shaxta suvida qattiq faza konsentratsiyasi 5-50 g/l, zarracha diametri 0.01-2 mm, zarracha zichligi 2000-3000 kg/m³ bo'lishi nasos samaradorligini pasaytiradi va energiya sarfini oshiradi. Shaxta suvi tarkibidagi zarrachalar suyuqlik oqimi bilan harakatlanib, nasos yuzalariga urilishi natijasida mikrozarba hosil qiladi va materialning asta-sekin yemirilishiga olib keladi. Nasos oqim yuzalarining yemirilish intensivligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$E = kCv^nd^m \quad (1)$$

bu yerda: E - yemirilish intensivligi;
 k - material va muhitga bog'liq koeffitsient;
 C - qattiq zarrachalar konsentratsiyasi;
 v - oqim tezligi;
 d - zarracha o'lchami;

n,m-tajribaviy ko'rsatkichlar;

Mazkur formuladan ko'rinadiki, tezlik va konsentratsiya yemirilishga eng katta ta'sir ko'rsatadi.

Yo'naltiruvchi apparat parraklarida oqim yo'nalishi o'zgaradigan zonalarda markazdan qochma kuch ta'sirida zarrachalar to'planib, kuchli yemirilish kuzatiladi. Undan tashqari yirik zarrachalar (0.425–0.710 mm) ko'proq zarbali yeyilishga, mayda zarrachalar esa (0.125–0.212 mm) abraziv kesish ta'siriga olib keladi. Qattiq zarrachalar konsentratsiyasi oshishi (masalan 15% dan 30% gacha) yemirilish tezligini deyarli proporsional oshiradi. 1-rasmda qattiq zarracha konsentratsiyasini yemirilish intensivligiga bog'liqligi grafik ko'rinishda keltirilgan.



1-rasm. Qattiq zarracha konsentratsiyasini yemirilish intensivligiga bog'liqligi.

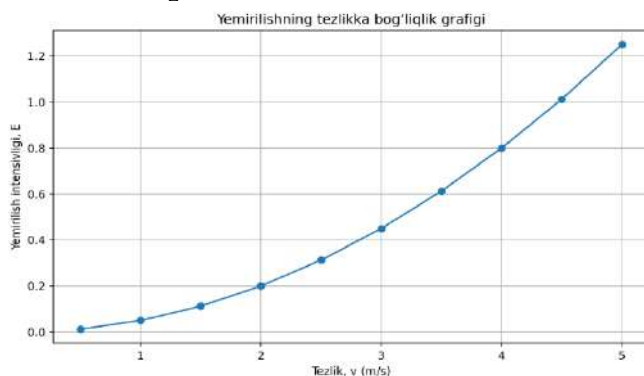
Grafikdan ko'rinib turibdiki konsentratsiya oshishi bilan yemirilish to'g'ri chiziqli emas, tezlashib boruvchi trendda ortadi. Bu real sharoitda nasos ishchi g'ildiraklarining tez yeyilishiga olib keladi.

Ishchi g'ildirak parraklarining kirish chetiga zarrachalar birinchi bo'lib uriladi. Bu hududda zarbali yeyilish ustunlik qiladi. Past oqim rejimida

birinchi bosqich yoʻnaltiruvchi apparati yuzasida eng yuqori yemirilish darajasi kuzatiladi. 2-rasmda suyuqlik tezligining yemirilish intensivligiga bogʻliqligi grafik koʻrinishda keltirilgan.

Natijalar. Oqim tezligi ortishi bilan zarrachalarning kinetik energiyasi keskin ortadi va zarrachalarning zarba kuchi ortib ishchi gʻildirakning yeyilishiga, korpus ichki yuzasining silliqanishiga hamda gidravlik yoʻqotishlarning ortishi sabab boʻladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (2)$$



2-rasm. Suyuqlik tezligining yemirilish intensivligiga bogʻliqligi.

Shaxta suvlari turli xil uchastkalardan oqib kelib, uning tarkibidagi qattiq zarrachalar konsentratsiyasi miqdori ortib ketadi. Natijada zarrachalar soni koʻpayadi, urilish chastotasi ortadi hamda umumiy yemirilish tezlashadi. Qattiq faza konsentratsiyasi 5–10% ga oshganda yeyilish 1.5–2 barobar ortadi. Suyuqlik tarkibidagi yuqori zichlikli zarrachalar (masalan, kvarts) eng xavfli hisoblanadi.

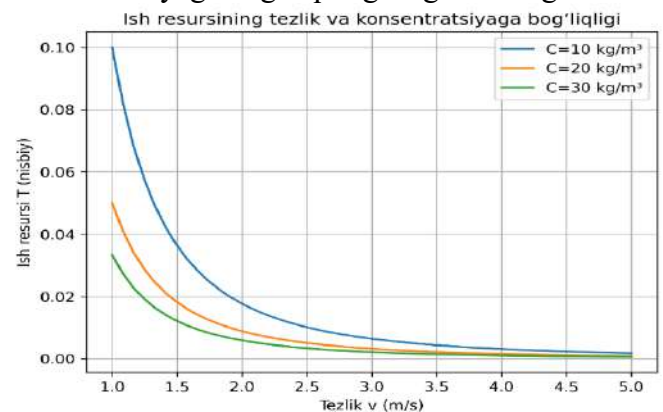
Shaxta suvi tarkibidagi qattiq zarrachalar tufayli yemirilish nasosning ishchi koʻrsatkichlariga salbiy taʼsir koʻrsatadi. Natijada, ishchi gʻildirak va korpus orasidagi tirqish kattalashadi, ichki oqimlar (qaytish oqimlari) ortadi, foydali ish koeffitsienti kamayadi. Quyida foydali ish koeffitsienti kamayish formulasi keltirilgan:

$$\eta = \frac{H_{real}}{H_{nazariy}} \quad (3)$$

Nasoslarning oqim yuzalari qattiq zarrachalar tufayli yemirilishi va suyuqlikning tezligi ortishi sababli ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan moto-soatda ishlab bera olmaydi va ish resursi tushishiga sabab boʻladi. Nasosning ish resursi yemirilishga teskari proportsional:

$$T = \frac{K}{E} = \frac{K}{Cv^ndm} \quad (4)$$

3-rasmda ish resursining tezlik va konsentratsiyaga bogʻliqlik grafigi keltirilgan.



3-rasm. Ish resursining tezlik va konsentratsiyaga bogʻliqligi.

Muhokama. Oqim tezligi yemirilishga kvadratik darajada taʼsir qiladi. Ushbu oqim tarkibidagi qattiq faza konsentratsiyasi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Qattiq faza konsentratsiyasini zarrachalar tashkil etib, zarrachalar oʻlchami katta boʻlsa, zarba kuchi keskin ortadi. Natijada nasos samaradorligi vaqt oʻtishi bilan sezilarli pasayadi. Eksperimental tekshiruvlar nazariy hisoblarning toʻgʻriligini tasdiqlaydi va yeyilishning real mezonlarini beradi. Muhim amaliy jihatlardan biri – nasoslarga kirayotgan suvni tozalash tizimlarini joriy etishdir. Shuningdek, nasosning ish resursi yuqori abraziv muhitda 20–40% gacha kamayadi va normal sharoitga nisbatan 2–3 barobar tez yeyilish kuzatiladi.

Xulosa. Shaxta suvidagi qattiq zarrachalar nasos oqim yuzalarining asosiy yemiruvchi omili hisoblanadi. Yemirilish intensivligi zarracha konsentratsiyasi va oqim tezligiga kuchli bogʻliqdir. Nasosning oqim yuzalari yemirilish natijasida samaradorlikni sezilarli darajada pasayishiga sabab boʻladi. Shaxta suvi tarkibidagi qattiq zarrachalar nasos oqim yuzalarining shiddatli gidroabraziv yemirilishini hosil qiladi. Nasoslarning xizmat muddatini uzaytirish uchun suvni tozalash tizimlarini joriy etish, yeyilishga qarshi materiallarni qoʻllash va parrak geometriyasini optimallashtirish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Степанов А. А. Центробежные и осевые насосы. Москва.
- [2] Островский В. Г. (2012). Расчет скорости гидроабразивного износа элементов насосов.
- [3] Jiang, L., Bai, L., Xue, P., & Zhou, L. (2022). Two-way coupling simulation of solid–liquid flow and wear in slurry pump.
- [4] Patel, M., Kumar, A., & Pardhi, B. (2020). Abrasive, erosive and corrosive wear in slurry pumps: A review.
- [5] Djurayev, R. U., Xatamova, D. N., & Yuldasheva, M. A. (2025). Markazdan qochma nasoslarning sanoatda qo'llanilishi. Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali, №1, Namangan.

GEOLOGIYA VA NEFT-GAZ SANOATI
ГЕОЛОГИЯ И НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
GEOLOGY AND OIL-GAS INDUSTRY

UO‘K: 553.612:551.3(575.1)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.8

QIZILQUM HUDUDIDAGI KAOLINGA ISTIQBOLLI MAYDONING
GEOLOGIK TUZILISHI, MODDIY TARKIBI VA ULARNING HOSIL
BO‘LISH OMILLARI (ZAXQUDUQ, ALYANS, ALTINTAU MAYDONLARI)



**Mirzayev Abdurazak
Umirkazovich**

*Geologiya-mineralogiya fanlari
doktori, professor, O‘zbekiston
Respublikasi Fanlar akademiyasi
Navoiy bo‘limi Raisi, Navoiy,
O‘zbekiston*
E-mail: mabdurazzo@gmail.com
ORCID ID: 0009-0005-8738-1380



**Yusupov Xumoyun
Raxmatovich**

*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar
akademiyasi Navoiy bo‘limi
tayanch doktoranti, Navoiy,
O‘zbekiston*
E-mail: hyusupov768@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-0017-6227



**Toshtemirov Shoxruh
Alisher o‘g‘li**

*Mirzo Ulug‘bek nomidagi
O‘zbekiston Milliy universiteti
“Geologiya” kafedrasi o‘qituvchisi,
Navoiy, O‘zbekiston*
E-mail:
toshtemirovshohruxjon@gmail.com
ORCID ID: 0009-0001-9254-7868



**Nazarov Uzruh
Xasanovich**

*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar
akademiyasi Navoiy bo‘limi
tayanch doktoranti, Navoiy,
O‘zbekiston*
E-mail: nazarovuzruh@gmail.com
ORCID ID: 0009-0002-5877-4984

Annotatsiya. Ushbu maqolada Qizilqum hududidagi istiqbolli kaolin maydonlarining (Zaxkuduk, Alyans, Altintau) geologik tuzilishi, minerallashuvi, moddi yotqizilari va kaolinlarning shakllanish omillari kompleks o‘rganilgan. Tadqiqotlarda hududda uchraydigan birlamchi (qoldiq), ikkilamchi (cho‘kindi), metamorfizmga uchramagan va karst genezisli kaolinlarning tarkibi, tarqalishi va ularning sanoat ahamiyati ilmiy asoslangan. Kaolin xom ashyosining yuqori sifat ko‘rsatkichlari — past temir oksidlari, past ishqorlar, baland kaliy moduli (4 dan yuqori), hamda pegmatitlarga nisbatan granitlarning kaolinlashgan nurash qobiqlarining muhim manba sifatidagi ustunliklari yoritilgan. Qarnab, Ketmenchi, Oltintau, Auminzatov kabi hududlarda rivojlangan nurash po‘stlari, ularning qalinligi, miqdoriy zaxiralari (yuz ming tonnalardan milliard tonnagacha) va morfologik-geologik xususiyatlari tahlil qilingan. Shuningdek, metamorfik slaneslar, karbonatli jinslar va yuqori bo‘r davri gilli-qumli qatlamlaridagi kaolinlashuv jarayonlari, dayka tipidagi kaolinlashgan tanalar, ularning mineral tarkibi (kaolinit, gidroslyuda, galluazit, montmorillonit, relikt kvars va b.) batafsil ko‘rsatib o‘tilgan. Hududda uchraydigan alunit va galluazitli konlar ham tasniflanib, ularning genezisi yoritilgan.

Kalit so‘zlar: kaolin, karst genezisli kaolin, temir oksidlari, nurash qobiq, gilli-qumli qatlamlar, kaolinit, gidroslyuda, galluazit, montmorillonit, relikt kvars.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И
ФАКТОРЫ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ
КАОЛИНА В РАЙОНЕ КЫЗЫЛКУМОВ (ПЛОЩАДИ ЗАХКУДУК,
АЛЪЯНС, АЛТЫНТАУ)

Мирзаев Абдуразақ
Умирзакович

Доктор геолого-минералогических наук, профессор, председатель Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан, Навои, Узбекистан

Юсупов Хумоюн
Рахматович

Базовый докторант Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан, Навои, Узбекистан

Тоштемуров Шохрух
Алишеревич

Преподавателя кафедры "Геология" Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Навои, Узбекистан

Назаров Узрух
Хасанович

Базовый докторант Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан, Навои, Узбекистан

Аннотация. В статье комплексно изучены геологическое строение, минерализация, вещественные залежи и факторы образования каолинов перспективных каолиновых месторождений (Захкудук, Альянс, Алтынтау) Кызылкумского региона. В ходе исследований научно обоснованы состав, распространение и промышленное значение первичных (остаточных), вторичных (осадочных), неметаморфизованных и карстового генезиса каолинов, встречающихся в регионе. Отмечены высокие качественные показатели каолинового сырья – низкое содержание оксидов железа, щелочей, высокий калиевый модуль (выше 4), а также преимущества каолинизированных раковин выветривания гранитов как важного источника по сравнению с пегматитами. Проанализированы раковины выветривания, развитые на таких площадях, как Карнаб, Кетменчи, Олтынтау, Ауминзатов, их мощность, количественные запасы (от сотен тысяч тонн до миллиардов тонн) и морфологические и геологические характеристики. Подробно показаны процессы каолинизации метаморфических сланцев, карбонатных пород и глинисто-песчаных толщ верхнего мела, дайковых каолинизированных тел, их минеральный состав (каолинит, гидрослюда, галлуацит, монтмориллонит, реликтовый кварц и др.). Также дана классификация месторождений алуниита и галлуацита, выявленных в регионе, и объяснен их генезис.

Ключевые слова: каолин, карстогенез каолина, оксиды железа, кора выветривания, глинисто-песчаные толщи, каолинит, гидрослюда, галлуацит, монтмориллонит, реликтовый кварц.

GEOLOGICAL STRUCTURE, MATERIAL COMPOSITION AND FACTORS OF THEIR FORMATION OF THE PROMISING KAOLIN AREA IN THE KYZYLKUM REGION (ZAKHKUDUK, ALYANS, ALTYNTAU AREAS)

Mirzaev Abdurazak
Umirkazovich

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chairman of the Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

Yusupov Khumoyun
Rakhmatovich

Basic doctoral student of the Navoi branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

Toshtemirov Shokhrukh
Alisherovich

Lecturer of the "Geology" Department of the Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

Nazarov Uzrukh
Khasanovich

Basic doctoral student of the Navoi branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan

Abstract. This article presents a comprehensive study of the geological structure, mineralization, material composition, and formation factors of promising kaolin deposits (Zakhkuduk, Alyans, Altintau) in the Kyzylkum region. The research scientifically substantiates the composition, distribution, and industrial significance of primary (residual), secondary (sedimentary), unmetamorphosed, and karst-genesis kaolins occurring in the area. The high-quality indicators of kaolin raw material — low iron oxides, low alkalis, high potassium modulus (above 4), as well as the superiority of kaolinized weathering crusts of granites over pegmatites as an important source — are highlighted. The weathering crusts developed in areas such as Qarnab, Ketmenchi, Oltintau, and Auminzатов, including their thickness, quantitative reserves (from hundreds of thousands to billions of tons), and morphological–geological characteristics, are analyzed. In addition, the processes of kaolinization in metamorphic schists, carbonate rocks, and Upper Cretaceous clay–sand layers, as well as in dyke-type kaolinized bodies, are described in detail, including their mineral composition (kaolinite, hydromica, halloysite,

montmorillonite, relict quartz, etc.). The alunite- and halloysite-bearing deposits present in the region are also classified, and their genesis is discussed.

Keywords: kaolin, karst-genesis kaolin, iron oxides, weathering crust, clay–sand layers, kaolinite, hydromica, halloysite, montmorillonite, relict quartz.

Kirish. Hozirgi kunda Respublikamiz hududida bir qator kaolin konlari qazib olinayotgan bo'lsa-da, sanoat tarmoqlarini yuqori sifatli kaolin xomashyosi bilan barqaror ta'minlash muammosi hanuz dolzarb bo'lib qolmoqda. Kaolin konlarining ko'pligiga qaramasdan, mavjud xomashyoning barchasi sanoat talablariga to'liq javob bermaydi. Yuqori sifatli kaolin xomashyosi tarkibida rang beruvchi oksidlar hamda ishqoriy-yer metallari oksidlarining miqdori kam, ishqorlar yig'indisi yuqori va kaliy miqdori yetarli darajada bo'lishi talab etiladi. Xususan, bunday xomashyo uchun kaliy oksidining natriy oksidiga nisbati 4 dan yuqori bo'lishi muhim mezon hisoblanadi.

An'anaviy ravishda yuqori sifatli kaolin xomashyosining asosiy manbai bo'lib xizmat qilib kelgan pegmatitlar esa, hozirgi kunda ishlab chiqarish hajmining ortib borayotgan ehtiyojlarini to'liq qondira olmayapti. Shu sababli, yuqori sifatli dala shpati va kaolin xomashyosini olishning muhim istiqbolli manbalari sifatida granitoidlar, nordon effuziv jinslar hamda boshqa tog' jinslarining qadimgi kaolinlashgan nurash qobiqlarining quyi gorizontlari alohida ahamiyat kasb etmoqda.

Bundan tashqari, qurilish keramikasi ishlab chiqarish hajmining oshib borishi hamda kaolin xomashyosiga bo'lgan talabning kelgusida yanada ortishi istiqbolli rejalashtirish doirasida yangi kaolin konlarini aniqlash va o'rganish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Bu borada Markaziy Qizilqum hududida tarqalgan qoldiq va cho'kindi kaolinlar o'zining mineralogik tarkibi, genezisi va texnologik xususiyatlari bilan ajralib turadi hamda sanoat miqyosida o'zlashtirish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Adabiyot tahlil va metodlar. Nurash qobiqlari o'ziga xos geologik hosilalar bo'lib, ular o'tgan asrning oxiridayoq tuproqshunoslar, geokimyogarlar va geolog olimlarning ilmiy qiziqishini tortgan. Ushbu geologik shakllanishlar haqidagi dastlabki ma'lumotlar shveysariyalik geolog A. Geimning tadqiqotlarida uchraydi (Dobrovolskiy, 1969). Nurash jarayonlari va nurash

qobiqlarining shakllanish qonuniyatlarini o'rganishda rus va sobiq ittifoq olimlari tomonidan keng ko'lamli ilmiy izlanishlar olib borilgan. Jumladan, V. I. Vernadskiy, P. A. Zemyatchenskiy, K. D. Glinka, I. I. Ginzburg, I. M. Krasheninnikov (1915), P. P. Pilipenko (1915), B. B. Polynov (1934), S. S. Smirnov (1936), V. P. Petrov (1948, 1967), K. I. Lukashov (1958), A. I. Perelman (1955), V. P. Kazarinov (1958), D. G. Sapojnikov (1961), N. M. Straxov (1962), I. P. Gerasimov (1964), V. V. Dobrovolskiy (1964), A. P. Sigov (1969), Yu. P. Kazanskiy (1969), A. V. Sidorenko (1975), N. A. Lisitsina (1973) kabi olimlarning ishlari nurash jarayonlari nazariyasini shakllantirishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qilgan. Shuningdek, xorijiy tadqiqotchilar — P. Fageler (1935), V. D. Bryukner (1960), T. H. Lozhuani va M. Bonifa (1964), J. Pedro (1971) va boshqa olimlarning izlanishlari ham ushbu yo'nalishda katta ilmiy ahamiyat kasb etadi.

So'nggi yillarda nurash qobiqlariga bo'lgan ilmiy qiziqish sezilarli darajada ortib bormoqda. Buning asosiy sababi shundaki, ko'plab foydali qazilmalar — jumladan, bokslitlar, kaolinlar, vermikulitlar, uran rudalari, alunitlar, tseolitlar, bentonitlar, oltin, silikat-nikel rudalari, nodir elementlar, mineral pigmentlar, temir va marganes rudalari, qimmatbaho toshlar hamda qurilish materiallari aynan nurash qobiqlari yoki ularning qayta yotqizilgan mahsulotlari bilan genetik jihatdan bog'liqdir.

Nurash qobiqlarini o'rganish nafaqat amaliy jihatdan muhim, balki nazariy ahamiyatga ham ega. Ular litogenez nazariyasini rivojlantirish, ekzogen ruda hosil bo'lish jarayonlarini chuqurroq anglash hamda nurash mahsulotlarining endogen tog' jinslari va ruda hosil bo'lishidagi rolini aniqlashda muhim ilmiy manba hisoblanadi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Zirabuloq tog'larining janubida bo'ir davri yotqiziqlari ostida 0 dan 250-300 m gacha bo'lgan chuqurliklarda Qarnab va Ketmenchi intruzivlari granitoidlarining nurash qobig'ining ko'milgan kaolin konlari mavjud. Intruziv jinslar

tarkibida biotitli granitlar, ikki slyudali granitlar ko'pchilikni tashkil etadi, granodioritlar, alyaskitlar va ularning hosilalari bir oz kamroq. Tog' jinslarida qalinligi 1-2 dan 8-20 m gacha, maydoni 15-17×40 km bo'lgan nurash po'sti rivojlangan.

Ishqoriy kaolinlar dezintegratsiya zonalarining elyuvial hosilalari va qalinligi 1-2 dan 8-10 m gacha bo'lgan granitlarning kaolinlanish zonasining pastki qismidan iborat. Ular kaolin xom ashyosida ishqorlarning yuqori miqdori (7,01% gacha), temir oksidlarining past miqdori (0,20-0,90, kamroq 2,75%) va kaliy miqdorining yuqoriligi (8,7-11,5 gacha) bilan tavsiflanadi (2-jadval). Kaliy moduli 4 dan yuqori bo'lgan ishqoriy kaolinlar yuqori sifatli xomashyolar qatoriga kiradi. Kam kaolinlashgan granitlarda kaliy miqdorining ortishi plagioklazlarning kaolinlanishida natriyning chiqib ketishi bilan bog'liq.

Kaliyli dala shpatlari mikroklindan iborat bo'lib, uning miqdori granodioritlarning nurash qobig'ida o'rtacha 35% ni, leykokratli granitlarda esa 20% ni tashkil etadi.

1-jadval

Markaziy Qizilqum hududagi kaolinlarining genetik turlari

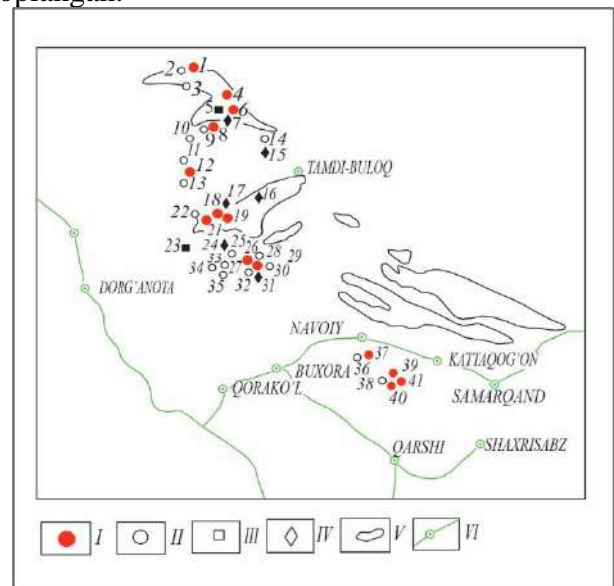
Kon turlari	Asosiy mineral tarkibi	Tarqalish maydoni
Qoldiq konlar		
Nordon tarkibli magmatik jinslar (granitlar, granodioritlar, alaskitlar, effuzivlar va b.) nurash qobiqlari	Kvars, slyudalar, pelitlashgan plagioklazlar, kaolinit, gidroslyudalar, getit, gidrogetit	Qarnab-Ketmoncha, Tim, Auminzatau, Oltintau, Boxalin, Kazaktau, Aktau, Tulyantay
Asosiy tarkibli magmatik jinslarning (gabbroidlar, porfiritlar va b.) nurash qobiqlari; metamorfik slanetslar (slyudali, gilli va qumtozlarning nurash qobiqlari)	Kvars, dala shpati, slyudalar, galluazit, kaolinit, gidroslyudalar, temir gidrooksidlari, montmorillonit; kvars, slyudalar, kaolinit, gidroslyudalar, galluazit, getit, gidrogetit, gips	Beltov, Jamansqirtov, Ko'kpatos, Xo'jaaxmet, Ulkenkasirtau, Aitim, Verxne-Xo'jaaxmet, Kospaktau, Kazakasu, Qirququduq
Cho'kindi jinslarning nurash qobiqlari (gil, mergel va b.); karbonat jinslarning nurash qobiqlari (ohaktoshlar, natriyli dolomitlar va b.)	Kvars, kaolinit, gidroshlam, montmorillonit, gidrogetit, alunit, gipsli gyotit; gidroslyudalar, kaolinit, montmorillonit, gyotit, gidrogetit, kvars, karbonatlar	Toshquduq, Qarnab, Oyoqqumli, To'rtquduq
Qayta yotqizilgan (cho'kindi) konlar		
Kaolinli gillar bilan qum-gravel-konglomeratli jinslar	Kremniy bo'laklari, qumli material, kaolinit, temir gidrooksidlari, gips, karbonatlar	Shimoliy Bo'kantog', Sharqiy Bo'kantog', Uchuquduq-Aytm, Tomdiquduq-To'lantoy, Sharqiy Kuljotov
Kaolinli gillar	Kaolinit, gidroslyudalar, kvars, temir gidrooksidlari, galluazit	Karnab-Ketmoncha, Suqaytin

Kondagi mikroklindan iborat bo'lib, uning miqdori granodioritlarning nurash qobig'ida o'rtacha 35% ni, leykokratli granitlarda esa 20% ni tashkil etadi.

Kondagi mikroklindan iborat bo'lib, uning miqdori granodioritlarning nurash qobig'ida o'rtacha 35% ni, leykokratli granitlarda esa 20% ni tashkil etadi.

Kondagi mikroklindan iborat bo'lib, uning miqdori granodioritlarning nurash qobig'ida o'rtacha 35% ni, leykokratli granitlarda esa 20% ni tashkil etadi.

kaolinlarning sof konsentrati 150 mln. tonnadan ortiq. Nordon intruziv jinslarning nurash qobiqlari bilan bog'liq bo'lgan ishqorli kaolin konlari Auminzataov, Tomditov, Oltintog', Boxali, Qozoqtov massivlarida joylashgan (1-rasm). Ishqorli kaolinlar bilan nurash qobig'ining rivojlanish maydonining katta qismi asosan kaolinli gillardan tashkil topgan alb va senoman yaruslarining kontinental cho'kindilari bilan qoplangan.



1-rasm. Markaziy qizilqum hududagi kaolin va alunit namoyonlari va konlarining joylashishi:

I-birlamchi kaolin konlari: 1-Shimoliy Bukantov, 4-Qasqirtov, 6-Cho'lqoratov, 8-Oltintov, 12-To'lantoy. 17-Koschekin, 18-Qospaqtov, 21-Zaquduq, 29-Qozoqsuv-To'rtquduq, 39-Qarnob, 40-Janubiy Zirabuloq, 41-Qirququduq. II-ikkilamchi kaolin konlari: 2-Qizilquduq, 3-Kulquduq, 9-Uchquduq, 10-Meylisoy, 11-Tomdiquduq, 13-To'lantoy, 14-Beshbuloq, 22-G'arbiy Ominza, 26-Shimoliy Quljuqtov, 28-Qozoqsuv, 30-To'rtquduq-1, 32-To'rtquduq-2, 33-Oyoqqujumdi, 34-Janubiy Kuljuktov, 35-Toshquduq, 36-Suqaytin, 37-Janubiy Zirabuloq. III-kaolin va galluazit konlari va namoyon bo'lishlari: 5-Oltintov, 23-Toshqazg'on, 27-Sharqiy Qozoqsuv. IV-qoldiq genezisli alunit konlari va namoyon bo'lishlari: 7-Xo'jaahmed, 15-Beshbuloq, 16-Tomdiqoratov, 17-Qospaqtov, 24-Beltov, 25-Shimoliy Kuljuktov, 31-To'rtquduq. 36-Sukaytin, 35-Janubiy Zirabuloq. III-kaolin va galluazit konlari va namoyonlari: 5-Oltintog', 23-Tosqazg'on, 27-Sharqiy Qozog'iston. IV yotqiziqlar va qoldiq genezdagi alunitlarning paydo bo'lishi: 7- Xo'jaahmed, 15-Beshbuloq, Beshbuloq, 16-Tamdykaratau, 17-Kospaktau, 24-Beltau, 25-Shimoliy Kuldjuktov, 31-To'rtquduq. V-tog' tizmalari konturlari, VI-temir yo'llar.

Asos tarkibli magmatik jinslarning nurash qobiqlarida shakllangan kaolin va galluazit konlari

ko‘pincha cho‘kindi-metamorfik jinslar qatlamlari orasida joylashgan daykasimon tanalar ko‘rinishida uchraydi. Bunday tog‘ jinslarining nurash qobiqlari Qasqirtov, Oltintov, Auminzatov, Beltov va boshqa hududlarda aniqlangan (1-jadval).

Kaolinlashgan daykalar odatda 1–2 m dan 8 m gacha qalinlikka, 100–200 m gacha cho‘zilishga va 100–150 m gacha chuqurlikka ega. Ushbu nurash mahsulotlarining mineral tarkibida asosiy gipergen gilli minerallar sifatida kaolinit, galluazit va montmorillonit ustunlik qiladi. Ular temir oksidlarining nisbatan yuqori miqdori (4,33% gacha), ishqorlar miqdorining pastligi hamda kaliy tarkibining juda kamligi bilan tavsiflanadi.

Cho‘kindi-metamorfik slaneslarning nurash qobig‘ida hosil bo‘lgan kaolinlar Kuljuktov tog‘larining sharqiy qismida hamda Auminza–Qospaqtov hududlarida keng tarqalgan. Kaolinlashgan slaneslarda slaneslanish tuzilmasi, shuningdek, bir tekis tarqalgan relikt kvarts va temir gidrooksidlari aralashmalari saqlanib qolgan. Slyudalar dislokatsiyaga uchraganligi sababli, ular buklama (qatlam-buklamali) shaklda yotadi va tog‘ jinslarining quyi qismiga tomon 150 m gacha chuqurlikda, qalinligi esa bir necha o‘n metrni tashkil etgan holda tarqalgan.

Mazkur kaolinli jinslar tarkibida relikt kvarts va slyudalardan tashqari, qayta hosil bo‘lgan kaolinit, shuningdek gidroslyudalar va temir gidrooksidlari sezilarli miqdorda uchraydi. Ushbu komponentlarning mavjudligi kaolin xom ashyosining sifat ko‘rsatkichlarini ma‘lum darajada pasaytiradi. Ishqorlar yig‘indisi 1,5–6,5% oralig‘ida bo‘lib, ularning umumiy miqdori nisbatan past bo‘lishiga qaramay, slaneslarning nurash qobig‘i ko‘pincha yuqori kaliy moduli (6 dan 26 gacha) bilan tavsiflanadi.

Kaolinli jinslar ko‘pincha yer yuzasiga bevosita chiqib yotganligi sababli, ularni ochiq usulda qazib olish uchun qulay hisoblanadi. Qizilqum hududida kaolin xom ashyosi zaxiralari yuz minglab va hatto o‘n millionlab tonnaga baholanadi.

Metamorfizmga uchramagan gilli jinslarning kaolinlari asosan Alb yarusiga mansub dengiz gillari nurash qobiqlari bilan bog‘liq. Ular kech Alb–Senoman davriga oid kontinental cho‘kindilar bilan qoplangan bo‘lib, Kuljuktov va Zirabuloq tog‘larining janubiy etaklarida tarqalgan (1-rasm).

Nurash qobig‘ining qalinligi odatda 5–6 m dan 8–10 m gacha yetadi, yoyilish kengligi esa 4–6 km bo‘lib, o‘nlab kilometrlar davomida cho‘ziladi. Ushbu yotqiziqlar oq va chipor rangli kaolinli gillardan iborat bo‘lib, ularning asosiy mineral tarkibini gidroslyudalar, kaolinit, relikt kvarts va temir gidrooksidlari tashkil etadi. Mazkur turdagi kaolin xom ashyosi zaxiralari yuz minglab tonna miqdorida baholanadi.

Karbonatli tog‘ jinslarining nurash qobig‘ida shakllangan kaolinlar Alb yarusiga mansub karst hosilalari bilan bog‘liq bo‘lib, ular Kuljuktov hamda Ziyovuddin–Zirabuloq tog‘larida uchraydi (1-rasm). Ushbu kaolin xom ashyosining granulometrik tarkibi quyidagicha (%):

- 1 mm dan katta — 3,96;
- 1–0,5 mm — 0,09;
- 0,50–0,10 mm — 1,00;
- 0,10–0,01 mm — 19,98;
- 0,01 mm va undan kichik — 74,98.

Shu bois, karst nurash qobig‘i kaolinlari mayda donadorligi ustun bo‘lgan tarkibga ega bo‘lib, temir gidrooksidlari, kalsiy karbonatlari va ishqorlarning kam miqdori bilan tavsiflanadi. Ushbu kaolin xom ashyosi zaxiralari bir necha o‘n ming tonna atrofida baholanadi.

2-jadval

Kuljuktov, Zirabuloq va Ziaetdin tog‘larining janubiy etaklaridan olingan Albi kaolin gillarining kimyoviy tahlili

Oksidlar	Kuljuktov tizmasining sharqiy uchi (Kazakasu tog‘i)						Toshquduq (Janubiy tog‘ etaklari (Kuljuktov))		Sukayti (Ziaetdin tog‘lari)	Karnab (Zirabuloq tog‘lari)
	kaolin gillari			Alban gillarining nurash qobig‘i			Albi kaolin gillari			
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8		
SiO ₂	41,97	55,73	63,08	55,18	58,25	53,26	55,18	59,8		
Fe ₂ O ₃	4,39	9,22	2,15	2,92	7,21	0,73	5,07	2,74		
FeO	0,37	0,17	0,05	0,08	0,18	0,66	0,3	0,25		
TiO ₂	2,16	0,74	1,86	0,98	0,79	0,56	0,89	0,76		
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-		
P ₂ O ₅	0,25	0,22	0,03	0,19	0,02	0,04	0,02	0		
Al ₂ O ₃	35	17,69	23,71	24,63	22,59	30,09	28,19	27,64		
CuO	2,33	1,75	0,5	0,5	2	1,75	1,75	0,91		
MgO	0,42	1,1	1,25	0,62	0,73	1,05	0	0,21		
Na ₂ O	0,13	0,21	0,55	4,3	0,8	1,75	1,07	0,21		
H ₂ O	1,23	0,1	1,12	1,3	1,17	1,99	0,85	0,81		
l.ch.y	12,53	5,89	6,58	9,46	6,77	8,83	7,05	6,98		
Jami	100,78	102,72	100,88	100,16	100,51	100,71	100,37	100,31		
K ₂ O/Na ₂ O	2,7	11	4,3	0,4	1,4	2	1	8,5		

Yuqori Bo‘r davriga mansub gilli–qumli gravelit yotqiziqlaridagi kaolinlar oq va chipor rangli kaolin gillari linzalari ko‘rinishida yoki bo‘lakli jinslarning sementi sifatida namoyon bo‘ladi. Ular Senoman kesmasining asosiy qismida Bo‘kantog‘, Kuljuktov, Zirabuloq–Ziyovuddin tog‘lari hamda Tomdiquduq–To‘lantoy balandliklarida keng tarqalgan. Ushbu cho‘kindilar tarkibida gilli komponentning ulushi odatda 30–

40% ni tashkil etadi.

Markaziy Qizilqum hududidagi kaolinli gillarning muhim qismi gumid litogenez sharoitida hosil bo'lgan nurash qobig'ining qayta yotqizilgan mahsulotlaridan iborat. Ular Auminzatov tog'larining g'arbiy qismi, Kuljuktovning janubiy va sharqiy etaklari, Zirabuloq–Ziyovuddin tog'lari hamda hududning ko'milgan qismidagi kontinental Alb yotqizilari rivojlangan mintaqalarda keng tarqalgan (1-rasm).

Zaxquduq (Auminzatov), Qirqquduq (Zirabuloq tog'lari) hududlarida, shuningdek tog' tizmalari janubiy, sharqiy va shimoli-sharqiy etaklari bo'ylab kaolinli gillarning alohida chiqishlari qayd etilgan. Ushbu turdagi kaolinli gillarning tarqalishi Kuljuktov hamda Sukayti (Ziyovuddin tog'lari) hududlarida ham kuzatiladi. Makroskopik jihatdan bu gillar rang jihatidan olabula bo'lib, ayrim hollarda oq, kulrang, to'q kulrang va hatto ko'mirsimon tusga ega bo'ladi. Ularning mineral tarkibi asosan kaolinit, gidroslyudalar hamda temir gidrooksidlari bilan boyigan terrigen kvarsdan iborat.

Kaolin xom ashyosining granulometrik tarkibi quyidagi fraksiyalar bilan tavsiflanadi (%):

1,0–0,5 mm — 0,01–0,5;

0,5–0,25 mm — 0,01–0,05;

0,25–0,10 mm — 0,01–0,49;

0,10–0,05 mm — 9,5–32,6;

0,05 mm dan kichik — 65,6–87,5.

Mazkur ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, cho'kindi genezisli kaolinli gillarda mayda donador fraksiyalar ustun bo'lib, bu esa boyitilgan kaolinning yuqori chiqishini ta'minlaydi. Ushbu gillarning kimyoviy tarkibi temir va alyuminiy yarim oksidlarining nisbatan yuqori miqdori hamda ishqorlar va titan birikmalarining kamligi bilan xarakterlanadi (2-jadval).

Janubiy va Sharqiy Kuljuktov hududlarida Alb yoshiga mansub kaolinli gillarning tarqalish maydoni taxminan 70×10 km ni tashkil etib, kesmaning o'rtacha qalinligi 20 m atrofida

baholanadi. Agar ushbu gillarning hajmiy og'irligi 2 t/m³ deb qabul qilinsa, kaolin xom ashyosi zaxiralari 20–25 mlrd tonnaga teng bo'ladi. Bunday yirik zaxiralar gillinozyom, sopol buyumlar va boshqa keramika mahsulotlarini ishlab chiqarishga ixtisoslashgan yirik sanoat korxonalarini barpo etish uchun qulay sharoit yaratadi.

Xulosalar va takliflar. Ko'plab ilmiy-tadqiqot institutlari tomonidan sanoatda qimmatli va kam uchraydigan metallarni (jumladan, kaolinit, alunit va boshqa hamroh komponentlarni) bir vaqtning o'zida ajratib olish imkonini beruvchi kompleks texnologiyalar ishlab chiqilgan. Iqtisodiy tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, kaolin xom ashyosi narxining oshishi kaolinli gillarning kompleks tarzda qazib olinishi va qayta ishlanishi bilan bog'liq xarajatlarga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, kaolin xom ashyosini nodir va kamyob yer elementlari bilan birgalikda qayta ishlash sharoitida uning sifat ko'rsatkichlari va iqtisodiy qiymati yanada ortib borayotganligi kuzatilmoqda.

Markaziy Qizilqum hududida genetik jihatdan turli tipdagi kaolinlar keng rivojlangan bo'lib, ulardan Ketmoncha, Baxalin, Auminzatov, Oltintog', Tim va boshqa intruziv granitoid massivlarining nurash qobig'ida hosil bo'lgan ko'milgan ishqorli kaolinlar amaliy jihatdan birlamchi ahamiyatga ega hisoblanadi. Cho'kindi (ikkilamchi) genezisli kaolinlar ham hududda keng tarqalgan bo'lib, yirik zaxiralari bilan ajralib turadi. Biroq, ularning sifat ko'rsatkichlari, yotish sharoitlari hamda hududiy tarqalish xususiyatlari yetarli darajada o'rganilmagan.


Shu munosabat bilan, qidiruv-razvedka ishlarini, avvalo, tog' tizmalari sharqiy va janubiy etaklari bo'ylab olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Xususan, Kuljuktov, Zirabuloq tog'lari, So'kayti hududi, To'lontoy tepaligi, Zaquduq va unga tutash maydonlar kaolin xom ashyosining istiqbolli uchastkalari sifatida alohida ilmiy-amaliy qiziqish uyg'otadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Бабушкин, В. Д., и др. (1969). Изучение геологических и гидрогеологических условий при разведке и освоении месторождений твердых полезных ископаемых (методическое руководство). Москва: Недра.
- [2] Госкомгеология Республики Узбекистан. (1996). Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Ташкент.

- [3] Госкомгеология Республики Узбекистан. (1999). Положение о порядке изучения попутных полезных ископаемых и компонентов на месторождениях твердых полезных ископаемых. Ташкент.
- [4] Госкомгеология Республики Узбекистан. (1999). Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям. Ташкент.
- [5] Госкомгеология Республики Узбекистан. (2002). Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям каолинов. Ташкент.
- [6] Госстандарт СССР. (1978). Каолин химически отбеленный, фракционированный для высокоглянцевой мелованной бумаги (ТУ 21-25-19-78). Москва.
- [7] Госстандарт УзССР. (1982). Каолин для производства стеновых материалов (ТУ-21 УзССР). Ташкент.
- [8] Госстандарт СССР. (1988). Каолин дегидратированный для кабельной промышленности (ТУ 21-25-243-80). Москва: Поволжский центр.
- [9] Нуртаев, Б. Х., Яндашев, Р. Э., Юсупов, Х. Р., & Муродуллаева, М. У. (2023). Геологическое строение горючих сланцев в Западном Узбекистане. *Universum: технические науки*, 12(117), 22–27.
- [10] Мирзаев, А. У. (2013). Нерудные полезные ископаемые Кызылкумского горнорудного региона. *Горный вестник Узбекистана*, (2), 82–87.
- [11] Методические указания по радиационно-гигиенической оценке нерудного сырья при производстве геологоразведочных работ. (1996). Ташкент.
- [12] Nurtayev, B. Kh., & Yusupov, Kh. R. (2025). Mineral and chemical composition in the oil shales of the Sangruntau deposit. *International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences*, 15, 73–76.

UO‘K: 550.8.04

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.14

NEFT VA GAZ KONLARINI IZLASHDA XARITALASHNING AEROKOSMIK USULLARINING AHAMIYATI



Usmonov Kuvonchbek Mannonovich

Dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

E-mail: quvonch_uz2@mail.ru

ORCID 0000-0001-7477-6440

Science ID: MQD-0226-0110



Rabbimov Jaxongir Shodmonkulovich

Dotsent v.b., t.f.f.d., Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi,
O‘zbekiston

E-mail: rabbimov.jahongir1933@gmail.com

ORCID ID: 0009-0007-0967-9741

Science ID: FSN-0226-0050

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft va gaz konlarini izlash hamda dastlabki baholash jarayonlarida aerokosmik xaritalash va masofadan zondlash texnologiyalarining ahamiyati yoritilgan. Tadqiqotda kosmik suratlar, aerofotos’yomka, aerogeofizik ma’lumotlar hamda GIS (geoinformatsion tizimlar) imkoniyatlari tahlil qilinib, ularning geologik tuzilmalarni aniqlash, tektonik buzilish va strukturalarni xaritalash, istiqbolli maydonlarni ajratishdagi samaradorligi asoslab berilgan. Xorijiy tajribalar (AQSh, Kanada, Rossiya, Yevropa va Yaponiya) hamda O‘zbekiston sharoitida (Qashqadaryo, Buxoro–Xiva, Farg‘ona vodiysi) aerokosmik usullarni qo‘llash natijalari qiyosiy ko‘rib chiqilib, qidiruv ishlari samaradorligi, vaqt va xarajatlarni qisqartirish imkoniyatlari baholangan. Maqolada aerokosmik ma’lumotlarni geofizik, geokimyoviy va dala tadqiqotlari bilan integratsiyalash qidiruv natijalarining ishonchliligini oshirishi, shuningdek ekologik monitoringni kuchaytirishda ham muhim rol o‘ynashi ta’kidlangan. Yakunda O‘zbekistonda aerokosmik texnologiyalarni keng joriy etish uchun ilmiy hamkorlikni kuchaytirish, yuqori aniqlikdagi ma’lumotlar bazasini kengaytirish va kadrlar tayyorlash zarurligi bo‘yicha takliflar berilgan.

Kalit so‘zlar: aerokosmik usullar, masofadan zondlash, kosmik suratlar, aerogeofizik tadqiqotlar, neft va gaz qidiruvi, geologik xaritalash, tektonik tuzilmalar, GIS, tematik xaritalar, ekologik monitoring, istiqbolli maydonlar, Buxoro–Xiva, Qashqadaryo, Farg‘ona vodiysi.

ЗНАЧЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАРТИРОВАНИЯ ПРИ ПОИСКЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Усманов Кувончбек Маннонович

Доцент, Каршинский государственный технический
университет, Кариш, Узбекистан

Раббимов Джахонгир Шодмонкулович

Доцент, Каршинский государственный технический
университет, Кариш, Узбекистан

Аннотация. В статье рассмотрено значение аэрокосмических методов картирования и технологий дистанционного зондирования Земли при поиске и предварительной оценке нефтегазовых месторождений. Проанализированы возможности космических снимков, аэрофотосъемки, аэрогеофизических данных и геоинформационных систем (ГИС) для выявления геологических структур, картирования тектонических нарушений и выделения перспективных участков. Выполнен сравнительный обзор результатов применения аэрокосмических методов в зарубежной практике (США, Канада, Россия, страны Европы и Япония) и в условиях Узбекистана (Кашкадарьинский регион, Бухаро-Хивинская зона, Ферганская долина), с оценкой влияния на повышение эффективности поисковых работ, сокращение сроков и затрат. Отмечено, что интеграция аэрокосмических данных с геофизическими, геохимическими и поле-

выми исследованиями повышает достоверность интерпретации и способствует улучшению экологического мониторинга. В заключение сформулированы рекомендации по расширению внедрения аэрокосмических технологий в Узбекистане, включая развитие сотрудничества, формирование базы высокоточных данных и подготовку кадров.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, дистанционное зондирование, космические снимки, аэрогеофизика, поиск нефти и газа, геологическое картирование, тектонические структуры, ГИС, тематические карты, экологический мониторинг, перспективные участки, Бухаро-Хива, Кашкадарья, Ферганская долина.

THE IMPORTANCE OF AEROSPACE MAPPING METHODS IN OIL AND GAS FIELD EXPLORATION

Usmanov Kuvonchbek Mannonovich

Docent, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Rabbimov Jahongir Shodmonkulovich

Docent, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. This article examines the importance of aerospace mapping methods and remote sensing technologies in oil and gas field exploration and preliminary assessment. The study analyzes the capabilities of satellite imagery, aerial photography, aerogeophysical data, and Geographic Information Systems (GIS) for identifying geological structures, mapping faults and tectonic features, and delineating prospective areas. A comparative review is provided of international experience (the USA, Canada, Russia, European countries, and Japan) and the practical application of these approaches in Uzbekistan (Kashkadarya region, the Bukhara–Khiva area, and the Fergana Valley), with an emphasis on improving exploration efficiency and reducing time and costs. The paper highlights that integrating aerospace datasets with geophysical, geochemical, and field investigations increases the reliability of interpretation and supports environmental monitoring. Finally, recommendations are proposed for wider implementation of aerospace technologies in Uzbekistan, including strengthening scientific cooperation, expanding high-quality data resources, and developing professional capacity.

Keywords: aerospace methods, remote sensing, satellite imagery, aerogeophysics, oil and gas exploration, geological mapping, tectonic structures, GIS, thematic maps, environmental monitoring, prospective areas, Bukhara–Khiva, Kashkadarya, Fergana Valley.

Kirish. Neft va gaz resurslari zamonaviy iqtisodiyotning strategik asosi hisoblanadi. Ularning zaxiralarini aniqlash va samarali o'zlashtirish jarayoni bevosita ilmiy-texnik yondashuvlar darajasiga bog'liqdir. An'anaviy geologik-qidiruv usullari ko'p vaqt va mablag' talab qilsa-da, zamonaviy aerokosmik texnologiyalar bu jarayonni ancha tezlashtirmoqda. Hozirgi kunda masofadan zondlash, kosmik suratlar asosida xaritalash, aerogeofizik tadqiqotlar kabi usullar global miqyosda neft va gaz konlarini izlashda keng qo'llanilmoqda.

Aerokosmik usullar yordamida geologik tuzilmalarni aniqlash, konlarning morfologik xususiyatlarini o'rganish va potensial zaxiralarni baholash imkoniyati yaratiladi. Ayniqsa, yirik hududlarda keng ko'lamlı qidiruv ishlari olib borishda aerokosmik texnologiyalar iqtisodiy samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Masalan,

geologik tadqiqotlarning dastlabki bosqichida aerokosmik xaritalash qo'llanilganda, noaniq hududlarni qisqa fursatda aniqlash mumkin bo'ladi va bu an'anaviy dala ishlari hajmini kamaytiradi.

Xorijiy davlatlar tajribasi shuni ko'rsatadiki, aerokosmik usullardan foydalanish orqali yangi neft va gaz konlarini topish samaradorligi 20–30 foizga oshgan. Bu texnologiyalar, shuningdek, ekologik monitoring, geodinamika jarayonlarini kuzatish va tabiiy resurslarni boshqarishda ham qo'llanilmoqda. O'zbekiston sharoitida esa aerokosmik usullarning qo'llanilishi tobora kengayib, neft va gaz qidiruvi samaradorligini oshirishda muhim vositaga aylanmoqda.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. So'nggi o'n yilliklarda rivojlangan davlatlarda aerokosmik usullar neft va gaz konlarini izlashda muhim o'rin egalladi. Masalan, AQSh va Kanada geologik qidiruv ishlarida yuqori aniqlikdagi kosmik

suratlardan keng foydalanmoqda. Lillesand va Kiefer (2015) o'z tadqiqotlarida masofadan zondlash texnologiyalari yordamida geologik tuzilmalarni aniqlash va konlarni dastlabki baholash imkoniyatlari haqida batafsil ma'lumot bergan.

Yevropaning ko'plab davlatlari, xususan, Norvegiya va Buyuk Britaniyada aerokosmik kartografiya Shimoliy dengiz neft konlarini aniqlash va ularni samarali boshqarishda keng qo'llanilgan. ESA (2016) ma'lumotlariga ko'ra, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari yordamida geologik monitoring o'tkazish neft va gaz qidiruv ishlarining samaradorligini 25 foizgacha oshirgan [1].

Kanadada olib borilgan tadqiqotlarda aerokosmik xaritalashning geofizik usullar bilan kompleks qo'llanilishi natijasida Arktika hududida yangi neft va gaz konlari aniqlangan (Smith, 2015). Shuningdek, Yaponiyada LANDSAT va ALOS sun'iy yo'ldoshlari asosida geodinamika jarayonlari monitoringi amalga oshirilgan bo'lib, bu jarayon geologik qidiruv ishlarining ishonchliligini oshirgan (Tanaka, 2013).

Rossiya tajribasi ham alohida e'tiborga molik. Cracknell (1993) va Richards (2013) ilmiy ishlari shuni ko'rsatadiki, aerokosmik tadqiqotlar geologik tuzilmalarni aniqlashda va potensial uglevodod zaxiralarini baholashda samarali natijalar bergan. NASA (2014) hisobotlarida esa aerokosmik usullar yordamida qiyin geologik sharoitlarda ham istiqbolli neft va gaz hududlarini aniqlash mumkinligi qayd etilgan.

Xorijiy davlatlar adabiyotlarida shuningdek quyidagi jihatlar keng o'rganilgan:

- kosmik ma'lumotlarni avtomatlashtirilgan dasturiy vositalar yordamida tahlil qilish (Mather, 2004);

- aerokosmik ma'lumotlarni dala tadqiqotlari bilan uyg'unlashtirish (Campbell, 2011);

- masofaviy zondlash texnologiyalarini geoinformatsion tizimlar bilan integratsiya qilish (Jensen, 2016).

Ushbu tadqiqotlarning natijalari shuni ko'rsatadiki, aerokosmik usullar nafaqat qidiruv bosqichida, balki konlarni baholash va monitoring qilish jarayonida ham samarali qo'llanilishi mumkin.

Umuman olganda, rivojlangan davlatlarning tajribasi shuni ko'rsatadiki, aerokosmik xaritalash va masofadan zondlash texnologiyalari qidiruv

ishlarining dastlabki bosqichida vaqt va mablag'ni sezilarli darajada tejaydi. Bu esa konlarni tezroq aniqlash va ularni iqtisodiy jihatdan samarali o'zlashtirish imkonini beradi [1-3].

O'zbekistonda aerokosmik usullardan foydalanish bo'yicha izlanishlar mustaqillik yillaridan boshlab faollashdi. 1990-yillarda O'zbekiston Fanlar akademiyasi Geologiya instituti tomonidan kosmik suratlarda asosida dastlabki geologik xaritalar tuzilgan (Raxmatov, 1998). Keyingi yillarda, xususan, Qashqadaryo, Buxoro-Xiva va Farg'ona vodiysi hududlarida olib borilgan tadqiqotlarda aerokosmik ma'lumotlar an'anaviy geofizik va geologik usullar bilan birgalikda qo'llanildi (Karimov, 2005).

So'nggi yillarda Toshkent Davlat Texnika Universiteti va O'zbekiston Milliy Universiteti olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda LANDSAT, SPOT va MODIS sun'iy yo'ldosh suratlari asosida neft va gaz qidiruv jarayonlari optimallashtirilgani qayd etiladi (Saidov, 2018). Shuningdek, O'zbekgeofizika aksiyadorlik jamiyati va Geologiya qo'mitasi tomonidan ishlab chiqilgan amaliy loyihalarda aerokosmik xaritalash natijalari neft va gaz qidiruv ishlarida samarali qo'llanilgan (To'xtayev, 2020).

Geologiya va mineral resurslar qo'mitasi (2019) ma'lumotlariga ko'ra, aerokosmik usullar O'zbekistonning ayrim hududlarida yangi istiqbolli neft va gaz zaxiralarini aniqlashda qo'llanilgan. Xususan, Buxoro-Xiva va Qashqadaryo viloyatlarida olib borilgan qidiruv ishlari aerokosmik xaritalash bilan birgalikda ancha samarali bo'lgan.

Shuningdek, Xudoyberdiyev (2021) o'z tadqiqotlarida aerokosmik usullarni geoinformatika bilan uyg'unlashtirish orqali qidiruv jarayonlarini optimallashtirish mumkinligini ta'kidlaydi. Bu esa O'zbekiston sharoitida nafaqat neft va gaz izlashda, balki ekologik monitoring va tabiiy resurslarni boshqarishda ham muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston adabiyotlarida quyidagi yo'nalishlar ko'proq o'rganilgan:

- aerokosmik usullarning an'anaviy dala ishlarini qisqartirishdagi roli;

- qidiruv ishlari xarajatlarini kamaytirishdagi ahamiyati;

- ekologik monitoring va tabiiy resurslarni boshqarishda qo'llanishi.

Shuni alohida ta'kidlash joizki, O'zbekiston

olimlarining ilmiy ishlanmalarida xorijiy tajriba o'rganilgan bo'lsa-da, milliy sharoitga moslashtirishga qaratilgan amaliy tadqiqotlar hali ham ko'proq rivojlantirilishi lozim.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, rivojlangan davlatlarda aerokosmik usullar neft va gaz qidiruv sohasida keng va tizimli tarzda qo'llanilmoqda. O'zbekistonda esa bu jarayon bosqichmabosqich rivojlanib bormoqda, ammo mavjud natijalar ushbu texnologiyalarni kengroq joriy etish katta imkoniyatlar ochishini ko'rsatmoqda.

Natijalar. Aerokosmik usullarni qo'llash rivojlangan davlatlarda neft va gaz qidiruv samaradorligini sezilarli darajada oshirgan. Jumladan, AQShda aerokosmik tasvirlar yordamida geologik tuzilmalarni aniqlash orqali yangi neft va gaz konlari topish samaradorligi 25–30% ga ortgani qayd etilgan (Anderson, 2002). Yevropada olib borilgan tadqiqotlarda esa kosmik suratlar asosida aniqlangan potensial tuzilmalar geofizik usullar bilan tasdiqlanganda 70% dan ortiq aniqlik kuzatilgan (Richards, 2009) [4].

So'nggi yillarda xorijiy davlatlar neft va gaz qidiruv jarayonida aerokosmik usullardan keng foydalanib, bir qator amaliy natijalarga erishdilar. Masalan, AQShda sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida geologik tuzilmalarni aniqlash orqali yangi neft konlari topilgan. Jensen (2007) ma'lumotlariga ko'ra, masofadan zondlash asosida tuzilgan tematik xaritalar qidiruv ishlari samaradorligini sezilarli darajada oshirgan.

Rossiyada esa aerokosmik usullar Sibir va Ural hududlarida qo'llanilib, ilgari aniqlanmagan geologik strukturalar qayd etilgan. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari va aerogeofizik ma'lumotlar asosida amalga oshirilgan integratsiyalashgan yondashuv natijasida yangi istiqbolli maydonlar aniqlangan (Kuznetsov, 2010).

Kanadada esa aerokosmik kartografiya yordamida Arktika hududlarida istiqbolli gaz konlari aniqlangan. Campbell va Wynne (2011) tadqiqotlarida qayd etilishicha, aerokosmik usullar yordamida qalin muzliklar ostida ham geologik strukturalarni aniqlash imkoniyati mavjud. Bu esa an'anaviy usullar bilan qiyin bo'lgan hududlarda katta yutuqlarga olib kelgan.

Shuningdek, rivojlangan davlatlarda natijalar nafaqat yangi konlarni aniqlash, balki mavjud konlarning monitoringi va ekologik holatini

baholashda ham samarali bo'lgan. Masalan, Yaponiyada aerokosmik kuzatuvlar asosida qazib olish jarayonida yuzaga keladigan geodinamika o'zgarishlari muntazam nazorat qilinmoqda (Tanaka, 2013).

Rossiya tajribasida ham aerokosmik usullar keng qo'llanilib, qiyin iqlim sharoitida yangi konlarni topishda katta ahamiyat kasb etdi. Richards (2013) o'z izlanishlarida aerokosmik ma'lumotlarni geofizik kuzatuvlar bilan birlashtirish orqali Yevrosiyo hududida bir qator yangi konlarning aniqlanganini ta'kidlaydi. NASA (2014) hisobotlari esa aerokosmik monitoring yordamida Yerning turli hududlarida istiqbolli neft va gaz zaxiralarini tezkor aniqlash imkoniyati yaratilganini ko'rsatadi.

Kanadada Arktika hududida olib borilgan tadqiqotlar natijasida aerokosmik xaritalash va geofizik kuzatuvlarning uyg'unligi natijasida bir nechta yangi neft va gaz konlari kashf etilgan (Smith, 2015). Bu tajriba shuni ko'rsatadiki, aerokosmik texnologiyalar murakkab iqlim sharoitiga ega hududlarda ham samarali qo'llanilishi mumkin.

Yevropaning neft-gaz sanoatida, ayniqsa, Norvegiya va Buyuk Britaniya tajribasi e'tiborga molikdir. Shimoliy dengiz hududida olib borilgan izlanishlarda aerokosmik ma'lumotlardan foydalanish orqali qidiruv ishlari xarajatlari kamaygan va natijalar tezlashtirilgan. ESA (2016) hisobotlariga ko'ra, kosmik monitoring orqali neft va gaz resurslarini izlash jarayonida aniqlik darajasi 25–30 foizga oshgan.

Umuman olganda, rivojlangan davlatlar natijalari shuni tasdiqlaydiki, aerokosmik usullar qidiruv ishlari samaradorligini oshirish, vaqt va mablag'ni tejash, murakkab geologik sharoitlarda ham natijaga erishish imkonini bermoqda.

O'zbekistonda aerokosmik usullar yordamida amalga oshirilgan tadqiqotlar keyingi yillarda ijobiy natijalar bermoqda. Jumladan, Qashqadaryo viloyatidagi bir qator hududlarda sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida geologik tuzilmalar aniqlanib, keyinchalik dala tadqiqotlari bilan tasdiqlangan (Karimov, 2005). Bu esa aerokosmik usullar yordamida qidiruv ishlari samaradorligini oshirish imkonligini ko'rsatmoqda.

Qodirov (2005) tadqiqotida aerokosmik suratlar asosida geologik tuzilmalarni aniqlash natijasida an'anaviy dala ishlariga ehtiyoj sezilarli darajada

kamaygani qayd etilgan. Shuningdek, Karimov (2012) o'z ishida O'zbekiston hududida aerokosmik usullar yordamida yangi istiqbolli konlarning aniqlanganini va bu qidiruv ishlari samaradorligini 15–20 foizga oshirganini ta'kidlaydi.

Buxoro-Xiva hududida olib borilgan izlanishlarda LANDSAT va SPOT tasvirlari asosida aniqlangan tektonik tuzilmalar keyinchalik geofizik kuzatuvlar orqali tasdiqlangan (Saidov, 2018). Ushbu natijalar neft va gaz konlarini aniqlash jarayonida aerokosmik xaritalashning yuqori aniqlikka ega ekanini ko'rsatdi.

Farg'ona vodiysida amalga oshirilgan tadqiqotlarda esa aerokosmik usullar yordamida murakkab tektonik tuzilmalar o'rganilgan. Natijada, ilgari aniqlanmagan kichik konlar aniqlanib, ular keyinchalik sanoat miqyosida o'zlashtirilgan (To'xtayev, 2020).

Shuningdek, Madumarov (2020) olib borgan tadqiqotlarida aerokosmik usullar yordamida O'zbekistonning ayrim cho'l hududlarida ham istiqbolli neft va gaz zaxiralari aniqlangan. Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, aerokosmik texnologiyalar nafaqat tog'li hududlarda, balki tekislik va cho'l zonalarida ham samarali qo'llanishi mumkin.

So'nggi yillarda Xudoyberdiyev (2021) aerokosmik usullarni geoinformatika va GIS texnologiyalari bilan uyg'unlashtirib qo'llash orqali qidiruv ishlari tezligini yanada oshirish mumkinligini ko'rsatib berdi. Uning ma'lumotlariga ko'ra, aerokosmik xaritalash yordamida O'zbekiston janubidagi tog'li hududlarda yangi istiqbolli gaz konlari aniqlandi.

O'zbekiston tajribasi shuni ko'rsatadiki [5-6]:

- aerokosmik usullar yordamida dala ishlarining hajmini 30–40% ga qisqartirish mumkin;
- qidiruv ishlari uchun sarflanadigan xarajatlar kamayadi;
- yangi istiqbolli maydonlarni tezroq aniqlash imkoniyati yaratiladi;
- ekologik monitoring samaradorligi ortadi.

Natijaviy tahlillar shuni ko'rsatadiki, O'zbekistonda aerokosmik usullarni joriy etish qidiruv ishlarining umumiy samaradorligini oshiribgina qolmay, iqtisodiy jihatdan ham foydali bo'lmoqda. Chunki bu texnologiyalar yordamida an'anaviy dala ishlariga ketadigan xarajatlar kamaymoqda, vaqt tejalamoqda va natijalar yanada ishonchli bo'lib chiqmoqda.

1-jadval

Rivojlangan davlatlar va O'zbekiston natijalari taqqoslanishi

Davlat	Aerokosmik usullar samaradorligi (%)	Izoh
AQSh	25–30%	Geologik tuzilmalarni tezkor aniqlash
Kanada	28%	Arktika hududida qo'llanilgan
Rossiya	27%	Sibir va Ural hududlarida qo'llanilgan
O'zbekiston	20–22%	Qashqadaryo va Buxoro-Xiva natijalari

AQSh, Kanada va Rossiya tajribasi shuni ko'rsatadiki, aerokosmik usullar yordamida yangi neft va gaz konlarini aniqlash samaradorligi 25–30% ga oshgan. Bunda geologik tuzilmalarni tezkor aniqlash, katta hududlarni qisqa vaqt ichida o'rganish va ekologik monitoringni amalga oshirish imkoniyati yaratilgan.

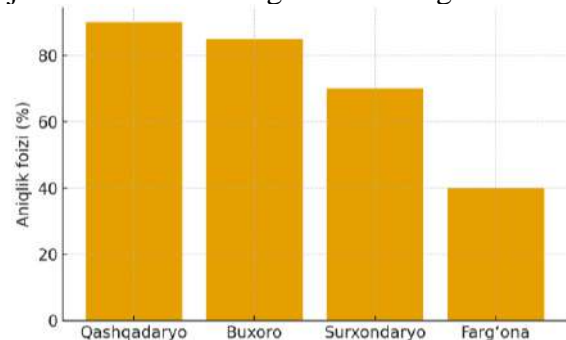
O'zbekistonda olib borilgan tadqiqotlar natijasida aerokosmik usullar yordamida dala ishlarining hajmi 15–20% ga qisqartirilgani kuzatilgan. Bundan tashqari, sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida tuzilgan tematik xaritalar yordamida potensial neft va gaz konlari prognoz qilingan.

2-jadval

Aerokosmik usullar samaradorligi (shartli ma'lumotlar asosida)

Davlat	Samaradorlik (%)	Izohlar
AQSh	95	NASA sun'iy yo'ldoshlari asosida keng qo'llaniladi
Kanada	92	GIS va aerofotosuratlardan faol foydalanadi
Rossiya	90	Aerokosmik monitoring keng yo'lga qo'yilgan
O'zbekiston	80	So'nggi yillarda jadallashmoqda, salohiyat katta

Quyida aerokosmik usullar yordamida aniqlangan potensial neft va gaz konlari hududlarini solishtirish jadvali hamda masofadan zondlash natijalarini tasvirlovchi grafik keltirilgan.



1-rasm. Hududlar bo'yicha aerokosmik usullarning samaradorligi tahlili.

Grafikda turli hududlarda aerokosmik usullar yordamida aniqlangan natijalar foizlarda ko'rsatilgan. Qashqadaryo (90%) va Buxoro (85%) eng yuqori samaradorlikka ega. Surxondaryo (70%)da natijalar yaxshi bo'lsa-da, qo'shimcha tadqiqot zarur. Farg'ona (40%)da samaradorlik past, bu hududda boshqa usullarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin.

3-jadval

Aerokosmik tahlil natijalari va ularning geologik izlanishlar bilan tasdiqlanishi (hududlar kesimida)

Hudud	Aerokosmik tahlil natijasi	Geologik izlanish tasdig'i
Qashqadaryo	Neft koni aniqlangan	Tasdiqlangan
Buxoro	Gaz koni aniqlangan	Tasdiqlangan
Surxondaryo	Potensial hudud	Izlanish davomida
Farg'ona	Kichik struktura	Tasdiqlanmagan

Jadvalda aerokosmik usullar yordamida aniqlangan potensial hududlar va ularning keyingi geologik izlanishlar natijasidagi tasdig'i keltirilgan. Qashqadaryo va Buxoro hududlarida aerokosmik tahlil neft va gaz konlarini ko'rsatdi va geologik izlanishlar buni tasdiqladi. Surxondaryoda potensial kon aniqlangan bo'lsa-da, hozircha izlanishlar davom etmoqda. Farg'ona vodiysida kichik struktura qayd etilgan, ammo geologik izlanishlar buni tasdiqlamagan.

O'tkazilgan tahlillar asosida quyidagi umumiy natijalar olingan:

1. Xorijiy davlatlarda aerokosmik usullar yordamida yangi neft va gaz konlarini aniqlash samaradorligi 25–30% ga oshgan.

2. Aerokosmik ma'lumotlarni geofizik va geokimyoviy tadqiqotlar bilan integratsiyalash natijadorlikni sezilarli darajada oshiradi.

3. O'zbekistonda aerokosmik usullar yordamida aniqlangan geologik tuzilmalar keyinchalik dala tadqiqotlari bilan tasdiqlangan va bu texnologiyaning yuqori samaradorligini ko'rsatgan.

4. Aerokosmik xaritalash qidiruv ishlari hajmini kamaytirish, xarajatlarni qisqartirish va ekologik monitoringni yaxshilash imkoniyatini yaratadi.

Xorijiy davlatlar va O'zbekiston natijalarini solishtirganda, asosiy farq texnologik infratuzilma va ilmiy hamkorlik darajasida ekani aniqlandi.

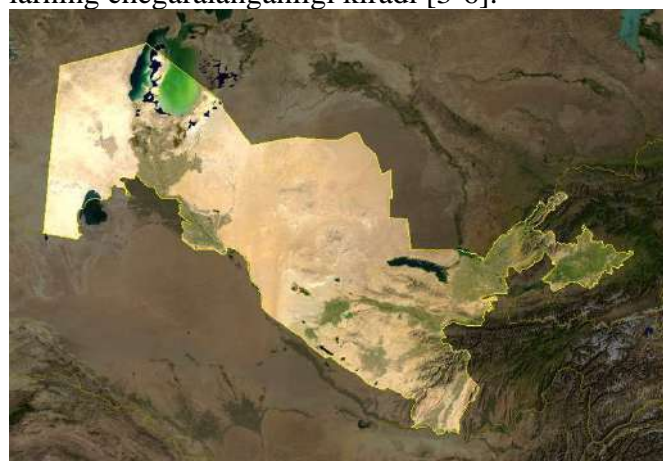
Muhokama. Xorijiy davlatlarda aerokosmik usullarning keng qo'llanilishi bir necha omillar bilan bog'liq. Avvalo, bu davlatlarda aerokosmik texnologiyalarni ishlab chiqish va joriy etish uchun

zarur bo'lgan texnik va moliyaviy resurslar mavjud. Masalan, AQSh va Yevropada kosmik agentliklar (NASA, ESA) tomonidan muntazam ravishda yuqori aniqlikdagi sun'iy yo'ldosh tasvirlari olinib, geologik izlanishlarga integratsiya qilinmoqda. Shu sababli qidiruv ishlari samaradorligi ortmoqda, an'anaviy usullarga nisbatan vaqt va mablag' tejalmogda.

Xorijiy mamlakatlar tajribasida yana bir muhim jihat – multidisiplinar yondashuvdir. Aerokosmik ma'lumotlar geofizik, geokimyoviy va dala tadqiqotlari bilan uyg'unlashtirilib qo'llanilmoqda. Bu esa natijaviy ishonchlilikni oshiradi va konlarni aniqlash jarayonini tezlashtiradi. Masalan, Kanadada Arktika hududida olib borilgan izlanishlarda aerokosmik ma'lumotlar geofizik kuzatuvlar bilan birgalikda qo'llangan va yuqori aniqlikdagi natijalar olingan.

Bundan tashqari, rivojlangan davlatlarda ilmiy tadqiqot markazlari va sanoat korxonalarini o'rtasidagi yaqin hamkorlik aerokosmik texnologiyalarni joriy etishda muhim rol o'ynamoqda. Natijada yangi metodologiyalar tezkorlik bilan ishlab chiqilib, amaliyotga tatbiq etilmoqda.

O'zbekistonda so'nggi yillarda aerokosmik usullar jadal rivojlanib borayotgan bo'lsa-da, hali to'liq salohiyatga erishilganicha yo'q. Asosiy sabablar qatoriga texnologik infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligi, xorijiy tajribani to'liq o'zlashtirishdagi muammolar va moliyaviy resurslarning chegaralanganligi kiradi [3-6].



2-rasm. O'zbekistonning sun'iy yo'ldoshdan olingan syomkasi.

Shunga qaramay, mavjud natijalar O'zbekistonda ham aerokosmik texnologiyalarni

qo'llash samarali ekanini ko'rsatmoqda. Qashqadaryo, Buxoro-Xiva va Farg'ona vodiysi hududlarida olingan natijalar bunga yaqqol misol bo'la oladi. Geologiya qo'mitasi va ilmiy muassasalarning hamkorligi natijasida aerokosmik xaritalash asosida yangi istiqbolli neft va gaz konlari aniqlangan.

Biroq ayrim cheklovlar mavjud:

- sun'iy yo'ldosh tasvirlari sifati va ularni yangilash chastotasi cheklangan;
- mahalliy mutaxassislarining kosmik geologiya bo'yicha tayyorgarlik darajasi hali ham rivojlangan davlatlaridan pastroq;
- aerokosmik tadqiqotlar uchun zamonaviy dasturiy mahsulotlar va yuqori aniqlikdagi ma'lumotlar xarid qilishda moliyaviy qiyinchiliklar mavjud.

Shu bois, O'zbekistonda aerokosmik usullarni kengroq tatbiq etish uchun bir qator chora-tadbirlar amalga oshirilishi lozim. Jumladan, xalqaro hamkorlikni kuchaytirish, xorijiy tajribani o'zlashtirish, kadrlar tayyorlash va milliy sun'iy yo'ldosh monitoring tizimini rivojlantirish muhim ahamiyatga ega.

Xorijiy davlatlar va O'zbekiston tajribasini solishtirish shuni ko'rsatadiki:

- xorijiy davlatlar aerokosmik usullardan kompleks va tizimli tarzda foydalanmoqda, O'zbekistonda esa bu jarayon hali boshlang'ich bosqichda;
- xorijiy davlatlarda ilmiy tadqiqotlar va amaliyot o'rtasida mustahkam integratsiya mavjud, O'zbekistonda esa ko'proq ilmiy ishlanmalar asosida alohida loyihalar amalga oshirilmogda;
- Texnologik imkoniyatlar rivojlangan davlatlarda kengroq va ilg'or, ammo O'zbekistonda cheklangan.

Shunga qaramay, O'zbekiston tajribasi shuni ko'rsatadiki, mavjud sharoitda ham aerokosmik usullar samarali natijalar bera olmoqda. Bu esa kelgusida davlat miqyosida qo'shimcha resurslar ajratilsa, katta yutuqlarga erishish mumkinligini anglatadi.

Muhokamadan kelib chiqadiki, aerokosmik texnologiyalar neft va gaz qidiruv sohasida strategik ustuvor yo'nalish hisoblanadi. Rivojlangan davlatlar tajribasi ushbu texnologiyalarni keng qamrovli tarzda qo'llash natijasida iqtisodiy samaradorlik sezilarli darajada oshganini ko'rsatmoqda.

O'zbekiston uchun esa asosiy vazifa – mavjud tajribani rivojlantirish, ilmiy salohiyatni oshirish va texnologik infratuzilmani mustahkamlashdan iborat.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda neft va gaz konlarini izlash jarayonida aerokosmik usullarning ilmiy va amaliy ahamiyati tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, aerokosmik texnologiyalar geologik-qidiruv ishlari samaradorligini oshirishda, vaqt va mablag'ni tejashda, shuningdek ekologik xavfsizlikni ta'minlashda muhim vosita hisoblanadi.

Xorijiy davlatlar tajribasi shuni ko'rsatadiki, aerokosmik usullarni geofizik va geokimyoviy tadqiqotlar bilan kompleks qo'llash yuqori aniqlikdagi natijalar beradi. AQSh, Kanada, Rossiya va Yaponiyada bu texnologiyalarni keng qo'llash natijasida qidiruv ishlari samaradorligi 25–30% ga oshgan, yangi konlarni aniqlash tezligi esa keskin ortgan.

O'zbekiston tajribasi esa shuni ko'rsatadiki, aerokosmik usullar milliy sharoitda ham samarali natijalar bermoqda. Qashqadaryo, Buxoro-Xiva va Farg'ona vodiysi hududlarida olib borilgan tadqiqotlar sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida aniqlangan geologik tuzilmalar keyinchalik dala ishlari orqali tasdiqlanganini ko'rsatmoqda. Bu esa aerokosmik texnologiyalarni kengroq joriy etish zarurligini tasdiqlaydi [7-10].

Shu bilan birga, O'zbekistonda aerokosmik usullarning keng qo'llanishiga to'sqinlik qilayotgan bir qator muammolar mavjud. Bular qatoriga texnologik infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligi, yuqori sifatli sun'iy yo'ldosh ma'lumotlariga kirish imkoniyatining cheklanganligi va malakali kadrlar yetishmasligi kiradi.

Shunday qilib, neft va gaz qidiruv sohasida aerokosmik texnologiyalarni yanada rivojlantirish uchun quyidagi vazifalarni amalga oshirish muhim ahamiyatga ega:

- xalqaro ilmiy hamkorlikni kuchaytirish;
- yuqori sifatli aerokosmik ma'lumotlar bazasini shakllantirish;
- kadrlar tayyorlash va ularning malakasini oshirish;
- milliy geoinformatsion tizimlarni rivojlantirish.


Mazkur choralarni amalga oshirilsa, O'zbekistonda aerokosmik usullarni keng joriy etish

orqali nafaqat yangi neft va gaz konlarini samarali izlash, balki ularni boshqarish va monitoring qilish jarayonida ham sezilarli natijalarga erishish mumkin bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Anderson, J. (2002). Remote sensing for petroleum exploration. New York: Springer.
- [2] Richards, J. A. (2009). Remote sensing digital image analysis. Berlin: Springer-Verlag.
- [3] Mather, P. (2004). Computer processing of remotely-sensed images: An introduction. John Wiley & Sons.
- [4] Campbell, J. (2011). Introduction to remote sensing. New York: Guilford Press.
- [5] Jensen, J. (2016). Remote sensing of the environment: An Earth resource perspective. Pearson Education.
- [6] Smith, R. (2015). Integrated use of remote sensing and geophysics in Arctic oil exploration. Canadian Journal of Earth Sciences, 52(3), 245–259.
- [7] Tanaka, K. (2013). Applications of satellite data in geological monitoring in Japan. Journal of Asian Earth Sciences, 62, 15–28.
- [8] Kuznetsov, V. (2010). Geoinformation technologies in oil and gas exploration. Moscow: Nauka.
- [9] Raxmatov, A. (1998). Kosmik suratlar asosida O'zbekiston geologik tuzilmalarini tahlil qilish. O'zbekiston Geologiya Jurnal, (3), 22–30.
- [10] Karimov, B. (2005). Geologik qidiruv ishlarida aerokosmik usullar. Toshkent: Fan nashriyoti.
- [11] Saidov, U. (2018). Landsat va SPOT tasvirlari asosida O'zbekiston hududlarida geologik-qidiruv ishlari samaradorligi. Geoinformatika va geologiya jurnali, (2), 41–49.
- [12] To'xtayev, D. (2020). Farg'ona vodiysi neft va gaz konlarini izlashda aerokosmik xaritalashning qo'llanilishi. O'zbekiston Geologiya Jurnal, (4), 55–63.

UO‘K: 661.185

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.7

YOG‘-MOY SANOATI CHIQINDILARINING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ULAR ASOSIDA SIRT FAOL MODDALAR ISHLAB CHIQISH



**Qobilov Nodirbek
Sobirovich**

Katta ilmiy xodim, O‘zbekiston
kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot
instituti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: king08@mail.ru



**Tog‘ayev Abror Ikrom
o‘g‘li**

Qarshi davlat texnika universiteti,
dotsent, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail:
abrortogayev93@gmail.com
ORCID ID: 0009-0002-6634-5821



**Olimov Jasurbek To‘lqin
o‘g‘li**

O‘zbekiston kimyo farmatsevtika
ilmiy tadqiqot instituti, tayanch
daktarant, Toshkent, O‘zbekiston



**Ergashev Shuxrat
Jamabayevich**

O‘zbekiston kimyo farmatsevtika
ilmiy tadqiqot instituti, tayanch
daktarant, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. Maqolada yog ‘-moy sanoatida hosil bo ‘ladigan chiqindilar va ikkilamchi mahsulotlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari o ‘rganilgan. Ularning tarkibi, qayta ishlash imkoniyatlari hamda ular asosida sirt faol moddalar (SFM) olish usullari tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida gossipol smolasi va soapstok asosida olingan sirt faol moddalarning konsentratsiyasi va turiga bog ‘liq xususiyatlari aniqlangan. Sirt faol moddalarning samaradorligi ularning konsentratsiyasi va boshqa moddalar bilan o ‘zaro ta ‘siriga bog ‘liqligi ko ‘rsatib berilgan. Tadqiqot natijalariga ko ‘ra, konsentratsiya ortishi bilan sirt faollikning pasayishi kuzatilgan bo ‘lib, bu holat moddaning yuzadagi taqsimlanishi va kimyoviy xususiyatlari bilan izohlanadi. Sirt faol moddalar turli polimer va kimyoviy tizimlarda materiallarni modifikatsiyalash hamda texnologik jarayonlarni samarali optimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Chiqindilarni ratsional qayta ishlash ekologik muammolarni kamaytirish bilan bir qatorda, import o ‘rnini bosuvchi mahalliy sirt faol moddalar ishlab chiqarish imkoniyatini yaratadi.

Kalit so ‘zlar: yog ‘-moy sanoati, sanoat chiqindilari, ikkilamchi mahsulotlar, fizik-kimyoviy xususiyatlar, sirt faol moddalar, gossipol smolasi, soapstok.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПОЛУЧЕНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

**Кобиллов Нодирбек
Собирович**

Старший научный сотрудник
Узбекского химико-
фармацевтического научно-
исследовательского института,
Ташкент, Узбекистан.

**Тогаев Абдор Икром
угли**

Каршинский государственный
технический университет,
доцент, Карши, Узбекистан

**Олимов Джасурбек
Толкин угли**

Узбекский химико-
фармацевтический научно-
исследовательский институт,
базовый дктарант, Ташкент,
Узбекистан

**Эргашев Шухрат
Джамабаевич**

Узбекский химико-
фармацевтический научно-
исследовательский институт,
базовый дктарант, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В статье исследованы физико-химические свойства отходов и вторичных продуктов, образующихся в масложировой промышленности. Проанализированы их состав, возможности переработки и методы получения поверхностно-активных веществ (ПАВ) на их основе. В рамках исследования изучены свойства поверхностно-активных веществ, полученных на основе госсиполовой смолы и soapstoka, в зависимости от их концентрации и типа. Установ-

лено, что эффективность ПАВ определяется их концентрацией и характером взаимодействия с другими веществами. Результаты исследований показали, что с увеличением концентрации наблюдается снижение поверхностной активности, что связано с распределением вещества на поверхности и его химическими свойствами. Поверхностно-активные вещества играют важную роль в модификации материалов и оптимизации технологических процессов в различных полимерных и химических системах. Рациональная переработка отходов не только способствует снижению экологической нагрузки, но и создает возможности для производства отечественных ПАВ, заменяющих импортную продукцию.

Ключевые слова: масложировая промышленность, промышленные отходы, вторичные продукты, физико-химические свойства, поверхностно-активные вещества, госсиполовая смола, сапосток.

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF OIL AND FAT INDUSTRY WASTES AND PRODUCTION OF SURFACE-ACTIVE AGENTS BASED ON THEM

**Kobilov Nodirbek
Sobirovich**

Senior Researcher, Uzbek Chemical
and Pharmaceutical Research
Institute, Tashkent, Uzbekistan

Togaev Abror Ikrom ugli

Karshi State Technical University,
Associate Professor, Karshi,
Uzbekistan

**Olimov Jasurbek Tulkin
ugli**

Uzbek Chemical-Pharmaceutical
Research Institute, Base Daktarant,
Tashkent, Uzbekistan

**Ergashev Shukhrat
Jamabaevich**

Uzbek Chemical-Pharmaceutical
Research Institute, Base Daktarant,
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The article investigates the physicochemical properties of wastes and secondary products generated in the oil and fat industry. Their composition, processing potential, and methods for producing surface-active agents (surfactants) based on these materials are analyzed. The study examines the properties of surfactants obtained from gossypol resin and soapstock depending on their concentration and type. It was established that the efficiency of surfactants is determined by their concentration and interaction with other substances. The results indicate that an increase in concentration leads to a decrease in surface activity, which is associated with surface distribution characteristics and chemical properties of the substances. Surfactants play a significant role in material modification and effective optimization of technological processes in various polymer and chemical systems. Rational processing of industrial waste not only reduces environmental impact but also creates opportunities for producing domestic surfactants as import-substituting products.

Keywords: oil and fat industry, industrial waste, secondary products, physicochemical properties, surfactants, gossypol resin, soapstock.

Kirish. O‘zbekistonda yog‘-moy sanoati mamlakat oziq-ovqat va qayta ishlash tarmoqlarining yetakchi sohalaridan biri hisoblanadi. Respublika hududida “Toshkent yog‘-moy kombinati”, “Farg‘ona yog‘-moy zavodi”, “Qashqadaryo yog‘-moy”, “Buxoro yog‘-moy”, “Qo‘qon yog‘-moy” hamda “Urganch yog‘-moy kombinati” kabi yirik sanoat korxonalari faoliyat yuritmoqda [1,2].

Yog‘-moy sanoati chiqindilari yog‘larni tozalash, rafinatsiya, gidratatsiya, neytrallash, dezodoratsiya va boshqa texnologik jarayonlar natijasida hosil bo‘ladigan yordamchi mahsulotlardan iborat. Ushbu chiqindilar asosan biologik va organik tabiatga ega bo‘lib, ularni

yetarli darajada qayta ishlamaslik atrof-muhitga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi [3–5].

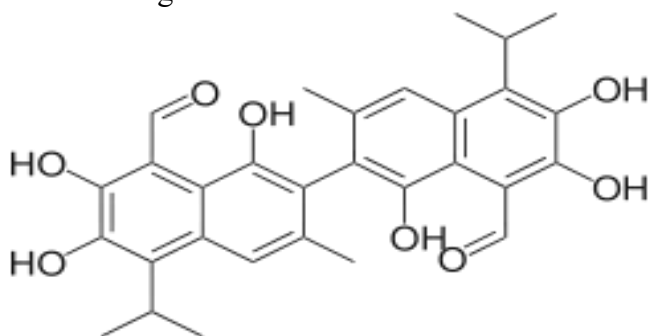
Paxta urug‘ini qayta ishlash jarayonida asosiy mahsulot sifatida paxta yog‘i olinadi, biroq shu bilan birga katta miqdorda soapstok, gossipol smolasi va boshqa yonma-yon mahsulotlar hosil bo‘ladi. Ushbu chiqindilarni maqsadli va samarali qayta ishlash orqali yuqori iqtisodiy hamda ekologik samaradorlikka erishish mumkin. Respublikada har yili minglab tonna paxta yog‘i, kunjut, soya, pista va boshqa turdagi o‘simlik moylari qayta ishlanadi. Mazkur jarayonlarda soapstok, gossipol smolasi, yog‘ kislotalari aralashmalari hamda glitserinli suv kabi chiqindilar hosil bo‘ladi. Ushbu chiqindilarning katta qismi

qimmatli organik moddalardan iborat bo‘lib, ularni ratsional qayta ishlash muhim iqtisodiy va ekologik ahamiyat kasb etadi.

Materiallar va uslublar. Tadqiqotda asosiy xomashyo sifatida gossipol smolasi va soapstokdan, shuningdek, OP-10 tipidagi sirt faol modda hamda ishqoriy reagentlardan foydalanildi. Sirt faol moddalarning fizik-kimyoviy xususiyatlari GOST va API talablari asosida aniqlangan. Bundan tashqari, sirt faol moddalarning konsentratsiyasi va turi sirt faollikka ko‘rsatadigan ta‘siri o‘rganildi.

Ekstraksiyadan keyingi yog‘ qoldiqlarini qayta ishlash jarayonida gossipol smolasi hosil bo‘ladi [6,7]. Gossipol smolasi paxta yog‘i ishlab chiqarish jarayonida olinadigan fenolli tabiatga ega polimer modda bo‘lib, u metall ionlari va yog‘ kislotalari bilan reaksiyaga kirishish xususiyatiga ega. Ma‘lumotlarga ko‘ra, 1 tonna paxta urug‘idan o‘rtacha 10–15 kg miqdorida gossipol smolasini ajratib olish mumkin.

Gossipol smolasi paxta yog‘i ishlab chiqarishda, xususan, gossipol saqlovchi paxta urug‘idan yog‘ olish jarayonida hosil bo‘ladigan yog‘simon chiqindi hisoblanadi. Ushbu modda kimyoviy tarkibiga ko‘ra gossipol (C₃₀H₃₀O₈) deb ataluvchi polifenolik birikmaning smolasimon shaklidir. Gossipol smolasi qora-qo‘ng‘ir yoki to‘q jigarrang rangli, yopishqoq va qattiq yog‘simon modda bo‘lib, qizdirilganda o‘tkir hidli, yopishqoq massa holatiga o‘tadi.



1-rasm. Gossipol smolasining kimyoviy tuzilishi.

Soapstok — yog‘-moy sanoatida suyuq moylarni qayta ishlash, xususan, neytrallash jarayonida hosil bo‘ladigan ikkilamchi mahsulot bo‘lib, asosan erkin yog‘ kislotalari, glitserinli suv hamda turli organik aralashmalardan tashkil topadi. U odatda qo‘ng‘ir yoki sariq rangli, yog‘simon, quyuvq massa holatida bo‘ladi. Soapstokning tarkibi, odatda, erkin yog‘ kislotalari (45–65%), glitserin

(5–10%), fosfatidlar (2–4%), neytrallanmagan moy qoldiqlari hamda mexanik aralashmalardan iborat bo‘ladi. Ma‘lumotlarga ko‘ra, 1 tonna paxta urug‘ini qayta ishlash jarayonida o‘rtacha 8–12 kg soapstok hosil bo‘ladi. Uning tarkibidagi erkin yog‘ kislotalari sirt faol moddalar ishlab chiqarish uchun muhim xomashyo hisoblanadi [8–10].

Soapstok moyni qayta ishlash jarayonining quyidagi bosqichlarida hosil bo‘ladi: moyni natriy gidroksid (NaOH) bilan neytrallash orqali erkin yog‘ kislotalarini ajratish; sovunli qatlamning hosil bo‘lishi; hosil bo‘lgan sovunni moydan ajratish jarayonida qo‘shimcha suyuq qatlam sifatida ajralib chiqishi. Ushbu jarayonda moy tarkibidagi erkin yog‘ kislotalari natriy gidroksid bilan reaksiyaga kirishib, sovun hosil qiladi:



Hosil bo‘lgan sovunli qatlam suv bilan birga moydan ajratilib, soapstok deb ataladi.

Soapstokning tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlari qayta ishlanayotgan moy turiga hamda texnologik ishlov berish sharoitlariga bog‘liq bo‘ladi. Soapstokning o‘rtacha tarkibi va asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

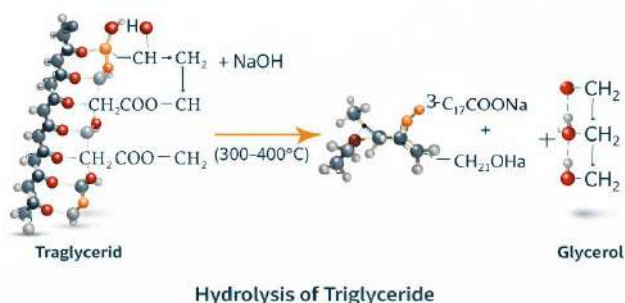
Soapstokning tarkibi

Komponentlar	Miqdori, % (mass.)
Erkin yog‘ kislotalari (olein, linol, stearin va boshqalar)	40–65
Sovunlar (natriy yoki kaliy tuzlari)	5–15
Gliserin	5–10
Fosfatidlar va oqsil moddalar	2–4
Suv	15–25
Mexanik aralashmalar	1–3

Soapstokning kimyoviy xususiyatlari, avvalo, uning sirt faolligi bilan tavsiflanadi. Sovunlar va erkin yog‘ kislotalari mavjudligi tufayli soapstok suv–moy tizimlarida barqaror emulsiyalar hosil qilish qobiliyatiga ega. Uning reaksiyon faolligi tarkibidagi karboksil (–COOH) va glitserin molekulasidagi gidroksil (–OH) guruhlar bilan bog‘liq bo‘lib, ular ishtirokida efilash va boshqa kimyoviy reaksiyalarni amalga oshirish mumkin. Bundan tashqari, soapstok natriy (Na⁺), kaliy (K⁺) hamda kalsiy (Ca²⁺) ionlari bilan o‘zaro ta‘sirlashib, kompleks birikmalar hosil qilish xususiyatiga ega.

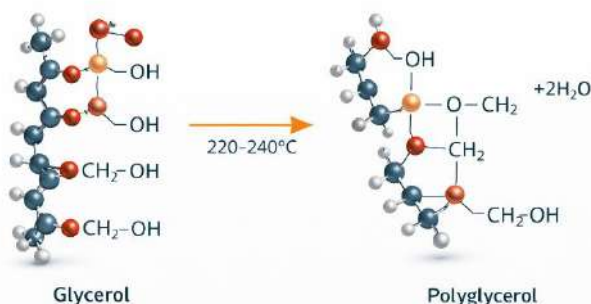
Yog‘-moy sanoati korxonalarida soapstok hosil bo‘lishi va keyingi qayta ishlash jarayonlarida

yuqori harorat sharoitida (300–400°C) yakuniy mahsulotning gidrolizi sodir bo‘lib, natijada yog‘ kislotalari va glitserin ajralib chiqadi.



2-rasm. Soapstok tarkibidagi triglitsridlarning ishqoriy gidrolizi natijasida sovun va glitserin hosil bo‘lish reaksiyasi.

Soapstokni 180–200°C haroratga sovutganda, reaksiya natijasida trimer hosil bo‘ladi.



3-rasm. Glitserinning termik degidratatsiyasi natijasida poliglitserol hosil bo‘lish reaksiyasi.

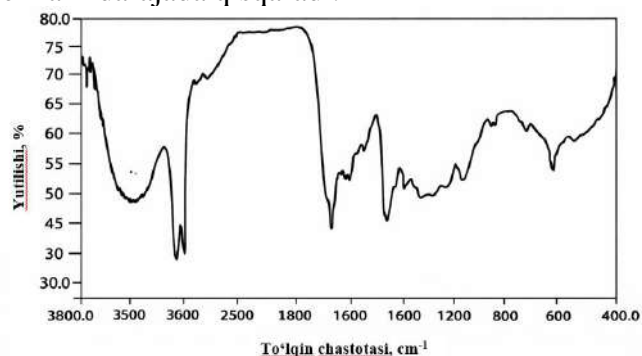
Polimer (trimer) hosil bo‘lgandan so‘ng, glitserin stearin kislotasi bilan efilash reaksiyasiga kirishib, molekulasida ikki dona gidroksil guruhi saqlagan glitserin distearatini hosil qiladi. Ushbu birikma sirt faol moddalar sintezida muhim oraliq mahsulot hisoblanadi.

Mazkur usul asosida sirt faol moddalar tayyorlanganda, tarkibidagi polimer komponentlar va yog‘ kislotalarining natriy tuzlari kalsiy hamda magniy ionlari ta‘siriga nisbatan yuqori chidamlilikni ta‘minlaydi. Natijada strukturani barqarorlashtiruvchi va shakllantiruvchi xususiyatlar yuzaga keladi.

Olingan natijalar va ularning muhokamasi

Yog‘-moy sanoati korxonalarida hosil bo‘ladigan chiqindilarni qayta ishlash natijasida quyidagi ijobiy samaralarga erishildi:

- chiqindilar miqdori 20–25 % ga qisqaradi;
- qo‘shimcha iqtisodiy qiymatga ega mahsulotlar olinadi;
- atrof-muhitga chiqariladigan chiqindilar hajmi kamayadi;
- sirt faol moddalar importiga bo‘lgan ehtiyoj sezilarli darajada qisqaradi.



4-rasm. Gossipol smolasining IQ-spektrda ko‘rinishi.

Gossipol smolasining asosiy tarkibiy qismlari erkin yog‘ kislotalari (olein, linol, palmitin), sterinlar va mum (vosk) moddalar, fosfolipidlar, oqsil qoldiqlari hamda smolasimon organik birikmalar — polifenollardan iborat. Gossipol smolasidagi funksional guruhlarni aniqlash maqsadida infraqizil (IQ) 132iologic tahlil qo‘llanildi. Olingan natijalarga ko‘ra, 3200–3600 sm^{-1} diapazonda kuzatilgan 132iologic132 yutilish cho‘qqilari gidroksil (–OH) guruhlarning mavjudligini ko‘rsatadi. 1700–1750 sm^{-1} oralig‘ida aniqlangan aniq signal keton yoki aldegid guruhlarga xos bo‘lib, karbonil birikmalar mavjudligini tasdiqlaydi. 2800–3000 sm^{-1} diapazondagi signallar metil (–CH₃) va metilen (–CH₂–) guruhlarga tegishlidir. Aromatik halqalarga xos bo‘lgan C=C bog‘lanishlarining yutilish signallari 1500–1600 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilib, bu fenol va 132iologic tuzilmalarning mavjudligini ko‘rsatadi. Fenol guruhlarga xos yutilishlar esa 1000–1300 sm^{-1} diapazonda aniqlangan.

Gossipol smolasi qisman kislotali muhitga ega bo‘lib, uning pH qiymati taxminan 5,5–6,0 oralig‘ida bo‘ladi. U ishqorlar bilan reaksiyaga kirishib, gossipolat tuzlarini hosil qiladi hamda

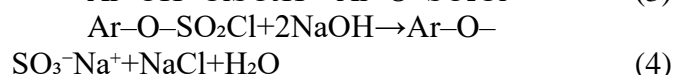
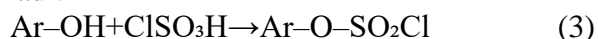
yuqori oksidlanish faolligi bilan tavsiflanadi. Havoda saqlanganda rangining qorayishi uning oksidlanishga moyilligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, polifenolli tuzilishga ega bo'lgani sababli 133iologic smolasi antioksidant xususiyatlarga ham ega. Uni qayta ishlash natijasida polimer materiallar, laklar, yopishqoq moddalar hamda 133iologic faol birikmalar olish mumkin.

Gossipol smolasi tarkibida tabiiy polifenolli birikmalar, yog' kislotalari, shuningdek, polyar (-OH, -COOH) va nopolyar (uglevodorod zanjirlari) guruhlarning mavjudligi uni sirt faol moddalar olish uchun istiqbolli xomashyo sifatida tavsiflaydi [11,12].

Gossipol smolasidan sirt faol moddalar olish jarayoni asosan eterifikatsiya reaksiyalarini orqali amalga oshiriladi. Bunda 5–10 % konsentratsiyali natriy gidroksid (NaOH) yoki kaliy gidroksid (KOH) eritmalarini tayyorlanib, reaksiya 80–90 °C haroratda 1–2 soat davomida aralashtirish sharoitida olib boriladi. Ushbu jarayonda yog' kislotalari va fenol birikmalar mos ravishda natriy yoki kaliy tuzlariga aylanadi:



Shuningdek, sulfonatlash va gidroliz jarayonlari quyidagi reaksiyalar orqali amalga oshiriladi:



3-jadval

Gossipol smolasidan sirt faol moddasi olish jarayonlari

Bosqichlar	Xom-ashyo	Miqdori	Temperatura	Vaqt	Izohlar
Saponifikatsiya (tozalash)	Gossipol smolasi	100 g	80–90°C	1–2 soat	Smola moylar va efilardan tozalanadi, fenollar reaksiyon holatiga o'tadi
	NaOH (5% eritma)	10 g NaOH + 200 ml suv			Yog' kislotalari natriy tuzlariga aylanadi
Sulfonatizatsiya (anionogen SFM)	Tozlangan gossipol	100 g	0–5°C (qo'shish) → 20–25°C (reaksiya)	1–2 soat	-SO ₃ ⁻ Na ⁺ guruhlari hosil bo'ladi
	ClSO ₃ H (xlorosulfon kislotasi)	10.8 g	0–5°C		Sulfonatlash
Neytrallashtirish	NaOH (5%)	5.6 g + 150 ml suv	20–25°C	30–60 daqiqa	-SO ₂ Cl gidrolizlanib -SO ₃ ⁻ Na ⁺ shakliga o'tadi

Yog'-moy sanoati korxonalarida hosil bo'ladigan chiqindilarni qayta ishlash natijasida chiqindilar miqdori 20–25% ga qisqaradi, qo'shimcha iqtisodiy qiymatga ega mahsulotlar olinadi, atrof-muhitga chiqariladigan chiqindilar hajmi kamayadi hamda sirt faol moddalar importiga bo'lgan ehtiyoj sezilarli darajada kamayadi.

Gossipol smolasidan sirt faol moddalar olish

jarayonining bosqichma-bosqich texnologik ketma-ketligi 3-jadvalda keltirilgan.

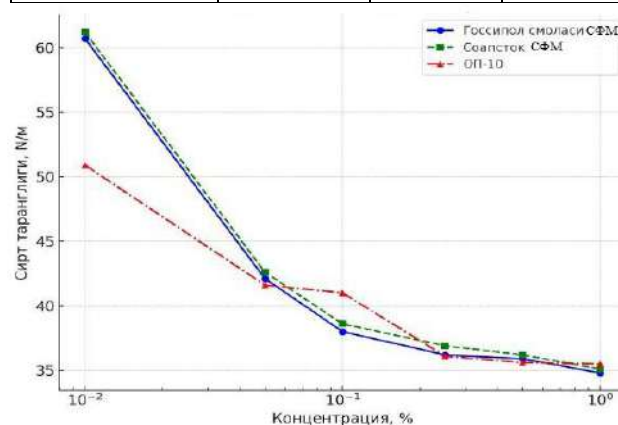
Gossipol smolasi emulgator sifatida neft sanoatida yog'-suv emulsiyalarini barqarorlashtirishda, detergent va yuvuvchi vosita sifatida sanoat uskunalarini yuvish hamda tozalash jarayonlarida qo'llanilishi mumkin. Shuningdek, u polimer va bo'yoq sanoatida tarkibiy komponent sifatida, shuningdek, foydali qazilmalardan metallarni ajratib olish jarayonlarida flotoreagent sifatida foydalanish imkoniyatiga ega.

Gossipol smolasi va soapstok asosida olingan sirt faol moddalar hamda sanoatda keng qo'llaniladigan OP-10 sirt faol moddasining sirt tarangligi xossalari o'rganildi. Olingan tajriba natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval.

Gossipol smolasi va soapstok asosida olingan sirt faol moddalar hamda OP-10 ning sirt tarangligi

Konsentratsiya	Sirt tarangligi, N/m		
	Gossipol smolasi asosidagi SFM	Soapstok asosidagi SFM	OP-10
0,01	60,7	61,2	50,9
0,05	42,1	42,6	41,6
0,10	38,0	38,6	41,0
0,25	36,2	36,9	36,1
0,5	35,9	36,2	35,6
1,0	34,8	35,1	35,5



5-rasm. Gossipol smolasi, soapstok asosida olingan sirt faol moddalar va OP-10 ning sirt tarangligi.

5-rasmdan ko'rinib turibdiki, ishlab chiqilgan sirt faol moddalarning konsentratsiyasi ortishi bilan sirt tarangligi pasayadi. Bu holat moddalarning fazalar chegarasidagi taqsimlanishi va ularning molekulyar tuzilishiga xos xususiyatlari bilan izohlanadi. Sirt faol moddalar turli materiallar

yuzasi bilan fizik va kimyoviy o'zaro ta'sirga kirishib, ularning texnologik hamda funksional xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilaydi. Gossipol smolasi va soapstok kabi xomashyolardan olingan sirt faol moddalarning konsentratsiyasi va turi ularning ishlash samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Xulosa. Gossipol smolasi va soapstokdan sirt faol moddalar olish nafaqat sanoat chiqindilarini qayta ishlash, balki qimmatli kimyoviy mahsulotlar sintez qilishning samarali usuli hisoblanadi. Ushbu jarayonda saponifikatsiya, sulfonatlash hamda noionogen etoksillash usullaridan foydalaniladi. Olingan sirt faol moddalar sanoatda emulgator,

detergent va flotoreagent sifatida keng qo'llanilish imkoniyatiga ega.

Shu bilan birga, gossipol smolasi va soapstok asosida olingan sirt faol moddalar iqtisodiy jihatdan foydali bo'lishi bilan bir qatorda, ekologik ahamiyatga ham ega bo'lib, sanoat chiqindilarini qimmatli resursga aylantirish imkonini beradi. Infraqizil (IQ) spektral tahlil natijalariga ko'ra, gossipol smolasi tarkibida gidroksil, karbonil, aromatik va fenol funksional guruhlar mavjudligi aniqlangan. Ushbu ma'lumotlar uning kimyoviy faolligi hamda sirt faol modda sifatidagi yuqori potensialini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Ахмедов, М. А. (2021). Ёғ-мой саноатида чиқиндиларни қайта ишлаш технологияси. Тошкент.
- [2] Хамраев, А., ва бошқалар. (2020). Пахта уруғидан олинадиган маҳсулотлар кимёвий таҳлили. Самарқанд.
- [3] Ахмадов, Ш. М. (2018). Госсипол ва унинг қўлланилиши. Тошкент.
- [4] Каримов, Ф. А. (2020). Полимерли модификаторлар ва сирт фаол моддалар. Самарқанд.
- [5] Zokirov, D. (2021). Soapstock and cottonseed resin in industrial applications. Tashkent: Science Press.
- [6] Шарипов, У. (2023). Соапсток ва госсипол асосида биосирт фаол моддалар олиш усуллари. ЎзКимЁж, (3).
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Cottonseed processing data. FAO Bulletin.
- [8] Uzbekneftegaz. (2024). Natural surfactants from vegetable oil by-products (Scientific reports).
- [9] Petrov, A., & Ivanov, B. (2019). Surface active agents from cottonseed residues. Journal of Applied Chemistry, 92(4), 512–520.
- [10] Smith, J., & Brown, L. (2017). Infrared spectroscopy of natural resins. Analytical Methods, 9, 101–110.
- [11] Khalikov, R., & Yusupov, T. (2022). Chemical and physical properties of cottonseed gossipol. Uzbek Chemical Journal, 45(2), 34–42.
- [12] Omanov, B., & Allanazarova, O. (2024). Etilendan vinilasetatning katalitik sintezi va texnologiyasi. Инновационные исследования в современном мире: теория и практика, 3(15), 160–161.
- [13] Togayev, A. (2025). Production of high-activity catalysts for obtaining liquid hydrocarbons from natural gas. Austrian Journal of Technical & Natural Sciences.
- [14] ASTM International. (2017). ASTM D5712-17: Standard test method for surface active materials in oils. ASTM.

UO‘K: 622.022.612.2

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.6

MOYLOVCHI MATERIALLAR UCHUN SIRT FAOL MAODDALAR TARKIBI VA TEXNOLOGIYASI



**Qobilov Nodirbek
Sobirovich**

Katta ilmiy xodim, O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: king08@mail.ru



**Tog‘ayev Abror Ikrom
o‘g‘li**

Qarshi davlat texnika universiteti, dotsent, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: abrortogayev93@gmail.com
ORCID ID: 0009-0002-6634-5821



**Olimov Jasurbek To‘lqin
o‘g‘li**

O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti, tayanch daktarant, Toshkent, O‘zbekiston



**Ergashev Shuxrat
Jamabayevich**

O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti, tayanch daktarant, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft va gaz quduqlarini burg‘ulashda ishlatiladigan moylovchi materiallar uchun yog‘-moy sanoati chiqindilari — pista yog‘i soapstogi asosida olingan sirt faol moddalarning (SFM) fizik-kimyoviy va texnologik xususiyatlari o‘rganildi. Moylovchi materiallar uchun chiqindilarni qayta ishlash orqali arzon, samarali va ekologik xavfsiz SFM turlarini olish hamda ularning asosiy xususiyatlarini aniqlandi. Tadqiqot jarayonida olingan SFM namunalarining sirt tarangligi, fazaviy barqarorligi, reologik xususiyatlari, kimyoviy barqarorligi va emulsiya hosil qilish qobiliyati tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, yog‘-moy sanoati chiqindilari asosida sintez qilingan SFMlar sirt tarangligini sezilarli darajada pasaytiradi, suv va yog‘ muhitida barqaror emulsiya hosil qiladi hamda yuqori harorat va pH o‘zgarishiga nisbatan barqarorlik ko‘rsatadi. Soapstok asosida olingan SFMlar nafaqat yuqori samarali, balki ekologik toza va iqtisodiy jihatdan maqbul moddalar ekanligi aniqlandi. Ulardan turli sohalarda — tozalovchi vositalar, emulgatorlar, to‘qimachilik va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarida foydalanish imkoniyatlari mavjud. Ushbu ish resurs tejankor texnologiyalar yaratish, sanoat chiqindilarini qayta ishlash va yuqori qo‘shilgan qiymatli mahsulotlar olish sohasida muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: moylovchi materiallar, sirt faol moddalar, eterifikasiya, saponifikasiya, yog‘ kislotalari, ekologik texnologiya.

СОСТАВ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Кобилев Нодирбек
Собирович**

Старший научный сотрудник
Узбекского химико-фармацевтического научно-исследовательского института,
Ташкент, Узбекистан.

**Тогаев Аброр Икром
угли**

Каришинский государственный
технический университет,
доцент, Кариши, Узбекистан

**Олимов Джасурбек
Толкин угли**

Узбекский химико-фармацевтический научно-исследовательский институт,
базовый дактарант, Ташкент,
Узбекистан

**Эргашев Шухрат
Джамабаевич**

Узбекский химико-фармацевтический научно-исследовательский институт,
базовый дактарант, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В данной статье изучены физико-химические и технологические свойства поверхностно-активных веществ (ПАВ), полученных из отходов масложировой промышленности — подсолнухи — для смазочных материалов, используемых при бурении нефтяных и газовых скважин. Определена возможность получения недорогих, эффективных и экологически чистых типов ПАВ путем переработки отходов в смазочные материалы и опреде-

лены их основные свойства. Проанализированы поверхностное натяжение, фазовая стабильность, реологические свойства, химическая стабильность и эмульгирующая способность образцов ПАВ, полученных в ходе исследования. Полученные результаты показали, что ПАВ, синтезированные из отходов нефтегазовой промышленности, значительно снижают поверхностное натяжение, образуют стабильные эмульсии в водной и масляной средах, а также устойчивы к высоким температурам и изменениям pH. Установлено, что ПАВ, полученные из мыльного осадка, являются не только высокоэффективными, но и экологически чистыми и экономически приемлемыми веществами. Они имеют потенциальные области применения в различных областях – моющие средства, эмульгаторы, текстильная и сельскохозяйственная промышленность. Данная работа имеет важное научное и практическое значение в области создания ресурсосберегающих технологий, переработки промышленных отходов и получения продукции с высокой добавленной стоимостью.

Ключевые слова: смазочные материалы, поверхностно-активные вещества, этерификация, омыление, жирные кислоты, экологические технологии.

COMPOSITION AND TECHNOLOGY OF SURFACTANTS FOR LUBRICANTS

Kobilov Nodirbek
Sobirovich

Senior Researcher, Uzbek Chemical
and Pharmaceutical Research
Institute, Tashkent, Uzbekistan

Togaev Abror Ikrom ugli

Karshi State Technical University,
Associate Professor, Karshi,
Uzbekistan

Olimov Jasurbek Tulkin
ugli

Uzbek Chemical-Pharmaceutical
Research Institute, Base Daktarant,
Tashkent, Uzbekistan

Ergashev Shukhrat
Jamabaevich

Uzbek Chemical-Pharmaceutical
Research Institute, Base Daktarant,
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. This article studies the physicochemical and technological properties of surfactants (SFM) obtained from the waste of the oil and gas industry - pistachio oil soapstock - for lubricating materials used in drilling oil and gas wells. The possibility of obtaining inexpensive, effective and environmentally friendly types of SFM by recycling waste for lubricating materials and their main properties were determined. The surface tension, phase stability, rheological properties, chemical stability and emulsion-forming ability of the SFM samples obtained during the research were analyzed. The results obtained showed that SFMs synthesized from the waste of the oil and gas industry significantly reduce surface tension, form stable emulsions in water and oil environments, and are stable to high temperatures and pH changes. SFMs obtained from soapstock were found to be not only highly effective, but also environmentally friendly and economically acceptable substances. They have potential applications in various fields - detergents, emulsifiers, textile and agricultural product processing. This work is of significant scientific and practical importance in the field of creating resource-saving technologies, processing industrial waste, and obtaining high-value-added products.

Keywords: lubricants, surfactants, etherification, saponification, fatty acids, environmental technology.

Kirish. Neft va gaz quduqlarini burg'ulash uchun moylovchi materiallarning o'rni beqiyosdir. Moylovchi materiallar burg'ulash jarayonida ishqalanishni va burg'ulash jixozlariga tushadigan yuklamani kamaytiradi hamda burg'ulash jixozlarining ishlash muddatini uzaytiradi. Moylovchi materiallar ishlab chiqish uchun yog'moy sanoati chiqindilaridan ham foydalaniladi. Yog'moy sanoati mamlakat iqtisodiyotining muhim tarmoqlaridan biri bo'lib, u nafaqat oziq-ovqat mahsulotlarini, balki turli texnik va kimyoviy

moddalarni ham ishlab chiqarish imkonini beradi. Biroq bu sohada katta miqdorda chiqindilar hosil bo'ladi.

O'zbekistonda yillik yog'moy ishlab chiqarish hajmi 350–400 ming tonna atrofida bo'lib, undan taxminan 8–12% soapstok, 3–5% gossipol smolasi va 25–30% shrot chiqindisi ajralib chiqadi. Bu chiqindilarni qayta ishlash asosida qimmatbaho mahsulotlar — xususan, sirt faol moddalar (SFM) olish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega [1,2].

Adabiyot tahlili va metodlar. Moylovchi

materiallar ishlab chiqarishda sirt faol moddalar ham muhim rol o'ynaydi. Sirt faol moddalar moylovchi materiallarni burg'ulash eritmasida kolloid darajadagi emulsiyalar hosil qilishini ta'minlaydi. Sirt faol moddalar (SFM) – bu organik tabiatli moddalar bo'lib, ular suyuqliklar orasidagi yoki suyuqlik bilan gaz fazasi o'rtasidagi sirt faollik ko'rsatadi. Ular suv va yog', yoki gaz va suyuqlik orasida tuzilma hosil qilib, bu muhitlardagi fizik-kimyoviy jarayonlarga ta'sir ko'rsatadi. SFM molekulasida ikki qismdan: gidrofil (suvni yaxshi qabul qiluvchi) va gidrofob (suvni rad etuvchi, yog'ni jalb qiluvchi) qismlardan iborat bo'ladi. Ana shu ikki qismning mavjudligi sababli ular emulgirash, namlanish, dispergasiya va adsorbsiya jarayonlarini samarali boshqara oladi [3].

Sirt faol moddalar qishloq xo'jaligi, kimyo, yog'-moy, to'qimachilik, oziq-ovqat, farmasevtika va ekologik tozalash sohalarida keng qo'llaniladi. Masalan, yog'-moy sanoatida ular soapstok, gossipol smolasi va boshqa chiqindilar asosida olinadi va qayta ishlash jarayonlarida emulgator yoki tozalovchi agent sifatida xizmat qiladi.

SFMning faolligi, samaradorligi va ishlash mexanizmi uning fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan chambarchas bog'liq. Ularga sirt tarangligi, reologik ko'rsatkichlar (qovushqoqlik, elastiklik), qurish vaqti, fazaviy va kimyoviy barqarorlik kiradi. Bu ko'rsatkichlar SFMning sanoat sharoitida qanchalik samarali ishlashini, fazalarni barqaror saqlay olishini va tashqi omillarga chidamliligini belgilaydi [2,3].

Sirt faol moddalarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish nafaqat ularning texnologik qiymatini aniqlaydi, balki yangi, resurs tejamkor va ekologik xavfsiz moddalarni yaratish uchun asos bo'ladi. Hozirgi kunda yog'-moy sanoati chiqindilaridan, jumladan gossipol smolasi va soapstok asosida olingan SFM turlari tadqiqotchilarning e'tibor markazida bo'lib, ular nafaqat arzon xom ashyo, balki ekologiya uchun ham foydali manba hisoblanadi.

Shuning uchun SFMning fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlash, ularni solishtirish va tahlil qilish ilmiy va amaliy jihatdan juda muhim vazifadir. Bu tadqiqot natijalari sanoat ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish, mahsulot sifatini oshirish va tabiiy xom ashyodan samarali foydalanish imkonini beradi.

Tadqiqot ob'ekti sifatida paxta yog'i, pista yog'i sanoati chiqindilari — soapstok, natriy gidroksid, natriy karbonat va boshqa ingredientlar tanlab olindi. Paxta yog'i, pista yog'i sanoati chiqindilari tarkibida yuqori molekulyar yog' kislotalari, gliserin, hamda polifenolli birikmalar mavjud bo'lib, SFM sintezi uchun asosiy xomashyo hisoblanadi.

Olingan natijalar va ularning taxlili. Pista yog'i soapstogi — bu pista yog'ini ishlab chiqarish jarayonidagi yog'li chiqindi bo'lib, asosan sovunlanmagan moddalar, erimaydigan qismlar va eriydigan yog' kislotalari tuzlaridan iborat. Uning tarkibi soya, kungaboqar yoki paxta soapstoklariga o'xshash, ammo pista yog'iga xos moddalar ham mavjud.

Pista yog'i soapstogi yog' kislotalari va sovunlar miqdori yuqori bo'lgani uchun uni qayta ishlash orqali sirt faol moddalar (SFM), emulgatorlar, yoki bioyonuvchi yog' kislotalari efilrlari olinadi [4].

Quyida pista yog'i soapstogining taxminiy kimyoviy tarkibi keltirilgan:

1-jadval

Pista yog'i soapstogining kimyoviy tarkibi

Komponentlar nomi	O'rtacha miqdori, %	Izohlar
Erkin yog' kislotalari (olein, linol, palmitin va boshqalar)	40–60	Asosiy qism, sovunlanish jarayonida hosil bo'ladi.
Sovunlar (natriy yoki kaliy tuzlari)	15–25	Yog' kislotalarining ishqor bilan reaksiyasi natijasida hosil bo'ladi.
Neytral yog'lar (trigliseridlar)	5–10	To'liq sovunlanmagan qismi.
Fosfolipidlar	2–5	Tabiiy emulgator vazifasini bajaradi.
Sterinlar (kampesterol, sitosterol, xolesterin)	1–3	Biologik faol moddalar

Quyida pista yog'i soapstogining fizik-kimyoviy xususiyatlari 2-jadvalda berilgan.

Pista yog'i soapstogi — yog' kislotalari va sabunlar miqdori yuqori bo'lgan, biologik qimmatli chiqindi hisoblanadi. Uni qayta ishlash orqali bioemulgatorlar, sirt faol moddalar (SFM) va

ekologik toza texno-reagentlar tayyorlash mumkin.

2-jadval

Pista yog‘i soapstogining fizik-kimyoviy xususiyatlari

№	Ko‘rsatkichlar nomi	Qiymati	Izohlar
1	Zichlik (20 °C da) g/sm ³	0,91 – 0,93	Yog‘li moddalarga xos
2	Qovushqoqlik (40 °C da) mm ² /s	60 – 90	Yog‘ kislotalari hisobiga yuqori
3	Kislotalik soni mg KOH/g	60 – 120	Erkin yog‘ kislotalari miqdori yuqori
4	Sovunlanish soni mg KOH/g	170 – 195	Trigliseridlar miqdoriga bog‘liq
5	Yod soni g I ₂ /100 g	80 – 95	Qo‘sh bog‘li kislotalar ko‘p
6	Namlik miqdori, %	5 – 10	Tozalash darajasiga bog‘liq
7	Peroksid soni mmol O ₂ /kg	5 – 15	Oksidlanish darajasi ko‘rsatkichi
8	Rang (Gardner shkalasi bo‘yicha)	10 – 15	Qo‘ng‘ir yoki qora tusda
9	pH (10% suvli suspenziya)	8 – 10	Sabunlar hisobiga ishqoriy Pista yog‘iga xos tarkib muhit
10	Yog‘ kislotalari asosiy tarkibi	Olein (≈50%), Linol (≈25%), Palmitin (≈10%), Stearin (≈5%)	

SFMning asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari quyidagilarni o‘z ichiga oladi [5, 6, 7, 8]:

1. Sirt tarangligi – SFMning sathidagi molekulalar orasidagi o‘zaro ta’sir quvvati bilan bog‘liq bo‘lgan fizik hodisa. Ya’ni, suyuqlikning sathi uning ichidagi molekulalardan farqlanadi va ba’zi molekulalari havo yoki boshqa muhit bilan aloqada bo‘ladi. Sirt tarangligini pasaytirish SFMning samaradorligini ko‘rsatadi.

2. Reologik xususiyatlar – moddaning qovushqoqligi va qavatlanish qobiliyati aloxida ahamiyatga ega. SFMning suyuqlikdagi oqishi uning konsentratsiyasi, harorati va molekulyar tarkibiga bog‘liq. Yuqori qovushqoqli SFM emulsiyalarni barqaror saqlaydi, past qovushqoqliklari esa tez tarqalib ketadi.

3. Qurish vaqti va barqarorlik – SFMning havo va harorat ta’siridagi uzoq muddatli xususiyatlari bo‘lib, uning asosidagi emulsiya,

suspenziya yoki qoplama moddaning suyuqlikdan qat’iy holatga o‘tish vaqtidir. Qurish vaqti va barqarorlik SFMning tarkibi, konsentratsiyasi, harorat va muhitning namligiga bog‘liq bo‘ladi. Barqarorlik – SFMning vaqt o‘tishida fizik va ximiyoviy xususiyatlarini saqlab qolish qobiliyatidir.

4. Fazaviy emulsiya qo‘llab-quvvatlash qobiliyati – uning asosidagi moddaning yog‘ va suv fazalarini uzoq vaqt davomida ajralmasdan saqlay olish qobiliyatidir. Suyuqlikdagi yog‘ tomchilari suvda, yoki suv tomchilari yog‘da dispergasiyalangan holatda bo‘ladi. SFMning vazifasi – bu dispersiyani barqarorlashtirish va fazalarning ajralib ketishini oldini olishdan iborat bo‘ladi. Bu qavat yog‘ va suv molekulalari orasidagi tortiluvchi kuchlarni yumshatadi, natijada emulsiya barqaror bo‘ladi. Molekulalarning gidrofil va gidrofob qismlarida joylashadi.

5. Kimyoviy barqarorlik – rN, harorat va ion konsentratsiyasi o‘zgarishiga qaramay saqlab turish qobiliyatidir. SFMning funksional molekulalari (gidrofob va gidrofil guruhlar) kimyoviy ta’sirlarga sezgir bo‘ladi. Barqaror SFM turli shart-sharoitlarda o‘z ta’sirchanligini yo‘qotmaydi. Kislotaga yoki asos muhitida SFMning zarrachasi va molekulalari quvvatini o‘zgartirishi mumkin. Barqaror SFM turli rN sharoitda emulsiyani saqlay oladi. Natriy, kaliy, kalsiy kabi ionlar SFMning zarrachalarini agregatsiyaga olib kelishi va faolligini pasaytirishi mumkin. Barqaror SFM ion ta’siridan zarar ko‘rmaydi va emulsiyani saqlaydi.

Pista yog‘idan olingan SFM quyidagi ko‘rsatkichlar bo‘yicha tahlili 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Pista yog‘idan olingan SFM ning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar	Natijalar
Suv miqdori, %	5–10
Sirt tarangligi, N/m	35–40
Emulsiya barqarorligi, %	95–98
Vodorod ko‘rsatkichi (rN)	7–8
Ko‘pik hosil qilish qobiliyati, ml	250–300

Sirt faol moddalarning (SFM) ko‘pik hosil qilish qobiliyatini aniqlash, bu ularning texnologik va funksional xususiyatlarini baholashda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi [9, 10, 11, 12]. Quyida aniqlash usulining ketma-ketligi va baholash tartibi keltirilgan:

1. 0,1% konsentratsiyali eritma tayyorlanadi (1 g SFM → 1 l suvda eritiladi).

2. Silindrga 50 ml eritma quyiladi.

3. Silindr qopqog‘i yopiladi va 25 marta tez silkitiladi (yoki maxsus aralashtirgichda aralashtiriladi), ko‘pik hosil qilinadi.

4. Ko‘pik hosil bo‘lganidan keyin umumiy hajm (eritma + ko‘pik) shisha devoridagi belgilar bo‘yicha aniqlanadi.

5. Ko‘pik hosil bo‘lgandan keyin 1, 3 va 5 daqiqadan so‘ng ko‘pik hajmi qayd etiladi.

Barqarorlik darajasi — vaqt o‘tishi bilan hajmning kamayish sur‘atiga qarab baholanadi.

$$F = V_2 - V_1 \quad (1)$$

bu yerda:

F — ko‘pik hosil qilish qobiliyati (ml);

V₂ — ko‘pik hosil bo‘lganidan keyingi umumiy hajm (ml);

V₁ — boshlang‘ich eritma hajmi (ml).

Ko‘pik barqarorligi (S):

$$S = V_1 / V_0 \cdot 100\% \quad (2)$$

bu yerda:

V₁ — ma‘lum vaqtdagi ko‘pik hajmi (5 daqiqa keyin);

V₀ — dastlabki ko‘pik hajmi.

Sirt faol moddaning ko‘pik xajmini aniqlash 4-jadvalda keltirib o‘tilgan.

4-jadval

SFM ning ko‘pik xajmining barqarorligi

SFM namunasi	Konsentratsiya (%)	Boshlang‘ich hajm (ml)	Ko‘pik hajmi (ml) 5 min. keyingi hajm (ml)	Barqarorlik (%)
SFM-1	0.001	5	1	20
	0.01	20	8	40
	0.05	70	55	79
	0.1	95	90	95
	0.5	100	98	98
	1.0	102	100	98

Muhokama. Barqaror ko‘pik hosil qiluvchi SFM — suvda yaxshi eriydigan, yuqori molekulyar tuzilishiga ega bo‘ladi.

Kichik konsentratsiya ko‘pik deyarli yo‘q. Konsentratsiya oshgani sari ko‘pik hajmi tez ko‘payadi va barqarorlik ham yaxshi bo‘ladi.

Sirt faol moddalar – bu suyuq yoki dispersiya shaklidagi moddalar bo‘lib, ular suv va yog‘ faza orasidagi faollikni ko‘rsatadi. Ularning samaradorligi fizik va ximiyaviy xususiyatlariga, shuningdek, ishlab chiqarish texnologiyasiga bog‘liq.

Soapstok asosida olingan sirt faol moddaning

texnologiya bosqichlari quyidagilardan iborat:

1. Xomashyoni tayyorlash. Soapstok suvsizlantiriladi va 100–120°C haroratgacha qizdiriladi.

2. Hosil bo‘lgan polimerli yog‘li birikmalar NaOH eritmasi bilan ishlov beriladi, natijada sirt faol moddalarning natriy tuzlari hosil bo‘ladi.

3. Maxsulotni kukun xolatiga keltirish maqsadida Na₂CO₃ bilan ishlov beriladi va 60–80°C da vakuum ostida quritiladi va qoplarga qadoqlanadi.

4. Tayyor mahsulotni tahlil qilish. Sirt tarangligi aniqlanadi (tomchilarni sanash usuli). Pena hosil qilish qobiliyati, emulsiya barqarorligi va biologik parchalanish darajasi baholanadi.

Yog‘-moy sanoati chiqindilarini qayta ishlash orqali olingan sirt faol moddalar nafaqat iqtisodiy jihatdan samarali, balki ekologik barqaror yechim hamdir. Ulardan turli sohalarda — tozalovchi vositalar, emulgatorlar, to‘qimachilik va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarida foydalanish mumkin.

Shu bilan birga, tadqiqot natijalari asosida SFMning konsentratsiyasini o‘zgartirish orqali uning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini boshqarish mumkinligi aniqlandi. Bu esa yangi kompozision moddalarni yaratish, resurs tejamkor texnologiyalar ishlab chiqish va chiqindilarni qayta ishlash samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Xulosa. Moylovchi materiallar ishlab chiqarishda yog‘-moy sanoati chiqindilarini qayta ishlab, ulardan sirt faol moddalar olish ekotexnologik va iqtisodiy jihatdan samarali usul hisoblanadi. Bu texnologiya chiqindilarning atrof-muhitga zararsizlanishini ta‘minlab, ularni qayta ishlab chiqarishga yo‘naltirish imkonini beradi. Soapstok asosida olingan SFMlar yuqori faollik va barqarorlikka ega bo‘lib, import o‘rnini bosuvchi mahalliy mahsulot sifatida qimmatli hisoblanadi.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida yog‘-moy sanoati chiqindilari — jumladan pista yog‘i soapstogi asosida olingan sirt faol moddalarning (SFM) fizik-kimyoviy xususiyatlari aniqlandi va ularning texnologik imkoniyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot jarayonida aniqlandiki, bu turdagi moddalar tabiiy manbalardan olinishi, arzonligi sababli sanoat miqyosida ishlab chiqarish uchun katta amaliy ahamiyatga ega.

SFMning sirt tarangligini pasaytirish


qobiliyati, uning asosiy faollik ko'rsatkichi sifatida eng muhim fizik xususiyat hisoblanadi. Soapstok asosida olingan namunada sirt tarangligini sezilarli darajada kamaytirishi kuzatildi, bu esa ularning yaxshi emulgirlovchi va namlovchi xususiyatga

egalligini ko'rsatdi. Shu bilan birga, olingan moddalarning reologik va termodinamik barqarorligi, ularning suyuq muhitda uzoq muddatli faolligini ta'minlab berishi aniqlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Aripov, X. X. (2018). Yog'-moy sanoati kimyosi. Toshkent.
- [2] Jabborov, A. B. (2020). Sirt faol moddalar texnologiyasi. Toshkent.
- [3] Sultanov, Sh. X. (2019). Sirt faol moddalar va ularning sanoatda qo'llanilishi. Toshkent.
- [4] Ro'zmetov, A. R., & Toshpulatov, Sh. B. (2021). Yog'-moy sanoati chiqindilaridan foydalanishning ilmiy asoslari. Toshkent: TIT.
- [5] Xamraev, B. J. (2020). Yog'-moy sanoatidagi chiqindilar va ularni qayta ishlash usullari. Toshkent: TIT.
- [6] Myers, D. (2006). Surfactant science and technology (3rd ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- [7] Paul, D. R., & Moulik, S. P. (2015). Physical chemistry of surfactants. Cham: Springer.
- [8] Kolesnikov, V. V. (2015). Surfactants from natural raw materials. Moscow.
- [9] Tadros, T. F. (2010). Applied surfactants: Principles and applications. Weinheim: Wiley-VCH.
- [10] Omanov, B., & Allanazarova, O. (2024). Etilendan vinilasetatning katalitik sintezi va texnologiyasi. Innovatsion tadqiqotlar zamonaviy dunyoda: nazariya va amaliyot, 3(15), 160–161.
- [11] Togayev, A. (2025). Production of high-activity catalysts for obtaining liquid hydrocarbons from natural gas. Austrian Journal of Technical & Natural Sciences.
- [12] Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. (2022). 638, 1–20.

UO‘K: 553.98:551.24

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.38

BUXORO-XIVA NEFTGAZLI REGIONNING MARKAZIY QISMIDA MEZOOY-KAYNOZOYDA RIVOJLANGAN STRUKTURALARNING NEFTGAZLI MAYDONLARNI AJRATISH



Axmedov Xolxo'ja Raxmatullayevich

(PhD), Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O'zbekiston

E-mail: axmedov-x-68@mail.ru

ORCID ID: 0009-0007-7715-7240

Science ID: FQD-0426-0008

Аннотация. Мақоллада учинчи рутба локал структураларнинг yoshi bo'yicha va makonda joylashish munosabatlarining tahlili natijalari keltirilgan, va bu strukturalar mezozoy-kaynozoy tarixining turli bosqichlarida shakllanganligi, regionning rivojlanishining turli bosqichlarida uchinchi rутba локал структуралар bilan ma'lum UV konlarining joylashish bog'liqligi, regionning mezozoy-kaynozoyda rivojlangan strukturalarining paleotektonik xususiyatlarini hisobga olib neftgazli maydonlarni ajratish natijalari to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan. Shuningdek maqolada konlarning joylashishini tahlili uchinchi rутbaga tegishli локал антиклинал структуралари shaklini ifodalagan xaritalar bilan bog'lab bajarilgan. Quyi-o'rta yura terrigen yotqiziqilarida uchinchi rутba MZ-KZ deformatsiyasi turli fazalarida hosil bo'lgan локал антиклинал структуралари ajratilgan. Bularning tahlili asosida uch toifadagi maydon ajratilgan. Paleotektonik ma'lumotlar asosida neftgaz to'planish zonalari ajratilgan.

Калит so'zlar: mezozoy-kaynozoy, deformatsiya, paleogen, neogen-to'rtlamchi, faza, neftgaz to'plami, Buxoro pog'onasi, Chorjo'y pog'anasi, gazokondensat, geologik kesim, gaz uyumi, gorizontlar.

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ МЕЗОZOY- КАЙНОZOYСКОГО РАЗВИТИЯ СТРУКТУР В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БУХАРО-ХИВИНСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ РЕГИОН

Ахмедов Холхужа Рахматуллаевич

(PhD), Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация. В статью приводятся результаты анализа возрастного и пространственного соотношения локальных структур третьего ранга, сформированных на различных этапах мезозой-кайнозойской истории, связи пространственного размещения известных месторождений УВ с локальными структурами третьего ранга различных этапов развития региона, результаты выделения нефтегазоносных площадей с учётом палеотектонических особенностей мезозой-кайнозойского развития структур региона. Также в статью приведён распределения месторождений выполнен в связи со структурным планом третьего ранга, представленным локальными антиклинальными структурами – потенциальными ловушками УВ в двух аспектах. В целом, на основе палеотектонических данных выделены зоны нефтегазонакопления, в которых наблюдается группирование месторождений УВ на площадях, отличающихся возрастом заложения и унаследованностью, а также перестройкой и появлением новых элементов.

Ключевые слова: мезозой-кайнозой, деформация, палеоген, неоген-четвертично, фаза, нефтегазонакопления, Бухарской ступени, Чарджоуской ступени, газоконденсат, геологически разрез, залежи газа, горизонты.

IDENTIFICATION OF OIL AND GAS BEARING AREAS OF THE MESOZOIC-CENOZOIC DEVELOPMENT OF STRUCTURES IN THE CENTRAL PART OF THE BUKHARA-KHIVA OIL AND GAS REGION

Akhmedov Kholkhoja Rakhmatullayevich

(PhD), Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *The article presents the results of the analysis of the age and spatial relationships of local structures of the third rank formed at various stages of the Mesozoic-Cenozoic history, the relationship between the spatial distribution of known hydrocarbon deposits and local structures of the third rank at various stages of the region's development, the results of the allocation of oil and gas-bearing areas taking into account the paleotectonic features of the Mesozoic-Cenozoic development of the region's structures. The article also presents a distribution of fields based on a third-rank structural plan, represented by local anticline structures—potential hydrocarbon traps in two aspects. Overall, based on paleotectonic data, oil and gas accumulation zones are identified, in which hydrocarbon fields are clustered in areas differing in age and inheritance, as well as reorganization and the emergence of new elements.*

Keywords: *Mesozoic-Cenozoic, deformation, Paleogene, Neogene-Quaternary, phase, oil and gas accumulation, Bukhara stage, Chardzhou stage, gas condensate, geological section, gas deposits, horizons.*

Kirish. Mezozoy-kaynozoy tarixining tektonik harakatlari va deformatsiyasining turli fazalarda namayonlangan paleotektonik xaritalarini tahlili natijalari bo'yicha erta-o'rta yura, kechki yura, bo'r, paleogen va neogen-to'rtlamchi davrlarning barcha beshta fazasi bo'yicha ajratilgan uchinchi rutbali lokal antiklinal tuzilmalar namayonlangan maydonlarni umumlashtirilgan sxema-xaritasi tuzilgan (1-rasm).

O'rganilgan ko'pgina maydonlar erta-o'rta yuradan neogen-to'rtlamchi vaqtgacha mezozoy-kaynozoy tarixining barcha bosqichlarida aniqlangan tuzilmalar holatining mosligi bilan tavsiflanadi. Bu yurada rivojlangan tuzilmalar merosiy tavsifga ega ekanligiga guvohlik beradi. Bundan tashqari boshqa xususiyatlar ham belgilangan – navbatdagi bosqichlarda yangi lokal tuzilmali elementlarni asosan paleogen va neogen-to'rtlamchi vaqtda hosil bo'lishi bilan tuzilmali rejani qayta qurilishi sodir bo'lgan [1].

1-rasmdan yangi elementlarni namayonlanishi bilan erta davrlardan eng qadimgilarni merosiyli, hosil bo'lgan tuzilmalar yoshini farqlanishiga qarab, ajratilgan turli tipdagi

maydonlarda UV konlarini gruhiylanganli ko'rinib turibdi. Bundan tashqari, turli geologik tarixni ajratilgan maydonlarida tushmagan alohida konlar gruhi ham mavjud.

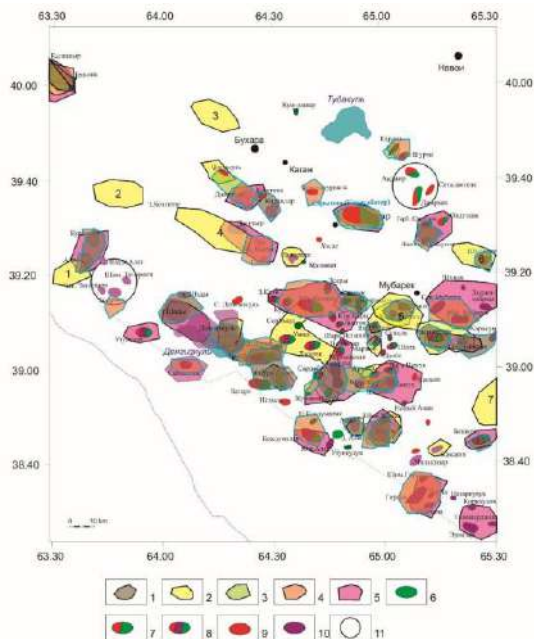
Adabiyotlar tahlili va metodlar. Neftgaz to'plami zonasi mansub bo'lgan paleotektonik mezonlar bo'yicha ajratilgan zonalarni ta'rifiga to'xtalamiz. Bu 2-rasmga keltirilgan [1].

Buxoro pog'onasi hududida quyidagi zonalar ajratilgan: BC1 - Maymanak-Mubarek, BC2 - Karim-Shim.Darbaza, BC3 - Yulduzkak, BC4 - Djarkak-Setalantepe, BC5 - Shurchi-Karaiz, BC6 - Saritash-Qaraulbazar, BC7 - Djangul-Koshtepa, BC8 - Shorkuduk -Kaltakir (2-rasm). Zonalarni qisqacha tavsifini keltiramiz.

BC1-Maymanoq-Muborak. Bu zona mezozoy-kaynozoy rivojlanishining barcha bosqichlarida –erta yura, kechki yura, bo'r davrida, paleogen va neogen-to'rtlamchi davrlarda uchinchi rutbali lokal antiklinal tuzilmalar kuzatilgan. Har bir ajratilgan turli yoshdagi maydonlarda UV konlari mavjud. Bunda eng qadimgi tuzilmalar zonaning janubiy qismida rivojlangan bo'lib, shimolga tomon tuzilmalar yosharib borgan. Zonaning shimoliy

qismi neogen-to'rtlamchi yoshdagi tuzilmalarni namayonlaydi. Umuman bu zonada Shumak, Shim.Muborak, Xodjixayram, Jan.Muborak, Karakum gazkondensat konlari, Chuvama, Rasulquduq, Shimoliy Maymanak neftgaz-kondensat konlari mansub.

BC2 – Karim –Shimoliy Darboza. Maydon erta-o'rta yura va kechki yura davrlaridagi uchinchi rutbali lokal tuzilmalarni qamrab oladi. Bu zonada Karim neftgazkondensat koni, Shimoliy Darboza gazkondensat koni mansub.



1-rasm. UV konlari mavjud bo'lgan mezozoy-kaynozoy harakatlarining turli yoshdagi fazalarini uchinchi rutbali lokal tuzilmalar namayonlangan sxemali-xaritasi

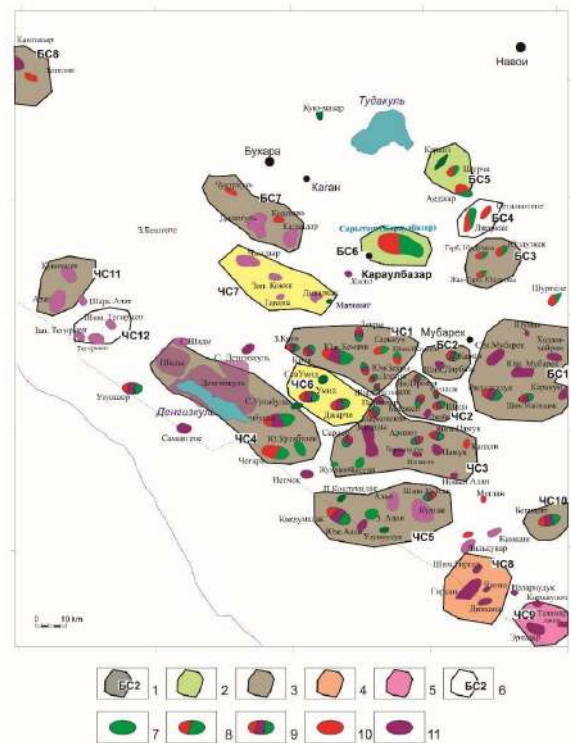
(Tuzuvchilar X.R.Axmedov, R.A.Umurzakov, 2023):

1-erta-o'rta yura (aktiv faza), 2 – kechki yura (passiv faza), 3 - bo'r (aktiv faza), 4 - paleogen (passiv faza), 5 - neogen-to'rtlamchi (aktiv faza). UV konlari: 6 - neftli, 7 - neftgazli, 8 –neftgazokondensatli, 9 - gazli, 10 - gazokondensatli. 11- uchinchi rutbali lokal antiklinal tuzilmalar mavjud bo'lmagan alohida neftgazli zona.

BC3 – Yulduzkak. Erta-o'rta yura, paleogen va neogen-to'rtlamchi yoshidagi lokal tuzilmalar tarqalgan maydonni qamrab olgan. Zona hududida Yulduzkak, Janubiy Yulduzkak, Janubiy-G'arbiy Yulduzkak gaz konlari, G'arbiy Yulduzkak gaz neft koni joylashgan.

BC4 – Djarkak – Setalan tepa. Uchinchi rutbali lokal antiklinal ko'tarilmalarga mansub bo'lmagan alohida zona. Bu zonada Setalantepa gaz koni, Djarkak va Akdjar neftgaz konlari mansub [1,

4, 5]. Bu zonada mezozoy-kaynozoy tarixining o'rganilgan oraliqlaridan birontasida ham uchinchi rutbali lokal antiklinal tuzilmalar aniqlangan emas. Yuqoridagi konlarni mahsuldor qatlamlarining geologik qirqimi tahlili shuni ko'rsatadiki, kichik amplitudali cho'ziq tuzilmali elementlarni namayonlaydi, ko'p hollarda braxiburmachan va uchinchi rutba sathida qabul qilingan tadqiqot miqyosida bu tuzilmalarni ajratish ikoniyati yo'q. 3-rasmda Djarkak koni mahsuldor qatlamining XV gorizont ustki yuzasi bo'yicha tuzilmali xaritasi va geologik qirqimi keltirilgan [1, 10].



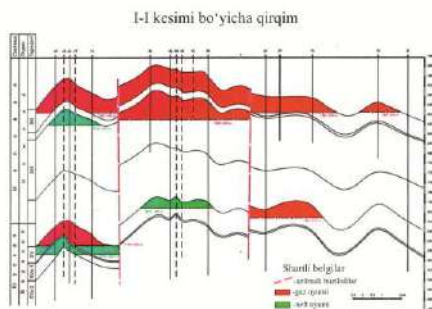
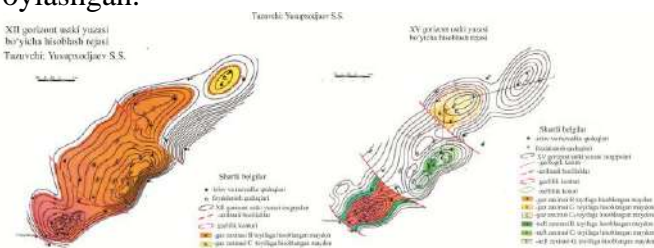
2-rasm. Uchinchi rutbali turli yoshdagi tuzilmali elementlarga mansub neftgaz to'planish zonalari (MZ-KZ tektonik harakatlarning turli fazalarida hosil bo'lgan):

(Tuzuvchilar R.A.Umurzakov, X.R.Axmedov, 2023): 1-erta-o'rta yura (aktiv faza), 2-kechki yura (passiv faza), bo'r (aktiv faza), 4-paleogen (passiv faza), 5-neogen-to'rtlamchi (aktiv faza). 6-boshqa tabiiy holatlarda hosil bo'lgan neftgaz to'planish zonalari, ehtimol yuqori rutbali tuzilmali elementlar bilan bog'liq (bu yerda 3-rutbali tuzilmali elementlar mavjud emas). UV konlari: 7-neftli, 8-neftgazli, 9-neftgazkondensatli, 10-gazli, 11-gazkondensatli. Harfli simvollar: BC-Buxoro, CH-Chorji pog'analari belgilangan.

BC5 – SHo'rchi – Karaiz. Tudako'l ko'lidan janubiy-sharqda joylashgan bo'lib bo'r va paleogen davrlarida hosil bo'lgan uchinchi rutbali lokal tuzilmalar namayonlangan maydonlarni o'z ichiga

oladi. Bo‘r va paleogen davrida hosil bo‘lgan tuzilmalar holatining mos kelishi neft konlarida namayonlangan. Janubiy-sharqiy yo‘nalish tomon SHO‘rchi gaz koni va Karaiz neft koni joylashgan. Qirqimning bu qismi yura yotqiziqlarining yo‘qligi va paleozoy yotqiziqlarining ustiga to‘g‘ridan to‘g‘ri bo‘r yotqiziqlarining yotishi bilan tavsiflanadi.

BC6 – Saritash-Qaraulbozor. Bu zona o‘zida bo‘r, paleogen va neogen-to‘rtlamchi davrlar yoshida namayonlangan lokal tuzilmalarni birlashtiradi. Bu yerda Saritash (Qaraulbozor) koni joylashgan.



3-rasm. Djarkak koni mahsuldor qatlamining tuzilish tavsifi:

(S.S.Yusupxodjayev va boshqalar bo‘yicha, 2021).

BC7 – Djangul-Koshtepa. Boxoro shahridan janubroqda joylashgan, uchinchi rutbali tuzilmalar namayonlangan maydonlarni o‘z ichiga oladi: markaziy qismida-erta-o‘rta yura (sharqiy qismida), bo‘r, paleogen va neogen-to‘rtlamchi, hamda shimoliy-g‘arbiy qismida kechki yura yoshidagi tuzilmalar. Zona tektonik elementlarning umumiy oriyentirlanishiga mos shimoliy-sharqiy oriyentirga ega. Zonada Chuqurko‘l, Koshtepa gaz konlari va Djangul, Qalandar gazkondensat konlari to‘g‘ri keladi.

BC8 – Shorkuduk-Kaltakir. Bu zona tadqiqot qilinadigan hududning shimoliy-g‘arbida joylashgan, uchinchi rutba timalar rivojlangan maydonlarini birlashtiradi, bu tuzilmalar quyi-o‘rta

yura, yuqori yura, bo‘r, paleogen va neogen-to‘rtlamchi davrlari turli yoshdagi yotqiziqlarda yaqqol namayonlanadi. Bu uchastka lokal tuzilmalar merosiy va regionning mezozoy-kaynozoy tarixi davomida uzoq mudat rivojlanishi bilan tasiflanadi.

Buxoro-Xiva neftgazli regionining markaziy qismi Chorjo‘y pog‘anasi hududida mezozoy-kaynozoy tarixining uchinchi rutbali tuzilmalarining merosiy rivojlangan uchastkalari mansub quyidagi neftgazli zonalar ajratiladi (2-rasm): ЧС1 - Kruk-Zekri, ЧС2 - Yangi Darboza-Djebe, ЧС3 - Pomuq-Chiston, ЧС4 - O‘rtabuloq-Dengizko‘l, ЧС5 - Kultak-Kokdumaloq, ЧС6 - Djarchi-Umid, ЧС7 - Kumsultan-Divalkak, ЧС8 – Girsan, ЧС9 – Ernazar, ЧС10 – Beshkent, ЧС11 - Alat –Kuvachili, ЧС12 – Tegermon.

Bu zonalarini qisqacha tasnifini keltiramiz.

ЧС1 – Kruk-Zekri. Zona erta-o‘rta yura va kechki yura, bo‘r, neogen-to‘rtlamchi davrlardagi turli yoshdagi tuzilmalardan iborat uchastkalarni birlashtiradi, bu holat asosan sharqiy qismda kuzatiladi, 3-rutbali kechki yura, paleogen va neogen-to‘rtlamchi davrda hosil bo‘lgan tuzilmalarning g‘arbiy qismida kengayishi kuzatiladi. Bu zonaning sharqiy qismida Shimoliy Ispanli, Sarikum neft konlari, g‘arbiy va janubiy qismida Kruk, Janubiy Kemachi, Janubiy Zekri, Doston, Sharqiy Ispanli neftgazkondensat konlari joylashgan [3]. Bu yerda turli xususiyatli va yoshdagi deformatsiya ustma-ust kelishi bilan bog‘liq hosil bo‘lgan burma tuzilmalarining murakkabligi kuzatiladi.

ЧС2 – Yangi Darboza-Djebe. Maydoni bo‘yicha uncha katta bo‘lmagan bu zona o‘zida erta-o‘rta yura va kechki yura joylashma tuzilmalarning maydonini birlashtiradi. Bu zonada eng kechki tuzilmalar hosilalari uchramadi. Bu yerda Yangi Darboza, Marjon neft konlari, Djebe, Shoda gazkondensat konlari va Supali neftgazkondensat koni joylashgan.

ЧС3 – Pomuq-Chiston. Bu zona uchinchi rutbali turli yoshdagi tuzilmalar maydonini o‘zida birlashtiradi: erta-o‘rta yura, kechki yura, bo‘r, paleogen va neogen-to‘rtlamchi davrlarga mansub. Zonaning g‘arbiy va o‘rta qismlarida aniqlangan ustma-ust tushgan tuzilmali elementlar ustunlik qilgan ikkita uchastka belgilangan. Neogen-to‘rtlamchi tuzilmali elementlar maydoni zonaning

o'rtta qismidan g'arb va sharq tomon kengayib borgan. Zonaning o'rtta qismida Arniyoz neftgaz koni, Illanli gazkondensat koni, Yangi Pomuq neftgazkondensat koni, Berdiquduq, Pomuq gazkondensat konlari joylashgan. Zonaning g'arbiy qismida Sardob neftgaz koni, Chiston, Jumakon neft koni, Zevarda gazkondensat konlari joylashgan.

ЧС4 – O'rtabuloq-Dengizko'l. Zona erta-o'rtta yurada hosil bo'lgan va uning alohida uchastkalari kechki yura, bo'r vaqtida merosiy rivojlangan lokal tuzilmalar joylashmasi bilan tavsiflanib, neogen-to'rtlamchi vaqtida shimoliy-g'arbiy qismi aktivlashgan (Shodi uchastkasida). Zonada shimoliy –sharqiy qismida Shimoliy O'rtabuloq, Janubiy O'rtabuloq neft konilari Chegara guruhi neftgazli konlari, O'rtabuloq gazkondensat koni joylashgan [1, 6]. Zonaning shimoliy-g'arbiy qismida neogen-to'rtlamchi davrda hosil bo'lgan antiklinal tuzilmali maydonlar aniqlangan qismida Dengizko'l, Shodi, Shim.Shodi gazkondensat konlari ustunlik qiladi.

ЧС5 – Kultak-Kokdumaloq. Uch xil xususiyatli va bir biriga yaqin joylashgan Kultak, Alan va Kokdumaloq maydonlarni birlashtirgan yagona zona. Kultak va Alan maydonlaridagi lokal antiklinal tuzilmalar erta-o'rtta yurada hosil bo'lgan bo'lib, kechki yurada merosiy rivojlangan. Alan maydonidan farqli ravishda Kultak maydonida lokal tuzilmalarning rivojlanishi bo'r, paleogen va neogen-to'rtlamchi vaqtlarida rivojlanishni davom etgan. Kokdumaloq maydonida tuzilmalar paleogenda hosil bo'lgan va neogen-to'rtlamchi davrda rivojlangan. Zonada Kultak, Alan, Janubiy Alan gazkondensat konlari, Shim.Kultak, Kokdumaloq, neftgazkondensat konlari, P.Kokdumaloq rift osti, G'arbiy Alan, Uzunkuduk neft konlari joylashgan.

ЧС6 – Djarchi-Umid. Zona kechki yurada antiklinal tuzilmalarning hosil bo'lishi bilan tavsiflanadi. Tektonik harakatlar va deformatsiyaning keyingi fazalarida bu tuzilmalar namayonlanmagan va yuqori yura yotqiziqlarida, bo'r, paleogen va neogen-to'rtlamchi davrlarda yaqqol namayonlangan musbat tuzilmali elementlar sezilmaydi. Bu zonada Djarchi, Umid neftgazkondensat konlari, Shim.Umid neft konlari mansub.

ЧС7 – Qumsulton-Divalkak. Kechki yura, paleogen va neogen yoshidagi lokal tuzilmalar

maydonlarini birlashtiradi. Zonaning g'arbiy yo'nalishida tuzilmalarning yosharib borishi kuzatiladi. Bu zonada Chandir, Janubiy Chandir, G'arbiy Kokchi, Gavana, Divalkak gazkondensat konlari mansub. Sharqda yoshi bo'yicha eng qadimgi tuzilma sifatida (kechki yura) Matonat neft koni namayonlanadi.

ЧС8 – Girsan. Zona paleogenda hosil bo'lib, va keyinchalik neogen-to'rtlamchi davrda rivojlangan lokal antiklinal tuzilmalar joylashmasi bilan tavsiflanadi. Bu zonada Girsan, Shim.Girsan, Chigil, Divxona gazkondensat konlari, zonaning shimolida-Chilquvar, sharqiy qismida yaqin-Nazarquduq konlari mansub.

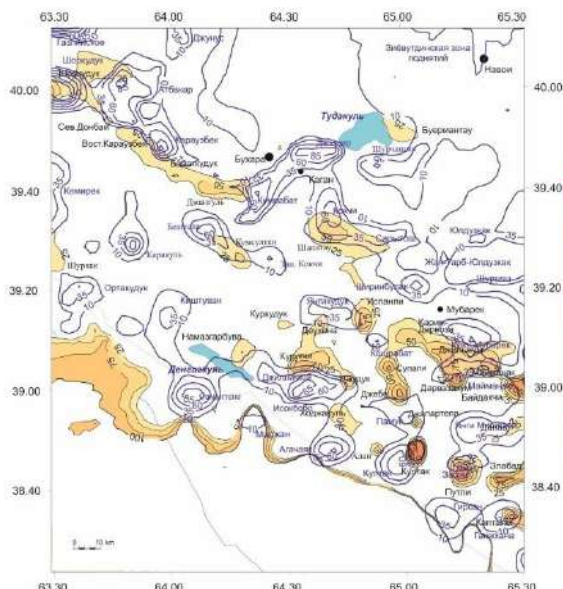
ЧС9 – Ernazar. Zona tadqiqot hududining janubiy-g'arbiy qismida joylashgan bo'lib, neogen-to'rtlamchi davrda hosil bo'lgan lokal tuzilmalarning namoyonlanishi va amplitudasi 50-120 metr atrofidagi antiklinal tuzilmalar gumbaz ko'rinishida yaqqol namayonlanganligi bilan tavsiflanadi. Zonada Qirquloq, Talimardjon, Ernazar gazkondensat konlari joylashgan. Bu konlarni barchasi yuqori yura karbonat yotqizilariga (XV gorizont) mansub. Bu zonadagi uyumlarda uglevodorod to'plamlari neogen-to'rtlamchi davrda burmalarni hosil bo'lishi bilan birga yoki hosil bo'lgandan keyin to'plangan deb hisoblaymiz. Cho'kindi qatlamlarning shakli bir-biriga mosligi, bir vaqtda deformatsiyalanganligi bo'yicha konlarning geologik qirqimining tasnifi bu haqda guvohlik beradi. Qatlam orasidagi bir xillik va mastahkam qalinlikga egaligi erta-o'rtta yura, kechki yura shuningdek bo'r davrlari tinch sharoitda rivojlanganligini ko'rsatadi.

ЧС10 – Beshkent. Bu zona erta-o'rtta yurada uchinchi rutbali lokal antiklinal tuzilmalarni shakillanishi bilan tavsiflanib kechki yurada merosiy rivojlangan va bo'r davrida hamda paleogenda bu tuzilmalarning rivojlanish belgilari mavjud emas (4-rasm). Neogen-to'rtlamchi vaqtda bu maydonda yana lokal antiklinal tuzilmalar namayonlangan (5-rasm). Bu zonada Beshkent neftgazkondensat koni mansub [1].

ЧС11 – Alat-Kuvachili. O'rganiladigan hududning g'arbiy qismida joylashgan bo'lib, Kuvachili uchastkasida uchinchi rutbali lokal antiklinal tuzilmalar erta-o'rtta yurada hosil bo'lishi bilan tavsiflanadi va Yamandjar hamda Shurkak maydonlari yaqinida kamroq namayonlangan. Bu

tuzilmalarni kechki yurada merosiy rivojlanishi davom etib, kichik amplituda bilan umumiy konfiguratsiyasini (ko‘rinishini) saqlab qolgan. Bo‘r va paleogen vaqtlarda bu maydonda antiklinal tuzilmalar ajratilmagan. Neogen-to‘rtlamchi vaqtda yana Kuvachili lokal antiklinal tuzilmasi sifatida namayonlanadi. Zonada Kuvachili, Alat gaz kondensat konlari va zonaning chegara hududlarining sharqiy zonasida Sharqiy Alat gaz kondensat koni joylashgan.

ЧС12 – Tegermon. Bu zona mezozoy-kaynozoy barcha ko‘riladigan fazalarida tanlangan tadqiqot masshtabida uchinchi rutbali lokal antiklinal tuzilmalarning mavjud emasligi bilan tavsiflanadi (BC4 zonada ham shunday). Bu zonada tegermon, G‘arbiy Tegermon, Shimoliy Tegermon gaz kondensat konlari joylashgan. Tegermon maydoning geologik kesimida gaz kondensat uyumlari yuqori yura yotqiziqlarida hosil bo‘lgan bir-biriga yaqin joylashgan ikkita antiklinal burmalarga to‘plangan. Sharqiy qismi Tegermonga mansub, g‘arbiy qismi G‘arbiy Tegermon deb yuritiladi. Burmalarning o‘lchami 5 x 4 va 6 x 3 km tashkil qiladi. Shimoliy Tegermon ham yuqori yura karbonat yotqiziqlarida uncha katta bo‘lmagan antiklinal burmani namayonlaydi. Gaz uyumi XVa i XV b gorizontlarda to‘plangan.

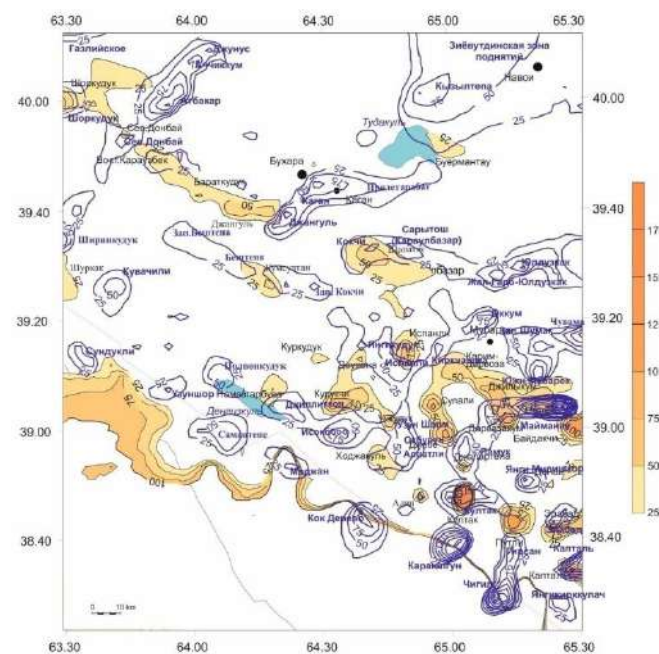


4-rasm. Kechki yurada paleogenda hosil bo‘lgan (ko‘k rangda belgilangan) 3-rutbali lokal tuzilmalarining ustma-ust tushirilgan sxemasi (tuzuvchilar: A.X.Nugmanov materiallaridan foydalanib R.A.Umurzakov, X.R.Axmedov, 2023).

Buxoro va Chorjo‘y pog‘onalarida ajratilgan barcha zonalar bo‘yicha o‘tkazilgan tahlillardan ko‘rinib turibdiki uchinchi rutbali antiklinal tuzilmalar turli paleotektonik tarixda hosil bo‘lgan bo‘lib, uglevodorod uyumlarining potensial tutqichlari yoki shunday obyektlar guruhi hisoblanadi. [11, 12]

Uchinchi rutbali lokal tuzilmalarni rivojlanish yoshi va hosil bo‘lish ko‘rsatgichlari bo‘yicha barcha zonalarini quyidagi toifalarga bo‘lish mumkin:

1 toifa – uchinchi rutbali tuzilmalar erta-o‘rta yura vaqtida hosil bo‘lgan va barcha kechki fazalarda merosiy rivojlangan jumladan neogen-to‘rtlamchi davrda ham rivojlangan zona. Bu toifada BC1, BC3, BC7, BC8, ЧС3, ЧС4, ЧС5 zonalar kiradi;



5-rasm. Kechki yurada neogen-to‘rtlamchi davrda hosil bo‘lgan (ko‘k rangda belgilangan) 3-rutbali lokal tuzilmalarining ustma-ust tushirilgan sxemasi (tuzuvchilar: A.X.Nugmanov materiallaridan foydalanib R.A.Umurzakov, X.R.Axmedov, 2023)

2-toifa – uchinchi rutbali tuzilmalar erta-o‘rta yura vaqtida hosil bo‘lgan va faqat kechki yura fazasidagi harakatlar va deformatsiyada merosiy rivojlangan zona. Bu toifada BC2, ЧС2 zonalar kiradi;

3-toifa – uchinchi rutbali tuzilmalar kechki yura yoshida shakillanib keyingi kechki

deformatsiyalar ta'sir qilmagan bu toifaga ЧС6 zonasi mansub;

4-toifa – uchinchi rutbali tuzilmalar kechki yurada hosil bo'lib, keyingi paleogen va neogen-to'rtlamchi davrlarda namayonlangan. Bu toifaga ЧС7 zonasi mansub;

5-toifa – uchinchi rutbali tuzilmalar bo'r davrida hosil bo'lib, paleogenda merosiy rivojlangan (БС5), yoki paleogen va neogen-to'rtlamchi davrlarda merosiy rivojlangan (БС6, ЧС11);

6-toifa - uchinchi rutbali tuzilmalar paleogenda hosil bo'lib, neogen-to'rtlamchi davrlarda rivojlanishni davom etirgan (ЧС8); yoki neogen-to'rtlamchi davrda shakillangan (ЧС9 zona);

7-toifa – uchinchi rutba uchun lokal antiklinal tuzilmalarning namayonlanishi topilmagan, lekin bir nechta konlar guruhini o'z ichiga oladi. Bu toifaga БС4, ЧС12 zonalar kiradi.

Deyarli barcha UV konlari yuqorida ajratilgan zonalarga guruhlangan [1].

Xulosa. Tadqiqot o'tkazilgan hududning


boshqa qismlari tadqiqotning ushbu masshtabi sathida uchinchi rutbali lokal antklinal tuzilmalar aniqlanmagan, bu qismda alohida konlarga mansub yoki noantiklinal tipdagi yuqori rutbali tuzilmali elementlar mavjud bo'lishi mumkin [2]. Tadqiqot o'tkaziladigan hudud chegarasida bunday konlarda Sho'rtepa neftgaz koni, Isitmoq, Hosil gazkondensat konlari, shuningdek Uzunshor va Samontepa neftgazkondensat konlari misol bo'ladi. Oxirgi ikkita kon neogen-to'rtlamchi davr lokal antiklinal tuzilmalar namayonlangan uchastkada mansub bo'lsada, erta-o'rta va kechki yura gorizontlarida uchinchi rutbali tuzilma siqatida namayonlanmagan. Bu tuzilmalar yuqori rutbali tuzilmali elementlarga mansub bo'lishi mumkin, bunday uchastkadagi tutqichlar na faqat mayda antiklinal balki noantiklinal tipdagi tutqichlar mavjud bo'lishi mumkin (litologik va tektonik ekranlashgan tipdagi tuzilmalar) [8, 9, 13, 14].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Умурзаков Р. А., Ахмедов Х. Р., Тураев Ш. А. (2024). Палеотектодинамический анализ формирования ловушек нефти и газа центральной части Бухаро-Хивинского региона. Карши: Intellekt. – 152 с.
- [2] Юлдашев Г. Ю. (2018). Комплексирование электроразведочных и термогеохимических съемок при поиске нефтегазоперспективных объектов в Бухаро-Хивинском регионе. SOCAR Proceedings, №1, 21–27.
- [3] Шоймуротов Т. Х., Султанова Д. Б., Мажидов Ш. Ж., Маликов М. Р., Ишанкулов К. И. (2022). Оценка нефтегазоносности ниже-среднеюрских отложений площади Умид на основе комплекса геолого-геофизических предпосылок. В: Состояние и перспективы развития геологоразведочных работ на нефть и газ Республики Узбекистан (12 октября 2022 г., Ташкент), 16–22.
- [4] Юлдашев Н. Н., Хикматуллаев Б. С., Султанова Д. Б., Шокиров А. Ш., Мажидов Ш. Ж. (2022). Новый выявленный объект Янги Каранкуль для подготовки под поисковое бурение. В: Состояние и перспективы развития геологоразведочных работ на нефть и газ Республики Узбекистан (12 октября 2022 г., Ташкент), 70–73.
- [5] Хикматуллаев Б. С., Сафонова Л. Н., Яхьяев А. А. (2013). Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Учбаш-Каршинской флексурно-разрывной зоны. Узбекский журнал нефти и газа, №2, 27–30.
- [6] Хожиев Б. И., Турсунова Т. М. (2016). Оценка перспективности терригенной юрской формации в пределах Денгизкульского поднятия. В: Современный прогноз углеводородного потенциала недр и прогрессивные технологии поисково-разведочных работ на нефть и газ (17–18 ноября 2016 г., Ташкент), 46–48.

- [7] Богданов А. Н., Хмыров П. В., Абдураимов М. Х., Тухтаев Р. Р. (2022). Определение рейтинга подготовленных структур и выделение первоочередных объектов для геологоразведочных работ. В: Состояние и перспективы развития геологоразведочных работ на нефть и газ Республики Узбекистан (Ташкент), 12–15.
- [8] Богданов А. Н., Хмыров П. В. (2021). Динамика развития сырьевой базы углеводородов Бухаро-Хивинского региона. Нефтегазовая геология. Теория и практика, 16(4), 1–15. http://www.ngtp.ru/rub/2021/33_2021.htm
- [9] Абдуллаев Г. С., Богданов А. Н., Эйдельмант Н. К. (2019). Месторождения нефти и газа Республики Узбекистан. Ташкент. – 818 с.
- [10] Абдуллаев Г. С., Эйдельмант Н. К., Богданов А. Н. (2020). Результаты реализации программы геологоразведочных работ по изучению палеозойского комплекса Бухаро-Хивинского региона. Актуальные проблемы нефти и газа, 1(28), 2–28. <https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2020-28.art2>
- [11] Шаропов М. (2016). Исследования глубинного геологического строения Бухарской и Чарджоуской ступеней. В: Современный прогноз углеводородного потенциала недр (Ташкент), 78–82.
- [12] Султанов Ш. А., Салимов Б. О. (2016). Региональные исследования геологического строения Бухаро-Хивинского региона. В: Современный прогноз углеводородного потенциала недр (Ташкент), 82–84.
- [13] Каршиев О. А., Аббасова С. А. (2016). Возобновление поисково-разведочных работ на структуре Южный Уртабулак. В: Современный прогноз углеводородного потенциала недр (Ташкент), 58–60.

УДК: 550.8.053

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.43

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮРЫ НА ПЛОЩАДИ УЗУНКУДУК



**Курбонov Шукуржон
Бердимуродович**

Начальник отдела ППГ и ГРП,
СП ООО «Sanoat Energetika
Gurug'i», Ташкент, Узбекистан



**Юлдашев Назарбек
Нарзиевич**

Заведующий лабораторией,
старший научный сотрудник, ГУ
«Институт геологии и разведки
нефтяных и газовых
месторождений», Ташкент,
Узбекистан
E-mail: yuldashev_nm@mail.ru



**Киргизов Исмоил
Касимжонович**

Начальник отдела ГМ, СП ООО
«Sanoat Energetika Gurugi»,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: ismoil.kirgizov@saneg.com



**Жураев Фазлиддин
Очилхонович**

Доцент кафедры «Геология и
горное дело», Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан
E-mail:
fazliddin.zuraev61@gmail.com
Science ID: MQD-0925-0087

Аннотация. В статье рассматриваются особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности карбонатных отложений верхней юры на площади Узункудук (Кашкадарьинская область, Узбекистан). На основе комплексной интерпретации данных сейсморазведки МОГТ 2D/3D и результатов бурения поисковых скважин уточнена структурная модель месторождения, выделены биогермные постройки и аномальные зоны с улучшенными коллекторскими свойствами. Предложены локации для заложения трёх разведочных скважин с целью оценки нефтегазового потенциала выделенных аномалий.

Ключевые слова: Карбонатные отложения юры, нефтегазоносность, биогермная постройка, структурная модель, сейсмофациальный анализ, поисково-разведочное бурение, коллекторские свойства, антиклинальная складка.

UZUNQUDUQ MAYDONIDAGI KARBONAT YURA YOTQIZIQLARINING GEOLOGIK TUZILISHI VA NEFT-GAZ ZAXIRALARINING ISTIQBOLLILIGI

**Qurbonov Shukurxon
Berdimurodovich**

PPP va G'RR bo'limi boshlig'i,
"Sanoat Energetika Gurugi"
qo'shma korxonasi MChJ,
Toshkent, O'zbekiston

**Yuldashev Nazarbek
Narziyevich**

Laboratoriya mudiri, katta ilmiy
xodim, "Neft va gaz konlari
geologiyasi va qidiruvi instituti"
DM, Toshkent, O'zbekiston

**Kirgizov Ismoil
Qosimjonovich**

GM bo'limi boshlig'i, "Sanoat
Energetika Gurugi" qo'shma
korxonasi MChJ, Toshkent,
O'zbekiston

**Jo'rayev Fazliddin
Ochilxonovich**

Dotsent, "Geologiya va konchilik
ishi" kafedrası, Qarshi davlat
texnika universiteti, Qarshi,
O'zbekiston

Аннотация. Мақоллада Узунқудуқ майдонидagi (Qashqadaryo viloyati, O'zbekiston) yuqori yura karbonat yotqiziqlarining geologik tuzilishi xususiyatlari va neftgazlilik istiqbollari ko'rib chiqilgan. MOGT 2D/3D seymorazvedka ma'lumotlarini kompleks talqin qilish va qidiruv quduqlarini burg'ilash natijalari asosida konning strukturaviy modeli aniqlashtirildi, kollektorlik xususiyatlari yaxshilangan biogerm va anomal zonalar ajratildi. Aniqlangan anomalialarning neft-gaz salohiyatini baholash maqsadida uchta qidiruv quduqlarini joylashtirish uchun joylar taklif etildi.

Kalit soʻzlar: Yura davri karbonat yotqiziqchlari, neftgazlilik, biogerm, strukturaviy model, seysmofatsial tahlil, izlov-qidiruv burgʻilash, kollektorlik xususiyatlari, antiklinal burma.

GEOLOGICAL STRUCTURE AND PROSPECTS OF OIL AND GAS OUTPUT OF JURASSIC CARBONATE DEPOSITS IN THE UZUNKUDUK AREA

**Kurbanov Shukurkhon
Berdimurodovich**

Head of the Department of PPP and
GPP, JV LLC "Sanoat Energetika
Gurugi", Tashkent, Uzbekistan

**Yuldashev Nazarbek
Narziyevich**

Head of the Laboratory, Senior
Research Fellow, State Institution
"Institute of Geology and
Exploration of Oil and Gas Fields",
Tashkent, Uzbekistan

**Kirgizov Ismail
Kasimjanovich**

Head of the GM Department, JV
"Sanoat Energetika Gurugi" LLC,
Tashkent, Uzbekistan

**Juraev Fazliddin
Achilkhanovich**

Associate Professor, Department of
"Geology and Mining", Karshi
State Technical University, Karshi,
Uzbekistan

Abstract. *The article discusses the geological structure and petroleum potential of the Upper Jurassic carbonate deposits in the Uzunkuduk area (Kashkadarya region, Uzbekistan). Based on integrated interpretation of 2D/3D seismic data and results from exploration drilling, the structural model of the field has been refined, reef structures and anomalous zones with improved reservoir properties have been identified. Locations for three exploration wells are proposed to assess the hydrocarbon potential of the identified anomalies.*

Keywords: *Jurassic carbonate deposits, petroleum potential, reef structure, structural model, seismic facies analysis, exploration drilling, reservoir properties, anticlinal fold.*

Введение. Карбонатные отложения верхней юры являются одним из важнейших объектов поисков углеводородов в регионах с развитой нефтегазодобывающей инфраструктурой. Месторождение Узункудук, расположенная в западной части Култакского выступа Чарджоуской ступени, представляет значительный интерес в связи с установленной промышленной нефтеносностью и сложным геологическим строением. Целью настоящего исследования является уточнение геологической модели месторождения на основе современных методов интерпретации сейсмических данных и обоснование перспективных направлений для дальнейших геолого-разведочных работ.

Анализ литературы и методы. Структура Узункудук - в административном отношении находится на территории Кашкадарьинской области Республики Узбекистан. Ближайшим населенным пунктом является г. Мубарек, расположенный в 60 км северо-восточнее от площади Узункудук. В тектоническом отношении рассматриваемая площадь расположена в западной части Култакского выступа Чарджоуской ступени.

В орографическом отношении район представляет собой слабо всхолмленную

равнину. Абсолютные отметки местности колеблются в пределах от 265 м до 275 м над уровнем моря.

Структура Узункудук была выявлена и подготовлена к глубокому поисковому бурению в 1987 г. сейсморазведочными работами МОГТ 2Д (Зуев С.Н., Сафонова Л.Н.). По первоначальным построениям авторов, по имеющимся геолого-геофизическим материалам, структура по кровле нижних ангидритов титона представляет собой полу-антиклиналь, ограниченная с востока тектоническим нарушением, с размерами по замкнутой изогипсе «-2650 м» 4,2х3,2 км, площадью 10,0 кв.км. Далее к северо-западу наблюдается моноклиальный подъем. В отложениях карбонатной юры намечается наличие органогенной постройки (АТЗ) с размерами 6,2х1,9 км, площадью 8,0 кв. км, высотой биогерма 50-90 м. Авторами рекомендовано бурение двух независимых поисковых скважин с целью определения нефтегазоперспективности площади.

В 1988 г. начато бурение поисковой скважины №1, при опробовании которой в 1989 г. получены промышленные притоки нефти из верхнеюрских карбонатных отложений и данная скважина первооткрывательницей месторождения Узункудук. Всего за период 1988-1995 гг.

на площади Узункудук пробурены 3 (№№ 1, 2, 3) поисковые скважины, общим метражом 9636 м. Все 3 скважины – ликвидированы. В 1996 г. структура введена в разряд месторождений.

Вскрытый разрез на месторождении Узункудук представлен породами юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов.

На месторождении Узункудук с отбором керна пробурено 77,0 пог. м, при этом отобрано 32,5 пог. м керна, что составило 42,2 % от суммарной проходки.

В 2009 году в результате переинтерпретации имеющихся геолого-геофизических данных, совместно с материалами пробуренных трех поисковых скважин в пределах месторождения Узункудук, была построена новая глубинно-геологическая модель месторождения (Зорина О.А.). По новым построениям, по кровле XV горизонта верхнеюрского возраста месторождение Узункудук представляет собой антиклинальную складку северо-восточного простирания, с размерами по замкнутой изогипсе «-2880 м»: длина 1,75 км, ширина 1,25 км, высота 48 м.

Результаты. Промышленная нефтеносность месторождения Узункудук установлена в XV горизонте карбонатных отложений верхнеюрского возраста.

Дебиты нефти составили от 14,4 м³/сут до 15,5 м³/сут (скв. № 1). Тип залежи – пластовый сводовый. Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке «-2875 м». Размеры залежи составляют: длина 1,5 км, ширина 1,0 км, высота 43 м.

По состоянию на 01.01.2025 г. Месторождение находится в разряде разведываемых.

С целью детального изучения геологического строения месторождения Кокдумалак и сопредельных площадей в 2008 году были выполнены сейсморазведочные работы МОГТ 3D. Методика полевых работ - МОГТ 3D с 60- кратным профилированием. Обработка сейсмических материалов 3D выполнена в Центре «Геоинформ» ООО «ТНГ-Групп» с использованием специализированных пакетов FOCUS версии 5.4, Stratimagic, GEOFRAME 3.8 фирм Paradigm Geophysical и Schlumberger.

В результате комплексной переинтерпретации данных сейсморазведки МОГТ-3D с учетом данных бурения поисково-разведочных и оценочно-эксплуатационных скважин месторождений Западный Алан, Узункудук и др., силами геологической службы ИП ООО «Sanoat Energetika Gurugi» (Киргизов И.К., 2024 г.) обновлена структурная модель и уточнено распространение биогерма в пределах месторождения Узункудук. Корреляция проведена по отражающему горизонту Т6, приуроченному к кровле XV-ПП горизонта (рис. 1).

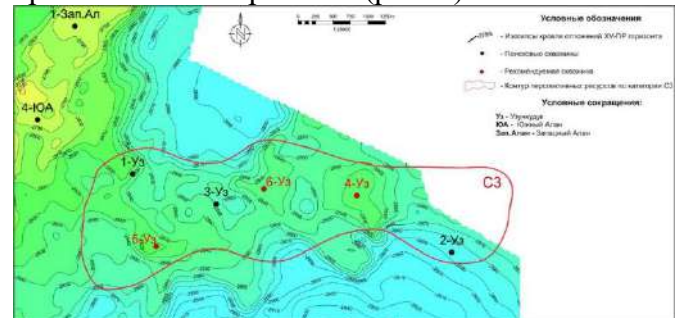


Рис.1. Структурная карта по ОГ Т6.

После переинтерпретации геофизических материалов с учетом пробуренных скважин №1,2,3 месторождения Узункудук, предложенная модель при подготовке паспорта изменена. По новым построениям месторождение представляет собой трех купольную брахиантиклинальную структуру со следующими размерами:

- восточная купола (рекомендуемая скважина №4) - по изогипсе «-2840» 0,9кмх1,0км, высота биогерма - 50м.
- юго-западная купола (рекомендуемая скважина №5) - по изогипсе «-2840» 1,0кмх1,0км, высота биогерма - 50м.
- центральная купола (рекомендуемая скважина №6) - по изогипсе «-2840» 0,4кмх0,9км, высота биогерма- 50м.

Кроме того, для выделения и оконтуривания возможных зон с высокими коллекторскими свойствами нами были использованы сейсмические атрибуты Max Amplitude, RMS Amplitude и мгновенной частоты. Наиболее информативным атрибутом для выделения возможных зон коллекторов оказался атрибут мгновенной частоты, который был использован в качестве основного метода

для сейсмофациального анализа.

Для построения сейсмофациальных карт применялась методика расчета выбранного атрибута вдоль определенного горизонта с разными окнами поиска и сдвига вверх либо вниз с дальнейшим наложением их на интересующую временную или структурную поверхность (рис. 2).

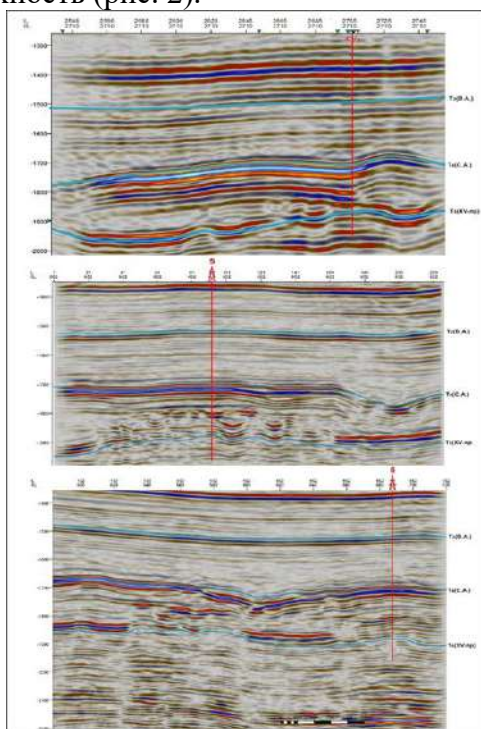


Рис.2. Временной разрез по профилю Inline и Xline.


В результате сейсмофациального анализа уточнены две аномальные зоны месторождения Узункудук для заложения разведочных скважин №4 и №5, №6 с проектной глубиной 3300 м (каждая) со вскрытием XVI горизонта карбонатной юры для выяснения нефтегазоперспективности выделенных аномалий.

Заключение. Проведённые исследования позволили уточнить геологическое строение месторождения Узункудук, которое представляет собой трёхкупольную брахиантиклинальную структуру с развитыми биогермными постройками в карбонатных отложениях верхней юры. Сейсмофациальный анализ с применением атрибута мгновенной частоты выявил аномальные зоны с потенциально высокими коллекторскими свойствами. Рекомендовано бурение трёх разведочных скважин (№4, №5, №6) для оценки нефтегазоперспективности выделенных зон и доразведки месторождения. Полученные результаты подтверждают высокий потенциал карбонатных резервуаров юры и целесообразность дальнейших исследований на смежных площадях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Абдуллаев, Г. С., Богданов, А. И., & Эйдельмант, Н. К. (2019). Месторождения нефти и газа Республики Узбекистан. ZAMIN NASHR.
- [2] Юлдашев, Н. Н. (2021). Актуальные вопросы изучения строения и перспектив нефтегазоносности юрских терригенных отложений Бухаро-Хивинского региона (Республика Узбекистан). Нефтегазовая геология. Теория и практика, 16(1). https://doi.org/10.17353/2070-5379/3_2021
- [3] Zaynidinov, N. N., Boytemirov, A. M., Qarshiyev, O. A., Shoymurotov, T. X., Yuldashev, N. N., & Yoqubov, M. G. (2024). Porosity and permeability prediction of oil and gas reservoirs using artificial neural networks and support vector machines. <https://doi.org/10.1109/PIERE62470.2024.10804993>
- [4] Хожиев, Б. И., Махмудова, М., & Юлдашев, Н. Н. (2024). Анализ результатов бурения и сейсмических материалов по структуре Чукуркуль Каганского поднятия. O'zbekiston Milliy Universiteti xabarlari, 3(2).

UO‘K: 665.7:621.56

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.16

TIK SILINDRSIMON REZERVUARLARDA BENZIN BUG‘LANISH YO‘QOTISHLARINI KAMAYTIRISH USULLARINING TAHLILI



**Saxatov Bahodir
Gulmurodovich**

*Texnika fanlari bo'yicha falsafa
doktori (PhD), dotsent, Qarshi
davlat texnika universiteti, Qarshi,
O'zbekiston*
E-mail: bahod@mail.ru
ORCID ID: 0009-0009-7912-9109
Science ID: FQD-0226-0057



**Ashurov Murodullo
Xolboevich**

*Dotsent, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston*
E-mail: ashurov82mx@gmail.com
ORCID ID: 0009-0003-3048-9345
Science ID: PQD-0226-0010



**Boyqobilova Maxliyo
Maxmudovna**

*Doktorant, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston*
E-mail:
mahliyoboyqobilova@gmail.com
ORCID ID: 0009-0008-7613-8547
Science ID: PQD-0226-0009

Annotatsiya. Ushbu maqolada tik silindr shakldagi rezervuarlarda benzin bug‘lanish yo‘qotishlarini kamaytirish masalalari tahlil qilingan. Rezervuarlarda bug‘lanish yo‘qotishlarining asosiy manbalari sifatida kichik va katta “nafas olish” jarayonlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, bug‘lanish jarayoniga ta’sir qiluvchi asosiy omillar — benzinning Reid bug‘ bosimi (RVP), harorat, rezervuar hajmi va konstruktiv xususiyatlari o‘rganilgan. Maqolada pontonli, suzuvchi tomli va germetik rezervuarlarning bug‘lanish yo‘qotishlarini kamaytirishdagi samaradorligi taqqoslab tahlil qilingan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, nafas olish klapanlariga disk-aks ettirgich o‘rnatish hamda bug‘larni kondensatsiyalash texnologiyasidan foydalanish bug‘lanish yo‘qotishlarini sezilarli darajada kamaytirishi mumkinligi aniqlangan. Ushbu yondashuv iqtisodiy samaradorlikni oshirish bilan birga ekologik xavfsizlikni ham ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: benzin bug‘lanishi, tik silindrik rezervuar, bug‘lanish yo‘qotishlari, Reid bug‘ bosimi (RVP), floating roof, nafas olish klapani, bug‘ kondensatsiyasi, neft mahsulotlarini saqlash.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ СНИЖЕНИЯ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ БЕНЗИНА В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРАХ

**Сaxaтoв Баxодир
Гулмурoдoвич**

*Дoктoр филоcофии (PhD) по
техничecким наукам, доцент,
Каришинский гoсударственный
техничecкий университет,
Кариши, Узбекистан*

**Ашурoв Мурoдулло
Хoлбoевич**

*Доцент, Каришинский
гoсударственный техничecкий
университет, Кариши,
Узбекистан*

**Бoйкoбилoвa Мaхлиё
Мaхмудoвнa**

*Дoктoрант, Каришинский
гoсударственный техничecкий
университет, Кариши,
Узбекистан*

Аннотация. В данной статье проведён анализ мер по снижению потерь бензина от испарения в вертикальных цилиндрических резервуарах. Основными источниками испарительных потерь являются процессы «малого дыхания» и «большого дыхания», возникающие вследствие суточных колебаний температуры и технологических операций по заполнению и опорожнению резервуаров. Рассмотрено влияние основных факторов на интенсивность испарения, включая давление насыщенных паров бензина (RVP), температуру окружающей среды, объём и конструктивные особенности резервуаров. В работе выполнено сравнительное исследование резервуаров со стационарной крышей, плавающей крышей и герметичных резервуаров. Показано,

что применение отражающих дисков в дыхательных клапанах и использование технологий конденсации паров позволяет значительно снизить испарительные потери бензина. Предложенные решения способствуют повышению экономической эффективности хранения нефтепродуктов и обеспечению экологической безопасности.

Ключевые слова: испарение бензина, вертикальный цилиндрический резервуар, потери от испарения, давление насыщенных паров (RVP), плавающая крыша, дыхательный клапан, конденсация паров, хранение нефтепродуктов.

ANALYSIS OF METHODS FOR REDUCING GASOLINE EVAPORATION LOSSES IN VERTICAL CYLINDRICAL STORAGE TANKS

**Sakhatov Bahodir
Gulmurodovich**

PhD in Technical Sciences, Docent,
Karshi State Technical University,
Karshi, Uzbekistan

**Ashurov Murodullo
Kholboyevich**

Docent, Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan

**Boygobilova Mahliyo
Mahmudovna**

Doctoral student, Karshi State
Technical University, Karshi,
Uzbekistan

Abstract. This article analyzes methods for reducing gasoline evaporation losses in vertical cylindrical storage tanks. The main sources of evaporative losses are identified as “standing losses” and “working losses,” which occur due to daily temperature fluctuations and technological operations such as filling and emptying the tanks. The influence of key factors affecting evaporation intensity, including Reid Vapor Pressure (RVP), ambient temperature, tank volume, and structural characteristics, is examined. A comparative analysis of fixed-roof tanks, floating-roof tanks, and hermetically sealed tanks is presented. The results show that the installation of deflector discs in pressure-vacuum valves and the application of vapor condensation technologies can significantly reduce gasoline evaporation losses. The proposed approach improves both the economic efficiency of petroleum product storage and environmental safety.

Keywords: gasoline evaporation, vertical cylindrical tank, evaporation losses, Reid Vapor Pressure (RVP), floating roof, breathing valve, vapor condensation, petroleum storage.

Kirish. Bug‘lanish yo‘qotishlarini kamaytirish maqsadida amaliyotda bir qator texnologiyalar qo‘llaniladi. Ularga pontonli rezervuarlar, suzuvchi tomli (floating roof) rezervuarlar hamda bug‘-havo aralashmasini qayta ushlab va qayta ishlash qurilmalari (VRU — Vapor Recovery Unit) kiradi. Mazkur texnologiyalar rezervuarlarda saqlanayotgan neft va neft mahsulotlarining bug‘lanishi natijasida yuzaga keladigan uglevodorod yo‘qotishlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Neft va neft mahsulotlarini saqlash jarayonida yuzaga keladigan yo‘qotishlarni kamaytirish usullarini ishlab chiqish XX asrning 60-yillaridan boshlab faol ravishda o‘rganib kelinmoqda [13,14]. Hozirgi kunda bug‘lanish yo‘qotishlarini kamaytirishning turli usullari mavjud bo‘lib, ular bir qator omillarga qarab tanlanadi. Bunday omillar qatoriga neft mahsulotining turi va maqsadi, saqlash sharoiti va davomiyligi, rezervuar konstruksiyasi hamda saqlash hududining mete-orologik sharoitlari kiradi.

Bug‘lanish natijasida yuzaga keladigan yo‘qotishlarni kamaytirishning eng samarali usullarini tanlash masalasi ilmiy metodologiyalar asosida keng o‘rganilgan. Shu bilan birga, Markaziy Osiyo mamlakatlarida mavjud vaziyat ayrim jihatlari bilan global tendensiyalardan farq qiladi. Xususan, ushbu hududda iqlim o‘zgarishi muammosi hali ham iqtisodiy faoliyat va ishlab chiqarish jarayonlari uchun ustuvor masala sifatida to‘liq shakllanmagan. Bu holat esa jahonning ilg‘or amaliyotlari bilan taqqoslaganda neft-gaz sanoatini dekarbonizatsiya qilish jarayonlarining rivojlanishiga ma‘lum darajada to‘sqinlik qilmoqda.

Shu bilan birga, atrof-muhitni muhofaza qilish va uglevodorod chiqindilarini kamaytirish masalalari bugungi kunda global miqyosda muhim strategik yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Rivojlangan davlatlarning aksariyati Xalqaro energetika agentligi (IEA) tarkibiga kiradi. Ushbu tashkilot tomonidan 2050-yilga qadar global miqyosda nol darajadagi chiqindilarga erishish bo‘yicha strategik

yo‘l xaritasi ishlab chiqilgan bo‘lib, unda energetika va neft-gaz sanoatini ekologik jihatdan barqaror rivojlantirish bo‘yicha asosiy yo‘nalishlar belgilab berilgan [15,16].

Usul va materiallar. Tik silindrsimon rezervuarlarda neft va neft mahsulotlarining bug‘lanish yo‘qotishlari asosan rezervuar ichidagi gaz fazasida sodir bo‘ladigan fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida yuzaga keladi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, bug‘lanish yo‘qotishlari odatda ikki asosiy turga — “kichik nafas olish” va “katta nafas olish” jarayonlariga ajratiladi.

Kichik nafas olish jarayoni rezervuar faol ishlatilmagan holatda ham sodir bo‘lishi mumkin. Bu jarayon asosan atrof-muhit haroratining sutkalik o‘zgarishi bilan bog‘liq. Harorat oshganda rezervuar ichidagi bug‘-havo aralashmasi kengayadi va nafas olish klapani orqali tashqi muhitga chiqadi. Harorat pasayganda esa rezervuar ichida vakuum hosil bo‘lib, tashqi muhitdan havo rezervuar ichiga kiradi. Shu tariqa sutkalik harorat tebranishlari bug‘-havo aralashmasining davriy almashinuvi orqali bug‘lanish yo‘qotishlariga olib keladi.

Katta nafas olish jarayoni esa mahsulotni rezervuargacha quyish yoki undan chiqarish jarayonida yuzaga keladi. Bu holatda suyuqlik sathining o‘zgarishi natijasida rezervuar ichidagi bug‘-havo aralashmasi majburiy ravishda tashqariga siqib chiqariladi. Amaliy kuzatishlar shuni ko‘rsatadiki, katta nafas olish natijasida yuzaga keladigan bug‘lanish yo‘qotishlari kichik nafas olish jarayoniga nisbatan ancha yuqori bo‘lib, umumiy bug‘lanish yo‘qotishlarining asosiy qismini tashkil etadi.

Bug‘lanish yo‘qotishlarini kamaytirishda rezervuarlarning texnik holati muhim ahamiyatga ega. Xususan, nafas olish klapanlari hamda ularning yordamchi elementlari — olovdan himoyalagichlar va disk-aks ettirgichlarning to‘g‘ri tanlanishi va joylashtirilishi muhim hisoblanadi. Disk-aks ettirgichlarning asosiy vazifasi rezervuar ichiga kirayotgan havo oqimini suyuqlik sathiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri yo‘naltirmasdan, uni yon tomonga burish orqali bug‘lanish intensivligini kamaytirishdan iborat.

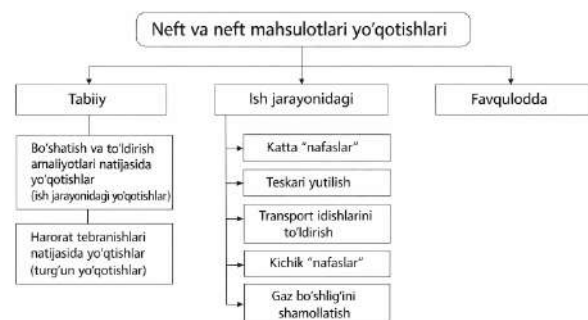
Sxematik tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, disk-aks ettirgich rezervuar tomining markaziy qismiga yaqin joylashtirilganda va optimal geometrik nisbatlar saqlanganda havo oqimining tezligi

kamayadi hamda bug‘-havo aralashmasining rezervuar devorlari bo‘ylab harakati cheklanadi. Natijada bug‘larning intensiv aralashuvi kamayib, atmosferaga chiqadigan uglevodorod miqdori sezilarli darajada pasayadi.

Bundan tashqari, rezervuarlardan foydalanish jarayonida tashkiliy chora-tadbirlar ham muhim rol o‘ynaydi. Mahsulotni rezervuarlarda maksimal darajada to‘ldirilgan holatda saqlash, rezervuarlar o‘rtasida ortiqcha quyish operatsiyalarini kamaytirish hamda texnologik operatsiyalar orasidagi vaqt oralig‘ini qisqartirish bug‘lanish yo‘qotishlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Ushbu chora-tadbirlarning kompleks qo‘llanilishi neft bazalarida iqtisodiy samaradorlikni oshirish bilan birga ekologik xavfsizlikni ta‘minlashga ham xizmat qiladi.

Pontonli va suzuvchi tomli rezervuarlar bug‘lanish yuzasini sezilarli darajada kamaytiradi, natijada bug‘lanish yo‘qotishlari ham pasayadi. Biroq bunday rezervuarlarning konstruktiv murakkabligi va ekspluatatsion xarajatlari nisbatan yuqori hisoblanadi.

Bug‘larni qayta ushlab qurilmalari (VRU — Vapor Recovery Unit) bug‘-havo aralashmasini qayta suyuqlantirish imkonini beradi. Shu bilan birga, ushbu tizimlarning asosiy kamchiligi sifatida yuqori energiya sarfi hamda xizmat ko‘rsatish jarayonining murakkabligi qayd etiladi.



1-rasm. Bug‘lanish natijasida rezervuarlardan uglevodorod yo‘qotish turlari

Olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, mavjud texnologiyalar O‘zbekistonning yuqori haroratli iqlim sharoitida yetarli samaradorlikni ta‘minlay olmaydi. Shu sababli benzin bug‘larini kondensatsiyalash texnologiyasini ishlab chiqish dolzarb ilmiy vazifa hisoblanadi.

Taklif etilayotgan texnologiya bug‘lanish

yo'qotishlarini kamaytirish bilan birga, kondensatsiyalangan mahsulotni qayta suyuq fazaga o'tkazib, uni texnologik tizimga qaytarish imkonini beradi. Bu nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ekologik xavfsizlikni ham ta'minlaydi. Mazkur texnologiyani asoslash uchun rezervuarlardagi benzin bug'larining yo'qotilishini hisoblash ishlari olib boriladi [16].

Rezervuarlarda odatda bug'lanish yo'qotishlarining uchta asosiy turi kuzatiladi:

1. **Standing loss (turg'un yo'qotishlar)** — rezervuar ishlamagan holatda ham sutkalik harorat o'zgarishlari va benzinning bug' bosimi (RVP) ta'sirida yuzaga keladigan bug'lanish yo'qotishlari.

2. **Working loss (ish jarayonidagi yo'qotishlar)** — rezervuarni to'ldirish yoki bo'shatish jarayonida suyuqlik sathining o'zgarishi natijasida bug'-havo aralashmasining tashqariga chiqishi bilan bog'liq yo'qotishlar.

3. **Flashing loss (bosimning keskin pasayishi natijasidagi yo'qotishlar)** — yuqori bosimli suyuqlik past bosimli muhitga tushganda suyuqlik tarkibidan bug'larning tez ajralib chiqishi natijasida yuzaga keladi.

Ushbu tadqiqotda asosiy e'tibor standing loss — ya'ni turg'un bug'lanish yo'qotishlariga qaratilgan, chunki nafas olish klapanlari aynan shu jarayonlarda eng faol ishlaydi.

Fizik-kimyoviy asoslar: bug' bosimi, RVP va bug' zichligi. RVP (Reid Vapor Pressure) — benzin kabi uchuvchan neft mahsulotlarining bug' bosimini ifodalaydi. RVP qiymati yuqori bo'lgan suyuqliklarda bug'lanish jarayoni intensivroq kechadi. RVP odatda **ASTM D323** standarti asosida aniqlanadi.

Bug' fazasining zichligi ideal gaz qonuniga asoslanib hisoblanadi:

$$\rho_v = \frac{M \cdot P_v}{R \cdot T} \quad (1)$$

bu yerda: M — bug'ning molekulyar massasi, P_v — haqiqiy bug' bosimi, R — universal gaz konstantasi, T — absolut harorat.

Bug' zichligi bug'lanish yo'qotishlarini massaviy jihatdan hisoblashda muhim parametr hisoblanadi [13,15].

Natijalar. Olib borilgan nazariy va tahliliy tadqiqotlar natijasida tik silindrsimon rezervuarlarda benzin bug'lanish yo'qotishlarining asosiy manbalari hamda ularni kamaytirish

imkoniyatlari aniqlashtirildi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, bug'lanish yo'qotishlarining asosiy qismi kichik va katta "nafas olish" jarayonlari bilan bog'liq. Haroratning sutkalik tebranishi natijasida rezervuar ichidagi bug'-havo aralashmasi kengayib, nafas olish klapanlari orqali atmosferaga chiqadi, bu esa uglevodorod bug'larining yo'qotilishiga olib keladi.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, kichik nafas olish jarayonida yuzaga keladigan yo'qotishlar benzinning uchuvchanligi (RVP) hamda rezervuar hajmiga bevosita bog'liq. Yirik hajmli rezervuarlarda ushbu turdagi yo'qotishlar nisbatan kamroq kuzatiladi. Katta nafas olish jarayonida esa mahsulotni rezervuarga quyish yoki undan chiqarish vaqtida bug'-havo aralashmasining majburiy ravishda tashqariga chiqishi kuzatiladi va bu jarayon umumiy bug'lanish yo'qotishlarining eng katta ulushini tashkil etadi.

Ilmiy natijalar shuni ko'rsatdiki, nafas olish klapanlariga disk-aks ettirgich (disk-otrajatel) o'rnatish bug'lanish yo'qotishlarini **20–25% gacha kamaytirish** imkonini beradi. Disk-aks ettirgich kiruvchi havo oqimining yo'nalishini vertikal holatdan gorizontal holatga o'zgartiradi, natijada majburiy konveksiya jarayoni hamda bug'-havo aralashmasining intensiv aralashuvi kamayadi. Tadqiqotlar natijasida optimal geometrik nisbatlar quyidagicha aniqlangan: disk diametrining montaj patrubkasi diametriga nisbati $D \approx (3-3,5)d$, diskning o'rnatilish balandligi esa $h \approx 2d$ bo'lganda maksimal samaradorlikka erishiladi.

Bundan tashqari, rezervuar tomi va nafas olish armaturasining germetikligini muntazam nazorat qilish bug'lanish yo'qotishlarini kamaytirishda muhim omil ekanligi ham ilmiy jihatdan tasdiqlandi. Tashkiliy, texnik va konstruktiv choralarni kompleks qo'llash orqali yuqori haroratli iqlim sharoitida ham benzin bug'lanish yo'qotishlarini sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Nafas olish klapani modeli va o'lchov uskunalari. Mazkur tadqiqotda nafas olish klapanining **SMDK-50** modeli namunaviy qurilma sifatida ko'rib chiqildi. Ushbu klapan rezervuar ichidagi bosim va vakuumni muvozanatlash vazifasini bajaradi hamda rezervuar ichki bosimi va tashqi muhit bosimi o'rtasida farq yuzaga kelganda avtomatik ravishda ochiladi. SMDK-50 klapani pressure–vacuum relief turiga mansub bo'lib,

rezervuarlarda saqlanayotgan neft mahsulotlarining bug‘lanish jarayonlarini nazorat qilishda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu klanning asosiy ishlash prinsipi rezervuar ichidagi bosim ma‘lum chegaradan oshganda yoki vakuum hosil bo‘lganda klapn qopqog‘ining avtomatik ochilishi orqali gaz fazasining almashinuvi ta‘minlanishiga asoslanadi.

Tadqiqot jarayonida klanning asosiy texnik parametrlari — ochilish bosimi (setpoint), maksimal oqim o‘tkazuvchanligi hamda dinamik xususiyatlari, ya‘ni klapn sikllanish tezligi o‘rganildi. Ushbu model laboratoriya sharoitida sinovdan o‘tkazilib, **AP-42 metodikasiga** muvofiq rezervuarlarda yuzaga keladigan bug‘ yo‘qotishlarini aniqlash uchun qo‘llanildi.

Rezervuarlardan bug‘lanish yo‘qotishlarini aniq baholash maqsadida bir qator o‘lchov uskunalardan foydalanildi. Xususan, gaz analizatorlari yordamida uglevdorod bug‘larining konsentratsiyasi foiz hisobida aniqlanadi. Harorat sensorlari sutkalik va o‘rtacha harorat ko‘rsatkichlarini qayd etadi, bosim sensorlari esa rezervuar ichki bosimi hamda klapn ish rejimini nazorat qilish imkonini beradi. Bundan tashqari, akselerometr yordamida klapn qopqog‘ining harakat tezligi va sikllanish chastotasi o‘lchanadi. Laboratoriya sharoitida bug‘lanish natijasidagi massa yo‘qotishlarini aniqlash uchun vazn o‘lchov tizimlaridan foydalaniladi.

Benzin yuqori uchuvchanlikka ega bo‘lgan neft mahsuloti bo‘lib, uning bug‘lanish xususiyatlari asosan **Reid bug‘ bosimi (RVP)**, harorat, rezervuar ichki bosimi hamda rezervuar konstruksiyasiga bog‘liq. RVP qiymati yuqori bo‘lgan benzinnlarda bug‘lanish intensivligi ortadi, bu esa saqlash jarayonida sezilarli massaviy yo‘qotishlarga olib keladi [1,2,3]. Bug‘ fazasining zichligi esa ideal gaz qonuni asosida aniqlanadi va bug‘lanish yo‘qotishlarini massaviy hisoblashda muhim parametr hisoblanadi [4]. Ushbu yondashuv **AP-42 metodikasi** asosida rezervuarlardagi bug‘ yo‘qotishlarini baholashda keng qo‘llaniladi [5].

Amaliy tahlil uch xil konstruksiyaga ega rezervuarlar misolida olib borildi. Jumladan, tik silindrsimon statsionar tomli rezervuar, suzuvchi tomli rezervuar hamda kichik hajmli germetik yopiq rezervuarlar sharoitida bug‘lanish yo‘qotishlari tahlil qilindi. Bu rezervuar turlari o‘rtasidagi konstruktiv farqlar bug‘lanish jarayonining inten-

sivligiga turlicha ta‘sir ko‘rsatadi va ularning taqqoslama tahlili bug‘ yo‘qotishlarini kamaytirish bo‘yicha samarali texnologik yechimlarni ishlab chiqishga imkon beradi.



2-rasm. Tuzilishiga ko‘ra farqlanuvchi rezervuarlarda benzinning bug‘lanish orqali yo‘qotilishi.

Tik silindrsimon statsionar tomli rezervuarlarda benzin bug‘lanishining asosiy manbai kichik va katta “nafas olish” jarayonlari hisoblanadi [5,6]. Kundalik harorat o‘zgarishi natijasida rezervuar ichidagi bug‘-havo aralashmasi kengayib, nafas olish klapani orqali tashqi muhitga chiqadi [6]. Yuqori RVP qiymati va harorat sharoitida rezervuar ichidagi bosim tez ortadi va pressure–vacuum relief klapanlari tez-tez ochiladi. Bu holat bug‘ yo‘qotishlarining ko‘payishiga olib keladi [7]. SMDK-50 turidagi klapanlarning ochilish bosimi hamda sikllanish tezligi bug‘ yo‘qotishlari miqdoriga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi [8]. Shu sababli ushbu turdagi rezervuarlarda bug‘lanish yo‘qotishlari eng yuqori bo‘lib, ularni aniqlashda **AP-42 metodikadan** foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Suzuvchi tomli rezervuarlarda tomning suyuqlik sathi ustida joylashishi bug‘ fazasi hajmini keskin kamaytiradi va diurnal bug‘lanish yo‘qotishlarini sezilarli darajada cheklaydi [5,9]. Tom benzin sathi ustida bevosita joylashgani sababli rezervuar ichidagi bug‘ fazasi hajmi minimal darajada bo‘ladi. Natijada harorat o‘zgarishlari natijasida yuzaga keladigan bosim tebranishlari kamayadi va nafas olish klapanlari deyarli ishga tushmaydi. Biroq bug‘lanish jarayonlari tom va rezervuar devori orasidagi tirqishlar, muhrlarning eskirishi hamda tomning vertikal harakati natijasida yuzaga kelishi

mumkin [9]. Gaz analizatorlari yordamida uglevodorod bug'larining konsentratsiyasini o'lchash orqali real bug' yo'qotishlari aniqlanadi [10]. Ushbu turdagi rezervuarlar katta hajmli benzin saqlashda samarali hisoblanadi.

Kichik hajmli yopiq (germetik) rezervuarlarda bug'lanish yo'qotishlari konstruktiv jihatdan eng past darajada kuzatiladi [11]. Bunday rezervuarlarda ichki bosim va harorat qat'iy nazorat qilinadi hamda bug'larning tashqi muhitga chiqishi deyarli kuzatilmaydi [11]. Ushbu turdagi rezervuarlarda bug'lanish yo'qotishlarini aniqlash asosan laboratoriya sharoitida amalga oshiriladi. Bu jarayonda vazn o'lchov tizimlari yordamida massa kamayishi aniqlanadi, harorat va bosim sensorlari orqali esa jarayonning doimiy monitoringi ta'minlanadi [12]. Germetik rezervuarlar odatda kichik hajmli hamda maxsus sharoitlarda benzin saqlash uchun qo'llaniladi.


Xulosa. Tahlil natijalariga ko'ra, stasionar tomli rezervuarlarda bug'lanish yo'qotishlari eng yuqori darajada kuzatiladi, suzuvchi tomli rezervuarlarda esa ushbu yo'qotishlar o'rtacha darajada bo'ladi. Germetik yopiq rezervuarlarda esa bug'lanish yo'qotishlari minimal qiymatga ega [5,6,9]. RVP qiymati, bug' fazasining zichligi hamda nafas olish klapanlarining ish rejimini kompleks nazorat qilish benzin bug'lanish yo'qotishlarini kamaytirishning ilmiy asosini tashkil etadi [1,5].

Mavjud texnologiyalar tahlili shuni ko'rsatdiki, ular yuqori haroratli iqlim sharoitida har doim ham yetarli samaradorlikni ta'minlay olmaydi. Shu sababli sovutishga asoslangan bug'larni kondensatsiyalash texnologiyasidan foydalanish bug'lanish yo'qotishlarini kamaytirishda muhim va istiqbolli yechim bo'lib xizmat qilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Gary, J. H., Handwerk, G. E., & Kaiser, M. J. (2016). Petroleum refining: Technology and economics. CRC Press.
- [2] Speight, J. G. (2014). The chemistry and technology of petroleum. CRC Press.
- [3] ASTM International. (n.d.). ASTM D323: Standard test method for vapor pressure of petroleum products (Reid method). ASTM.
- [4] Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. (2005). Introduction to chemical engineering thermodynamics. McGraw-Hill.
- [5] U.S. Environmental Protection Agency. (2022). AP-42: Compilation of air pollutant emission factors. Chapter 7 – Liquid storage tanks.
- [6] Sahakyan, L., et al. (2018). Evaporation losses from petroleum storage tanks. Journal of Loss Prevention in the Process Industries.
- [7] American Petroleum Institute. (n.d.). API Standard 2000: Venting atmospheric and low-pressure storage tanks.
- [8] ГОСТ 31385–2016. (2016). Вертикальные цилиндрические резервуары.
- [9] Teng, Y., et al. (2017). Floating roof tank evaporation loss analysis. Energy & Fuels.
- [10] International Organization for Standardization. (n.d.). ISO 6974: Natural gas — Determination of composition by gas chromatography.
- [11] Perry, R. H., & Green, D. W. (2008). Perry's chemical engineers' handbook. McGraw-Hill.
- [12] Seader, J. D., & Henley, E. J. (2011). Separation process principles. Wiley.
- [13] Saxatov, B. G. (2024). Nordon gazni qayta ishlashga tayyorlash jarayonida sovutish qurilmalaridagi asoratlar. Pedagog respublika ilmiy jurnali, 7(11), 159–162.
- [14] Saxatov, B. G. (2024). Tabiiy gazni qayta ishlashda desorbsiya jarayonini samaradorligini oshirish. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(2), 133–136.
- [15] Saxatov, B. G. (2024). Absorbsiya usulida H₂S va CO₂ dan tozalashda yutuvchi komponentlarning to'yinish balansi me'yorlari. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(2), 150–155.
- [16] Saxatov, B. G., & Jurayev, E. I. (2025). Nordon gazni qayta ishlashga tayyorlash jarayonida sovutish qurilmalaridagi salbiy asoratlar. Development of Science, 3(9), 205–211.

УДК: 550.38

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.39

СРЕДНЕСУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЯНГИБАЗАРСКОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В ПЕРИОДЫ СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ БУРЬ



Эгамбердиев Сайдигани

Институт сейсмологии
Академии наук Республики
Узбекистан, Ташкент,
Узбекистан



Хусомиддинов Ахрор

Институт сейсмологии
Академии наук Республики
Узбекистан, Ташкент,
Узбекистан



Рузимбоев Фаррух

Институт сейсмологии
Академии наук Республики
Узбекистан, Ташкент,
Узбекистан



Жураев Элёр

Институт сейсмологии
Академии наук Республики
Узбекистан, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В данной статье проанализированы среднесуточные вариации магнитного поля Земли, зарегистрированные в Янгибазарской геофизической научно-исследовательской обсерватории в периоды возникновения сильных магнитных бурь ($K_p \geq 7$, $Dst \leq -100$ нТ). В ходе исследования изучены суточная динамика, амплитудные изменения и фазовые смещения основных компонентов магнитного поля — H , D и Z . Полученные результаты показали, что во время сильных магнитных бурь суточные магнитные вариации существенно возрастают по сравнению с фоновыми значениями и претерпевают структурные изменения. Результаты исследования имеют важное значение для прогнозирования и оценки возможных землетрясений, а также для совершенствования регионального геофизического мониторинга.

Ключевые слова: сильные магнитные бури, магнитное поле Земли, суточные вариации, геомагнитная активность, Янгибазарская обсерватория.

KUCHLI MAGNIT BO‘RONLARI DAVRIDA YANGIBOZOR GEOFIZIK ILMIY-TADQIQOT OBSERVATORIYASIDA MAGNIT MAYDONNING SUTKALIK O‘ZGARISHLARI

Egamberdiyev Saidigani

O‘zbekiston Respublikasi Fanlar
akademiyasi Seysmologiya instituti,
Toshkent, O‘zbekiston

Husomiddinov Ahror

O‘zbekiston Respublikasi Fanlar
akademiyasi Seysmologiya instituti,
Toshkent, O‘zbekiston

Ruzimboev Farrux

O‘zbekiston Respublikasi Fanlar
akademiyasi Seysmologiya instituti,
Toshkent, O‘zbekiston

Jo‘rayev Elyor

O‘zbekiston Respublikasi Fanlar
akademiyasi Seysmologiya instituti,
Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada kuchli magnit bo‘ronlari ($K_p \geq 7$, $Dst \leq -100$ нТ) davrida Yangibazar geofizik ilmiy-tadqiqot observatoriyasida qayd etilgan Yer magnit maydonining o‘rtacha sutkalik variatsiyalari tahlil qilingan. Tadqiqot jarayonida magnit maydonining asosiy komponentlari — H , D va Z bo‘yicha sutkalik dinamika, amplitudaviy o‘zgarishlar hamda fazaviy siljishlar o‘rganildi. Olingan natijalar kuchli magnit bo‘ronlari vaqtida sutkalik magnit variatsiyalari fon qiymatlariga nisbatan sezilarli darajada ortishini va ularning strukturasi o‘zgarishlar yuz berishini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari ehtimoliy zilzilalarni prognoz qilish va baholash, shuningdek, mintaqaviy geofizik monitoring tizimlarini takomillashtirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit soʻzlar: kuchli magnit boʻronlari, Yer magnit maydoni, sutkalik variatsiyalar, geomagnit faollik, Yangibazar observatoriyasi.

DIURNAL VARIATIONS OF THE MAGNETIC FIELD AT THE YANGIBAZAR GEOPHYSICAL RESEARCH OBSERVATORY DURING PERIODS OF STRONG MAGNETIC STORMS

Egamberdiyev Saidigani

*Institute of Seismology, Academy of
Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

Khusomiddinov Ahror

*Institute of Seismology, Academy of
Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

Ruzimboev Farrukh

*Institute of Seismology, Academy of
Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

Jurayev Elyor

*Institute of Seismology, Academy of
Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

Abstract. *This paper analyzes the mean daily variations of the Earth's magnetic field recorded at the Yangibazar Geophysical Research Observatory during periods of strong magnetic storms ($K_p \geq 7$, $Dst \leq -100$ nT). The study examines the diurnal dynamics, amplitude variations, and phase shifts of the main magnetic field components—H, D, and Z. The obtained results show that during strong magnetic storms, daily magnetic variations significantly increase compared to background levels and undergo notable structural changes. The findings are of great importance for the assessment and possible forecasting of earthquakes, as well as for improving regional geophysical monitoring systems.*

Keywords: *strong magnetic storms, Earth's magnetic field, daily variations, geomagnetic activity, Yangibazar Observatory.*

Введение. Сильные магнитные бури, возникающие в результате повышения солнечной активности, инициируют крупномасштабные физические процессы в магнитосфере, ионосфере и атмосфере Земли. Эти процессы проявляются в виде резких изменений магнитного поля Земли — усиления магнитных вариаций, фазовых смещений и изменения спектрального состава [1].

Сильные магнитные бури могут оказывать влияние не только на космические технологии, но и на геофизические процессы, протекающие в недрах Земли. В связи с этим изучение вариаций магнитного поля Земли в периоды магнитных бурь на региональном уровне представляет собой значительный научный интерес [2].

Янгибазарская геофизическая научно-исследовательская обсерватория является одним из важных научных центров на территории Узбекистана, осуществляющих непрерывную регистрацию магнитного поля Земли. Основной целью данной работы является выявление особенностей среднесуточных вариаций магнитного поля в периоды сильных магнитных бурь на основе данных Янгибазарской обсерватории.

Солнечно-суточные вариации имеют продолжительность, равную одним суткам, и обусловлены суточным вращением Земли вокруг своей оси. Вариации, периодичность которых равна одному календарному году, называются годовыми вариациями и связаны с обращением Земли вокруг Солнца. В результате ионизации земной атмосферы ультрафиолетовым излучением Солнца в атмосфере формируется слой с относительно высокой электрической проводимостью. Движение атмосферы приводит к определённому перемещению этого слоя в постоянном магнитном поле Земли, в результате чего возникают суточные вариации. Солнечно- и лунно-суточные вариации объясняются аналогичным образом. В первом случае такие движения обусловлены гравитационным воздействием Солнца, во втором — притяжением Луны. Ниже рассматриваются изменения полного вектора магнитного поля Земли в течение 2023 года. Представленные данные основаны на результатах непрерывных наблюдений, проводившихся в течение года в Янгибазарской обсерватории [6].

Материалы и методы. В исследовании использованы данные высокоточного трёх-

компонентного флюксгейт-магнитометра, установленного в Янгибазарской геофизической обсерватории. Прибор осуществляет регистрацию компонентов магнитного поля Земли H (горизонтальная), D (деклинация) и Z (вертикальная) с дискретизацией 1 минута.



Рис.1. Магнитные измерения Янгибазарской геофизической научно-исследовательской обсерватории.

Сильные магнитные бури были отобраны на основе международных геомагнитных индексов K_p и Dst . Для анализа были отдельно выделены фазы начала, главная фаза и фаза восстановления магнитных бурь, для каждой из которых рассчитаны среднесуточные значения [5].

К данным были применены следующие методы обработки:

- расчёт среднесуточных значений;
- сравнение с фоновыми (спокойными) периодами;
- амплитудный и статистический анализ;
- оценка фазовых характеристик суточных вариаций.

Результаты. Результаты анализа показали, что в периоды сильных магнитных бурь суточные вариации магнитного поля Земли существенно возрастают по сравнению с фоновыми значениями. В частности, для компоненты H в ряде случаев наблюдалось увеличение амплитуды в 2–4 раза.

Для компоненты D было зафиксировано смещение времени суточных максимумов и минимумов, что указывает на перераспределение ионосферных токовых систем. Для компоненты Z , несмотря на сравнительно меньшую выраженность изменений, в главной фазе магнитной бури отчётливо проявились вертикальные возрастания.

Ниже рассмотрим изменения полного вектора магнитного поля Земли в течение 2023–2024 годов. Эти данные основаны на результатах непрерывных наблюдений, проводившихся в обсерватории Янгибазар.

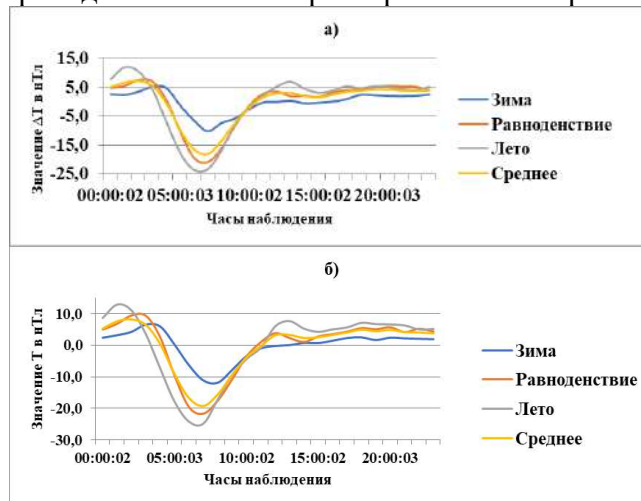


Рис.2. Суточный ход полной силы T по всем дням (а) 2023 и (б) 2024 годов.

В предыдущие сезоны значения составляли $-17,4$ нТл в 2023 году и $-18,6$ нТл в 2024 году. Как видно, минимумы, зафиксированные в 2024 году, значительно глубже по сравнению с предыдущим годом. Следует отметить, что практически во все месяцы 2023–2024 годов наблюдались магнитные бури, существенно влияющие на состояние магнитного поля (рисунок 2).

Солнечно-суточные вариации принято подразделять на две группы: спокойные (Sq) и возмущённые (Sd). Спокойные вариации представляют собой изменения элементов геомагнитного поля с периодом, равным продолжительности солнечных суток, и обусловлены вращением Земли вокруг своей оси. Их источником является ультрафиолетовое излучение Солнца, вызывающее ионизацию верхних слоёв атмосферы, обладающих повышенной электропроводностью. Основной механизм формирования таких вариаций связан с генерацией токов в E -слое ионосферы вследствие динамо-эффекта.

Наблюдения показывают, что Sq -вариации не являются постоянными: их суточный ход изменяется от дня ко дню в определённых пределах. Амплитуда вариаций в северном

полушарии возрастает от зимних месяцев, когда склонение Солнца минимально ($-23,5^\circ$), к летним, когда оно достигает максимального значения ($+23,5^\circ$).

На рисунке 3 представлен суточный ход полного вектора T в относительно магнитоспокойные дни. Информация о спокойных и возмущённых днях получена с сайта <https://wds.kugi.kyoto-u.ac.jp/qddays> [7], где для каждого месяца приводятся 10 спокойных и 5 возмущённых дней. Для построения графика использованы средние значения T по спокойным дням каждого месяца.



Рис.3. Суточный ход полного вектора T в спокойные дни.

Как видно из рисунка, на графиках отмечаются один резкий минимум и по два максимума. Время минимальных значений апреля и августа месяцев практически совпадают – в 06:30 часов по Гринвичу. В марте минимум со значением 18,8 нТл отмечается в 07:30, в феврале в 08:00 – 13,8 нТл, в январе в 07:10 – 11,7 нТл и все значения минимумов имеют отрицательный знак. Максимумы также отмечаются в разное время: в январе – в 03:20 и, в феврале – в 03:40, в марте – 03:00, в апреле – 02:00 и в августе – 01:10 часов. Вторые максимумы четко отмечены в апреле и августе – 12:00 и 13:00 часов соответственно, у остальных четко выраженных максимумом отсутствуют (рисунок 3.).

Суточный ход полного вектора магнитного поля Земли меняется в течение года и резко отличается друг от друга. Эти изменения можно рассматривать как удовлетворительное состояние перехода к двум характерным временам года — лету и зиме. Влияние солнечной активности на суточный ход также меняется в зависимости от сезона. При больших суточных вариациях в летние месяцы этот эффект проявляется в увеличении амплитуды суточных вариаций с увеличением солнечной

активности. Зимой, когда амплитуда суточного хода обычно очень мала, изменение формы суточного хода имеет еще большее значение.

Способ определения S_q вариаций может быть применен и для вычисления возмущенных солнечно-суточных вариаций. Если S_q вариации определяют путем обработки наблюдений по 5 спокойным дням каждого месяца, то осреднение вариаций по 5 бурным дням дает S_d вариацию. Очевидно, что S_d вариация представляет собой некий усредненный образ суперпозиции многих источников возмущений, поэтому в современной физике магнитосферы исследования S_d вариаций не актуальны [6].

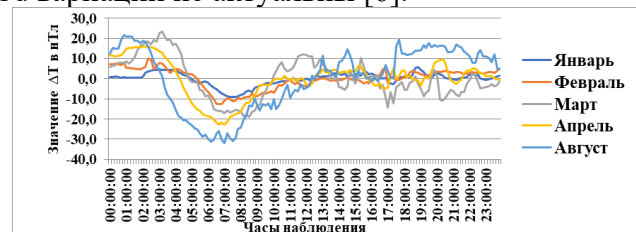


Рис.4. Суточный ход полного вектора T в магнитовозмущенные дни.

На рисунке 4. представлены графики поведения T , которые построены по результатам наблюдений T по 5 возмущенным дням каждого месяца. Как видно, здесь каждый график имеет свою особенность, нет четкого минимума, который отмечается в 07-08 часов утра и максимумов в утренние и вечерние часы.

Как уже говорилось выше, изменение среднегодовых значений той или иной компоненты геомагнитного поля за один год называется вековым изменением геомагнитного поля. Величины годового изменения неодинаковы для разных мест земной поверхности, они являются общим результатом ряда физических процессов, которые меняются от периода к периоду и не остаются постоянными.

На рисунке 5 показано изменение полного вектора в 2023 -2024 годах которое, демонстрирует постоянный рост значений T . Кроме того, на графике отмечены некоторые максимумы и минимумы, связанные с вариациями полного вектора. Самые значительные минимумы с разной глубиной: 15.01.2023 г. (53579 нТл), 27.02.2023 г. (53567,1 нТл), 24.03.2023 г. (53569,4 нТл), 24.04.2023 г. (53571,2 нТл), 24.03.2024 г. (53642,1 нТл),

11.05.2024 г. (53607,7), 12.08.2024 г. (53649,6), 11.10.2024 г. (53639 нТл) и др. При этом отмечаются и небольшие максимумы: 17.01.2023 г. -53594,0 нТл, 19.05.2023 г. - 53621,3 нТл, 18.03.2024 г. – 53666,2 нТл, 12.08.2024 г.-53649,6,0 нТл и др. (рисунок 5).



Рис.5. Изменение значений полной силы геомагнитного поля в 2023 – 2024 годах.

Магнитные бури разной интенсивности наблюдались в те дни, когда были зафиксированы минимальные значения полного вектора магнитного поля. Например, 15.01.2023 г. оно было сильным (5 баллов), 24.02.2023 г. — 3 балла, 24.03.2023 г.— слабый всплеск поля, 21–24 апреля 2023 года — 6 баллов, 1–6 сентября 2023 года— была сильной (6 баллов), 2 декабря — 4 балла, 05.11.2023 г., 24.03.2024 г.- 5 баллов, 10-11 мая была зафиксирован самая сильная 9-балльная магнитная буря, 12.08.2024 года степень возмущенности магнитного поля Земли достигала уровня 4-5 баллов (G4).

На рис. 6 представлены суточный ход полного вектора магнитного поля в дни, когда происходили сильные магнитные бури. Как видно из рисунка, во всех случаях кривые изменения различны и напоминают магнитные бухты с положительного и отрицательного знаков. Как пример, рассмотрим некоторые из них, отрицательные бухты зафиксированы: 24.04.2023г. в 15:30 часов по Гринвичу с амплитудой -78,2 нТл, 27.02.2023 г.в 11:40 часов -44,6 нТл, 23.03.2023 г. в 23:50 часов - с амплитудой -41,2 нТл, 5.11.2023 г. в 18:40 часов с амплитудой -50,9 нТл. 24.03.2024 г. в 16:54 с амплитудой -59,2 нТл, 11.05.2024 г. в 07:36 с амплитудой -140,6 нТл и др. Положительные бухты зафиксированы 27.02.2024 г.в 16:10 часов с амплитудой 49,7 нТл, 23.03.2024 г. марта в 18:50 часов с амплитудой 48,9 нТл, 24.04.2023 г. в 12:00 часов с амплитудой 40,8 нТл и 5.11.2024 г. в 16:50 часов с амплитудой 42,7 нТл, 24.03.2024 г. в 14:30 с амплитудой 84,4 нТл,

11.05.2024 г. в 11:58 с амплитудой 164,9 нТл и др. (рисунок 6).

Выше мы рассмотрели графики суточного хода лишь некоторых возмущенных дней, где были зафиксированы магнитные бури разной степени. На самом деле, в течение 2023 -2024 годов (эти годы являются "пиковыми" 25 цикла солнечной 11 летней активности) наблюдались достаточно много сильных возмущений геомагнитного поля.

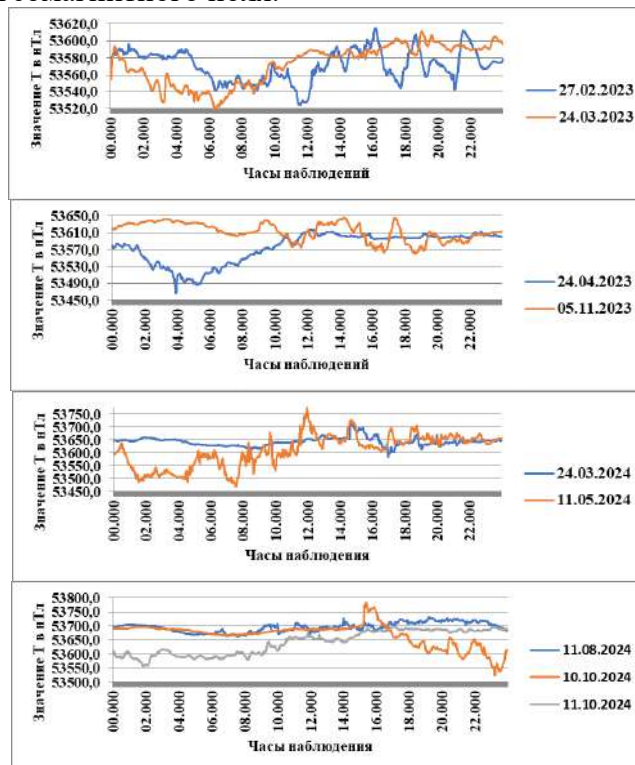


Рис.6. Изменения полного вектора T во время сильных магнитных бур.

Обсуждение. Полученные результаты согласуются с современными геомагнитными исследованиями и показывают, что усиление суточных магнитных вариаций в периоды сильных магнитных бурь в основном обусловлено активизацией магнитосферно-ионосферных токовых систем [3].

Данные Янгйбазарской обсерватории позволяют выявлять геомагнитные реакции, характерные для региона Центральной Азии. Анализ среднесуточных значений выявил статистически значимые отклонения параметров магнитного поля в периоды магнитных бурь. Это, в свою очередь, может служить основой для изучения отдельных геофизических

процессов, протекающих в недрах Земли под воздействием сильных магнитных бурь, включая микросейсмический фон и электромагнитные аномалии.

В периоды сильных магнитных бурь изучение среднесуточных вариаций магнитного поля, регистрируемых в Янгибазарской геофизической научно-исследовательской обсерватории, имеет важное значение с точки зрения выявления региональных особенностей геомагнитной среды. Использование среднесуточных значений позволяет снизить влияние кратковременных случайных колебаний и высокочастотных шумов, а также выявить устойчивые тенденции, формирующиеся под воздействием магнитных бурь. Это, в свою очередь, обеспечивает более точную и надёжную оценку общего геомагнитного отклика, обусловленного активизацией магнитосферно-ионосферных токовых систем.

Кроме того, такой подход служит важной научной основой для изучения взаимосвязей между геомагнитными изменениями и отдельными геофизическими процессами, протекающими в недрах Земли. В частности, анализ среднесуточных магнитных вариаций имеет существенное значение в исследованиях, связанных с микросейсмическим фоном, электромагнитными аномалиями и возможными предвестниками сейсмической активности. Подобные исследования способствуют совершенствованию региональных систем геофизического мониторинга и расширяют возможности предварительной оценки природных опасностей.

Заключение. Проведённые исследования на основе данных Янгибазарской геофизической научно-исследовательской обсерватории предоставили убедительные доказательства того, что в периоды сильных магнитных бурь в среднесуточных вариациях магнитного поля Земли происходят существенные изменения. Результаты анализа показали, что во время магнитных бурь по основным компонентам геомагнитного поля — H , D и Z — наблюдаются

амплитудные возрастания, фазовые смещения, а также изменения формы суточного хода. Особенно выраженное увеличение амплитуды вариаций компоненты H , достигающее нескольких раз, является наглядным проявлением воздействия сильных магнитных бурь на геомагнитную среду.

Использование среднесуточных значений позволило снизить влияние кратковременных случайных колебаний и высокочастотных шумов, а также выявить устойчивые геомагнитные тенденции, формирующиеся под воздействием магнитных бурь. Это обеспечило более точную и надёжную оценку общего геомагнитного отклика, обусловленного активизацией магнитосферно-ионосферных токовых систем. Полученные результаты согласуются с современными геомагнитными исследованиями и вносят вклад в понимание механизмов регионального воздействия магнитных бурь [4].

Вместе с тем установлено, что данные Янгибазарской обсерватории позволяют выявлять геомагнитные реакции, характерные для региона Центральной Азии. Это обстоятельство создаёт важную научную основу для изучения взаимосвязей между геомагнитными изменениями и отдельными геофизическими процессами, протекающими в недрах Земли, включая микросейсмический фон, электромагнитные аномалии и возможные предвестники сейсмической активности.


В целом, комплексный анализ среднесуточных вариаций магнитного поля в периоды сильных магнитных бурь имеет существенное значение для совершенствования региональных систем геофизического мониторинга, оценки геомагнитных рисков и расширения возможностей предварительного прогнозирования природных опасностей. Полученные результаты могут служить научной основой для дальнейшей интеграции геомагнитных и сейсмогеофизических исследований, а также для создания комплексных систем наблюдений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Love, J. J. (2019). Magnetic storms and geomagnetic variability. *Space Science Reviews*.

- [2] Pulkkinen, A. (2020). Space weather impacts on ground-based systems. *Space Weather*.
- [3] Tsurutani, B. T., & Gonzalez, W. D. (2021). The physics of geomagnetic storms. *Journal of Geophysical Research*.
- [4] Campuzano, S. A., et al. (2022). Daily geomagnetic variations during intense storm periods. *Advances in Space Research*.
- [5] Karpenman, J. G. (2023). Geomagnetic storms and induced currents. *IEEE Transactions on Power Delivery*.
- [6] Егамбердиев С. А., Юсупов В. Р., Хусомиддинов С. С., Азимов А. М., Нуриддинов Н. Р. (2024). Особенности проявления вариаций геомагнитного поля в Янгибазарской обсерватории. *Проблемы сейсмологии*, 6(2), 29–36.
- [7] Геофизический центр Киото (Япония). База данных спокойных и возмущённых дней. URL: <https://wds.kugi.kyoto-u.ac.jp/qddays>

UO‘K: 66.074.3

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.40

NASADKALI QURILMALAR ISHINI FAOLLASHTIRISH USULLARINI TADQIQOTLASH



Dustqobilov Eldor Nurmatovich

Dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
ORCID ID: 0009-0003-3703-0860
Science ID: FQD-0326-0002



Yuldashev Tashmurza Raxmonovich

Professor, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
ORCID ID: 0009-0002-4978-1218
Science ID: DQD-0326-0003

Annotatsiya. Ushbu maqolada tabiiy gazlarni nordon komponentlardan absorbttsiyali usullari qo‘llanilgan bo‘lib, bunda nasadkali absorberlarning oqimlarni yunaltirish samaradorligi ko‘p jihatdan qo‘llaniladigan nasadkaning shakliga bog‘liqligi o‘rganilgan. Buning uchun kontaktli nasadkali qurilmalarda massa uzatishi faollashtirishning turli usullari taklif qilingan. Elementar massa uzatish aktining zamonaviy nazariyasi, sanoat nasadkali kolonnalarning ish sharoitlaridan sezilarli darajada farq qiladigan gidrodinamik rejimlar va interfaza sirt shakllarining cheklangan oralig‘i uchun massa uzatish koeffitsientini nazariy jihatdan aniqlashdagi imkon berganligi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: absorbttsiya, kontaktli nasadka, emulsifikatsiya, gidrodinamik rejim, kontsentratsiya, purkovchi, gaz-suyuq emulsiya.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АКТИВАЦИИ РАБОТЫ НАСАДОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Дустқобилов Элдор Нурмаатович

Доцент, Қаршинский государственный технический университет, Қариш, Узбекистан

Юлдашев Ташмурза Рахмонович

Доцент, Қаршинский государственный технический университет, Қариш, Узбекистан

Аннотация. В данной статье применяются методы абсорбции природных газов из кислых компонентов, при этом эффективность направления потоков насадочных абсорберов во многом зависит от формы применяемой насадки. Для этого предложены различные способы активации массопередачи в устройствах с контактными насадками. Установлено, что современная теория элементарного акта массопередачи позволяет теоретически определить коэффициент массопередачи для ограниченного диапазона гидродинамических режимов и форм интерфазной поверхности, существенно отличающихся от условий работы промышленных насадочных колонн.

Ключевые слова: абсорбция, контактная насадка, эмульсификация, гидродинамический режим, концентрация, распылитель, газожидкостная эмульсия.

THE IMPORTANCE OF AEROSPACE MAPPING METHODS IN OIL AND GAS FIELD EXPLORATION

Dustqobilov Eldor Nurmatovich

Docent, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Yuldashev Tashmurza Rakhmonovich

Docent, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *In this article, methods for absorbing natural gases from acidic components are used, while the efficiency of flow direction in nozzle absorbers largely depends on the shape of the nozzle used. For this purpose, various methods for activating mass transfer in devices with contact nozzles have been proposed. It has been established that the modern theory of the elementary mass transfer act allows for the theoretical determination of the mass transfer coefficient for a limited range of hydrodynamic regimes and interphase surface shapes, which differ significantly from the operating conditions of industrial nozzle columns.*

Keywords: *absorption, contact nozzle, emulsification, hydrodynamic regime, concentration, sprayer, gas-liquid emulsion.*

Kirish. Tabiiy gazlarni nordon komponentlardan absorbtiviy usullarda, nasadkali absorberlarning samaradorligi ko'p jihatdan ishlatiladigan aloqa moslamasining turiga bog'liq. Shuni ta'kidlash kerakki, kontaktli nasadkali qurilmalarida massa uzatish jarayonlarini faollashtirishning turli usullari taklif qilingan. Ulardan ba'zilar allaqachon sanoatda keng tarqalgan, boshqalari esa hali tadqiqot va ishlanmalar bosqichida turibdi.

Ma'lumki, nasadkali absorberlarning samaradorligi ko'p jihatdan ishlatiladigan aloqa moslamasining turiga bog'liq. Shuni ta'kidlash kerakki, kontaktli nasadkali qurilmalarida massa uzatish jarayonlarini faollashtirishning turli usullari taklif qilingan. Ulardan ba'zilar allaqachon sanoatda keng tarqalgan, boshqalari esa hali tadqiqot va ishlanmalar bosqichida. V.V Kafarov tomonidan taklif qilingan usul va majburiy emulsifikatsiya usuli deb ataladigan massa uzatish jarayonining samaradorligini sezilarli darajada oshirishga imkon beradi [1, 2, 3].

Tadqiqotning maqsadi. Nasadkali kolonnaning diametri oshgani sayin, sug'orishni nasadka bo'yicha bir tekis taqsimlashda qiyinchiliklar ortadi. Kolonnaning eng samarali ishlash rejimi - bu kolonnani suyuqlik bosishidan oldingi oqim tezligining tor oralig'ida mavjud bo'lgan emulsifikatsiya rejimidir. Shu sababli, ushbu rejimni amalga oshirish qiyin va kolonnalar ko'pincha pardali rejimda ishlaydi va uning samaradorligi past.

Majburiy emulsifikatsiya rejimi kolonnaning bo'sh hajmini suyuqlik bilan to'ldirish yo'li orqali shakllantiriladi, bu suyuqlikni II shaklidagi quvur bilan kolonnadan olib tashlash orqali erishiladi, bu esa oqimni ta'minlaydi. Paketdagi gaz oqimi suyuqlikdagi nasadka orqali taqsimlanadi, emulsifikatsiya rejimini sun'iy ravishda yaratadi.

Bunday kolonnada emulyatsiya rejimiga mos keladigan bug' va suyuqlik fazalarining holati har qanday oqim tezligida erishiladi.

Shunday qilib, kolonna har doim optimal sharoitlarda ishlaydi.

Maksimal yuklarda emulsifikatsiya kolonnasida va an'anaviy kolonnada ajratish samaradorligi bir xil. Biroq, bug' tezligiga qarab samaradorlikning o'zgarishi tabiiy boshqacha. An'anaviy kolonnada samaradorlik maksimal tezlik yaqinida yuklar keskin ortadi.

Emulsifikatsiya kolonnasida samaradorlik ketma-ketlik bilan oshadi, bu esa kolonnaning keng oqim tezligida yuqori samaradorlik bilan ishlashga imkon beradi. Emulsifikatsiya kolonnaning dizayn xususiyatlari quyidagilardan iborat [3]:

a) sug'orishni taqsimlash uchun hech qanday qurilmalarni talab qilinmaydi, chunki oqimlar avtomatik ravishda taqsimlanadi;

b) nasadkaning balandligini alohida qatlamlarga ajratish qabul qilinishi mumkin emas. Nasadkalar orasidagi oqimlarni ajralish hajmi kolonnadagi suyuqlik hajmini oshiradi va suyuqlikni turli konsentratsiyali aralashtirishga olib keladi, oqim to'g'ridan-to'g'ri nasadkalar qatlamiga kiritiladi;

v) emulgatsiya kolonnalaridagi nasadkali kolonnaning tanasiga yaxshi namlanuvchilik va oquvchanlik shakllarni berish talab qilinadi.

d) oqayotgan suyuqlikning bug'ni bo'shliqga kirishiga yo'l qo'ymaslik uchun bug' kiritish uchun ko'p qopqoqli yssisimon likopcha tipidagi qurilmani o'rnatish tavsiya etiladi;

Emulsifikatsiya kolonnalari optimallashtirilgan nasadkaning yuzasini yaxshi namlanishni yoki elementlarning soddalashtirilgan shaklini yaratishni talab qilmaydi. Biroq, nasadkaning bo'sh hajmi muhim ahamiyatga ega, chunki u kolonnaning unumdorligini ta'minlaydi [3].

Tadqiqot natijalarining muhokamasi.

An'anaviy gidrodinamik rejimlarda ishlaydigan nasadkaning kolonnalari samaradorligi pastligining asosiy sabablaridan biri suyuqlikning unung yuzasida notekis taqsimlanishidir. Nasadkaning yuzasi bo'ylab oqayotgan oqim kanallarni hosil qiladi, buning natijasida u bilan gaz o'rtasidagi aloqa yuzasi keskin kamayadi, oqayotgan suyuqlik qatlamining qalinligi oshadi, issiqlik va massa almashinuvi yomonlashadi.

Suyuqlikni nasadkaning yuzasi bo'ylab bir tekis taqsimlashning murakkabligi sababli, kolonna diametrining oshishi bilan kuchayadi, buning natijasida jadallashish nuqtasi ostidagi katta diametrli yuzalar kolonnalar kichik diametrli kolonnalarga qaraganda yomonroq ishlaydi va ularning ajratish qobiliyati past bo'ladi [1].

O'rnatilgan nasadka kolonnalarining optimal ish rejimi - emulsifikatsiya rejimi - oqim tezligining nisbatan kichik diapazonida mavjud bo'ladi. Yuqori chegara - kolonnaning oqim bilan egallanishi, ya'ni suyuqlikning nasadka ustida to'planishi va pastki chegara - gaz-suyuqlik emulsiyasining yo'qolishi hisoblanadi.

Nasadka kolonnaning ajratish quvvati emulsifikatsiya rejimiga o'tish bilan keskin ortib borayotganligi sababli, bu rejimda an'anaviy ko'rinishdagi nasadka kolonnaning ishlashi bir doimiy oqim tezligida amalga oshiriladi. Shuning uchun emulsifikatsiya rejimini barqarorlashtirish zarur bo'ladi.

Suyuq fazaning uzluksiz fazaga, bug' (gaz) fazasining dispers fazaga o'tishi va nasadka kolonnalarida emulsifikatsiya rejimini hosil qilishda, agar nasadkaning yuzalarining bo'sh hajmi suyuqlik bilan to'ldirilgan va jarayon shunday tashkil etilgan bo'lsa, kolonnaning pastki qismidan vaqt birligida uning yuqori qismiga sug'orish uchun berilgan suyuqlik miqdorini yuqori qismiga olib chiqish mumkin. Keyin nasadkaning kolonnalaridagi gaz oqimi suyuqlikka kiradigan alohida oqimlarga ajratiladi. Kolonnalarda suyuqlik bilan to'ldirilgan nasadkalarda gazning har bir tezligida - eng pastdan maksimal ruxsat etilgancha tezlik saqlanadi [9].

Nasadkali kolonnaning apparatlardagi jarayonlarning jadalligi odatda vaqt birligida nasadka hajmining birligida absorbttsiyalangan moddalarning miqdori bilan o'lanadi. Ushbu miqdorni oshirish imkoniyati nasadka kolonnalari uchun

quyidagi shaklga ega bo'lgan massa uzatishning asosiy tenglamasidan foydalaniladi:

$$W_A = K \cdot a \cdot V_h \cdot \Delta y_{o'r}, \quad (1)$$

bu yerda W_A - bir fazadan ikkinchisiga absorbttsiyalanish jarayonida o'tkaziladigan komponentning miqdori, kmol/s;

K - massa uzatish koeffitsienti, m/s;

a - nasadkaning ish hajmining birligiga fazali aloqa yuzasi, m^2/m^3 ;

V_N - nasadkaning hajmi, m^3 ;

ΔU_{sr} - konsentratsiyalarning o'rtacha farqi (massa almashinish jarayonlarining harakatlantiruvchi kuchi), kmol/ m^3 .

(1) tenglamadan ko'rinib turibdiki, massa uzatish jarayonini K , a va ΔU_{sr} qiymatlarini oshirish orqali kuchaytirish mumkin. Endi, nasadkali qurilmaning yangi shakllarini ishlab chiqishda ushbu imkoniyatlarni ko'rib chiqamiz.

Elementar massa uzatish aktining zamonaviy nazariyasi, odatda, sanoat nasadkali kolonnalarining ish sharoitlaridan sezilarli darajada farq qiladigan gidrodinamik rejimlar va interfaza sirt shakllarining cheklangan oralig'i uchun massa uzatish koeffitsientini nazariy jihatdan aniqlashga imkon beradi. Biroq, bu nazariya yordamida massa uzatish koeffitsientlarini oshirish orqali yangi samarali nasadka qurilmalarini yaratish yo'llarini belgilash mumkin. Higbi [5], Dankverts [6], Kishinevskiy [5, 6] nazariyalariga muvofiq, massa o'tkazuvchanlik koeffitsientini fazalararo sirdagi o'rtacha aloqa vaqtini kamaytirish orqali oshirish mumkin. Shuni hisobga olish kerakki, aloqa vaqti oqim tezligining oshishi va suyuqlik pardasi uzunligining kamayishi bilan kamayadi.

Ikki fazali chegara qatlami nazariyasiga muvofiq [2], oqim tezligining oshishi ham, parda uzunligining qisqarishi ham diffuziya chegara qatlami qalinligining pasayishiga va natijada massa o'tkazuvchanligi koeffitsientining oshishiga yordam beradi.

Samarali fazali aloqa yuzasini oshirishning ko'plab usullari mavjud. Bizning fikrimizcha, eng samarali V.V. Kafarov [1] tomonidan taklif qilingan usuldir, uning mohiyati bo'shliqni to'ldirishdir. U bir suyuqlik (gaz) oqimlarining harakatidagi suyuqlik muhitida erkin harakatlanishi paytida yuzaga keladigan fazalararo turbulentslik nazariyasini ishlab chiqqan. Oqimning sekinlashishi natijasida oqim qatlamlarini aylantiruvchi juft

kuchlar hosil bo'ladi, bu esa uyurmalarining paydo bo'lishiga olib keladi. Natijada, V.V. Kafarovning fikriga muvofiq, erkin gidrodinamik tizim paydo bo'ladi - gaz-suyuqlik harakatchan majmuasini ifodalovchi gaz-suyuq uyurmalarini aralashmasi shakllanadi. Gaz-suyuq emulsiya qatlamida uning tez yangilanishi bilan katta fazalar oralig'i sirt yuzasi oshadi, bu massa almashinuvi jadalligini oshirishni ta'minlaydi.

Adabiy manbalar [4] shuni ko'rsatadiki, qurilmalarning optimal (kapital qo'yilmalar va ekspluatatsiya xarajatlar o'rtasidagi muvozanatni saqlash nuqtai nazaridan) konstruksiyalarini loyihalashda kolonnaning yuqori o'tkazuvchanligini ta'minlash maqsadga muvofiqdir, ammo u ko'pincha cheklangan; masalan, nasadkaning kolonnalaridagi oqimning ta'siri tufayli, juda yuqori nisbiy faza tezligida qarama-qarshi oqim rejimini saqlab qolish mumkin emas.

Xuddi shu mualliflar [4, 5, 9] absorbttsiyalash apparati samaradorligini oshirishning eng samarali usuli fazalarning katta aloqa yuzasini yaratish ekanligini ko'rsatadi. (1) tenglamadagi a parametrini ko'pincha massa uzatish koeffitsienti K ga nisbatan oshirish osonroqdir.

Konsentratsiyalarning o'rtacha farqi, bir tomondan, oqimlarning boshlang'ich va yakuniy konsentratsiyasi va muvozanat konstantasi bilan bog'liq bo'lib, uning asosida hisoblab chiqiladi. Boshqa tomondan, ma'lumki, konsentratsiyalarning o'rtacha farqi ideal siljish modeli asosida aniqlanadi, uning asosiy sharti oqimlarni apparatning ko'ndalang kesimi bo'ylab bir xil taqsimlanishi hisoblanadi. Bir xillikning har qanday buzilishi massa almashish jarayonining harakatlantiruvchi kuchining pasayishiga olib keladi.

Yagona taqsimlash nafaqat jarayonni jadallashtirish, balki sanoat kolonalarini hisoblash uchun ham juda muhimdir. Har ikki faza taqsimotining radial bir xilligi mavjud bo'lganda sanoat qurilmalarini masshtabga o'tish koeffitsientini hisobga olmagan holda laboratoriya tajribalari asosida loyihalash mumkinligi eksperimental va nazariy jihatdan isbotlangan [7, 8, 10, 11]. Sanoat kolonnalarida fazalarni bo'ylama aralash-tirish jarayoni mavud bo'lib, o'rtacha harakatlantiruvchi kuch va massa uzatish samaradorligini pasaytiradi.

Katta tonnajli qurilmalarda oqimning sezilarli

bo'ylama aralash-tirish jarayoni kuzatiladi. Shu munosabat bilan, bo'ylama aralash-tirish fenomenini kamaytirish bo'yicha loyiha chora-tadbirlarini ishlab chiqish vazifasi tobora dolzarb bo'lib bormoqda.

Shunday qilib, massa uzatish jarayonlari nuqtai nazaridan, kontakt qurilmalari bo'lgan kolonnalarda massa uzatish jarayonlarini faollash-tirishga quyidagi yo'llar bilan erishish mumkin:

a) yuqori gaz va suyuqlik tezligida ishlay oladigan kontakt qurilmalarini yaratish;

b) purkovchi va gaz oqimlarining ommaviy to'qnashuvi bilan suyuqlik hajmida gaz fazasining tarqalishini ta'minlaydigan, ularning birlashishi va parchalanishi va pirovardida, fazalararo sirtning yangilanishini ta'minlaydigan aloqa qurilmalarini ishlab chiqish;

v) massa uzatish koeffitsienti cheksiz katta bo'lganda, fazalarning qisqa muddatli aloqasi paytida jarayonning barqaror emasligini ta'minlash;

g) fazalarning bo'ylama aralashishini kamaytirish.

Taqdim etilgan materialni umumlashtirgan holda, oddiy nasadkalar shaklini ishlab chiqishda quyidagi asosiy talablarni aniqlash mumkin:

a) yuqori massa uzatish koeffitsientlari;

b) past gidravlik qarshilik;

v) yuqori o'tkazuvchanlik.


Nasadkalarini o'rnatishning xususiyatlariga kelsak, bu o'ziga xos fazalar oralig'i yuzasi va nasadkalar o'rnatilgan bo'sh hajmining nisbati yuqori bo'lishi kerakligini anglatadi. Nasadkalar o'rnatishning konstruksiyasi turg'un zonalarning shakllanishini istisno qilishi, bo'ylama aralash-tirishning zararli hodisasini kamaytirishi va kontaktli oqimlar bilan sirtini to'liq yuvishni ta'minlashi kerak [8, 9, 11].

Xulosa. Nasadkalarining elementlaridan hosil bo'lgan va absorbttsiyalash apparatlari orqali bir-biriga bog'langan, kolonnaning hajmini bo'ylama bo'linmalar bilan taminlaydigan, nasadkaning elementlari bilan shakllangan va bir-biri bilan tirqishli oraliqlar bilan bog'langan, botirilgan nasadkalar sharoitida ishlash imkoniyatiga ega jadallashtirilgan ishlarning usuli tavtsiya qilingan. Massa uzatish jarayonlari nuqtai nazaridan, kontakt qurilmalari bo'lgan kolonnalarda massa uzatish jarayonlarini faollash-tirishga quyidagi yo'llar o'rganilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Nurmamatovich, D. E., & Sarvarivich, Q. S. (2026). Sanoat va tabiiy gazlardan vodorod sulfid va karbonat angidridni tozalash uchun absorbsion jarayonlarda qo'llaniladigan yangi modifikatsiyalangan sorbentlarning ilmiy tahlili. *American Journal of Multidisciplinary Bulletin*, 4(1), 256–264.
- [2] Nurmamatovich, D. E., & Sarvarivich, Q. S. (2026). Oltingugurtni tozalash qurilmalarida amin regeneratsiyasi gazlarini tozalash samaradorligini oshirish. *American Journal of Education and Learning*, 4(1), 270–277.
- [3] Nurmamatovich, D. E. (2025). LNG production technology and its application possibilities. *FARS International Journal of Education, Social Science & Humanities*, 13(6), 25–30.
- [4] Nurmamatovich, D. E. (2025). Scientific analysis of new modified sorbents used in absorption processes for purification of hydrogen sulfide and carbon anhydride from industrial and natural gases. *Journal of Multidisciplinary Bulletin*, 8(5), 59–66.
- [5] Nurmamatovich, D. E., Raxmonovich, Y. T., & Bakishyevich, D. A. (2025). Konlarda neft va gaz mahsulotlarini birlamchi yig'ish, saqlash va tashish uskunalariga ta'sir etuvchi omillar hamda ularning korroziyaga qarshiligi va gidroabraziv ishonchligi. *Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности*, 3(3), 113–117.
- [6] Nurmamatovich, D. E., & Salimov o'g'li, R. K. (2025). Og'ir va vakuumli gazoyni gidrotozalash jarayonini tadqiqi. *Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности*, 3(2), 130–133.
- [7] Dustqobilov, E. N., & Jamshidov, D. B. (2024). Neftni yig'ish, tashish va tayyorlash tizimi jarayonini tadqiq etish. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(02).
- [8] Dustqobilov, E. N. (2025). DIPA (diizopropanolamin) usuli yordamida tabiiy gazlarni oltingugurt va uning birikmalaridan tozalash. *Международная научно-техническая конференция*.
- [9] Dustqobilov, E. N. (2025). Past haroratli ajratish usuli yordamida og'ir uglevodorodlarni ajratib olish texnologiyasi. *Международная научно-техническая конференция*.
- [10] Dustqobilov, E. N., Yuldashev, T. R., & Djumabayev, A. B. (2025). Gazlarni birlamchi va qayta ishlashga tayyorlash jarayonlarida gazli muhitdagi korroziyaning nazariy tadqiqotlari.
- [11] Dustqobilov, E. N., Yuldashev, T. R., & Djumabayev, A. B. (2025). Konlarda neft va gaz mahsulotlarini birlamchi qayta ishlashga tayyorlashda metallarda korroziyaning paydo bo'lishini asoslash.

UO‘K: 551.763.1, 551.763.3

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.15

CHET EL TADQIQOTLARI ASOSIDA QUYI VA YUQORI BO‘R YOTQIZIQLARINING STRATIGRAFIK TABAQALANISHI VA STRATOTIPLARINI TAHLIL QILISH



Kurbonova Moxigul Mamasaliyevna

Dotsent, Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti,
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: pmokhi2010@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-5874-3531
Science ID: FTN-0326-0014



Raimjonova Nilufar Akrom qizi

Magistrant, Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy
universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: raimjonovanilufar628@gmail.com
Science ID: MSR-0326-0008

Annotatsiya. Mazkur maqolada chet el tadqiqotlari asosida quyi va yuqori bo‘r yotqiziqlarining stratigrafik tabaqalanishi, stratotiplari hamda zamonaviy stratigrafik yondashuvlar tahlil qilingan. Bo‘r sistemasi stratigrafiyasining shakllanish tarixi, tetik va boreal mintaqalar uchun ishlab chiqilgan stratigrafik standartlar hamda global stratotip kesimlari va nuqtalari (GSSP) bilan bog‘liq muammolar ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda ammonitlar, inotseramlar va boshqa biostratigrafik ko‘rsatkichlarning quyi va yuqori bo‘r yotqiziqlarini tabaqalashtirishdagi ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, integratsiyalashgan stratigrafik usullar — biostratigrafik, magnitostatigrafik, chemostratigrafik va izotop-geokimyoviy yondashuvlarning qo‘llanishi tahlil qilindi. Olingan natijalar mintaqaviy stratigrafik kesimlarni xalqaro stratigrafik shkala bilan korrelyatsiya qilishda, geologik xaritalashda hamda foydali qazilmalarni qidirish va baholash jarayonlarida muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Bo‘r sistemasi, quyi bo‘r, yuqori bo‘r, stratigrafik tabaqalanish, stratotip, GSSP, ammonit zonalari, boreal va tetik mintaqalar, biostratigrafiya, magnitostatigrafiya, geoxronologiya.

РАЗРАБОТКА СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ И СТРАТОТИПОВ НИЖНИХ И ВЕРХНИХ МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНОСТРАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Курбонова Мохигуль Мамасалиевна

Доцент, Национальный университет Узбекистана имени
Мирзо Улужбека, Ташкент, Узбекистан

Раймжонова Нилуфар Акром кизи

Магистрант, Национальный университет Узбекистана
имени Мирзо Улужбека, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В статье на основе зарубежных исследований проанализированы стратиграфическое расчленение нижнемеловых и верхнемеловых отложений, их стратотипы и современные стратиграфические подходы. Рассмотрена история формирования стратиграфии меловой системы, региональные стандарты тетической и бореальной областей, а также проблемы установления глобальных стратиграфических границ (GSSP). Особое внимание уделено роли аммонитов, иноцерамов и других биостратиграфических индикаторов при расчленении меловых отложений. Также проанализировано применение интегрированных стратиграфических методов, включая биостратиграфию, магнитостратиграфию, хемостратиграфию и изотопно-геохимические исследования. Полученные результаты могут быть использованы при корреляции региональных разрезов с международной стратиграфичес-

кой шкалой, геологическом картировании и поисково-разведочных работах.

Ключевые слова: меловая система, нижний мел, верхний мел, стратиграфическое расчленение, стратотип, GSSP, аммонитовые зоны, бореальная и тетическая области, биостратиграфия, магнитостратиграфия, геохронология.

ANALYSIS OF STRATIGRAPHIC DIVISION AND STRATOTYPES OF LOWER AND UPER BUR DEPOSITS BASED ON FOREIGN RESEARCH

Kurbonova Mohigul Mamasalievna

Docent, Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan

Raimjonova Nilufar Akrom kizi

Master's student, Mirzo Ulugbek National University of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. This article analyzes the stratigraphic subdivision of Lower and Upper Cretaceous deposits based on foreign studies, including their stratotypes and modern stratigraphic approaches. The history of the development of Cretaceous stratigraphy, regional standards of the Tethyan and Boreal realms, and problems associated with the establishment of Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSP) are examined. Special attention is given to the role of ammonites, inoceramids, and other biostratigraphic indicators in the subdivision of Lower and Upper Cretaceous deposits. The study also considers the application of integrated stratigraphic methods such as biostratigraphy, magnetostratigraphy, chemostratigraphy, and isotope geochemistry. The results can be used for correlating regional geological sections with the international stratigraphic scale, as well as for geological mapping and mineral exploration.

Keywords: Cretaceous System, Lower Cretaceous, Upper Cretaceous, stratigraphic subdivision, stratotype, GSSP, ammonite zones, Boreal and Tethyan realms, biostratigraphy, magnetostratigraphy, geochronology.

Kirish. Bo‘r sistemasi Yer tarixining eng muhim va murakkab davrlaridan biri bo‘lib, u mezozoy erasining yakuniy bosqichini tashkil etadi. Ushbu davr davomida global tektonik jarayonlar, dengiz transgressiya va regressiyalari, iqlimiy o‘zgarishlar hamda biotaning jadal rivojlanishi kuzatilgan. Ayniqsa, quyi va yuqori bo‘r yotqiziqslari tarkibi, litologik xususiyatlari va paleontologik majmuasi jihatidan bir-biridan sezilarli darajada farq qiladi. Shu sababli ularni aniq stratigrafik tabaqalashtirish hamda stratotiplarini belgilash geologiya fanining dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi.

So‘nggi o‘n yilliklarda Yevropa, Shimoliy Amerika va Osiyoning ayrim hududlarida olib borilgan kompleks stratigrafik tadqiqotlar natijasida bo‘r sistemasi bo‘yicha xalqaro stratigrafik shkala sezilarli darajada takomillashtirildi. Yangi stratotip kesimlari — **GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point)** tasdiqlandi hamda zonal birliklar aniqlashtirildi. Chet el tadqiqotlarida biostratigrafik, litostratigrafik, xronostratigrafik, magnitostratigrafik va izotop-geokimyoviy usullar keng qo‘llanilib, quyi va yuqori bo‘r chegaralarini

aniqlashda yuqori aniqlikka erishildi.

Mazkur mavzuning dolzarbligi shundaki, xalqaro tajribalar asosida ishlab chiqilgan stratigrafik yondashuvlarni tahlil qilish va umumlashtirish mintaqaviy geologik kesimlarni global stratigrafik shkala bilan korrelyatsiya qilish imkonini beradi. Bu esa nafaqat nazariy geologiya rivoji uchun, balki foydali qazilmalarni qidirish va baholash, neft-gazli havzalarni o‘rganish hamda paleogeografik rekonstruksiyalarni amalga oshirishda ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyot tahlil va metodlar. Bo‘r davri birinchi marta 1822-yilda Jean d’Omalius d’Halloy tomonidan Parij havzasi kesimida ajratilgan bo‘lib, u lotincha creta (bo‘r) so‘zidan kelib chiqqan nom bilan atalgan. Keyinchalik Fransiya, Shveytsariya, Niderlandiya va Daniya hududlarida aniqlangan stratotip kesimlari xalqaro stratigrafik shkalaga kiritilgan [1, s. 15–18].

Bo‘r sistemasi stratigrafiyasining shakllanishida A. d’Orbiniy, E. Dezor, A. Kokan, E. Reneve hamda belgiyalik geolog A. Dyuman tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu olimlarning ishlari bo‘r

Avstriya, Argentina va boshqa davlatlar olimlari bo‘r davri yotqiziqklarining shakllanishi va rivojlanishini tadqiq etishga katta hissa qo‘shdilar. Quyi bo‘r davri xalqaro stratigrafik shkala bo‘yicha bir necha yaruslarga bo‘linadi va ularning stratotiplari asosan Tetik mintaqasida aniqlangan. Quyi bo‘r yotqiziqklarining stratigrafik tabaqalanishida ammonitlar asosiy biostratigrafik ko‘rsatkich hisoblanadi. So‘nggi yillarda quyi bo‘r uchun G‘arbiy O‘rta yer dengizi mintaqasining ammonit zonal standarti sezilarli darajada qayta ko‘rib chiqildi va yangilandi (Reboulet et al., 2018). Boreal mintaqa uchun esa yangi paleontologik va nopaleontologik ma‘lumotlar asosida stratigrafik standartlar tubdan yangilandi (Baraboshkin, Gujukov, 2018).

Geoxronologiya, biostratigrafiya, magnetostratigrafiya va izotop stratigrafiyasi ma‘lumotlari hamda erta bo‘r davri uchun tanlangan geologik hodisalar va transgressiv-regressiv sikllar egri chizig‘i Gradstein va boshqalar (2020) ma‘lumotlari asosida tuzilgan (GTS-2020). Diagramma TimeScale Creator dasturi yordamida tuzilgan. Unda tasdiqlangan global stratotip nuqtalari (GSSP) bilan yarus chegaralari qalin uzluksiz chiziq bilan, tasdiqlanmaganlari esa qalin punktir chiziq bilan ko‘rsatilgan. Zonalar orasidagi punktir chiziqlar stratigrafik chegaralarning bahsli holatini bildiradi.

Shuni ta‘kidlash kerakki, quyi bo‘rning tetik stratigrafik standarti asosan Qrim va Shimoliy Kavkaz kesimlari uchun qo‘llaniladi, boreal standarti esa Rus platformasi, Sibir hamda Rossiyaning shimoli-sharqiy hududlari uchun xos hisoblanadi. Ilk bo‘r davrida epikontinental havzalarning ochilishi va yopilishi natijasida subboreal hamda subtetik mintaqalar shakllangan va keyinchalik yo‘qolgan.

Yuqori bo‘r davri yotqiziqqlari asosan ammonitlar va inotseramlar asosida tabaqalanadi. Yevropa mintaqasi uchun ishlab chiqilgan umumiy stratigrafik shkala yuqori bo‘r davri uchun qisman qayta ko‘rib chiqishni talab qiladi, ayniqsa boreal mintaqa uchun sezilarli o‘zgarishlar zarur hisoblanadi. Hozirgi vaqtda AQSH va Kanada hududlari uchun ishlab chiqilgan batafsil stratigrafik shkalalardan foydalanish taklif etilmoqda (Cobban va boshq., 2006; Walaszczyk va boshq., 2017). Bu yondashuv Shimoliy Amerikaning G‘arbiy ichki havzasini G‘arbiy Sibir hamda To‘rg‘ay bo‘g‘ozi bilan bog‘lagan yirik paleogeografik mintaqaning

mavjudligi bilan izohlanadi.

Saxalin va Rossiyaning shimoli-sharqiy hududlari uchun esa Tinch okeani mintaqaviy stratigrafik standartidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bo‘r tizimi yaroslari chegaralarining global stratotiplari (GSSP) asosan tetik kesimlarda o‘rnatilgan. Bu holat Rossiya va Markaziy Osiyo hududlari, jumladan O‘zbekiston uchun an’anaviy yarus chegaralarini aniqlashni murakkablashtiradi.

Shu sababli mavjud tayanch kesimlar bo‘yicha ma‘lumotlarni yangilash hamda GSSP darajalarini aniqlash uchun ishonchli stratigrafik belgilarni izlash zarur hisoblanadi. Hozirgi vaqtda ko‘pgina hududlarda nopaleontologik usullar yordamida global miqyosda aniqlanadigan stratigrafik chegaralarni ishonch bilan belgilash imkoniyati cheklangan. Shu bois hozirgi bosqichda Idoralararo stratigrafik qo‘mita tomonidan tasdiqlangan an’anaviy yarus chegaralaridan foydalanish ilmiy va amaliy jihatdan maqbul hisoblanadi.

Umuman olganda, chet ellarda quyi va yuqori bo‘r yotqiziqklarining stratigrafik tabaqalanishi hamda stratotiplari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar stratigrafiya fanining rivojlanishida muhim o‘rin tutadi. Ayniqsa Fransiya va boshqa Yevropa mamlakatlarida aniqlangan stratotip kesimlari xalqaro stratigrafik shkalaning shakllanishi va takomillashuvida muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa va takliflar. Quyi va yuqori bo‘r yotqiziqklarini stratigrafik jihatdan tabaqalashtirishda ammonitlar, inotseramlar hamda zamonaviy nopaleontologik usullar muhim ahamiyat kasb etadi. Biostratigrafik ko‘rsatkichlar geologik kesimlarni aniqlash va o‘zaro taqqoslashda asosiy mezonlardan biri hisoblanadi. Shu bilan birga, global stratigrafik shkala asosida ishlab chiqilgan stratigrafik chegaralar barcha mintaqalarda bir xil darajada qo‘llanilavermaydi.

Global stratotip kesimlari va nuqtalariga (GSSP) asoslangan stratigrafik tizim hozirgi kunda xalqaro miqyosda qo‘llanilayotgan bo‘lsa-da, ayrim hududlarda, xususan boreal va Markaziy Osiyo mintaqalarida ularni to‘liq qo‘llash murakkabligicha qolmoqda. Shu sababli mintaqaviy geologik kesimlarni tahlil qilishda an’anaviy stratigrafik yondashuvlardan foydalanish muhim ahamiyatga ega.

Mazkur yondashuv stratigrafik sxemalarning


uzluksizligi va ishonchliligini ta'minlab, geologik xaritalash ishlarini olib borish, foydali qazilmalarni qidirish va razvedka qilish, shuningdek paleo-geografik rekonstruksiyalarni amalga oshirish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi. Shu bilan birga, kelgusida mintaqaviy stratigrafik kesimlarni

global stratigrafik shkala bilan uyg'unlashtirish, yangi stratotip kesimlarini aniqlash hamda zamonaviy geologik tadqiqot usullarini keng qo'llash stratigrafiya fanining yanada rivojlanishiga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Алимов, Ш. П., Крикунова, Л. М., и др. (2019). Перспективы обнаружения промышленной концентрации редкоземельных элементов в нижнемеловых осадочных толщах гор Кульджуктау, Узбекистан. Руды и металлы, (2), 18–22.
- [2] Абдуазимова, И. М. (2001). Расчленение морских отложений Запада и южного Узбекистана. Ташкент.
- [3] Абдуазимова, И. М. (2004). Изучение разрезов меловых отложений Западного Узбекистана (Султануиздак, Центральные Кызылкумы) с целью выявления стратиграфических уровней с железной минерализацией. Ташкент.
- [4] Абдуазимова, И. М. (2013). Биостратиграфическое расчленение и корреляция разнофациальных меловых отложений Западного и Восточного Узбекистана. Ташкент.
- [5] Жукова, Е. А., & Винокурова, Е. Г. (1960). О распространении отложений верхнемаастрихтского подъяруса в Центральных Кызылкумах. Доклады АН УзССР, (11), 24–29.
- [6] Винокурова, Е. Г., & Жукова, Е. А. (1962). Материалы к стратиграфии меловых отложений гор Кульджуктау. Труды Главгеологии УзССР, (2), 35–58.
- [7] Винокурова, Е. Г., & Жукова, Е. А. (1964). Материалы к стратиграфии верхнемеловых отложений Кызылкумов. Сборник научных трудов Главгеологии УзССР, (3), 60–84.
- [8] Винокурова, Е. Г. (1963). Меловые двустворчатые и головоногие моллюски из Султануиздага и некоторых участков Кызылкумов. В Стратиграфия и палеонтология Узбекистана и сопредельных районов (сс. 112–130). Ташкент: Издательство АН УзССР.
- [9] Винокурова, Е. Г. (1969). Стратиграфия меловых отложений Кызылкумов. В Палеонтологическое обоснование стратиграфии мезозойских и кайнозойских отложений Узбекистана (сс. 73–95). Ташкент: ФАН.
- [10] Жукова, Е. А., & Винокурова, Е. Г. (1956). О возрасте пестроцветной свиты гор Кульджуктау. Доклады АН УзССР, (4), 15–19.
- [11] Коробков, И. А. (1966). Палеонтологические описания. Москва: Издательство университета.
- [12] Пяновская, И. А. (1962). К истории геологического развития Кызылкумов в меловом и палеогеновом периодах. Труды Главгеологии УзССР, (2), 40–58.
- [13] Крикунова, Л. М. (2010). Обобщение и систематизация геммологических данных по Республике Узбекистан и оценка перспектив рудоносности железорудных формаций мезозоя Центральных Кызылкумов. Ташкент.
- [14] Пяновская, И. А., & Гаккер, Р. Ф. (1966). Характер скалистых берегов и их население в меловом и палеогеновом морях Центральных Кызылкумов. В Организм и среда в геологическом прошлом (сс. 96–110). Москва: Наука.
- [15] Пяновская, И. А., & Пятков, К. К. (1960). О нижнемеловых отложениях северной части Центральных Кызылкумов. Труды Узбекского геологического управления, (1), 18–27.

UO‘K: 66.074.3

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.41

TABIY GAZNI ABSORBSION TOZALASH SAMARADORLIGIGA TA’SIR ETUVCHI OMILLARNI O’RGANISH



Dustqobilov Eldor Nurmatovich

Dotsent, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
ORCID ID: 0009-0003-3703-0860
Science ID: FQD-0326-0002

Annotatsiya. Tabiiy gazni nordon komponentlardan absorbttsiyali tozalash jarayonning ko‘rsatgichini oshishi massa uzatish koeffitsientlari gidrodinamik, geometrik va fizik-kimyoviy omillarga hamda kolonnaning ichidagi nasadkalarining joylashishiga, konfiguratsiyasiga va to‘qnashuvchi oqilarning yunalishiga chambarchas bog‘liq holatlari o‘rganilgan. Bunday muammolardan kelib chiqqan holda geometrik omillar, fizik-kimyoviy omillar, muayyan omillarning ta’sirini eksperimental tadqiqotlashda jiddiy qiyinchiliklarni tug‘dirishi bilan bog‘liqligi, faza zichligining va yopishqoqlikning ta’siri, turbulent rejimdagi oqimlarda to‘qnashishishi harakatidagi jarayonlar ustida tadqiqotlar olib borilgan. **Kalit so‘zlar:** gidrodinamik, geometrik, fizik-kimyoviy, kontsentratsiya, yopishqoqlik, likopchalar, turbulent rejim, diffuziya koeffitsienti, vibratsiya va pulsatsiyalarning ta’siri, ovoz tebranishlar, yuzaki qarshilik.

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АБСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Дустқобилов Элдор Нурмаатович

Доцент, Қаршинский государственный технический университет, Қарши, Узбекистан

Аннотация. Изучено, что увеличение показателя процесса абсорбционной очистки природного газа от кислых компонентов тесно связано с гидродинамическими, геометрическими и физико-химическими факторами, а также с расположением, конфигурацией и направлением сталкивающихся осей насадок внутри колонны. Исходя из таких проблем, были проведены исследования геометрических факторов, физико-химических факторов, связанных с тем, что влияние определенных факторов создает серьезные трудности в экспериментальных исследованиях, влияния плотности фазы и вязкости, процессов движения столкновений в турбулентных потоках. **Ключевые слова:** гидродинамический, геометрический, физико-химический, концентрация, вязкость, тарелки, турбулентный режим, коэффициент диффузии, влияние вибрации и пульсации, звуковые колебания, поверхностное сопротивление.

STUDY OF FACTORS INFLUENCING THE EFFECTIVENESS OF ABSORPTIONAL GAS PURIFICATION

Dustkobilov Eldor Nurmatovich

Docent, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. It was studied that the increase in the process of absorption purification of natural gas from acidic components is closely related to hydrodynamic, geometric, and physicochemical factors, as well as the location, configuration, and direction of the colliding axes of the nozzles within the column. Based on such problems, studies were conducted on geometric factors, physicochemical factors related to the fact that the influence of certain factors creates serious difficulties in experimental studies, the influence of phase density and viscosity, and collision movement processes in turbulent flows.

Keywords: hydrodynamic, geometric, physicochemical, concentration, viscosity, plates, turbulent regime, diffusion coefficient, influence of vibration and pulsation, sound vibrations, surface resistance.

Kirish. Tabiiy gazni zaharli komponentlardan absorbttsiya usuli yordamida tozalash jarayonida massa almashinuvi va uni kuchaytirish usullari muhim ahamiyat kasb etadi. Massa uzatish koeffitsientining kattaligi gidrodinamik, geometrik hamda fizik-kimyoviy omillarga bog'liq bo'ladi. Ayniqsa, suyuqliklarning o'zaro to'qnashuvi jarayonida gidrodinamik kuchlar hal qiluvchi rol o'ynaydi. Apparat turi va gidrodinamik rejimga qarab, massa uzatish koeffitsienti oqim tezligining 0,3–1 darajali quvvatiga mutanosib bo'ladi.

Geometrik omillar, xususan nasadkali absorberlarda nasadkaning o'lchamlari yoki likopchali absorberlarda likopcha elementlarining parametrlari, nisbatan kamroq ta'sir ko'rsatsa-da, ayrim hollarda sezilarli ahamiyatga ega bo'lishi mumkin. Gidrodinamik va geometrik omillarning ta'siri fazalar orasidagi kontakt shakliga bog'liq holda o'zgarib turadi.

Fizik-kimyoviy omillarga esa massa almashinuvida ishtirok etuvchi fazalarning fizik xossalari, harorat, bosim va konsentratsiya kabi parametrlar kiradi. Mazkur omillarning ta'siriga oid nazariy va eksperimental natijalar [1, 3] manbalarda keltirilgan. Shuni ta'kidlash lozimki, ayrim salbiy omillar turli qurilmalarda va gidrodinamik rejimlarda turlicha namoyon bo'ladi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, alohida omillarning ta'sirini eksperimental ravishda aniqlash murakkab bo'lib, bir omilning o'zgarishi boshqa fizik ko'rsatkichlarning ham o'zgarishiga olib keladi. Bu esa turli tadqiqot natijalari orasidagi tafovutlarni izohlaydi. Ba'zi hollarda esa qo'llanilgan eksperimental metodikalar yetarlicha aniqlikka ega emas. Bir vaqtning o'zida bir nechta omillarni o'zgartirishda regressiya usullaridan foydalanish ham har doim ham ishonchli natija bermaydi, chunki omillar o'zaro korrelyatsiyada bo'ladi [5].

Fazalar zichligining ta'siri alohida

o'rganilmagan, chunki uning o'zgarishi boshqa fizik xususiyatlarga ham bog'liqdir. Nazariy jihatdan, zichlik doimiy bo'lganda ($\omega = \text{const}$), massa almashinuvi koeffitsienti β_s ga sezilarli ta'sir ko'rsatmasligi kerak. Biroq, ayrim hollarda, agar mezon tenglamasiga Weber (We) soni kiritilsa, zichlikning bilvosita ta'siri kuzatiladi.

Yopishqoqlikning ta'siri yetarlicha chuqur o'rganilmagan, ayniqsa gaz fazasi uchun. Nazariy tahlillarga ko'ra, β ning yopishqoqlikka bog'liqligi m , n va p koeffitsientlariga qarab turli qiymatlarni qabul qiladi [3, 5]. Gaz fazasi uchun $m = 0,7-0,8$; $n = 0,33-0,5$ va $p = 0$ bo'lganda, yopishqoqlik darajasi $-0,2$ dan $-0,47$ gacha bo'lgan oraliqda o'zgaradi. Eksperimental tadqiqotlar natijasida esa β ning $v^{(-0,2)}$ ga mutanosibli aniqlangan.

Suyuq fazada $n = 0,5$, $m = 0,5-1$ va $p = 0-0,33$ bo'lganda, yopishqoqlik ta'siri keng diapazonda o'zgaradi. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, o'zgartirilgan disk kolonnasida bu ko'rsatkich $-0,54$ ga teng. Turbulent rejimda aralastirgichli idishlarda esa bu qiymat taxminan $-0,3$ ni tashkil etadi. Shunga o'xshash natijalar purkovchi va elak likopchalarda ham kuzatilgan.

Bundan tashqari, CO_2 ning turli yopishqoqlikdagi suyuqliklarda yutilishini o'rganish natijasida Reynolds sonining ma'lum oraliqlarida ($\text{Re} = 650-10700$) β ning $v^{(-0,56)}$ ga, yuqori intensiv sharoitlarda esa ($\text{Re} = 64000-180000$) $v^{0,4}$ ga mutanosib ekanligi aniqlangan [6, 7].

Tadqiqot natijalarining muhokamasi. Jarayonga diffuziya koeffitsientining ta'siri ko'plab ilmiy ishlarda o'rganilgan bo'lib, u massa almashinuvi mexanizmini tushunishda muhim omil hisoblanadi. Nazariy tahlillarga ko'ra, yangilanish modeli uchun $n \approx 0,5$ bo'lsa, chegaraviy diffuziya qatlam modeli turbulent pulsatsiyalar qonuniga bog'liq holda $n = 0,33-0,5$ oraliqda o'zgaradi.

Fizik omillar, xususan harorat, bosim va

tortish kuchi ham massa almashinuvi jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Gaz fazasida massa almashinuvi doimiy massa tezligida ($Wr = \text{const}$) o'rganilganda, massa uzatish koeffitsienti diffuziya koeffitsienti, yopishqoqlik va zichlikka bog'liq holda o'zgaradi.

Haroratning oshishi bilan gaz fazasida diffuziya koeffitsienti va kinematik yopishqoqlik ortadi, zichlik esa kamayadi. Natijada massa uzatish koeffitsienti haroratga taxminan 0,8–1,07 darajali bog'liqlikda o'zgaradi. Suyuq fazada esa harorat ortishi diffuziyani kuchaytirib, yopishqoqlikni kamaytiradi va bu massa almashinuvi intensivligini oshiradi. Eksperimental natijalarga ko'ra, massa uzatish koeffitsienti $\beta_s \approx \exp(0,023 \cdot t)$ qonuniyatiga bo'ysunadi.

Nazariy jihatdan, massa uzatish yo'nalishi (absorbtsiya yoki desorbtsiya) koeffitsient qiymatiga ta'sir qilmaydi. Shu sababli, ideal sharoitlarda bu jarayonlar uchun massa uzatish koeffitsientlari teng bo'lishi kutiladi. Biroq, issiqlik effekti, sirt tarangligi va gidrodinamik sharoitlar tufayli ayrim hollarda farqlar kuzatilishi mumkin.

$\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ tizimida olib borilgan tadqiqotlar massa uzatish yo'nalishi suyuq fazadagi koeffitsientga deyarli ta'sir qilmasligini ko'rsatgan. Biroq, sirt turbulentligi kuchli bo'lgan sharoitlarda yoki kimyoviy reaksiyalar ishtirok etganda, desorbtsiya jarayonida modda chiqishi kamayishi mumkin.

Jarayonga vibratsiya va pulsatsiyalarning ta'siri ham alohida ahamiyatga ega. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, oqim tebranishlari va ultratovush ta'siri fazalararo kontakt yuzasini kengaytirib, massa almashinuvi intensivligini oshiradi. Masalan, CO_2 ning absorbtsiyasi tajribalarida ultratovush intensivligi ortishi bilan yutilish tezligi sezilarli darajada oshgan.

Shuningdek, mexanik tebranishlar ta'sirida absorbtsiya samaradorligi ortadi. Tebranishli kolonnalarda o'tkazilgan tajribalar massa uzatish samaradorligi bir necha baravar oshishini ko'rsatgan. Bu hodisa fazalararo yuzaning ortishi va aralashish intensivligining kuchayishi bilan izohlanadi.

$$\beta_j = D_j^{0.5} \cdot \rho_j^{0.5} \cdot v_0^{1.5} / \sigma^{0.5} \quad (1)$$

bu yerda v_0 - sirtga perpendikulyar yo'nalishda undan ma'lum masofada λ bo'lgan o'rtacha pulsatsiyalanuvchi tezlik, bunda kapillyar kuchlarning ta'siri hali ham o'zini namoyon qiladi.

U $y < \lambda$ sirtidan masofalarda o'rtacha pulsatsiyalanuvchi tezlik 0 dan v_0 gacha y ga proporsional ravishda o'zgaradi.

Yangilanish modeli yoki chegara qatlami modeli bilan birgalikda mahalliy izotrop turbulentlik nazariyasiga asoslanib olingan [2, 11].

$$\beta_j = D_j^{0.9} \cdot E^{0.3} / \sigma^{0.2} \quad (2)$$

Bu yerda E — 1 kg suyuqlik uchun energiya sarfi (Vt/kg).

Nazariy tahlil turbulent harakat sharoitida sirt tarangligi (σ) ning massa uzatish koeffitsienti (β_s) ga ta'sirini tasdiqlaydi. σ ning bevosita ta'siridan tashqari, u ko'pincha bilvosita ham ta'sir ko'rsatadi, chunki sirt tarangligi gidrodinamik jarayonlarga sezilarli darajada ta'sir qiladi va bu eksperimental aniqlangan β_s qiymatlarida namoyon bo'ladi.

Masalan, nasadkali absorberlarda σ namlangan sirt maydoniga sezilarli ta'sir etsa, ko'pikli absorberlarda esa ko'pik balandligi va uning tuzilishiga ta'sir qiladi. Umuman olganda, ko'pik hosil bo'lishi gazlarni absorbtsiyalash jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bu xulosalar asosan sof suyuqliklarning sirt tarangligiga taalluqlidir. Sirt faol moddalar qo'shilganda esa σ ning o'zgarish mexanizmi yanada murakkablashadi.

Ba'zi hollarda absorbtsiya jarayonida sirt tarangligining kamayishi bilan bog'liq hodisalar kuzatiladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, sug'oriladigan devorli trubkalar va nasadkali kolonnalarda σ kamayganda massa uzatish koeffitsienti ham kamayadi. Bunday holat "salbiy tizimlar" (masalan, $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$) uchun xos bo'lib, bunda eritma konsentratsiyasi ortishi bilan σ kamayadi. Massa uzatish koeffitsientining pasayishi sirtning yomon namlanishi bilan izohlanadi.

Shuningdek, ayrim sharoitlarda σ ning o'zgarishi sirt turbulentligi deb ataluvchi hodisani yuzaga keltirishi mumkin.

Jarayondagi yuzaki qarshilik. Ko'plab absorbtsiya modellarida moddaning faza ichida (chegara sirtiga tomon yoki undan uzoqlashib) harakatlanishi ko'rib chiqiladi, biroq sirtning o'zi bo'ylab transport jarayoni yetarlicha hisobga olinmaydi. Odatda fazalar chegarasida muvozanat mavjud deb qabul qilinadi, ya'ni sirt orqali o'tishda qo'shimcha qarshilik yo'q deb hisoblanadi.

Biroq amalda sirt qatlamida modda uzatilishiga qarshilik yuzaga kelishi mumkin. Bu

holat sirtlarda sodir bo'ladigan geterogen kimyoviy reaksiyalar yoki boshqa murakkab fizik-kimyoviy omillar bilan bog'liq bo'ladi. Agar sirt yopishqoqligi massa almashinuvi jarayoniga ta'sir etsa, unda fazalar orasidagi muvozanat buziladi.

Bunday holatda sirt yaqinidagi gaz konsentratsiyasi (y_p) muvozanatdagi suyuqlik konsentratsiyasi (x_p^*) ga, suyuqlik konsentratsiyasi (x_p) esa muvozanatdagi gaz konsentratsiyasi (y_p^*) ga mos keladi. Farq ($y_p - y_p^*$) sirt qarshiligi orqali massa uzatishning harakatlantiruvchi kuchi sifatida qaraladi.

$$W_A = \beta_{sy} \cdot F \cdot (y_p - y_p^*) \quad (3)$$

Bu yerda β_{su} — sirt qarshiligi orqali massa o'tkazish koeffitsienti (sirt qarshiligi koeffitsienti) hisoblanadi.

Agar harakatlantiruvchi kuch sifatida ($x_p^* - x_p$) farqi qabul qilinsa, sirt qarshiligiga mos keluvchi koeffitsient $\beta_{sx} = m \cdot \beta_{sy}$ ko'rinishida ifodalanadi.

Sirt qarshiligini hisobga olgan holda, massa almashinuvi tenglamalari mos ravishda quyidagi ko'rinishni oladi [11].

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{\beta_{sy}} + \frac{m}{\beta_x} \quad (4)$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_{sx}} + \frac{1}{\beta_x} \quad (5)$$

Xulosa. Tabiiy gazni absorbtsiya usuli yordamida tozalash jarayonida yomon eriydigan gazlar (CO_2 , O_2) uchun o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, sirt qarshiligi orqali massa uzatish koeffitsienti β_{sx} ning qiymati β_x ga nisbatan ancha katta bo'lib, 0,3–4 sm/s oralig'ida o'zgaradi.


Ko'pchilik hollarda urilma (kontakt) yuzalarda sirt qarshiligini aniqlash sezilarli murakkablik tug'dirmaydi. Biroq, sirt faol moddalar qo'shilganda sirt qarshiligining keskin ortishi kuzatiladi.

O'tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, texnologik sxemalarni takomillashtirish va zamonaviy aloqa (kontakt) qurilmalarini qo'llash orqali absorbtsiya jarayonining samaradorligini oshirish mumkin. Shu asosda tabiiy gazni zaharli komponentlardan tozalash jarayonini modernizatsiya qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Современные технологии переработки сероводородсодержащих природных газов. (1998). Газовая промышленность, (7).
- [2] Гриценко, А. И., Галанин, И. А., Зиновиева, Л. М., & Мурин, В. И. (1985). Очистка газов от сернистых соединений при эксплуатации газовых месторождений. Недра.
- [3] ГОСТ 51.40-93. (1993). Газы горючие природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным газопроводам: Технические условия.
- [4] Николаев, В. В., Бусыгина, Н. В., & Бусыгин, И. Г. (1998). Основные процессы физической и физико-химической переработки газа. Недра.
- [5] Айнштейн, В. Г., Захаров, М. К., Носов, Г. А., и др. (2003). Общий курс процессов и аппаратов химической технологии (Кн. 2). Логос; Высшая школа.
- [6] Семенова, Т. А., и др. (1997). Очистка технологических газов. Химия.
- [7] Lin, C.-Y., Soriano, A. N., & Li, M.-H. (2009). Mass transfer characteristics in gas purification processes. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 40(4), 403–412.
- [8] Хафизов, Ф. Ш., Афанасенко, В. Г., & Хафизов, Н. Ф. (2007). Кавитирование жидкой фазы как способ интенсификации массообменных процессов. Естественные и технические науки, (4), 267–268.
- [9] Юлдашев, Т. Р. (2023). Моделирование процесса очистки углеводородных газов от кислых компонентов. Композиционные материалы, (2), 59–62.
- [10] Yuldashev, T. R., Makhmudov, M. J., & Svaykosov, S. O. (2022). Modern liquid-phase methods for gas feed sulfur purification. Science and Education in Karakalpakstan, 3/1(26), 31–35.
- [11] Чуракова, С. К., & Богатых, К. Ф. (2013). Разработка ресурсо-энергосберегающих технологий фракционирования на основе конструктивно-технологического подхода. Технологии нефти и газа, (4), 8–14.

UO‘K: 556.3:330.15

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.42

YER OSTI SUV RESURSLARINI GEOLOGIK VA IQTISODIY JIHATDAN INTEGRATSIYALASHGAN BAHOLASH



**Yarboboyev To'lg'in
Nurboboyevich**

Professor, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston
E-mail: tulkin-9@mail.ru
Science ID: FQD-0925-0096



**Rabbimov Jahongir
Shodmonkulovich**

Dotsent v.b., Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston
E-mail:
rabbimov.jahongir1933@gmail.com
ORCID ID: 0009-0007-0967-9741
Science ID: FSN-0226-0050



**Jamilov Baxtiyor
Baxriddin o'g'li**

Talaba, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston
E-mail:
jamilovbaxtiyor19@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada yer osti suvlarining tabiiy-geologik xususiyatlari va iqtisodiy mohiyati kompleks yondashuv asosida tahlil qilingan. Yer osti suvlarining gidrogeologik shakllanish qonuniyatlari, suvli qatlamlarning litologik va filtratsion xususiyatlari hamda qayta tiklanish mexanizmlari yoritilgan. Suv resurslarini iqtisodiy kategoriya sifatida baholashning nazariy asoslari ko'rib chiqilgan. Geologik va iqtisodiy omillarni integratsiyalashgan holda baholash zarurligi asoslab berilgan. Yer osti suvlarini boshqarishda gidrogeologik monitoring, ekspluatatsion zaxiralarni ilmiy asoslash va barqaror foydalanish tamoyillarining ahamiyati ko'rsatilgan. Tadqiqot natijalari yer osti suv resurslarini geologik-iqtisodiy jihatdan kompleks baholash va ulardan oqilona foydalanishni ta'minlashga qaratilgan.

Kalit so'zlar: yer osti suvlari, gidrogeologiya, tabiiy resurs, iqtisodiy baholash, suv resurslari, barqaror rivojlanish.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

**Ярбобоев Тулкин
Нурбобоевич**

Профессор, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

**Раббимов Жахонгир
Шодмонкулович**

И.о. доцента, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

**Жамилов Бахтиёр
Бахриддин угли**

Студент, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

Аннотация. В статье комплексно проанализированы природно-геологические особенности и экономическая сущность подземных вод. Рассмотрены закономерности их гидрогеологического формирования, литологические и фильтрационные характеристики водоносных горизонтов, а также механизмы естественного восполнения. Изучены теоретические основы экономической оценки водных ресурсов как экономической категории. Обоснована необходимость интегрированного учета геологических и экономических факторов при оценке подземных вод. Показана значимость гидрогеологического мониторинга, научно обоснованного определения эксплуатационных запасов и принципов устойчивого использования. Результаты исследования направлены на комплексную геолого-экономическую оценку ресурсов подземных вод и обеспечение их рационального использования.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеология, природные ресурсы, экономическая оценка, водные ресурсы, устойчивое развитие.

INTEGRATED GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF GROUNDWATER RESOURCES

**Yarboboyev Tulkin
Nurboboyevich**

Professor, Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan

**Rabbimov Jahongir
Shodmonkulovich**

Acting Associate Professor, Karshi
State Technical University, Karshi,
Uzbekistan

**Jamilov Baxtiyor
Baxriddin ugli**

Student, Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. The article analyzes the natural-geological characteristics and economic essence of groundwater based on an integrated approach. The patterns of hydrogeological formation, lithological and filtration properties of aquifers, and mechanisms of natural recharge are examined. The theoretical foundations of the economic evaluation of water resources as an economic category are considered. The necessity of integrating geological and economic factors in groundwater assessment is substantiated. The importance of hydrogeological monitoring, scientifically justified determination of exploitable reserves, and principles of sustainable use is highlighted. The research results are aimed at developing a comprehensive geological and economic assessment of groundwater resources and ensuring their rational utilization.

Keywords: groundwater, hydrogeology, natural resources, economic assessment, water resources, sustainable development.

Kirish. Suv resurslari har qanday davlatning tabiiy kapitali tarkibida alohida o‘rin tutadi. Mamlakat iqtisodiyotining barqaror o‘sishi ko‘p jihatdan suv bilan ta‘minlanish darajasiga bog‘liq. Insoniyat tarixi davomida jamiyat mavjud tabiiy suv manbalaridan o‘z ehtiyojlariga mos ravishda foydalanib kelgan. Suv resurslari boshqa tabiiy boyliklardan farqli ravishda ayrim qismi qayta tiklanadigan, ayrim qismi esa uzoq geologik davrlarda shakllangan zaxiralar hisoblanadi. Ularning tarkibida yer osti suvlari alohida strategik ahamiyatga ega.

Hozirgi global ekologik o‘zgarishlar, iqlim transformatsiyasi va antropogen bosimning ortishi sharoitida suv resurslaridan oqilona foydalanish muammosi dolzarb tus olmoqda. Ayniqsa, yer osti suvlari aholi ichimlik suvi ta‘minoti, sanoat ishlab chiqarishi va qishloq xo‘jaligi rivojlanishida muhim omil sifatida namoyon bo‘ladi.

Iqtisodiy nazariyada suv yer, yer osti boyliklari va boshqa tabiiy omillar qatorida ishlab chiqarish resurslaridan biri sifatida qaraladi. Biroq yer osti suvlarining gidrogeologik tabiati ularni oddiy iqtisodiy aktiv sifatida emas, balki murakkab tabiiy tizim sifatida kompleks o‘rganishni talab qiladi.

Suvga bo‘lgan talabning ortishi, iqlim o‘zgarishi va inson faoliyati ta‘siri yer osti suvlari rejimida sezilarli o‘zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Amaliyotda ko‘p hollarda iqtisodiy samaradorlik birinchi o‘ringa qo‘yilib, gidrogeologik cheklovlar yetarli darajada inobatga olinmaydi. Bu esa suv sathining pasayishi, minerallashuv darajasining ortishi va tabiiy muvozanatning buzilishiga sabab bo‘lishi mumkin [1-8]. Shu bois yer osti suvlarini tabiiy-geologik va iqtisodiy nuqtai nazardan birgalikda tahlil qilish ilmiy jihatdan asoslangan yondashuv hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili. Xalqaro ilmiy tadqiqotlarda yer osti suvlari gidrogeologik tizimning dinamik va ko‘p omilli komponenti sifatida qaraladi. Tadqiqotchilarning ishlarida suvli gorizontalning litologik tarkibi, g‘ovaklik, sizilish koeffitsiyenti va gidravlik gradiyent tushunchalari fundamental asos sifatida yoritilgan [9, 10].

Bear hamda Domenico va Schwartz ishlarida filtratsion jarayonlarning matematik modellari ishlab chiqilgan [11, 12]. Todd va Mays tadqiqotlarida esa gidrodinamik tizimlarning injenerlik hisob-kitoblari va bashoratlash usullari keng yoritilgan [13]. Gleeson va boshqalar global miqyosda yer osti suvlari balansi tahlili orqali

barqarorlik muammolarini ko'rsatgan [14].

Ekologik iqtisodiyot nazariyasida yer osti suvlari tabiiy kapital sifatida qaraladi. Xarajat-foйда tahlili va resurslarning kamayishi modeli suv resurslarini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi [15, 16].

Markaziy Osiyo va O'zbekistonda yer osti suvlari asosan mintaqaviy gidrogeologik sharoit va meliorativ muammolar nuqtai nazaridan tadqiq etilgan. Shulshning ishlarida O'rta Osiyo artezian havzalarining shakllanish xususiyatlari va gidrogeologik tuzilishi tahlil qilingan [17].

Xodjibayevning tadqiqotlarida O'zbekiston hududidagi yer osti suvlarining stratigrafik joylashuvi, minerallashuv darajasi va ekspluatatsion imkoniyatlari yoritilgan [18]. Mamatkulovning ishlarida suv resurslaridan oqilona foydalanish, ekspluatatsion zaxiralarni aniqlash va monitoring tizimini takomillashtirish masalalari ko'rib chiqilgan [19].

Abdullayevning tadqiqotlarida Markaziy Osiyoda suv resurslarini boshqarish transchegaraviy munosabatlar va iqtisodiy mexanizmlar bilan bog'liq holda tahlil qilingan [20].

Mahalliy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, tadqiqotlar asosan amaliy gidrogeologik kuzatuvlar, suv sathining o'zgarishi, tuproq sho'rlanishi va meliorativ holatga ta'sir masalalariga qaratilgan. Nazariy modellashtirishga nisbatan amaliy ekspluatatsion va mintaqaviy tahlil ustuvor ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot doirasida suvli gorizontlarning litologik tarkibi, filtratsion ko'rsatkichlari, suv sathining dinamikasi, minerallashuv darajasi hamda ekspluatatsion zaxiralarga oid ma'lumotlar tahlil qilindi.

Iqtisodiy va gidrogeologik ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'liqlik darajasi aniqlanib, resursdan foydalanish samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar baholandi.

Tadqiqotda geologik va iqtisodiy ma'lumotlar integratsiya qilingan holda tahlil etildi. Bu yondashuv quyidagi imkoniyatlarni berdi: ekspluatatsion zaxiralarni ilmiy asosda belgilash; iqtisodiy samaradorlikni gidrogeologik cheklovlar bilan uyg'unlashtirish; barqaror foydalanish ssenariyalarini ishlab chiqish.

Tahlil va natijalar. Yer osti suvlarining tabiiy-geologik xususiyatlari qator omillar ta'sirida

shakllanadi. Ular gidrosfera va litosfera o'zaro ta'siri natijasida vujudga keladi. Suvli qatlamlarning joylashuvi quyidagi omillarga bog'liq:

- jinslarning litologik tarkibi va g'ovaklik darajasi;
- filtratsion o'tkazuvchanlik;
- tektonik tuzilish;
- iqlim va relyef sharoiti.

Gidrogeologik tizimda suvning harakati Darsi qonuniga bo'ysunadi. Suv resurslarining qayta tiklanish sur'ati tabiiy infiltratsiya va gidrogeologik sikl intensivligi bilan bog'liq. Yer osti suvlarining tabiiy-geologik xususiyatlariga bog'liq holda ularni balansi quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$R = P - ET - Q_s - \Delta S \quad (1)$$

bu yerda, R – infiltratsiya qayta to'yinish; P – yog'ingarchilik; ET – bug'lanish; Q_s – yuza oqimi; ΔS – zaxira o'zgarishi.

Demak, Yer osti suvlari cheklangan va geologik sharoitlarga bog'liq resurs hisoblanadi [1-8]. Shu bois ularni iqtisodiy baholashda ekspluatatsion zaxiralar, qayta tiklanish sur'ati va depressiya konuslarini hisobga olish zarur.

Iqtisodiy nuqtai nazardan suv – ishlab chiqarish jarayonida ishtirok etuvchi universal resursdir [21]. U:

- iste'mol predmeti;
- ishlab chiqarish vositasi;
- energiya manbai sifatida xizmat qiladi.

Biroq "suv zaxiralari" va "suv resurslari" tushunchalarini farqlash zarur. Zaxira – umumiy tabiiy hajmi anglatsa, resurs – iqtisodiy jihatdan o'zlashtirish mumkin bo'lgan qismni ifodalaydi. Bu usullar gidrogeologik qidiruv, burg'ulash, ekspluatatsiya va monitoring xarajatlari bilan uzviy bog'liq.

Mazkur tasnif suvning ko'p funksiyali xususiyatini ochib beradi. Biroq gidrogeologik nuqtai nazardan suv resurslarini Yer sayyorasidagi umumiy suv zaxiralari bilan tenglashtirish ilmiy jihatdan to'g'ri emas. Umumiy suv zaxiralari – global gidrosfera hajmini ifodalasa, suv resurslari texnik va iqtisodiy jihatdan o'zlashtirish mumkin bo'lgan qismi hisoblanadi.

Yer osti suvlarining iqtisodiy qiymatini shartli ravishda quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$V = (C_w \cdot Q) - (C_e + C_m) \quad (2)$$

bu yerda, V – iqtisodiy qiymat; C_w – suvning narxi; Q – suvning hajmi; C_e – ekspluatatsion

xarajatlar; C_m – monitoring xarajati.

Barqaror rivojlanish konsepsiyasi doirasida yer osti suvlarini boshqarish geologik, iqtisodiy va ekologik omillarni birlashtirgan holda amalga oshirilishi lozim.

Tabiiy resurslarning iqtisodiy mohiyatini tahlil qilishda qator olimlarning qarashlari muhim ahamiyatga ega. V.I. Danilov-Danilyan ta'kidlashicha, suv inson faoliyati bilan bog'liq eng muhim tabiiy resurs bo'lib, yillik foydalanish hajmi jihatidan boshqa qazib olinadigan resurslar jami hajmidan ustundir [22]. Bu holat suv aylanishining global xususiyati va uning barcha iqtisodiy sohalarida ishtirok etishi bilan izohlanadi.

S.N. Golubning fikriga ko'ra, resurs tushunchasi jamiyat ehtiyojlarini qondirish imkoniyati bilan belgilanadi [23]. Yer osti suvlari holatida bu imkoniyat kollektor jinslarning g'ovakligi va o'tkazuvchanligi, gidrodinamik rejim, minerallashuv darajasi va suv sifat ko'rsatkichlari bilan aniqlanadi.

Tabiiy resurslarning iqtisodiy qiymatini baholash masalasida E.V. Girusov tomonidan taklif etilgan yondashuvlar ahamiyatli hisoblanadi. U tabiiy resurslar qiymatini quyidagi mezonlar asosida belgilashni tavsiya etadi: bozor bahosi; renta; xarajatlar bo'yicha yondashuv; muqobil qiymat; umumiy iqtisodiy qiymat [24].

Yer osti suvlarini baholashda ushbu usullar gidrogeologik qidiruv ishlari, burg'ulash, monitoring tizimi, suvni tozalash va muhofaza qilish xarajatlari bilan uzviy bog'liqdir.

Ushbu sxema yer osti suvlarining shakllanishi, harakati va resurs sifatida baholanishida tabiiy-geologik omillar, gidrogeologik jarayonlar hamda iqtisodiy ko'rsatkichlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni ifodalaydi. Model yer osti suv resurslarini baholashda geologik xususiyatlar, infiltratsiya jarayonlari, resurs parametrlari va iqtisodiy omillarni kompleks hisobga olish zarurligini ko'rsatadi hamda suv resurslarini barqaror boshqarishning ilmiy asosini tashkil etadi.

Yer osti suvlarining tabiiy-geologik va iqtisodiy mohiyatini integratsiyalashgan geoekologik-iqtisodiy model asosida baholash ularni geologik-iqtisodiy baholash imkoniyatini yaratadi. Ma'lumki, yer osti suv konlarini geologik-iqtisodiy baholash – bu suv quduqlari, akviferlar va ulardagi suv zaxiralari xususiyatlarini o'rganish orqali ularning

miqdori, sifati va iqtisodiy ahamiyatini baholash jarayonidir. Bu baholashning mazmun va mohiyatini quyidagicha tushuntirish mumkin.

Geologik baholashning asosiy vazifasi yer osti suvlarining geologiyasi va gidrogeologiyasi xususiyatlarini aniqlashdan iborat. Bu geologik ma'lumotlar suv konlarining tabiiy zaxiralari aniqlashda asosiy rol o'ynaydi. Iqtisodiy baholash suv konlarini foydalanish imkoniyati va iqtisodiy samaradorligini aniqlashga qaratilgan.

Qisqacha aytganda, geologik-iqtisodiy baholash suv konlarining tabiiy-xususiyatlari va iqtisodiy ahamiyatini birgalikda o'rganish va baholashdan iborat. Bu faqat miqdor va sifatni emas, balki ulardan samarali va barqaror foydalanish imkoniyatlarini ham aniqlaydi.

Quyida yer osti suv resurslarining geologik va iqtisodiy xususiyatlari ilmiy-tizimli yondashuv asosida jadval shaklida bayon etilgan (1-jadval). Jadvalda resursning tabiiy-geologik xususiyatlari hamda uning iqtisodiy ahamiyati o'zaro bog'liq holda ko'rsatilgan.

1-jadval

Yer osti suv resurslarining geologik va iqtisodiy xususiyatlari

№	Geologik xususiyat	Tavsifi	Iqtisodiy ahamiyati
1	Tabiiy resurs sifatida	Yer qa'rida akviferlarda to'plangan suv zaxiralari	Ichmiklik suvi, qishloq xo'jaligi va sanoat uchun muhim resurs
2	Geologik muhit bilan bog'liqlik	Litologiya, tektonika va filtratsion xossalari bilan belgilanadi	Hududiy iqtisodiy rivojlanishga ta'sir ko'rsatadi
3	Qayta tiklanuvchanlik	Infiltratsiya va gidrodinamik rejim orqali qayta to'ldiriladi	Barqaror foydalanish shartida uzoq muddatli resurs
4	Zaxira va resurs tushunchasi	Prognoz, razvedka qilingan va ekspluatatsion zaxiralari	Qidiruv va ekspluatatsiya investitsiya talab qiladi
5	Sifat xususiyatlari	Minerallashuv, kimyoviy tarkib va harorat	Suvni tayyorlash va tozalash xarajatlariga ta'sir qiladi
6	Geoekologik ahamiyat	Gidrologik muvozanat va ekotizimlarni saqlaydi	Aholi salomatligi va oziq-ovqat xavfsizligi uchun muhim

Yer osti suv resurslari bir vaqtning o'zida geologik tabiiy tizim va iqtisodiy strategik resurs hisoblanadi. Ularning geologik xususiyatlari (zaxira hajmi, sifat, filtratsion parametrlar) iqtisodiy samaradorlikni belgilaydi. Shu bois yer osti suvlarini baholashda geologik va iqtisodiy

yondashuv integratsiyalashgan holda amalga oshirilishi zarur.

Yer osti suv resurslarini kompleks baholashda geologik, gidrogeologik va iqtisodiy omillarni birgalikda hisobga olish muhim ahamiyatga ega. Shu maqsadda yer osti suv resurslarining geologik-iqtisodiy ahamiyatini baholash uchun integratsiyalashgan indeks taklif etiladi.

$$GIB_k = \frac{(Z \cdot K_s \cdot K_q \cdot K_r) \cdot K_w}{C_e + C_m + C_t + E_r} \quad (3)$$

bu yerda, GIB_k – yer osti suv resurslarining geologik-iqtisodiy baholash koeffitsiyenti; Z – ekspluatatsion yoki foydalanish mumkin bo‘lgan yer osti suv zaxirasi (m^3); K_s – geologik ishonchlik koeffitsiyenti (zaxiraning o‘rganilganlik darajasi); K_q – suv sifati koeffitsiyenti (ichimlik yoki texnik talablarga moslik darajasi); K_r – qayta tiklanish koeffitsiyenti (tabiiy to‘ldirilish sur‘ati); $P_w - 1$ m^3 suvning iqtisodiy qiymati yoki shartli bozor narxi; C_e – ekspluatatsiya xarajatlari (quduqlar, nasoslar va energiya sarfi); C_m – gidrogeologik monitoring xarajatlari; C_t – suvni tayyorlash, tozalash va tashish xarajatlari; E_r – ekologik xavf va atrof-muhitga ta‘sir bilan bog‘liq xarajatlar.

Ushbu indeks yer osti suv resurslarining iqtisodiy qiymatini faqat suv zaxirasi hajmi orqali emas, balki uning sifati, geologik ishonchligi va qayta tiklanish imkoniyati orqali baholash imkonini beradi. Shu bilan birga, suvni qazib olish, monitoring qilish, tozalash va ekologik xavflar bilan bog‘liq xarajatlar ham inobatga olinadi. Bu yondashuv yer osti suv resurslarini strategik tabiiy resurs sifatida geologik va iqtisodiy nuqtai nazardan kompleks baholashga xizmat qiladi.

Taklif etilgan geologik-iqtisodiy indeks yer osti suv resurslarining ekspluatatsion

imkoniyatlarini baholash, suv olish limitlarini belgilash va barqaror foydalanish strategiyalarini ishlab chiqishda qo‘llanilishi mumkin.

Xulosa. Yer osti suvlari strategik ahamiyatga ega bo‘lgan tabiiy resurs sifatida milliy iqtisodiyot, aholi farovonligi va ekologik barqarorlikni ta‘minlashda hal qiluvchi o‘rin tutadi. Ularni baholash va boshqarish jarayonida gidrogeologik, geoekologik va iqtisodiy omillarni integratsiyalashgan holda hisobga olishni nazarda tutuvchi kompleks ilmiy yondashuv zarur hisoblanadi. Bunda suvli gorizontlarning litologik-strukturaviy xususiyatlari, filtratsion parametrlari, qayta tiklanish sur‘ati, gidrodinamik rejim va antropogen ta‘sir darajasi kabi ko‘rsatkichlar tizimli tahlil qilinishi lozim.

Yer osti suvlaridan iqtisodiy samaradorlik asosida foydalanish faqat geologik sharoitlar va tabiiy qayta tiklanish imkoniyatlari bilan uyg‘unlashgan holda amalga oshirilgan taqdirdagina barqaror natija beradi. Shu nuqtai nazardan, ekspluatatsion zaxiralarni ilmiy asoslash, suv olish limitlarini gidrogeologik modellashtirish orqali belgilash va uzluksiz monitoring tizimini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Gidrogeologik monitoring ma‘lumotlari asosida suv sathi dinamikasi, minerallashuv darajasi va gidrokimyoviy tarkib o‘zgarishlarini baholash yer osti suvlarini ratsional boshqarishning ilmiy poydevorini yaratadi.

Bunday yondashuv suv resurslaridan oqilona foydalanish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va atrof-muhit muhofazasini ta‘minlash orqali milliy iqtisodiyot raqobatbardoshligini mustahkamlashga xizmat qiladi.


FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Yarboboyev, T. N., & Qosimova, K. Y. (2024). Tog‘-konchilik ishlarining yer osti suvlariga salbiy ta‘siri va ularning oldini olish chorolari. Ta‘lim fidoyilari Respublika ilmiy-uslubiy jurnali, 2(1), 198–204.
- [2] Ярбобоев, Т. Н., & Қосимова, К. Ё. (2024). Ер ости сувларини қазиб чиқаришда сув қудуқларини бурғилаш ва ишлатиш тизимини такомиллаштириш. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 2(1), 189–199.
- [3] Yarboboyev, T. N., & Qosimova, K. Y. (2024). Tabiiy yer osti suvlaridan samarali foydalanish muammolari va yechimlari haqida. Tafakkur manzili ilmiy jurnali, 1, 32–38.
- [4] Ярбобоев, Т. Н., Қосимова, К. Ё., & Жамилов, Б. Б. (2024). Артезиан қудуқларининг самарали ва узоқ муддат ишлатини таъминлайдиган асосий омиллар. New innovations in national education, 4(1), 44–51.

- [5] Yarboboyev, T. N., Qosimova, K. Y., & Jamilov, B. B. (2024). O'zbekistonning yer osti suv resurslari va ulardan oqilona foydalanish istiqbollari. *Miasto Przyszłości*, 47, 1113–1123.
- [6] Ярбобоев, Т. Н., Қосимова, К. Ё., & Жамилов, Б. Б. (2024). Ер ости сувларини жадал қазиб чиқаришнинг ер юзасини чўкишига таъсири. *Pedagogical reforms and their solutions*, 2(2), 99–107.
- [7] Yarboboyev, T. N., Qosimova, K. Y., & Jamilov, B. B. (2025). Yer osti suvlaridan foydalanishda innovatsion texnologiyalarni qo'llash orqali atrof-muhitni muhofaza qilish. *Eurasian Journal of Academic Research*, 5(10), 95–100.
- [8] Ярбобоев, Т. Н., Қосимова, К. Ё., & Жамилов, Б. Б. (2026). Глобал иқлим ўзгариши шароитида ер ости сувларини қидириш ва бошқаришда инновацион технологиялар. *Экономика и социум*, 2(141).
- [9] Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall.
- [10] Fetter, C. W. (2001). *Applied hydrogeology* (4th ed.). Prentice Hall.
- [11] Bear, J. (1972). *Dynamics of fluids in porous media*. Elsevier.
- [12] Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). *Physical and chemical hydrogeology*. Wiley.
- [13] Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater hydrology* (3rd ed.). Wiley.
- [14] Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F. P., & van Beek, L. P. H. (2012). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature*, 488, 197–200.
- [15] Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.
- [16] Tietenberg, T., & Lewis, L. (2018). *Environmental and natural resource economics* (11th ed.). Routledge.
- [17] Шульц, В. В. (1965). *Подземные воды Средней Азии*. Фан.
- [18] Ходжибаев, А. Х. (2005). *Гидрогеология Узбекистана*. Университет.
- [19] Абдуллаев, И. (2010). *Водные ресурсы Центральной Азии и их управление*.
- [20] Маматкулов, М. М. (2018). Ер ости сувлари ва улардан оқилонга фойдаланиш масалалари.
- [21] Гнипов, А. В. (2012). Экономический феномен воды в современной системе хозяйствования. *Социально-экономические явления и процессы*, (11), 74–77.
- [22] Данилов-Данильян, В. И. (2006). *Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты*. Наука.
- [23] Голуб, А. А. (1993). *Экономические методы управления природопользованием*. Наука.
- [24] Гирусов, Э. В., и др. (1998). *Экология и экономика природопользования*. Закон и право, ЮНИТИ.

KIMYOVIY TEXNOLOGIYA VA QURILISH
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВО
CHEMICAL TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION

UO'K: 677.017.2

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.1

BORAT KISLOTA-FOSFAT KISLOTA-MOCHEVINA-ZnO ASOSIDAGI
ANTIPIRENNI PAXTA VA 50/50 PAXTA-POLIESTER MATOLARGA
INTEGRATSIYASI



**Muzaffarova Nazokat
Sharabovna**

Dotsent, Toshkent davlat tibbiyot
universiteti Termiz filiali, Termiz,
O'zbekiston
E-mail:
hilolanazokat2010@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-9419-2300



**To'rayev Xayit
Xudonazarovich**

Professor, Termiz davlat
universiteti, Termiz, O'zbekiston
E-mail: hhturaev@rambler.ru
ORCID ID: 0000-0002-6996-5906



**Nurqulov Fayzulla
Nurmo'minovich**

Professor, Toshkent kimyo
texnologiya ilmiy tadqiqot instituti,
Toshkent, O'zbekiston
ORCID ID: 0000-0002-6546-3431

Annotatsiya. Ushbu ishda borat kislota, ortofosfat kislota, mochevina va rux oksidi (ZnO) kombinatsiyasidan iborat antipiren kompozitsiyasi ishlab chiqildi va u 100% paxta hamda 50/50 paxta–poliester matolarga kimyoviy biriktirish orqali integratsiya qilindi. Matolarning kimyoviy o'zgarishlari IQ spektroskopiya orqali, termik barqarorligi esa termogravimetrik tahlil (TGA) yordamida baholandi. IQ spektrlarida 3301, 2991, 1559, 1433, 1078 va 831 cm^{-1} oralig'ida kuzatilgan cho'qqilar antipirenniing tola yuzasiga muvaffaqiyatli birikkanligini ko'rsatadi. TGA natijalari esa modifikatsiyalangan namunalar uchun piroliz jarayonlarini kechiktirish va ko'mir qoldig'i ortishini namoyon qildi, bu ko'piklanish va mineral bar'yer mexanizmlarining orqali amalga oshdi. Ishning ilmiy yangiligi — ZnO nanozarralarining bor-fosfor-azot tizimiga kiritilishi natijasida hosil bo'lgan sinergetik effekt va bu antipirenniing yuvishga chidamlilikning ortishiga olib keldi.

Kalit so'zlar: antipiren, kimyoviy biriktirish, paxta, paxta–poliester, IQ, TGA, ZnO, borat, fosfat, mochevina.

ИНТЕГРАЦИЯ АНТИПИРЕНА НА ОСНОВЕ БОРНОЙ КИСЛОТЫ,
ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ, МОЧЕВИНЫ И ZnO В ХЛОПКОВЫЕ И 50/50
ХЛОПОК–ПОЛИЭСТЕРНЫЕ ТКАНИ

**Музаффарова Назолат
Шарабовна**

Доцент, Термезский филиал
Ташкентского государственного
медицинского университета,
Термез, Узбекистан

**Тураев Хаит
Худоиназарович**

Профессор, Термезский
государственный университет,
Термез, Узбекистан

**Нуркулов Файзулла
Нурмунинович**

Ташкентский научно-
исследовательский институт
химической технологии,
профессор, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В данной работе была разработана антипиреновая композиция на основе комбинации борной кислоты, ортофосфорной кислоты (фосфата), мочевины и оксида цинка (ZnO), которая была химически привита к 100% хлопчатобумажным и 50/50 хлопок–полиэстер тканям. Химические изменения обработанных тканей были проанализированы методом ИК-спектроскопии, а их термическая стабильность оценена с помощью термогравиметрического анализа (TGA). В ИК-спектрах наблюдались характерные пики поглощения при 3301, 2991, 1559, 1433, 1078 и 831 см⁻¹, что свидетельствует об успешной фиксации антипирена на поверхности волокон. Результаты TGA показали замедление процессов пиролиза и увеличение количества угольного остатка у модифицированных образцов, что обусловлено механизмами вспучивания и образования минерального барьера. Научная новизна работы заключается в синергетическом эффекте, возникающем при введении наночастиц ZnO в бор–фосфор–азотную систему, что привело к повышению стойкости антипирена к стирке.

Ключевые слова: антипирен, химическое прививание, хлопок, хлопок–полиэстер, ИК-спектроскопия, TGA, ZnO, борат, фосфат, мочевина.

INTEGRATION OF A BORIC ACID–PHOSPHORIC ACID–UREA–ZnO BASED FLAME RETARDANT INTO COTTON AND 50/50 COTTON– POLYESTER FABRICS

**Muzaffarova Nazokat
Sharabovna**

Associate Professor, Termez
Branch of Tashkent State Medical
University, Termez, Uzbekistan

**Turaev Khait
Khudoynazarovich**

Professor, Termez State University,
Termez, Uzbekistan

**Nurkulov Fayzulla
Nurmuminovich**

Professor, Tashkent Research
Institute of Chemical Technology,
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. In this study, a flame-retardant composition based on a combination of boric acid, orthophosphoric acid (phosphate), urea, and zinc oxide (ZnO) was developed and chemically bonded onto 100% cotton and 50/50 cotton–polyester fabrics. The chemical modifications of the treated fabrics were analyzed using FTIR spectroscopy, while their thermal stability was evaluated by thermogravimetric analysis (TGA). The FTIR spectra showed characteristic absorption peaks at 3301, 2991, 1559, 1433, 1078, and 831 cm⁻¹, indicating the successful incorporation of the flame retardant onto the fiber surface. TGA results revealed a delay in pyrolysis processes and an increase in char residue for the modified samples, which occurred through intumescence and the formation of a mineral barrier. The scientific novelty of this work lies in the synergistic effect produced by the incorporation of ZnO nanoparticles into the boron–phosphorus–nitrogen system, which led to improved washing durability of the flame retardant.

Keywords: flame retardant, chemical bonding, cotton, cotton–polyester, FTIR, TGA, ZnO, borate, phosphate, urea.

Кирish. То‘қимачилик материалларини yong‘indan himoyalash maqsadida ko‘piklanuvchi fosfor–azotli antipirenlar keng qo‘llaniladi: odatda ammoniy polifosfat (APP), pentaeritrit yoki kraxmal (uglerod manbai) va melamin yoki mochevina (ko‘pirtiruvchi/azot manbai) kombi–natsiyasi ishlatiladi. Boratlar yuqori haroratda shisha–tipidagi qoplamalar hosil qilishi, ZnO kabi metal oksidlar esa mineral bar‘yer va katalitik ta‘sir ko‘rsatishi bilan sinergetik qo‘shimcha vazifasini bajaradi [1–4]. Ammo bu komponentlarni mato–

larga yuvishga chidamli qilib qanday integratsiya qilish — amaliy jihatdan dolzarb masala hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili va metodlar Kimyoviy bog‘lash (kovalent bog‘lanish) bu muammoni hal etish yo‘li sifatida qaraladi, ayniqsa selluloza (paxta) tolalaridagi –OH guruhi bilan efir yoki fosfonat bog‘lari hosil qilish orqali [5–8].

So‘nggi yillarda grafen olovdan himoyalash sohasida istiqbolli material sifatida katta qiziqish uyg‘otmoqda. Uning yuqori issiqlik o‘tkazuv–

chanligi [9,11], noyob elektr xususiyatlari, katta sirt maydoni [12–16] va barqarorligi polimerlarga qo‘shilganda yong‘inga qarshilikni sezilarli oshiradi [15–17]. Grafen oksidi (GO) — turli kislorodli guruhlar (-OH, -COOH, -COC) bilan funksionalizatsiyalangan grafit hosilasi bo‘lib, u polimerlarga birikib olovni sekinlashtiruvchi barqaror qatlam hosil qiladi [18,19].

Grafen asosidagi ko‘plab nanokompozit qoplamalar (epoksi qatronlari, azot yoki fosfor bilan modifikatsiyalangan grafen oksidi, DOPO-fosfatlar bilan bezatilgan grafen, nanoqo‘shimchalar qo‘shilgan polipropilen va boshqalar) haqida ilmiy manbalarda xabar berilgan [19]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, grafen qo‘shilgan polimerlar yonish jarayonida issiqlik chiqarish tezligini kamaytiradi, qoplamaning mustahkamligini oshi-radi va yonish vaqtini kechiktiradi.

Yana bir istiqbolli yondashuv — ko‘piklanadigan antipirenlar hisoblanadi. Ular past tutun chiqarishi, kam toksikligi va ekologik xavfsizligi bilan ajralib turadi.

Ushbu ishimizning asosiy maqsadi borat kislota + ortofosfat kislota + mochevina + ZnO kompozitsiyasini paxta va paxta–poliester matolarga kimyoviy bog‘lash yordamida fiksatsiya qilib, IQ va TGA bilan uning kimyoviy va termik xususiyatlarini baholash hamda ZnO ning sinergetik rolini aniqlash hisoblanadi.

Materiallar. Mato namunalari: 100% paxta va 50/50 paxta–poliester tekis to‘qilgan namunalari (10×10 cm).

Antipiren komponentlari: ortofosfat kislota (H_3PO_4 , 85%), borat kislota (H_3BO_3), mochevina (urea), ZnO nanozarralari (~20–50 nm).

Qo‘shimchalar: dispersant (natriy polifosfat).

Barcha reagentlar laboratoriya darajasida, distillangan suvdan foydalanildi.

Kompozit tayyorlash. Fosfat kislota (ortofosfat kislota, H_3PO_4 , 85%) — 25 g.

Borat kislota (H_3BO_3) — 7 g.

Mochevina — 12 g.

Rux oksidi nanzarralari (ZnO, 20–50 nm) — 6 g (3–6 %).

Nanostabilizator (sirka kislotasi/askorbat dispersantsiya uchun) — 1–2 g.

Suv (distillangan) — 100 g.

Dastlab ZnO nanozarrallarini stabilizator bilan suvda ultratovush yordamida dispers-

lashtirildi.

Dispersiyaga ortofosfat kislota va mochevina qo‘shilib, kislotali kondensatsion muhit shakllantiriladi; so‘ng borat kislota qo‘shiladi va aralashma 40–60 °C da gomogenlashtiriladi. Yakuniy pH kislotali bo‘ladi. $H_3PO_4 \approx 20$ –25 massa ulushda qo‘llanadi; ZnO kontsentratsiyasi 1–6 % oralig‘ida bo‘ladi [3,6,9].

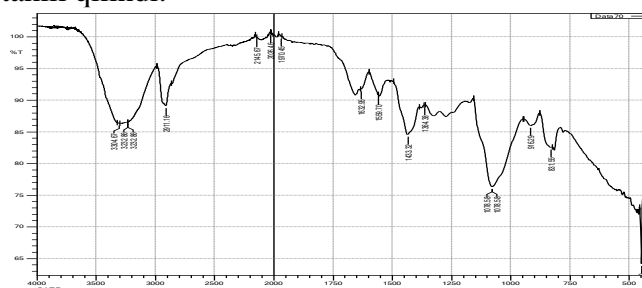
Matoga ishlov berish: Mato avval yuvilib, yuzasi ifloslikdan tozalandi. Mato antipiren eritmasiga botirilib, songra ortiqcha eritma siqib olinadi.

Quritish 90–100°C da 5–10 min; termik fiksatsiya 140–160°C da 2–6 minutda amalga oshiriladi. Ushbu bosqichda selluloza –OH bilan fosforli / polifosfamid yoki borat efirlar hosil bo‘lib, kimyoviy modifikatsiya sodir bo‘ladi.

Metodlar. IQ spektroskopiya (Shimadzu-Yaponiya) — ATR rejimida 4000–400 cm^{-1} oralig‘ida.

TGA — termogravimetrik tahlil, isitish tezligi 10°C/min, 30–800°C oralig‘ida, inert atmosfera (N_2).

Natijalar va muhokama. Antipiren tarkibi Infraqizil spektroskopiya (IQ) usuli yordamida tahlil qilindi.



1-rasm Antipiren shimdirilgan matoning IQ tahlili.

Ushbu antipiren shimdirilgan mato IQ tahlili qilinganda olingan natijalar 1-jadvalda ko‘rsatilgan.

Yuqoridagi tafsirlar birgalikda: 1078 cm^{-1} (P–O–C) bandining aniq paydo bo‘lishi va 831 cm^{-1} bandining mavjudligi, shuningdek 1559 cm^{-1} da azotli komponentning ishtiroki, sellulozaga kovalent bog‘landi va fosfor-azot-bor sinergetik tizimi sifatida ishlashini tasdiqlovchi dalillardir.

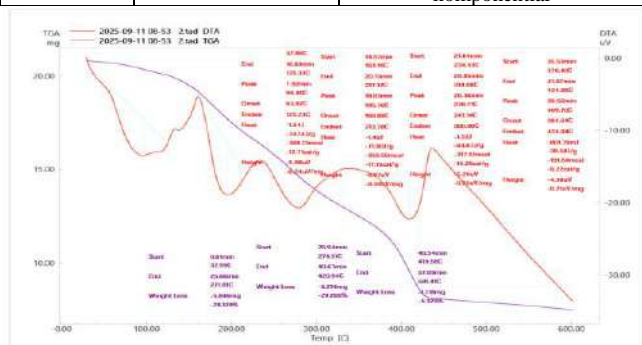
TG tahlili. Antipiren termik barqarorligini aniqlash maqsadida antipiren va antipiren shimdirilgan mato TG (termogravimetrik) analiz qilindi. TGA analizi natijalari 2-rasmda

ko'rsatilgan.

1-jadval

Antipiren shimdirilgan mato IQ tahlili

Cho'qqi (cm ⁻¹)	Funksional guruh / Tebranish turi	Izoh
3393; 3318	-NH	Keng cho'qqi bo'lishi vodorod bog'lanishli gidroksil guruhlarini ko'rsatadi
2131	C-C yoki ≡C-N	antipiren yoki modifikatsiyalangan polimerlarda uchrashi mumkin.
1642	C=O yoki suvning H-O-H deformatsiyasi	Karbonil guruhlar yoki gidroskopik suv belgisi
1427	C-H	Organik skelet tarkibidagi alifatik strukturaga xos.
1317; 1234	P=O yoki C-O	Fosfatli antipirenlar yoki selluloza C-O-C bog'lanishlariga xos diapazon.
1058	C-O-C	Selliuloza yoki polimerlarning efir bog'lanishlari.
873	P-O-C	Antipiren/fosfat modifikatsiyasi
750-500	Metall-O	Borat, fosfat, oksidli komponentlar



2-rasm. Antipirenni termogravimetrik tahlili.

1-bosqich — past haroratli jarayonlar (namlik va uchuvchi komponentlarning ajralishi). Harorat oralig'i 32,99°C (0,81 min) – 271,81°C (25,66 min) ni tashkil etdi. Ushbu bosqichda namunaning umumiy massasidan 5,846 mg (28,13%) yo'qotilishi qayd etildi. DTA egri chizig'ida ≈96°C atrofida pastga yo'nalgan aniq cho'qqi kuzatilib, jarayonning endotermik xarakterga ega ekanligini ko'rsatdi. Issiqlik effekti -74,14 J/g (-368,12 mcal) ni tashkil etdi. Bu bosqichda asosan namlik, adsorbsiyalangan suv va past molekulyar uchuvchi komponentlarning ajralishi sodir bo'lgan bo'lib, DTA egri chizig'idagi endotermik cho'qqi ushbu jarayonlarda issiqlik yutilishini tasdiqlaydi.

2-bosqich — asosiy termal parchalanish va ekzotermik jarayonlar. Ikkinchi bosqich 274,51°C (25,94 min) – 420,49°C (40,67 min) harorat oralig'ida kuzatildi. Bu bosqichda namuna massasining 6,214 mg (29,90%) ga kamayishi qayd

etildi. DTA tahlilida ≈278,7°C da aniq ekzotermik cho'qqi kuzatilib, issiqlik effekti -71,80 J/g (-356,50 mcal) ni tashkil etdi. Ushbu bosqich namunaning polimer yoki tolali matritsasining asosiy termal parchalanish jarayoniga to'g'ri keladi. 217–278°C oralig'ida kuzatilgan sezilarli issiqlik effekti organik komponentlarning oksidlanishi va parchalanishi natijasida energiya ajralishi bilan izohlanadi.

3-bosqich — yuqori haroratli oksidlanish va strukturaviy o'zgarishlar. Uchinchi bosqich 419,58°C (40,54 min) – 581,41°C (57,09 min) harorat oralig'ida kechdi. Ushbu bosqichda namunaning massasi 1,118 mg (5,38%) ga kamaydi. DTA egri chizig'ida ≈409,7°C da ekzotermik xarakterdagi cho'qqi kuzatilib, issiqlik effekti -63,87 J/g (-317,12 mcal) ni tashkil etdi. Bu bosqichda antipiren qo'shimchalari yoki qoldiq komponentlarning strukturaviy qayta tashkil topishi hamda oksidlanish reaksiyalari sodir bo'lgan. Endotermik effektlarning deyarli kuzatilmaligi yuqori haroratda termal barqaror moddalarning asosan oksidlanish xarakterida parchalanishini ko'rsatadi.

2-jadval

Endotermik va ekzotermik hodisalar xulosasi

Hodisa turi	Harorat diapazoni (°C)	Cho'qqi	Issiqlik (J/g)	Jarayon
Endotermik	30 – 125	96,4	-74,14	Namlik va uchuvchi komponentlarning chiqishi
Ekzotermik	160 – 300	278,7	-71,80	Polimer asosiy parchalanish jarayoni
Ekzotermik	384 – 425	409,7	-63,87	Yuqori haroratdagi oksidlanish / qoldiq modifikatsiyasi

Modifikatsiyalangan namunalar uchun termal barqarorlikning oshishi, piroliz jarayonining kechroq boshlanishi hamda ko'mir qoldig'i ulushining ortishi kuzatildi. Ushbu ko'rsatkichlar antipiren tizimining samaradorligini aniq tasdiqlovchi muhim indikatorlar hisoblanadi.

Yuvishga chidamlilik. IQ-spektroskopiyada kuzatilgan P-O-C bog'lanishlariga xos 1078 cm⁻¹ cho'qqi hamda yuqori ko'mir qoldig'i foizi antipirenni mato tolalari bilan kovalent bog'lanish orqali mustahkam fiksatsiyalanganini ko'rsatadi. Mazkur yondashuv antipiren xossalari yuvish jarayonlaridan keyin ham saqlanishi uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. ISO 105-C06 standartiga muvofiq o'tkazilgan yuvish

sinovlarida (5–50 sikl oralig'ida) kislorod indeksining o'zgarishi monitoring qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, kovalent bog'langan fosfor–azot tizimlari 30–50 yuvish sikligacha yuqori samaradorlikni saqlab qoladi [5,8].

Xulosa. Borat kislota, ortofosfat kislota, mochevina va ZnO asosidagi antipiren tizimini paxta hamda paxta–poliester matolarga kimyoviy bog'lanish orqali integratsiya qilish muvaffaqiyatli amalga oshirildi.

IQ-spektroskopiya natijalari (3301, 2991, 1559, 1433, 1078 va 831 cm^{-1}) P–O–C (1078 cm^{-1}) hamda fosfor va bor asosidagi bog'lanishlar

mavjudligini ko'rsatib, antipirenning kimyoviy fiksatsiyasi va ko'piklanuvchi himoya strukturalari hosil bo'lganini tasdiqladi. TGA tahlillari modifikatsiyalangan namunalar uchun termal barqarorlikning sezilarli darajada oshganini, piroliz boshlanish haroratining kechikkanini va ko'mir qoldig'i foizining ko'payganini ko'rsatdi, bu esa antipiren tizimining yuqori samaradorligidan dalolat beradi. ZnO nanozarralarining kiritilishi sinergetik ta'sir ko'rsatib, mineral himoya bar'yerining shakllanishiga yordam berdi va materialning termal himoya xususiyatlarini yanada mustahkamladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Camino, G., Costa, L., & Trossarelli, L. (2023). Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers: Part I—Thermal degradation of ammonium polyphosphate–pentaerythritol mixtures. *Polymer Degradation and Stability*, 216. <https://doi.org/10.1016/j.polyimdegstab.2023.xxxxxx>
- [2] Alongi, J., & Malucelli, G. (2012). Phosphorus–boron synergistic systems for flame retardant cotton. *Cellulose*, 19, 1041–1050. <https://doi.org/10.1007/s10570-012-9684-6>
- [3] Gao, H., Hu, Y., & Wang, X. (2021). Halogen-free flame retardants for sustainable textiles. *Cellulose*, 28, 9031–9055. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04029-1>
- [4] Chen, Y., Li, S., & Xu, J. (2023). Bio-based intumescent flame retardants for sustainable textiles. *Green Chemistry*, 25, 4580–4598. <https://doi.org/10.1039/D3GC01326C>
- [5] Chen, D., Wang, H., & Li, S. (2024). Covalently bonded phosphorus–nitrogen flame retardants for durable textiles. *ACS Applied Polymer Materials*, 6(1), 51–63. <https://doi.org/10.1021/acsapm.3c01045>
- [6] Wang, X., Pan, Y., & Hu, Y. (2022). Flame-retardant textiles reinforced with nanomaterials: Mechanism and applications. *Composites Part B: Engineering*, 237, 109859. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2022.109859>
- [7] Patel, M., & Sharma, R. (2025). Plasma-treated fabrics for enhanced flame retardancy. *Textile Research Journal*, 95(3–4), 412–428. <https://doi.org/10.1177/00405175231110275>
- [8] Zhu, F., Xin, Q., et al. (2016). Influence of nano-silica on flame resistance behavior of intumescent flame retardant cellulosic textiles. *Surface and Coatings Technology*.
- [9] Wang, X., Song, L., Yang, H., Xing, W., Kandola, B., & Hu, Y. (2012). Simultaneous reduction and surface functionalization of graphene oxide with POSS for reducing fire hazards in epoxy composites. *Journal of Materials Chemistry*, 22, 22037–22043. <https://doi.org/10.1039/C2JM33966E>
- [10] Jing, J., Zhang, Y., Fang, Z. P., & Wang, D. Y. (2018). Core–shell flame retardant/graphene oxide hybrid. *Composites Science and Technology*, 165, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2018.06.022>
- [11] Huang, G., Song, P., Liu, L., Han, D., Ge, C., Li, R., & Guo, Q. (2016). Fabrication of multifunctional graphene decorated with bromine and nano-Sb₂O₃. *Carbon*, 98, 689–701. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2015.11.044>
- [12] Wang, X., Zhou, S., Xing, W., Yu, B., Feng, X., Song, L., & Hu, Y. (2013). Self-assembly of Ni–Fe layered double hydroxide/graphene hybrids. *Journal of Materials Chemistry A*, 1, 4383–4390. <https://doi.org/10.1039/C3TA00150G>

- [13] Muzaffarova, N., & Nurkulov, F. (2024). Analysis of the thermal stability and surface area of antipyrenes synthesized for textile materials. *Universum: Chemistry and Biology*, (12), Article 126. <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-the-thermal-stability-and-surface-area-of-antipyrenes-synthesized-for-textile-materials>
- [14] Muzaffarova, N., Nurkulov, F., & Jalilov, A. (2022). Synthesis of a new phosphorus–nitrogen rich flame retardant and its use in cotton fabrics. *Universum: Technical Sciences*, (8-3), Article 101. <https://cyberleninka.ru/article/n/synthesis-of-a-new-flame-retardant-high-content-of-phorus-and-nitrogen-and-its-use-in-cotton-fabrics>
- [15] Muzaffarova, N. S., et al. (2023). Thermal stability of modified natural textile materials. *Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine*, 2(4), 23–33.
- [16] Muzaffarova, N. S., et al. (2024). Synthesis of fire retardant with phosphorus and metal for textile materials. *Kimya Problemleri*, 22(3), 290–302.
- [17] Muzaffarova, N. S., & Nurkulov, F. N. (2022). Study of oligomer-antipyrine synthesis. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 105(1), 489–492. <https://doi.org/10.15863/TAS>
- [18] Muzaffarova, N. S., Nurkulov, F. N., & Jalilov, A. T. (2022). Phosphorus- and nitrogen-containing flame retardants for textile materials. *NamDU Scientific Bulletin*, 152–156.
- [19] Muzaffarova, N., Nurkulov, F., & Toshtemirova, N. (2024). Synergic effect of fire retardants and their analogues for textile materials. *Science and Innovation*, 3(A2), 5–9.

UO‘K: 543.24:622.765

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.21

XONDIZA BOYITISH FABRIKASI TEXNOLOGIK JARAYONLARINI NAZORAT QILISHDA KOMPLEKSONOMETRIK TAHLIL USULINING SAMARADORLIGI



**Raxmanov Begzod
Abdilhamidovich**

Asiscent, Denov tadbirkorlik va
pedagogika instituti, Denov,
O'zbekiston
E-mail: bekzod1902@mail.ru
ORCID ID: 0009-0004-6313-9402
Science ID: MSD-0425-0084



**Eshqurbonov Furqat
Bozorovich**

Professor, Termiz davlat
muhandislik va agrotexnologiyalar
universiteti, Termiz, O'zbekiston
E-mail: furqat-8484@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-3182-9407
Science ID: DSD-0225-0001



**Ashurova Asal Abduolim
qizi**

Talaba, Termiz davlat muhandislik
va agrotexnologiyalar universiteti,
Termiz, O'zbekiston
E-mail: asaashuroval@gmail.com
ORCID ID: 0009-0001-6603-3556
Science ID: BSD-0425-0013



**Abdullayeva Rayxona
Ilhom qizi**

Talaba, Termiz davlat muhandislik
va agrotexnologiyalar universiteti,
Termiz, O'zbekiston
E-mail: rayhona8306@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-2562-3687
Science ID: BSD-0226-0011

Annotatsiya. Ushbu maqolada Xondiza boyitish fabrikasi texnologik jarayonlarini boshqarishda kompleksometrik tahlil usulini qo'llashning samaradorligi o'rganildi. Tadqiqot ob'ekti sifatida maydalash va gidrosiklonlash bosqichlaridan olingan namunalarda tarkibidagi rux (Zn) va qo'rg'oshin (Pb) massaviy ulushini aniqlashning kimyoviy-analitik metodikasi ishlab chiqildi. Ishda kompleksometrik titrlashning yuqori selektivligi, ekspress-tahlil sifatidagi tezkorligi hamda ishlab chiqarish sharoitida iqtisodiy jihatdan maqbulligi ilmiy asoslandi. Tadqiqot natijalari ushbu usulni zamonaviy reagentlar va niqoblovchi agentlar yordamida takomillashtirish texnologik jarayon ustidan uzluksiz nazorat o'rnatish va boyitish ko'rsatkichlarini optimallashtirish imkonini berishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: Kompleksonometriya, Xondiza boyitish fabrikasi, polimetall rudalar, rux va qo'rg'oshin, ekspress-tahlil, texnologik nazorat, flotatsiya.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСОНОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА АНАЛИЗА ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ХАНДИЗИНСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ

**Рахманов Бегзод
Абдихамидович**

Ассисент, Денауский институт
предпринимательства и
педагогика, Денау, Узбекистан

**Эшкурбонов Фуркат
Бозорович**

Профессор, Термезский
государственный университет
инженерии и агротехнологий,
Термез, Узбекистан

**Ашурова Асал
Абдуолим кизи**

Студентка, Термезский
государственный университет
инженерии и агротехнологий,
Термез, Узбекистан

**Абдуллаева Райхона
Ильхом кизи**

Студентка, Термезский
государственный университет
инженерии и агротехнологий,
Термез, Узбекистан

Аннотация. В данной статье изучена эффективность применения метода комплексометрического анализа в управлении технологическими процессами Хандизинской обогатительной фабрики. В качестве объекта исследования разработана химико-аналитическая методика определения массовой доли цинка (Zn) и свинца (Pb) в образцах, полученных на этапах измельчения и гидроциклонирования. В работе научно обоснована высокая селективность комплексометрического титрования, оперативность экспресс-анализа и экономическая целесообразность в производственных условиях. Результаты исследования показывают, что совершенствование этого метода с использованием современных реагентов и

маскирующих агентов позволяет установить непрерывный контроль над технологическим процессом и оптимизировать показатели обогащения.

Ключевые слова: Комплексометрия, Хандизинская обогатительная фабрика, полиметаллические руды, цинк и свинец, экспресс-анализ, технологический контроль, флотация.

THE EFFECTIVENESS OF THE COMPLEXOMETRIC ANALYSIS METHOD IN MONITORING THE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE KHANDIZA BENEFICIATION PLANT

**Rakhmanov Begzod
Abdikhamidovich**

Assistant, Denau Institute of
Entrepreneurship and Pedagogy,
Denau, Uzbekistan

**Eshkurbonov Furkat
Bozorovich**

Professor, Termez University of
Engineering and Agrotechnologies,
Termez, Uzbekistan

**Ashurova Asal Abdulolim
kizi**

Student, Termez University of
Engineering and Agrotechnologies,
Termez, Uzbekistan

**Abdullayeva Raykhona
Ilkhom kizi**

Student, Termez University of
Engineering and Agrotechnologies,
Termez, Uzbekistan

Abstract. In this article, the effectiveness of applying the method of complexometric analysis in managing the technological processes of the Khandiza Processing Plant was studied. As an object of research, a chemical-analytical method for determining the mass fraction of zinc (Zn) and lead (Pb) in samples obtained during the grinding and hydrocyclonization stages was developed. The work scientifically substantiated the high selectivity of complexometric titration, its efficiency as an express analysis, and its economic feasibility in production conditions. The research results show that the improvement of this method using modern reagents and masking agents allows for continuous monitoring of the technological process and optimization of enrichment indicators.

Keywords: Complexometry, Khandiza Processing Plant, polymetallic ores, zinc and lead, express analysis, technological control, flotation.

Kirish. Ilmiy adabiyotlarda polimetall rudalar tarkibidagi qo'rg'oshin (Pb) va rux (Zn) miqdorini aniqlashning turli usullari qiyosiy tahlil qilingan. Xususan, G. Shvartsenbax va R. Prshibil kabi klassik tahlilchilar kompleksometrik titrlashning nazariy poydevorini yaratib, uning yuqori selektivligini isbotlaganlar [1]. Zamonaviy sharoitda esa, J. Wills o'zining "Mineral Processing Technology" asarida ta'kidlashicha, boyitish fabrikalarida tahlilning aniqligi bilan bir qatorda uning tezkorligi (express-analysis) texnologik jarayonni boshqarishda hal qiluvchi rol o'ynaydi [2].

Ko'pgina tadqiqotchilar (masalan, A.I. Busev, "Qo'rg'oshin analitik kimyosi") polimetallik tizimlarda ionlarni bir-biriga xalaqit bermasdan aniqlashda niqoblovchi (maskirovka) agentlarning ahamiyatini yoritganlar [3]. Xondiza boyitish fabrikasi kabi murakkab ruda tarkibiga ega bo'lgan ob'ektlarda atom-absorbsion (AAS) yoki ICP-MS kabi qimmatbaho usullarni qo'llash har doim ham o'zini oqlamaydi. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, kompleksometriya:

Vaqtini tejash: Namuna tayyorlash va tahlil qilish jarayoni instrumental usullarga qaraganda 2-3 barobar tezroq amalga oshadi;

Iqtisodiy tejamkorlik: Qimmatbaho import reagentlar o'rniga mahalliy va arzonroq komponentlarni qo'llash imkonini beradi [4].

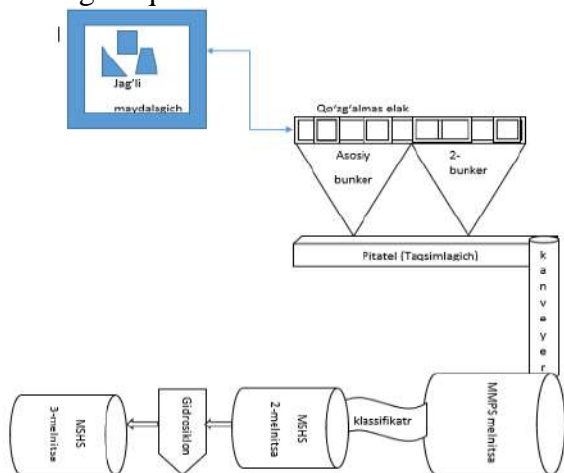
Xususan, X.A. Akramov va S.A. Abduraxmonovlar [5] Xondiza polimetall rudalarini boyitishda texnologik nazoratni to'g'ri tashkil etish metallarning yo'qolishini oldini olishning asosiy omili ekanligini ta'kidlashgan. M.I. Ismoilov [6] tomonidan olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kompleksometrik usul nafaqat tahlilning aniqligini ta'minlaydi, balki boyitish fabrikasi laboratoriyalarining operatsion xarajatlarini 15-20% gacha qisqartirish imkonini beruvchi iqtisodiy samarador usul hisoblanadi. Shuningdek, A.A. Umirzoqov [7] o'z ishlarida zamonaviy ekspress-tahlil usullari fabrikadagi reagentlar sarfini real vaqt rejimida optimallashtirish uchun zarurligini ilmiy asoslab bergan.

Materiallar va tadqiqot usullari. Tadqiqot jarayonida Xondiza boyitish fabrikasining may-

dalash va tasniflash bosqichlari texnologik sxemasi asos qilib olindi. Namuna olish nuqtalari sifatida tegirmon osti mahsuloti, gidrosiklon qumlari va to'shami (sliv) hamda nazorat flotatsiyasidan oldingi tayyor mahsulotlar belgilandi. Olingan namunalarni tahlilga tayyorlashda ularning namlik darajasi va mineralogik xususiyatlari hisobga olinib, laboratoriya sharoitida 0,074 mm gacha qo'shimcha maydalash o'tkazildi. Rux miqdorini aniqlash metodikasi namunalarni sulfat va nitrat kislotalari aralashmasida to'liq parchalashga asoslangan bo'lib, jarayonda qo'rg'oshin va boshqa xalaqit beruvchi elementlarni ajratish uchun H₂SO₄ yordamida bug'latish amali bajarildi. Rux ionlarining titrlash sharoitini yaratish uchun filtrat ammiakli bufer eritmasi yordamida pH≈10 gacha neytrallandi va ruxning miqdoriy ulushi 0,05 M yoki 0,025 M konsentratsiyali Trilon B titranti yordamida erioxrom qora T indikator ishtirokida aniqlandi. Texnologik sxemaning har bir nuqtasidan olingan natijalar fabrikadagi mavjud ekspress-tahlil ma'lumotlari bilan qiyoslanib, kompleksometrik usulning maydalash siklidagi metall yo'qolishini nazorat qilishdagi samaradorligi va tezkorligi baholandi.

Natijalar va ularning tahlili. Yuqorida ta'kidlanganidek, Xondiza rudasining qattqlik darajasi yuqoriligi sababli, u bir necha bosqichli maydalash jarayonidan o'tadi. Sxemadan ko'rinadiki:

Birlamchi maydalash: Ruda dastlab "Jag'li maydalagich"da parchalanganidan so'ng, qo'z-g'almas elak orqali asosiy va ikkilamchi bunkerlarga taqsimlanadi.



1-rasm. Xondiza boyitish fabrikasida rudani maydalash va tasniflash texnologik zanjiri.

Ko'p bosqichli yanchish: Pitatel (taqsimg'ich) va konveyer orqali ruda ketma-ketlikda MMPS, so'ngra klassifikator orqali MSHS 2-melnitsa va MSHS 3-melnitsa tizimlarida yanchiladi.

Tasniflash: Gidrosiklon qurilmasi yanchilgan mahsulotni o'lchamlariga ko'ra saralab, flotatsiya jarayoni uchun maqbul bo'lgan fraksiyani tayyorlab beradi.

Ushbu texnologik zanjirning har bir bosqichida (ayniqsa melnitsadan keyingi gidrosiklon chiqishida) olinadigan namunalar bizning tadqiqotimizda qo'llanilgan kompleksometrik usul orqali nazorat qilinadi. Rudaning 100% "liberatsiya" bo'lishi (metall zarrachalarining tog'jinsidan ajralishi) aynan shu sxemaning to'g'ri ishlashiga bog'liq bo'lib, bu 1-rasmdagi yuqori konsentratsiya ko'rsatkichlariga erishishning asosiy omilidir.

Ushbu jadvalda keltirilgan 15 ta namuna boyitish jarayonining turli bosqichlari - ruda tayyorlashdan to tayyor konsentrat va chiqindigacha (xvost) bo'lgan jarayonlarni to'liq qamrab oladi.

1-jadval

Boyitish fabrikasi hududining turli nuqtalaridan olingan namunalardagi Pb metallining miqdori

T/r	Namuna olish nuqtasi	Titrlash uchun olingan namuna massasi gr da	Pb ning miqdori %
1	Ruda	1	1.332
2	Cu Pb cons	0.5	23.64
3	Cu Pb xvost	1	0.2664
4	Zn	0.5	3.996
5	Cu Pb pt-ya	0.5	32.30
6	Cu	0.5	5.994
7	Cu xvost	0.5	29.50
8	Pb pt-ya	0.5	27.70
9	Pb-const	0.5	35.964
10	Pb xvost	0.5	12.987
11	Xvost	1	0.1665
12	Ruda-plashatka	1	1.998
13	Pb cons	0.5	35.49
14	Geologik	1	0.066
15	Geologik	1	0.099

1-jadvalda keltirilgan tahlil natijalari "Olmaliq KMK" AJ laboratoriyasida kompleksometrik titrlash orqali olingan bo'lib, ular metallarning butun texnologik zanjir bo'ylab taqsimlanishini ko'rsatadi. Birlamchi rudada qo'rg'oshin miqdori 1,332-1,998% oralig'ida

bo'lsa, yakuniy Pb-konsentratida bu ko'rsatkich 35,96% ga yetganligi boyitish jarayoni va flotatsiyaning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi. Chiqindi (xvost) tarkibida Pb miqdorining atigi 0,1665% ekanligi metallni ajratib olish darajasi maksimal ekanligidan dalolat beradi.

2-jadval

Boyitish fabrikasi turli nuqtalaridan olingan namunalardagi Zn miqdori

T/r	Namuna olish nuqtasi	Massa	Natijalar
1	Ruda	8	3.264 %
2	Cu Pb cons	17	13.872 %
3	Cu Pb xvost	9	3.672 %
4	Zn	67.2	54.835 %
5	Cu Pb pt-ya	19	15.504 %
6	Cu	6	4.896 %
7	Cu xvost	24.5	19.992 %
8	Pb pt-ya	24.5	19.992 %
9	Pb-const	20.5	16.72 %
10	Pb xvost	31.5	25.70 %
11	Xvost	1.5	0.612 %
12	Ruda-plashatka	16	6.528 %
13	Pb cons	21.5	17.54 %
14	Geologik	0.5	0.204 %
15	Geologik	0.2	0.0816 %

Shu bilan birga, geologik namunalar tahlili (0,066%) qo'llanilgan usulning mikro-miqdordlarda ham metrologik ishonchligini isbotlaydi. Namuna massasining metall miqdoriga qarab 0,5 g dan 1,0 g gacha tanlanishi reagent sarfini optimallashtirish va xatolikni minimallashtirish imkonini bergan. Ushbu ma'lumotlar avvalgi diagrammani to'liq asoslab, fabrikada analitik nazoratning o'rni muhimligini namoyon etadi.

Rux miqdorini aniqlashda namuna dastlab 1:1 nisbatdagi xlorid kislotasida (HCl) eritiladi. Tahlilning aniqligini ta'minlash va xalaqit beruvchi elementlarni niqoblash uchun eritmaga ammoniy ftorid (NH₄F) qo'shiladi. Indikator sifatida metil

oranjdan foydalaniladi va titrlash jarayoni issiq muhitda amalga oshiriladi. Metall ionlari Trilon B bilan 1:1 nisbatda barqaror kompleks hosil qilishi natijalarni aniq hisoblash imkonini beradi.

2-jadval ko'rsatkichlari Xondiza boyitish fabrikasida ruxni ajratib olish texnologiyasi yuqori darajada ekanligini tasdiqlaydi. Rudada Zn miqdori 3,264% bo'lgani holda, rux konsentratida (3-nuqta) uning konsentratsiyasi 54,835% ga yetgan, bu esa boyitish jarayonining selektivligidan dalolat beradi. Chiqindi (xvost) tarkibida metall miqdorining 0,612% gacha kamayishi foydali komponentni maksimal darajada ajratib olishga erishilganini ko'rsatadi. Ushbu raqamli ma'lumotlar avvalgi diagramma va texnologik sxema bilan to'liq mos keladi. Murakkab yanchish va klassifikatsiyalash bosqichlaridan so'ng (1-rasm), kompleksometrik usul orqali olingan ushbu natijalar fabrikada real vaqt rejimida texnologik nazoratni ta'minlaydi. Barcha olingan ma'lumotlar laboratoriyaning LIMS dasturida qayta ishlanib, ishlab chiqarish samaradorligini tahlil qilish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Xulosa. Olingan natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, tahlil qilingan mahsulotlar tarkibida metallar miqdori keng diapazonda o'zgarib turadi: qo'rg'oshin uchun 1% dan 70% gacha, rux uchun esa 2% dan 90% gacha bo'lgan ko'rsatkichlar qayd etildi. Bunday keng ko'lamlı farqlanish kon mahsulotlarini qayta ishlashda boyitish va ajratish jarayonlarining samaradorligini xolis baholashda hal qiluvchi omil bo'lib xizmat qiladi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, qo'llanilgan kompleksometrik usul va olingan tahliliy ma'lumotlar boyitish fabrikasidagi texnologik jarayonlarni optimallashtirish, foydali komponentlarning chiqish darajasini nazorat qilish hamda ishlab chiqarish unumdorligini oshirish bo'yicha kompleks baholash ishlarini olib borish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Пршибил, Р. (1960). Комплексоны в химическом анализе. Москва: Мир.
- [2] Wills, B. A., & Finch, J. A. (2015). Wills' mineral processing technology. Butterworth-Heinemann.
- [3] Бусев, А. И. (1977). Аналитическая химия свинца. Москва: Наука.
- [4] ГОСТ 4495-75. (1975). Концентраты цинковые. Методы химического анализа.
- [5] Akramov, X. A., & Abduraxmonov, S. A. (2021). Xondiza polimetall rudalarini boyitish jarayonida rux va qo'rg'oshin ajralib chiqishini texnologik nazorat qilish usullarini takomillashtirish. O'zbekiston konchilik xabarnomasi, (3), 45–48.

- [6] Ismoilov, M. I., & Zakirov, B. S. (2023). Polimetall konsentratlar tahlilida kompleksometrik titrlashning metrologik xarakteristikalarini va iqtisodiy samaradorligini. *Kimyo va kimyo texnologiyasi*, (2), 2–17.
- [7] Umirzoqov, A. A., & Karimov, R. M. (2022). Boyitish fabrikalari mahsulotlarini ekspress-tahlil qilishda zamonaviy kimyoviy-analitik usullarning oʻrni. *Texnika yutuqlari*, (4), 88–92.

UO‘K: 631.82:622.785

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.25

NOKONDITSION FOSFORITLAR VA OQOVA SUVLAR CHO‘KINDILARI ASOSIDA ORGANIK-MINERAL O‘G‘ITLAR OLISH



**Muxammadova Umida
Xusan qizi**

Assistent, Navoiy davlat konchilik
va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail:
talabandki2014@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-0035-2083
Science ID: MNV-0326-0012



**Temirov O‘ktam
Shavkatovich**

Texnika fanlari doktori, professor,
Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti, Navoiy,
O‘zbekiston
E-mail: temirov-2012@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-0598-9335



**Sharipov San‘at Shuxrat
o‘g‘li**

Texnika fanlari doktori, dotsent,
Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti, Navoiy,
O‘zbekiston
E-mail: element_2993@mail.ru
ORCID ID: 0009-0003-2178-852X



**Taxiroya Nargisa
Baxriddinovna**

Dosent, Navoiy davlat konchilik va
texnologiyalar universiteti, Navoiy,
O‘zbekiston
E-mail: taxiroya1983@mail.ru
ORCID ID: 0009-0009-5016-4525
Science ID: FNV-1225-0029

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda nokonditsion fosforit minerallashgan massasi va kanalizatsiya oqova suvlarini biokimyoviy tozalash inshootlarida hosil bo‘ladigan oqova suvlar cho‘kindilari (OSCh) asosida organik-mineral o‘g‘itlar olish imkoniyatlari o‘rganildi. Fosforit va OSCh 90:10 dan 30:70 gacha bo‘lgan og‘irlik nisbatlarida aralashtirilib, 30 % li sulfat kislotasi bilan kalsiy oksidiga nisbatan 50–90 % stixiometrik me‘yorlarda kimyoviy ishlov berildi. Ishlov natijasida hosil bo‘lgan bo‘tqalar suyuq va qattiq fazalarga ajratilib, ularning tarkibidagi umumiy P_2O_5 , organik moddalar, gumin va fulvo kislotalar miqdori tahlil qilindi. Olingan natijalar fosforit ulushi yuqori bo‘lgan namunalarda fosfor miqdori ortishi, OSCh ulushi oshirilganda esa organik moddalar, ayniqsa suyuq faza tarkibidagi fulvo kislotalar miqdorining sezilarli ko‘payishini ko‘rsatdi. Sulfat kislotasi me‘yorining oshirilishi fosforning suyuq fazaga o‘tishini va organik moddalar bilan barqaror komplekslar hosil qilishini ta‘minladi. Tadqiqot natijasida fulvo kislotalarga boy tez ta‘sir etuvchi suyuq o‘g‘it hamda gumin kislotalar ustun bo‘lgan uzoq ta‘sir etuvchi qattiq organik-mineral o‘g‘it olish imkoniyati ilmiy jihatdan asoslandi.

Kalit so‘zlar: fosforit, oqova suvlar cho‘kindisi, organik-mineral o‘g‘it, sulfat kislotasi, gumin kislotalar, fulvokislotalar.

ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННЫХ ФОСФОРИТОВ И ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

**Мухамматова Умида
Хусан кизи**

Ассистент, Навоийский
государственный горно-
технологический университет,
Навои, Узбекистан

**Темиров Уктам
Шавкатович**

Доктор технических наук,
профессор, Навоийский
государственный горно-
технологический университет,
Навои, Узбекистан

**Шарипов Санат
Шухрат угли**

Доктор технических наук,
доцент, Навоийский
государственный горно-
технологический университет,
Навои, Узбекистан

**Тахирова Наргиса
Бахриддиновна**

Доцент, Навоийский
государственный горно-
технологический университет,
Навои, Узбекистан

Аннотация. В данном исследовании изучены возможности получения органоминеральных удобрений на основе некондиционной фосфоритной минерализованной массы и осадков сточных вод (ОСВ), образующихся на сооружениях биохимической очистки канализационных стоков. Смеси фосфорита и ОСВ готовили в массовых соотношениях от 90:10 до 30:70 и подвергали химической обработке 30%-ной серной кислотой в количестве 50–90% от стехиометрической нормы по отношению к оксиду кальция. Полученные пульпы разделяли на жидкую и твёрдую фа-

зы, после чего определяли содержание общего P_2O_5 , органических веществ, гуминовых и фульвокислот. Установлено, что при увеличении доли фосфорита возрастает содержание фосфора, тогда как повышение доли ОСВ приводит к существенному росту органических веществ, особенно фульвокислот в жидкой фазе. Увеличение дозы серной кислоты способствует переходу фосфора в жидкую фазу и образованию устойчивых комплексов с органическими компонентами. По результатам исследования научно обоснована возможность получения быстродействующего жидкого удобрения, обогащённого фульвокислотами, а также пролонгированного твёрдого органоминерального удобрения с преобладанием гуминовых кислот. **Ключевые слова:** фосфорит, осадки сточных вод, органоминеральные удобрения, серная кислота, гуминовые кислоты, фульвокислоты.

PRODUCTION OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS BASED ON OFF-GRADE PHOSPHORITES AND SEWAGE SLUDGE

Mukhammatova Umida
Khusan kizi

Assistant, Navoi State Mining and
Technology University, Navoi,
Uzbekistan

Temirov Uktam
Shavkatovich

Doctor of Technical Sciences,
Professor, Navoi State Mining and
Technology University, Navoi,
Uzbekistan

Sharipov Sanat Shuhrat
ugli

Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor, Navoi State
Mining and Technology University,
Navoi, Uzbekistan

Takhirova Nargiza
Bakhiddinova

Docent, Navoi State Mining and
Technology University, Navoi,
Uzbekistan

Abstract. This study investigates the feasibility of producing organo-mineral fertilizers based on off-grade phosphorite mineralized mass and sewage sludge generated at biochemical municipal wastewater treatment facilities. Phosphorite–sludge mixtures were prepared at mass ratios ranging from 90:10 to 30:70 and chemically treated with 30% sulfuric acid at 50–90% of the stoichiometric requirement relative to calcium oxide. The resulting slurries were separated into liquid and solid phases, and the contents of total P_2O_5 , organic matter, humic acids, and fulvic acids were determined. The results showed that increasing the phosphorite fraction led to higher phosphorus levels, whereas increasing the sludge fraction caused a pronounced rise in organic matter, particularly fulvic acids in the liquid phase. A higher sulfuric acid dosage enhanced phosphorus transfer to the liquid phase and promoted the formation of stable complexes with organic components. The study provides scientific justification for producing a fast-acting liquid fertilizer enriched with fulvic acids, as well as a slow-release solid organo-mineral fertilizer dominated by humic acids.

Keywords: phosphorite, sewage sludge, organo-mineral fertilizers, sulfuric acid, humic acids, fulvic acids.

Kirish. So‘nggi yillarda qishloq xo‘jaligida fosforli o‘g‘itlar samaradorligini oshirish, tabiiy fosforit zaxiralaridan oqilona foydalanish hamda organik chiqindilarni qayta ishlash masalalari global ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, past navli yoki nokonditsion fosforitlarni qayta ishlash orqali qishloq xo‘jaligi ehtiyojiga qo‘shimcha qiymatli mahsulotlar olish, hamda oqova suvlar cho‘kindilari (OSCh) ni agroekologik jihatdan xavfsiz holda organik mineral o‘g‘it sifatida qo‘llash masalalariga keng e‘tibor qaratilmoqda. Bu yo‘nalishdagi ilmiy tadqiqotlar fosforitlarni kislotalar bilan faollashtirish, organik moddalar bilan kompleks hosil qilish va organomineral o‘g‘itlar olish imkoniyatlarini ochib berishda [1-2].

Past navli fosforitlarni qayta ishlash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarda turli mineral kislotalar bilan ishlov berish eng samarali usullardan biri sifatida keng qo‘llanilgan. Ko‘pchilik tadqiqotlarda kalsiyli fosfatlarning kislotalar ta‘sirida parchalanishi, kalsiy tuzlar hosil bo‘lishi va fosfor besh oksidini eruvchan hamda o‘simliklar tomonidan o‘zlashtiriladigan shakllarga o‘tishi keng yoritilgan. Bu borada fosforitlar tarkibidagi CaO miqdoriga bog‘liq holda kislotaning me‘yorini boshqarish zarurligi asoslangan. Shuningdek, fosforitlarni past me‘yorlarda (50-100) kislotali ishlov berish orqali resurs tejamkor o‘g‘itlar olish imkoniyatlari keng taklif etilgan [3-4].

Oqova suvlar cho‘kindilarini qishloq xo‘jali-

gida qayta foydalanish masalasi ham soʻnggi oʻn yilliklarda faol oʻrganilmoqda. OSCh tarkibida organik moddalar, azot, fosfor va kaliyning mavjudligi uni yuqori qiymatli organomineral oʻgʻit xom ashyosiga aylantiradi. Olib borilgan tadqiqotlarda OSCh ni qayta ishlash orqali sanitar xavfsizligini taʼminlash va undan agroekologik maqsadlarda foydalanish mumkinligi qayd etilgan. Yevropa tadqiqotlarida kislotalar bilan ishlov berish OSCh dagi patogen mikroorganizmlarni yoʻq qilish bilan birga, fosforning oʻzlashuvchanligini taʼminlashi isbotlangan [5-6].

Organik moddalar, ayniqsa gumin va fulvo kislotalarning mineral komponentlar bilan oʻzaro taʼsiri organomineral oʻgʻitlar samaradorligini belgilab beruvchi muhim omil hisoblanadi. Bu yoʻnalishdagi tadqiqotlarda gumin va fulvo kislotalarning Ca^{2+} , Fe^{3+} hamda fosfat ionlari bilan barqaror komplekslar hosil qilishi nazariy jihatdan asoslab berilgan. Ilmiy maqolalarda fulvo kislotalarning suvda yuqori eruvchanligi sababli suyuq oʻgʻitlar tarkibida tez taʼsir etuvchi komponent sifatida qoʻllanilishi, gumin kislotalarning esa qattiq fazada saqlanib, uzoq muddatli agrokimyoviy taʼsir koʻrsatishi taʼkidlanadi [7-8].

Soʻnggi tadqiqotlarda fosfat oʻgʻitlarini gumin moddalari bilan birgalikda qoʻllash fosforning tuproqda ballastlar hosil qilishini kamaytirishi va uning oʻsimlik tomonidan oʻzlashuvchanligini oshirishi isbotlangan. Tadqiqotlarda eʼlon qilingan ishlar fosfor–gumin komplekslarining oʻsimlik ildiz tizimi tomonidan yaxshiroq oʻzlashtirilishini koʻrsatadi. Bu esa fosforit va OSCh ni birgalikda qayta ishlash orqali yuqori samarali organomineral oʻgʻitlar olish imkoniyatini ilmiy jihatdan qoʻllab-quvvatlaydi [9-10].

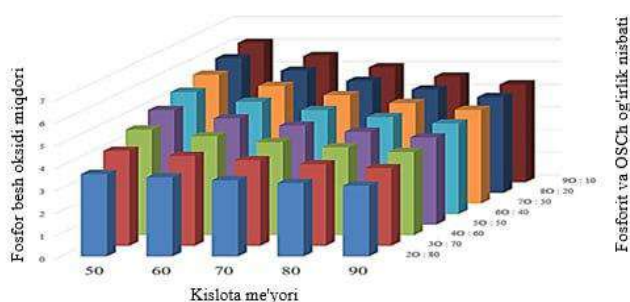
Adabiyotlar tahlili shuni koʻrsatadiki, fosforitlarni kislotalar bilan ishlov berish va OSCh ni oʻgʻit sifatida qoʻllash alohida yoʻnalishlar sifatida etarlicha oʻrganilgan. Biroq fosforit va OSCh ni birgalikda ishlov berish, keyinchalik ulardan suyuq va qattiq fazalarga ajratish hamda ulardan ikki xil tez taʼsir etuvchi suyuq va uzoq taʼsir etuvchi qattiq organomineral oʻgʻit olish masalasi adabiyotlarda kam yoritilgan. Shu jihatdan, mazkur tadqiqot mavjud ilmiy ishlanmalarni birlashtirilgan holda yangi texnologik yondashuvni taklif etishi bilan ajralib turadi va ilmiy yangilikka ega.

Metodika. Ushbu tadqiqotda organomineral

oʻgʻitlar olish imkoniyatlarini baholash maqsadida fosforit minerallashtirilgan massasi va kanalizatsiya chiqindilarini biokimyoviy tozalash stansiyalarida hosil boʻladigan oqova suvlar choʻkindilari (OSCh) boshlangʻich xom ashyo sifatida tanlandi. Tadqiqotda qoʻllanilgan fosforit xom ashyosi quyidagi tarkibga ega boʻldi (ogʻirlik boʻyicha, %): umumiy P_2O_5 -14,49; oʻzlashtiriluvchan P_2O_5 -1,61; CaO -43,81; MgO -1,17; Fe -1,24. OSCh tarkibi esa namlik - 64,12 %, kul - 10,14%, umumiy organik moddalar - 25,74%, gumin kislotalar - 3,12%, fulvo kislotalar-7,58%, suvda eruvchi organik moddalar - 2,27%, P_2O_5 -2,08%, umumiy azot - 1,85%, K_2O - 1,47 %, CaO - 4,79% ni tashkil qildi. Tajriba jarayonida fosforit va OSCh ogʻirlik nisbatlari 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 va 30:70 boʻlgan aralashma namunalari tayyorlandi. Tayyorlangan har bir aralashmaga 30% li sulfat kislotasi bilan kimyoviy ishlov berildi, bunda kislotalar miqdori aralashma tarkibidagi fosforit xom ashyosida mavjud kalsiy oksidiga nisbatan stixiometrik hisob meʼyorida, yaʼni 50, 60, 70, 80 va 90 % miqdorlarda qoʻshildi. Ishlov berish natijasida hosil boʻlgan boʻtqa namunalari fizik-kimyoviy va tarkibiy oʻzgarishlar kuzatildi hamda ularning tarkibiy qismlari kompleks tahlil qilindi. Hosil boʻlgan boʻtqa namunalari sentrifuga yordamida suyuq va qattiq fazalarga ajratildi. Olingan har ikkala fazaning tarkibidagi umumiy P_2O_5 , organik moddalar, gumin va fulvo kislotalar miqdori standart kimyoviy tahlil usullari asosida oʻrganildi.

Olingan natijalar. 1 rasm maʼlumotlari tahliliga koʻra, nokonditsion fosforit va oqova suvlar choʻkindilari (OSCh) asosida olingan boʻtqa tarkibidagi fosfor besh oksidi (P_2O_5) miqdori ogʻirlik nisbati hamda sulfat kislotasi meʼyoriga sezilarli darajada bogʻliq ekanligini yaqqol koʻrsatadi. Bunda, sulfat kislotasi meʼyori ortishi bilan aralashmalarda P_2O_5 miqdori kamayib borganligi aniqlandi. Masalan, fosforit va OSCh 90:10 ogʻirlik nisbatida 50% kislotalar meʼyorida P_2O_5 miqdori 6,16% ni tashkil etgan boʻlsa, kislotalar meʼyori 60% gacha oshirilganda ushbu koʻrsatkich 5,57% gacha, 70% da 5,08% gacha, 80% da 4,67% gacha va 90% meʼyorida 4,32% gacha kamaygan. Bu holat fosforit va OSCh 80:20 va 70:30 nisbatlarda ham kuzatilib, 80:20 nisbatda P_2O_5 5,94% dan (50%) 4,23% gacha (90%) pasaygan, 70:30 nisbatda esa mos ravishda 5,68% dan 4,13%

gacha kamaygan. OSCh ulushi ortib borishi bilan bo'tqa tarkibidagi P_2O_5 umumiy miqdorining pasayishi kuzatildi. Masalan, fosforit va OSCh 60:40 nisbatda P_2O_5 50% kislota me'yorida 5,39% bo'lgan bo'lsa, fosforit va OSCh 50:50 nisbatda esa ushbu qiymatlar mos ravishda 5,06% ni tashkil etgan bo'lsa 30:70 nisbatda P_2O_5 miqdori 50% kislota me'yorida 4,19% bo'lib, 20:80 nisbatda qayd etilib, bu erda P_2O_5 3,63% gacha kamayganligi aniqlangan.

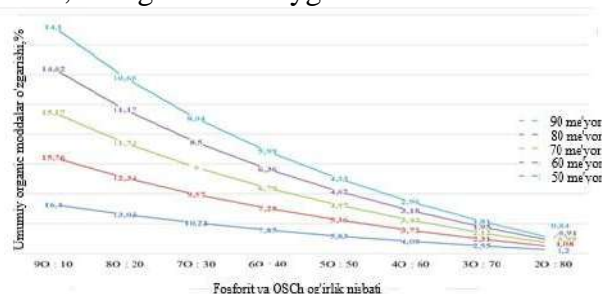


1-rasm. Nokonditsion fosforit va OSCh asosida olingan bo'tqa tarkibidagi fosfor besh oksidi o'zgarishining og'irlik nisbati va kislota meyoriga bog'liqligi (%).

Nokonditsion fosforit va oqova suvlar cho'kindilari asosida olingan bo'tqa tarkibidagi umumiy organik moddalar miqdori o'zgarishi og'irlik nisbati hamda sulfat kislotasi me'yoriga bog'liq bo'lib ekanligini aniq ko'rsatadi. Avvalo, fosforit ulushi yuqori bo'lgan aralashmalarda organik moddalar miqdori past qiymatlarda saqlanib qolgani kuzatiladi. Masalan, fosforit va OSCh 90:10 og'irlik nisbatida umumiy organik moddalar miqdori 50% kislota me'yorida 1,20% ni tashkil etgan bo'lsa, kislota me'yori 90% gacha oshirilganda ushbu ko'rsatkich 0,84% gacha pasaygan bo'lsa, fosforit va OSCh 80:20 nisbatda mos ravishda organik moddalar 2,55 % dan 1,81 % gacha kamaygan. Bu holat fosforit ulushi yuqori bo'lgan aralashmalarda organik moddalar asosan OSCh hisobiga kiritilishi va kislota me'yori oshishi bilan ularning umumiy miqdori kamayishi bilan izohlanadi.

OSCh ulushi ortib borishi bilan bo'tqa tarkibidagi umumiy organik moddalar miqdori keskin oshgani aniqlandi. Fosforit va OSCh 70:30 nisbatda organik moddalar 50% kislota me'yorida 4,08% ni tashkil etgan bo'lsa, 60:40 nisbatda ushbu

qiymat 5,83% gacha, 50:50 nisbatda esa 7,85% gacha etgan. Eng yuqori qiymatlar OSCh ulushi yuqori bo'lgan aralashmalarda kuzatilib, 40:60 nisbatda organik moddalar 10,22% ni, 30:70 nisbatda 13,03% ni va 20:80 nisbatda esa 16,40% ni tashkil etgan. Shu bilan birga, kislota me'yoringing oshishi barcha og'irlik nisbatlarida organik moddalar miqdorining ma'lum darajada kamayishiga olib kelgan. Masalan, fosforit va OSCh 50:50 nisbatda organik moddalar 50% kislota me'yorida 7,85% bo'lgan bo'lsa, 90% da 5,99% gacha pasaygan, 30:70 nisbatda esa ushbu qiymat 13,03% dan 10,66% gacha kamaygan.



2-rasm. Nokonditsion fosforit va OSCh asosida olingan suyuq organik mineral o'g'it tarkibidagi fosfor besh oksidi o'zgarishining og'irlik nisbati va kislota me'yoriga bog'liqligi (%).

1-jadval
Nokonditsion fosforit va OSCh asosida olingan suyuq organik mineral o'g'it tarkibidagi fosfor besh oksidi o'zgarishining og'irlik nisbati va kislota me'yoriga bog'liqligi (%)

Fosforit va OSCh og'irlik nisbati	Kislota me'yori				
	50	60	70	80	90
90:10	5,05	4,21	3,58	3,29	2,95
80:20	4,82	4,00	3,44	3,17	2,86
70:30	4,46	3,62	3,20	2,96	2,68
60:40	4,16	3,35	3,01	2,80	2,55
50:50	3,84	3,06	2,82	2,64	2,41
40:60	3,43	2,68	2,55	2,40	2,21
30:70	2,93	2,19	2,22	2,09	1,94
20:80	2,54	1,77	1,97	1,87	1,74

1-jadvalda keltirilgan natijalar nokonditsion fosforit va oqova suvlar cho'kindilari asosida tayyorlangan bo'tqani sentrifugalash orqali olingan suyuq organik-mineral o'g'it tarkibidagi fosfor besh oksidi (P_2O_5) miqdori og'irlik nisbati hamda sulfat kislotasi me'yoriga bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Bunda fosforit ulushi yuqori bo'lgan aralashmalarda suyuq faza tarkibidagi P_2O_5 miqdori eng katta qiymatlarga ega ekani aniqlandi. Masalan, fosforit va OSCh 90:10 og'irlik nisbatida 50% kislota me'yorida P_2O_5 miqdori 5,05% ni tashkil etgan

bo'lsa, kislota me'yori 60% gacha oshirilganda 4,21% gacha, 70% da 3,58% gacha, 80% da 3,29% gacha va 90% da 2,95% gacha kamaygan. OSCh ulushi ortib borishi bilan suyuq o'g'it tarkibidagi P₂O₅ miqdorining pasayishi aniqlangan bo'lib, fosforit va OSCh 70:30 nisbatda P₂O₅ 50% kislota me'yorida 4,46% ni tashkil etgan bo'lsa, 90% da 2,68% gacha kamaygan, 50:50 nisbatda esa ushbu qiymatlar mos ravishda 3,84% va 2,41% ni tashkil etgan. Eng past qiymatlar OSCh ulushi yuqori bo'lgan 20:80 nisbatda kuzatilib, P₂O₅ miqdori 2,54% dan 1,74% gacha pasaygan.

2-jadval

Nokonditsion fosforit va OSCh asosida olingan suyuq organik mineral o'g'it tarkibidagi umumiy organik moddalar o'zgarishining og'irlik nisbati va kislota meyoriga bog'liqligi (%)

Fosforit va OSCh og'irlik nisbati	Kislota meyori				
	50	60	70	80	90
90:10	0,79	0,70	0,65	0,58	0,51
80:20	1,68	1,51	1,40	1,25	1,10
70:30	2,67	2,43	2,27	2,04	1,81
60:40	3,79	3,49	3,30	2,99	2,66
50:50	5,32	4,97	4,76	4,34	3,90
40:60	6,60	6,27	6,09	5,62	5,09
30:70	8,39	8,14	8,04	7,52	6,88
20:80	10,32	10,25	10,18	9,85	9,15

Nokonditsion fosforit va oqova suvlar cho'kindilari asosida olingan suyuq organik-mineral o'g'it tarkibidagi umumiy organik moddalar miqdori og'irlik nisbatining ta'siri bo'ladi, Bunda fosforit ulushi yuqori bo'lgan fosforit va OSCh 90:10 va 80:20 nisbatlarda organik moddalar miqdori 0,79–1,68% oralig'ida bo'lib, suyuq fazaning asosan mineral xarakterga ega ekanligini ko'rsatadi. Bu holat fosforit tarkibida organik komponentlar deyarli mavjud emasligi va organik moddalarning manbai sifatida OSCh hisobidan ortishi bilan izohlanadi. OSCh ulushi bosqichma-bosqich oshirilishi natijasida (fosforit va OSCh -

70:30 → 20:80) suyuq faza tarkibida umumiy organik moddalar miqdori mos ravishda 2,67% dan 10,32% gacha o'sib, organik moddalar ortishini tasdiqlaydi. Yana bir muhim jihati kislota me'yoring ta'siri bilan bog'liq bo'lib, barcha og'irlik nisbatlarida sulfat kislotasi me'yori 50% dan 90% gacha oshirilganda organik moddalar miqdorining ma'lum darajada pasayishi kuzatiladi. Ayniqsa, OSCh ulushi yuqori bo'lgan fosforit va OSCh 40:60–20:80 og'irlik nisbatlarda organik moddalar miqdorining kamayishi kuzatilgan bo'lib (taxminan 10–12%), bu fulvo kislotalar va past molekulyar organik birikmalarning kislotali muhitda suyuq fazada barqaror saqlanish qobiliyatini ko'rsatadi.

Xulosa. Olingan natijalar fosforit ulushi yuqori bo'lgan aralashmalarda fosfor besh oksidi miqdorining yuqori, biroq organik moddalar ulushining past bo'lishini, OSCh ulushi oshirilishi esa organik moddalar, ayniqsa fulvo kislotalar miqdorining keskin ortishiga olib kelishini aniq ko'rsatdi. Sulfat kislotasi me'yoring 50–90% oralig'ida oshirilishi fosforit mineral fazalarining parchalanishini kuchaytirib, fosforning suyuq fazaga o'tishini hamda organik moddalarning bilan komplekslar hosil qilishiga sharoit yaratdi. Ajratilgan suyuq faza tarkibida fulvo kislotalarga boy, tez ta'sir etuvchi organik-mineral o'g'it, qattiq faza tarkibida esa gumin kislotalar ustun bo'lgan, uzoq ta'sir etuvchi o'g'it olish imkoniyati o'rganildi. Umuman olganda, fosforit va OSCh 60:40–40:60 og'irlik nisbatlari va 60–80% kislota me'yorlari fosfor va organik moddalarning miqdoriy va sifat jihatdan ta'minlab, ekologik xavfsiz, resurs tejamkor hamda ikki xil funksional o'g'it turlarini olishga qaratilgan texnologiya yaratish imkonini berdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Гаспарян, И. Н., & Сорокин, К. Н. (2022). Проблемы производства гуминовых удобрений и их решения. *Агроинженерия*, 24(1), 23–27.
- [2] Роганов, В. Р., Касимова, Л. В., Телянова, А. В., & Елисеева, И. В. (2014). Исследование способов извлечения из низинного торфа гуминовых препаратов. *Современные проблемы науки и образования*, (6), 1411.
- [3] Вишнякова, А. А. (1986). Фосфорные удобрения из каратауских, гулиобских и других фосфоритов. Москва: Химия.
- [4] El-Banna, A. A., & Abd El-Rahman, S. H. (2018). Partial acidulation of phosphate rock and its agronomic effectiveness. *Journal of Plant Nutrition*, 41(12), 1547–1558.

- [5] Stevenson, F. J. (1994). Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation, and characterization. New York: John Wiley & Sons.
- [6] Zhang, H., Wang, X., & Li, Y. (2023). The effective combination of humic acid and phosphate fertilizer on phosphorus availability and crop uptake. *Agronomy*, 13(6), Article 1581.
- [7] Kelessidis, A., & Stasinakis, A. S. (2012). Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*, 32(6), 1186–1195.
- [8] Liu, R., & Zhao, D. (2019). Fulvic acid enhanced phosphorus availability and mobility in calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal*, 83(2), 375–384.
- [9] Harrison, E. Z., Oakes, S. R., & Hysell, M. (2006). Organic chemicals in sewage sludges. *Science of the Total Environment*, 367(2–3), 481–497.
- [10] Rahman, M. M., & Tsukamoto, J. (2014). Chemical transformation of phosphorus during composting and acid treatment of organic wastes. *Bioresource Technology*, 168, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.06.018>

UO‘K: 528:004.9:631.4

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.24

GAT YORDAMIDA AGROEKOLOGIK MONITORING XARITALARINI TAKOMILLASHTIRISH



**Zuxurov Yigitali
Tog'ayevich**

Dotsent, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston
Science ID: FQD-0226-0058



**Aralov Muzaffar
Muxammadiyevich**

Dotsent, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston
E-mail: m.aralov87@mail.ru
ORCID ID: 0009-0002-6038-6817
Science ID: FQD-0925-0031



**Jabborova Roxat
Mannon qizi**

Magistrant, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston



**Umarova Maxfirat
Normuratovna**

Magistrant, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya. Mazkur maqolada geografik axborot tizimlari (GAT) asosida agroekologik monitoring xaritalarini takomillashtirish masalalari kompleks tarzda tahlil qilingan. Yer maydonlarining ekologik holatini baholash va monitoring qilishda raqamli kadastr kartalarini yaratish, ularning aniqligi, to'liqligi va topologik mosligi muhim omil sifatida ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda raqamli kartografiyaning metodologik asoslari, GAT texnologiyalarining imkoniyatlari hamda raqamlashtirish (digitalizatsiya) jarayonlari yoritilgan. Shuningdek, metama'lumotlar tizimi, fazoviy ma'lumotlar sifati va ularning boshqarilishi agroekologik monitoring samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etishi asoslab berilgan. Olingan natijalar yer resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik nazoratni kuchaytirish va zamonaviy raqamli kartografik mahsulotlar yaratishda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: GAT, agroekologik monitoring, kadastr kartalari, raqamli kartografiya, yer maydonlari, topologiya, metama'lumotlar.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАРТ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

**Зухуров Йигитали
Тогаевич**

Доцент, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

**Аралов Музаффар
Мухаммадиевич**

Доцент, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

**Джаборова Рохат
Маннон кизи**

Магистрант, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

**Умарова Махфират
Нормуратовна**

Магистрант, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

Аннотация. В статье комплексно рассмотрены вопросы совершенствования карт агроэкологического мониторинга на основе геоинформационных систем (ГИС). Особое внимание уделено разработке цифровых кадастровых карт для оценки экологического состояния земельных участков, а также их точности, полноте и топологической согласованности. Освещены методологические основы цифровой картографии, возможности ГИС-технологий и процессы цифровизации картографической информации. Также обоснована важная роль метаданных, качества пространственных данных и их управления в повышении эффективности агроэкологического мониторинга. Полученные результаты могут быть использованы для рационального использования земельных ресурсов, усиления экологического контроля и создания современных цифровых картографических продуктов.

Ключевые слова: ГИС, агроэкологический мониторинг, кадастровые карты, цифровая картография, земельные участки, топология, метаданные.

IMPROVEMENT OF AGROECOLOGICAL MONITORING MAPS USING GIS

**Zukhurov Yigitali
Togayevich**

Docent, Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan

**Aralov Muzaffar
Mukhammadievich**

Docent, Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan

**Jaborova Rohat Mannon
kizi**

Master's student, Karshi State
Technical University, Karshi,
Uzbekistan

**Umarova Makhfirat
Normuratovna**

Master's student, Karshi State
Technical University, Karshi,
Uzbekistan

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of improving agroecological monitoring maps using Geographic Information Systems (GIS). Particular attention is paid to the development of digital cadastral maps for assessing the ecological condition of land plots, as well as their accuracy, completeness, and topological consistency. The methodological foundations of digital cartography, the capabilities of GIS technologies, and digitization processes are discussed. The study also highlights the important role of metadata, spatial data quality, and data management in enhancing the effectiveness of agroecological monitoring. The obtained results can be applied to rational land use, strengthening environmental control, and the development of modern digital cartographic products.

Keywords: GIS, agroecological monitoring, cadastral maps, digital cartography, land plots, topology, metadata.

Kirish. So‘nggi 5–10 yilliklarda geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalaridan foydalanish va ularni amaliyotga joriy etish turli sohalarda muhim ahamiyat kasb etib, zamonaviy axborot infratuzilmasining ajralmas qismiga aylangan. GAT texnologiyalarining rivojlanishi kartografiya fanining yangi bosqichga o‘tishiga sabab bo‘ldi. Jumladan, 1987-yilda Xalqaro kartografiya kengashi tomonidan elektron kartografiya va GAT elementlarini rivojlantirishga qaratilgan ikki ishchi guruh tashkil etilgan. Ushbu guruhlar faoliyati natijasida 1989-yilda kartografiya “geografik ma’lumotlar bazasini tashkil etishning grafik va raqamli shakli” sifatida talqin qilindi. Mazkur yondashuv axborotni yig‘ishdan boshlab uni qayta ishlash va taqdim etishgacha bo‘lgan barcha jarayonlarni qamrab oladi.

Shu bilan birga, ushbu yondashuv kartografiya mutaxassislari orasida muhokamalarga sabab bo‘lgan. Ko‘plab tadqiqotchilar kartografiyaning texnologik jihatlari hali to‘liq darajada informatikada asoslab berilmaganligini ta’kidlaydilar. Xususan, har qanday raqamli kartografik mahsulot ma’lum darajada xatolik bilan shakllanishi mumkin. Shu bois hozirgi kunda raqamli kartografiyaning asosiy vazifalaridan biri yuqori aniqlikdagi kartografik mahsulotlarni yaratishdan iborat. Natijada raqamli kartografiya an’anaviy qog‘oz kartografiyasining mantiqiy davomi sifatida

qaraladi.

Tadqiqot usullari. Mazkur tadqiqotda raqamli kartografiya va geografik axborot tizimlari (GAT) imkoniyatlarini tahlil qilish orqali agroekologik monitoring xaritalarini takomillashtirish usullari o‘rganildi. Tadqiqot jarayonida kartografik ma’lumotlarning aniqligi va sifati GAT dasturiy paketlarining texnologik darajasi hamda ma’lumotlar bazasining to‘liqligiga bog‘liqligi asoslab berildi. Raqamli kartografiyada aniqlik tushunchasi, avvalo, kartografik ma’lumotlarni raqamli shaklga o‘tkazishda geometrik parameterlarning to‘g‘ri aks ettirilishi bilan izohlandi.

Shuningdek, axborot bilan ta’minlanganlik darajasi, ma’lumotlarni uzatish sifati va ichki strukturaning to‘g‘ri tashkil etilishi raqamli kartografik mahsulotlarning ishonchliligini belgilovchi asosiy omillar sifatida ko‘rib chiqildi. GAT tizimlarida kartografik modellashtirish ko‘p qatlamli vektor xaritalar asosida amalga oshirilib, bu qatlamlar o‘zaro topologik bog‘liqlikda ishlashi zarurligi ta’kidlandi.

Tadqiqotda GATning tematik kartografiyadagi metodologik va texnologik imkoniyatlari ham keng yoritildi. Xususan, kompyuter grafikasi asosida murakkab tematik xaritalarni avtomatlashtirilgan tarzda yaratish, kartografik ko‘rsatkichlar va shartli belgilarni generatsiya qilish imkoniyatlari tahlil qilindi. Bundan tashqari, GAT

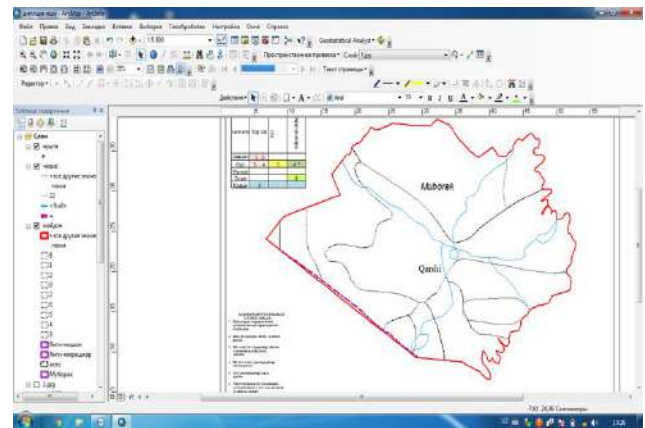
texnologiyalarining yuqori samaradorligi ma'lumotlarni tezkor izlash, nazariy hisob-kitoblarni amalga oshirish hamda kartografik mahsulotlarni vizual rasmiylashtirish jarayonlarida namoyon bo'lishi asoslab berildi.

Muhokama. Ko'p o'lchovli parametrlar tushunchasi zamonaviy kartografiyada muhim o'rin tutib, uch, to'rt va besh o'lchamli fazoviy ma'lumotlarni ifodalash imkonini beradi. Hozirgi bosqichda elektron tematik kartalar multimedia elementlari, jumladan, tovush va video tasvirlar bilan boyitilib, foydalanuvchilarga kengaytirilgan interaktiv imkoniyatlarni taqdim etmoqda. Tarixan ilk elektron tematik kartalar 1984–1986-yillarda Kanadada yaratilgan bo'lib, ular kartografik axborotni vizual va interaktiv shaklda taqdim etishning yangi bosqichini boshlab berdi.

Zamonaviy elektron kartalar bilan ishlash jarayonida foydalanuvchilar bir vaqtning o'zida bir nechta tematik xaritalarni turli shakllarda ko'rish, ularni tahrirlash yoki yangi kartalar yaratish, xaritalarni istalgan masshtabda ko'rib chiqish, obyektlarni ajratib ko'rsatish, geografik tanlashlar asosida tahlil qilish hamda modellashtirish kabi imkoniyatlarga ega bo'ladi. Hozirgi vaqtda bunday kartalar Atlas*GIS kabi dasturiy paketlar yordamida yaratilmoqda.

GAT texnologiyalaridan foydalanishda dastlab operator monitor ekranida aks ettirilgan skanerlangan kartografik tasvir bilan ishlaydi. Ushbu tasvir keyinchalik raqamlashtirish jarayoniga jalb qilinadi. Raqamlashtirish (digitalizatsiya) – bu rastrli tasvirlarni vektorli ko'rinishga o'tkazish orqali raqamli kartalar va tematik qatlamlar yaratish jarayonidir. Mazkur jarayon davomida kartografik generalizatsiya ishlari ham bir vaqtda amalga oshiriladi.

GAT asosida kartalar yaratish texnologiyasi nafaqat tematik qatlamlarni shakllantirishni, balki ularni tahrirlash va boshqarishni ham o'z ichiga oladi. Kartografik qatlamlar shaffof varaqlar tizimi sifatida tasavvur qilinib, har bir qatlamda geografik asos elementlari — gidrografiya, aholi punktlari, ma'muriy chegaralar, yo'llar va boshqa obyektlar alohida aks ettiriladi. Shu bilan birga, xaritaning maxsus mazmuniy elementlari ham qo'shimcha qatlamlarda ifodalanadi. Ushbu qatlamlarning o'zaro ustma-ust joylashuvi natijasida yagona kartografik tasvir shakllanadi.

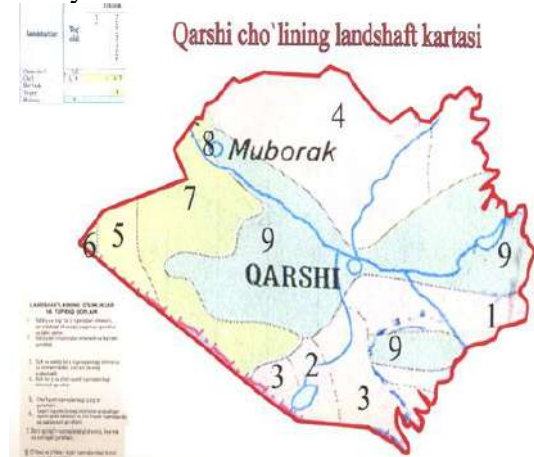


1-rasm. ArcGis dasturida yer maydonlarini agroekologik monitoring holatini ajratib ko'rsatilishi.

Qatlamlarni raqamlash ba'zi xususiyatlarga ega. Kartaning mazmunli elementlarini raqamlashda, har bir element ichidagi nim qatlamlarni farqlash zarur, ya'ni:

- yuza (maydon ko'rinishdagi obyektlar);
- yoy (yoy ko'rinishdagi obyektlar);
- nuqta (nuqtaviy obyektlar).

Raqamli karta - bu ma'lum ma'noda o'zaro bog'liq bo'lgan ma'lumotlarning tartibga tushgan to'plami bo'lib, yer yuzining qabul qilingan koordinatalar tizimidagi raqamli modelini ifodalaydi.



2-rasm. ArcMap dasturida yer maydonlarini agroekologik monitoring landshaft kartasini ko'rinishi.

Joy obyektlarining hamma zarur komponentlarini ifodalovchi axborotni talqin qilish, metrik va semantik ma'lumotlar to'plami raqamli karta sifatida qabul qilinishi uchun ular qator talablarga javob berishi kerak. Hozirgi paytda hatto Rossiyada

ham agroekologik raqamli kartasining sifatiga talablar qo'yadigan hech qanday standartlar yo'q. Raqamli topografik kartalar sifatiga talablar bor. Unda 1:10 000 va undan mayda masshtabli dastlabki kartografik materiallar asosida yaratiladigan raqamli kartalarga quyiladigan asosiy talablar keltirilgan.

Mazkur standartda topografik kartalar sifatiga, ya'ni raqamli kartaning to'liqligi, raqamli kartaning aniqligi, obyektlar va tavsifnomaning to'g'riligi, raqamli karta va unda keltirilgan obyektlarni kartografik tuzilishi mantiqan to'g'ri tanlangan bo'lishi kabi asosiy talablar berilgan.

Ushbu ko'rsatkichlarga birinchi navbatda kelishi zarur bo'lgan yana bir ko'rsatkichni-raqamli kartada mavjud bo'lgan, ma'lumotlarning metrik komponentini tashkil etadigan, vektor ma'lumotlarning topologik jihatdan mos kelishligini qo'shib quyish kerak.

Topologik jihatdan moslik - bu vektor ma'lumotlarning topologik xossalari quyilgan barcha talablarni qanoatlantirishidir. Topologik moslikning talablari raqamli karta tuzish uchun foydalanilgan ma'lumotlar turkumiga bog'liq ravishda o'zgarishi mumkin, ammo barcha holatlarda ular aniq ifodalangan bo'lishi shart. Barcha vektorli raqamli kartalar uchun qo'llanilishi mumkin bo'lgan vektorli ma'lumotlarning topologik mosligiga quyidagi umumiy talablarni belgilash mumkin:

- maydonli obyektlar chegaralari yopilgan bo'lishi kerak, ya'ni konturning dastlabki nuqtasi koordinatalari oxirgi nuqta koordinatalari bilan bir xil bo'lishi kerak;

- chiziqli obyektlarning uzilishiga yo'l quyilishi mumkin emas;

- agar ma'lumotlarni topologik vektorli modeli ishlatilayotgan bo'lsa, yana yuqoridagi talablarga quyidagilarni qushish lozim:

- konturli obyektlar chegarasi sifatida ishlatiladigan chiziqlar kesishish joyida tugunlar hosil bo'lishi, chiziqlar esa alohida konturli elementlariga bo'lingan bo'lishi kerak.

Raqamli kartaning to'liqligi quyidagi ko'rsatkichlar bilan belgilanadi: raqamli kartaning pasportini bo'lishi, uni tuldishini to'liqligi va to'g'riligi, obyekt tarkibi va tasnifining to'liqligi va boshqalar.

Raqamli karta pasporti - bu kartaning umumiy

tavsifi haqidagi ma'lumotlar tuplami (metama'lumotlar). Elektron kartalar metama'lumotlari - bu elektron kartaning mazmuni, hajmi, ma'lumotlari fazoviy joylashishi, sifati, aniqligi, to'liqligi, ishonchligi, zamonaviyligi va boshqa tavsifnomasini ifodalovchi ma'lumotlar, shuningdek, elektron kartalarni tuzish yoki uni yangilashda qo'llaniladigan geodezik, gravimetrik, fotogrammetrik va kartografik ma'lumotlar hamda elektron kartalardan foydalanish to'g'risidagi ma'lumotlardir.

Ushbu standartlarga mos ravishda metama'lumotlar fazoviy ma'lumotlarning nihoyatda to'la umumiy tavsifnomasiga ega bo'lishi kerak va quyidagi axborotlarni o'z ichiga olmog'i lozim:

- metama'lumotlarni bergan tashkilot;

- raqamli kartani tayyorlagan tashkilot;

- ma'lumotlar sifati, aniqligi, to'liqligi, generalizatsiya mezonlari;

- mahsulot turi izoxlangan matn;

- manbalarni, dastlabki ma'lumotlarni to'plash usuli;

- koordinatalar tizimi, kartografik proeksiya va ellipsoid;

- kartaga olinayotgan hudud haqida ma'lumotlar va boshqalar.

Shuni aytib o'tish joizki, mazkur standart metama'lumotlar mazmuniga umumiy talablarni qo'yadi, lekin raqamli kartalar pasporti mazmuni mukammal holatda qandaydir me'yoriy hujjatlar bilan cheklanmagan.

Raqamli karta tarkibining obyektiv to'liqligi - bu joydagi real borliqqa mos ravishda hamma talab etilgan qoidalarga mos holda kartaga olinayotgan obyektlarning tasnifi bo'yicha raqamli kartada tasvirlanishidir. Obyektlar uchun klassifikatorlar talablariga mos ravishda qiymatlar keltirilgan bo'lishi lozim.

Raqamli kartaning aniqligi - uning metrik axborotlarda obyektlar konturlari nuqtalari koordinatalarining aniqligi bilan ifodalanadi. Me'yoriy texnik hujjatlar talablarida aniqlik ko'rsatkichi sifatida obyektlar konturlari nuqtalari koordinatalari ularga yaqin joylashgan nuqtalarga nisbatan planli o'rning o'rta kvadratik xatoligi qiymati orasidagi farq olingan. Hozirgi paytda amaldagi me'yoriy texnik hujjatlar ruxsat etilgan o'rta kvadratik xatoni 0,5 mm deb belgilagan. Obyektlar identifikatsiyasi va tavsiflarning

to'g'riligi - bu raqamli karta tuzilishida klassifikatorga mos ravishda obyektlar identifikatsiyasi, kodi va tavsifnomasining to'g'riligidir.

Raqamli kartaning tarkibi va undagi obyektlarni ifodalashning mantiqiy muvofiqligi - bu ma'lumotlar uchun foydalanilgan mantiqiy modellar va formatlarning talablarni qanoatlantirishidir. Agar gap mahsulotni iste'molchiga uzatish haqida ketayotgan bo'lsa, unda bunga ma'lumotlarni almashishni ham kiritish zarur, bu ko'rsatkich yana ma'lumotlar yaxlit yoki bir-biriga zid emasligini bildiradi. Bu juda muhim ko'rsatkich

(lekin unga ko'p hollarda e'tibor berilmaydi), ma'lumotlar yaxlitligi (bir butunligi) xatolikni aniqlaydi, lekin u ko'p hollarda sermehnat va mashaqqatli jarayon hisoblanadi.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, raqamli karta uchun barcha grafikli obyektlarga berilgan tuzatma obyektlar jadvalida keltirilgan bo'lishi lozim. Agar obyekt tavsifga ega bo'lsa, grafikli obyekt atributlari shu jadvalda yozilgan bo'lishi kerak. Boshqa tomondan atributlar jadvalidagi muayyan yozuv faqat bittagina grafikli obyekt bilan bog'langan bo'lishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems* (4th ed.). Wiley.
- [2] Burrough, P. A., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of geographical information systems* (3rd ed.). Oxford University Press.
- [3] Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- [4] Weng, Q. (2010). *Remote sensing and GIS integration: Theories, methods, and applications*. McGraw-Hill.
- [5] Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- [6] ESRI. (2020). *GIS fundamentals: A first text on geographic information systems*. ESRI Press.
- [7] DeMers, M. N. (2009). *Fundamentals of geographic information systems* (4th ed.). Wiley.
- [8] Аликулов, Ф., & Аралов, М. (2022). Рельефнинг рақамли моделларини учувчисиз ўқиш аппаратлари ёрдамида яратиш. *Innovatsion Texnologiyalar*, 1(4), 131–134. <https://ojs.qmii.uz/index.php/it/article/view/127>
- [9] Zukhurov, Y., & Nomdorov, R. (2024). Dolzarb issues affecting the mining process in Teraqoton mine. *Universum: технические науки*, 8(5), 31–34.
- [10] Nomdorov, R. U., Zukhurov, Y. T., & Islomov, M. A. (2024). Current issues affecting the mineral extraction process at the Tyubegatan mine. *Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности*, 2(4), 70–73.
- [11] Aralov, M. M. (2024). Bo'lajak muhandislarning grafik tayyorgarligini rivojlantirishda pedagogik sharoitlar va o'quv-uslubiy ta'minot. *Research and Education*, 3(10), 71–75.

UO‘K: 676.017:620.186

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.26

PLANETAR-VALIKLI EKSTRUZIYA USULI BILAN QAYTA ISHLANGAN
YOVOYI ARPA SELLYULOZASINING MORFOLOGIK VA
MIKROSTRUKTURA XUSUSIYATLARINI SEM TAHLILI



**Qarshiyev Nurali
Xoliqulovich**

Asiscent, Denov tadbirkorlik va
pedagogika instituti, Denov,
O‘zbekiston
E-mail:
qarshiyevnurali0@gmail.com
ORCID ID: 0009-0007-2615-4816
Science ID: MSD-0525-0032



**Khusenov Arslonnazar
Shernazarovich**

Kafedra mudir, Toshkent kimyo-
texnologiya instituti, Toshkent,
O‘zbekiston
E-mail: syk@tkti.uz
ORCID ID: 0009-0000-3305-1355
Science ID: PQD-0825-0004



**Eshqurbonov Furqat
Bozorovich**

Professor, Termiz davlat
muhandislik va agrotexnologiyalar
universiteti, Termiz, O‘zbekiston
E-mail: furqat-8484@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-3182-9407
Science ID: DSD-0225-0001



**Abdullayeva Rayxona
Ilhom qizi**

Talaba, Termiz davlat muhandislik
va agrotexnologiyalar universiteti,
Termiz, O‘zbekiston
E-mail: rayxona8306@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-2562-3687
Science ID: BSD-0226-0011

Annotatsiya. Ushbu maqolada noan'anaviy xomashyo manbai - yovvoyi arpa (*Hordeum murinum*) o'simligi poyasidan sellyuloza ajratib olish jarayoni va olingan mahsulotning xususiyatlari tadqiq etilgan. Olingan sellyulozaning strukturaviy va morfologik xususiyatlari IQ-spektroskopiya (FTIR) hamda skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usullari yordamida o'rganildi. Tadqiqotning o'ziga xosligi shundaki, olingan namunaning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari an'anaviy paxta va zig'ir sellyulozalari bilan qiyosiy tahlil qilindi. IQ-spektrlar tahlili namunalar o'rtasida funksional guruhlarning o'xshashligini tasdiqladi, SEM tasvirlari esa yovvoyi arpa sellyulozasining o'ziga xos tola tuzilishi va mikromorfologiyasini namoyon etdi. Olingan natijalar Yovvoyi arpa sellyulozasining sifat ko'rsatkichlari bo'yicha an'anaviy xomashyolarga yaqinligini va undan olingan polimer kompozitlari samarali to'ldiruvchi sifatida foydalanish imkoniyatini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Yovvoyi arpa, paxta sellyulozasi, zig'ir sellyulozasi, qiyosiy tahlil, IQ-spektroskopiya, SEM-analiz, morfologiya, polimer kompozitlar.

АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И МИКРОСТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДИКОРАСТУЩЕГО ЯЧМЕНЯ, ПЕРЕРАБОТАННОЙ
МЕТОДОМ ПЛАНЕТАРНО-ВАЛИКОВОЙ ЭКСТРУЗИИ, С ПОМОЩЬЮ
СЭМ

**Каршиев Нурали
Холикулович**

Ассисент, Денауский институт
предпринимательства и
педагогика, Денау, Узбекистан

**Хусенов Арслонназар
Шерназарович**

Заведующий кафедрой,
Ташкентский химико-
технологический институт,
Ташкент, Узбекистан

**Эшкурбонев Фуркат
Бозорович**

Профессор, Термезский
государственный университет
инженерии и агротехнологий,
Термез, Узбекистан

**Абдуллаева Райхона
Ильхом кизи**

Студентка, Термезский
государственный университет
инженерии и агротехнологий,
Термез, Узбекистан

Аннотация. В данной статье исследован процесс выделения целлюлозы из стеблей дикого ячменя (*Hordeum murinum*), нетрадиционного источника сырья, а также изучены свойства полученного продукта. Структурные и морфологические характеристики полученной целлюлозы исследованы методами ИК-спектроскопии (FTIR) и сканирующей электронной микроскопии

(СЭМ). Особенность исследования заключается в сравнительном анализе физико-химических показателей полученного образца с показателями традиционной хлопковой и льняной целлюлозы. Анализ ИК-спектров подтвердил сходство функциональных групп образцов, а изображения СЭМ продемонстрировали характерную волокнистую структуру и микроморфологию целлюлозы дикого ячменя. Полученные результаты показали, что целлюлоза из дикого ячменя по качественным показателям близка к традиционному сырью и может быть использована в качестве эффективного наполнителя для полимерных композитов.

Ключевые слова: Дикий ячмень, хлопковая целлюлоза, льняная целлюлоза, сравнительный анализ, ИК-спектроскопия, СЭМ-анализ, морфология, полимерные композиты.

SEM ANALYSIS OF THE MORPHOLOGICAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF WILD BARLEY CELLULOSE PROCESSED BY THE PLANETARY-ROLLER EXTRUSION METHOD

**Karshiev Nurali
Khalikulovich**

Assistant, Denau Institute of
Entrepreneurship and Pedagogy,
Denau, Uzbekistan

**Khusenov Arslonnazar
Shernazarovich**

Head of Department, Tashkent
Chemical-Technological Institute,
Tashkent, Uzbekistan

**Eshkurbanov Furkat
Bazarovich**

Professor, Termez State University
of Engineering and
Agrotechnologies, Termez,
Uzbekistan

**Abdullaeva Raykhon
Ilkhom kizi**

Student, Termez State University of
Engineering and Agrotechnologies,
Termez, Uzbekistan

Abstract. This article investigates the process of extracting cellulose from the stem of a non-traditional raw material source - wild barley (*Hordeum murinum*) - and examines the properties of the resulting product. The structural and morphological properties of the extracted cellulose were studied using Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM). A unique aspect of this research is the comparative analysis of the physicochemical indicators of the obtained sample against those of traditional cotton and flax celluloses. Analysis of the FTIR spectra confirmed the similarity of functional groups among the samples, while SEM images revealed the distinct fiber structure and micromorphology of wild barley cellulose. The results indicate that the quality indicators of wild barley cellulose are comparable to those of traditional raw materials, demonstrating its potential for use as an effective filler in polymer composites.

Keywords: Wild barley, cotton cellulose, flax cellulose, comparative analysis, FTIR spectroscopy, SEM analysis, morphology, polymer composites.

Kirish. Bugungi kunda o'rmonlarning kesilishi dunyoning asosiy global ekologik muammolaridan biri sanaladi. Shu sababli, tarkibida selluloza mavjud bo'lgan, yog'ochdan olinmagan xomashyolardan foydalanish tendensiyasi yuzaga kelmoqda. Buni sholi va bug'doy somoni, qishloq xo'jaligi chiqindilari, g'ozapoya, zig'ir va makkajo'xori poyalari kabi noan'anaviy manbalardan selluloza olish usullarini ishlab chiqishga bag'ishlangan ko'plab ilmiy nashrlar ham tasdiqlaydi [1].

Jahon amaliyotida o'simlik xomashyosining barcha turlaridan selluloza ishlab chiqarishda sulfat (natriy gidroksid va natriy sulfid) hamda sulfit usullari eng keng tarqalgan texnologiyalar hisoblanadi [2]. Biroq, hozirda ishlab chiqarishda

tarkibida oltingugurt bo'lgan birikmalar va faol xlardan foydalanish ekologik jihatdan nomaqbul deb topilmoqda.

Ko'plab mualliflarning asarlarida o'simlik xomashyosini delignifikatsiyalashning turli muqobil usullari taklif etilgan. Delignifikatsiyalashning zamonaviy texnologiyalari quyidagi yo'nalishlarda rivojlanmoqda: birinchidan, an'anaviy reagentlarni ekologik xavfsiz moddalar bilan almashtirish; ikkinchidan, reagentli usullarni fizikaviy yoki fizik-kimyoviy usullar bilan almash-tirish; uchinchidan, avvalgi ikki yondashuvni birgalikda qo'llash.

Mualliflarning ushbu [3] ishda vodorod peroksidi yordamida 100°C ga yaqin haroratda, sulfat katalizatori ishtirokida terakning oksidlovchi

delignifikatsiya jarayoni o'rganilgan. Bu usul bilan mikrokristallik sellyuloza olishning prinsipial imkoniyati ko'rsatilgan. Xuddi shu usul bug'doy somonidan oziq-ovqat tolalarini olish uchun ham tavsiya etilgan. Etanol-suv-sirka kislotasi tizimida ignabargli va keng bargli daraxtlar yog'ochining organosolvat delignifikatsiyasi va tolali yarim tayyor mahsulotlar olish ushbu [4] ishda tadqiq qilingan. Ushbu ish mualliflari bug'doy somonini delignifikatsiya qilish jarayoniga mexanik-kimyoviy faollashtirish usulini taklif qilishgan. Bu usul dastlab ultratovush bilan ishlov berish va rotor-impulsi qurilmada emulsiyalashni o'z ichiga oladi. Shunday yo'l bilan tayyorlangan lignotsellyuloza preparatlari glyukoza-pentoza gidrolizatini olish uchun istiqbolli substratlar hisoblanadi.

Ignabargli va yaproqli daraxtlar hamda paxta bilan bir qatorda, o'tsimon bir yillik o'simliklar ham sellyuloza ishlab chiqarish uchun muhim xomashyo manbai hisoblanadi. O'tsimon o'simliklar - lub, boshqoqli, butgulli, qamishli va qo'ng'irboshli ekinlar yuqori hosildorligi va keng hududlarda etishtirilish imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Ular Rossiya Federatsiyasining va O'zbekiston Respublikasining [5-7] ko'plab hududlarida o'stiriladi va ekilgandan bir necha oy o'tgach, texnologik foydalanishga tayyor bo'ladi [8].

Umuman olganda, butun dunyo bo'yicha o'tsimon o'simliklar qog'oz va karton ishlab chiqarish uchun xomashyoning oz qismini tashkil etadi. Biroq, ba'zi mamlakatlarda sellyuloza tolasi-ning 60% ga yaqini ko'p yillik va bir yillik o'tsimon o'simliklardan, jumladan sholi poyasi, bambuk, kanop, qamish, o't, jut, zig'ir, sizal va boshqalardan olinadi. Ayniqsa, Xitoy va Hindistonda sellyuloza sanoatida ishlatiladigan xomashyoning 70% o'tsimon o'simliklar, shu jumladan, boshqoqli o'simliklardan olinadi va bu ikki mamlakatga jami o'tsimon o'simliklar sellyulozasi ishlab chiqarishning 80% to'g'ri keladi. Rossiyada boshqoqli va donli ekinlarning somon to'plash miqdori yiliga 80-100 million tonnani tashkil etadi [9]. Bunda, odatda, ortiqcha somon maqsadli ishlatilmaydi va dalalarda yoqiladi yoki yerga qo'shib haydaladi. Somonni yoqib yuborish tuproqdagi ekologik muvozanatni buzadigan jarayondir, chunki mikroflora nobud bo'ladi va tuproq uzoq vaqt davomida o'ziga xos bo'lgan mikrobiotsenozni, ya'ni unumdorligini yo'qotadi.

Sellyuloza ishlab chiqarishda o'zining shakli va o'lchamlari bilan bargli daraxt turlarining libriform tolalariga o'xshash bo'lgan lub tolalari eng qimmatli hisoblanadi. Xususan, somon lub tolalarining o'rtacha uzunligi 1-1,5 mmni, uzunligining kengligiga nisbati esa o'rtacha 50-100:1 oralig'ini tashkil etadi [10].

Somonni qayta ishlashda qo'llaniladigan pishirish qurilmalari uzluksiz va davriy ishlaydigan turlarga bo'linadi. Xususan, davriy usul yordamida somon va qamishdan natron hamda sulfat usulida pishirish jarayonini amalga oshirishda, asosan, hajmi 10-60 m³ bo'lgan sharsimon pishirish qozonlaridan foydalaniladi. Somonni uzluksiz texnologiya asosida qayta ishlashda esa turli xil konstruksiyadagi qurilmalar ishlatiladi. Ular orasida eng ko'p tarqalgani - pishirish qozonlari soni ikkitadan oltitagacha bo'lgan Pandiya (Pandia) turidagi uzluksiz ishlovchi qurilmalardir.

Materiallar va tadqiqot usullar. Tadqiqot obekti sifatida Surxondaryo viloyati hududidan yig'ib olingan yovvoyi arpa (*Hordeum murinum*) o'simligining poyalari tanlab olindi. Xomashyo yot jinslardan tozalandi, quyosh nuridan himoyalangan sharoitda quritildi va laboratoriya tegirmonida namunalari 1-3 mm o'lchamgacha maydalandi. Qiyosiy tahlil uchun standart sifatida sanoatda ishlab chiqarilgan paxta sellyulozasi (GOST 595-79) va zig'ir sellyulozasidan foydalanildi.

Sellyulozaning mikroskopik tadqiqotlari MIKROMED 1 (3 LED) mikroskopi orqali amalga oshirildi.

Tadqiqotda yovvoyi arpa somonidan sellyuloza ajratib olish jarayoni 2,0-3,5 massa, % konsentratsiyali ishqor eritmasida, 1:10 gidromodulda, tarkibida 0,2 massa, % vodorod peroksid hamda 0,3 massa, % sirt-faol modda (Sintanol ALM-10) saqlagan muhitda olib borildi. Pishirish jarayoni 93°C haroratda 80-110 daqiqa davomida amalga oshirilib, tizimning reaksiya qobiliyatini oshirish maqsadida ishlov boshlanganidan 25 daqiqa o'tgach termo-fizik-kimyoviy faollashtirish bosqichi kiritildi. Termo-fizik-kimyoviy faollashtirish jarayoni bir necha usulda, jumladan, pishirish eritmasini sellyuloza tarkibli aralashma bilan birgalikda I/100-6/4 qurilmasida 8 daqiqa davomida ultratovush ta'sirida qayta ishlash hamda namligi 85-92% bo'lgan materialni metall taglik va siquvchi valdan tashkil topgan valli tekislagichda mexanik

destruksiyalash orqali bajarildi. Termo-fizik-kimyoviy faollashtirish qurilmasi sifatida planetar-valikli ekstruder qo'llanilganda, dastlabki ishqoriy ishlovdan o'tgan (4% NaOH, 0,2% H₂O₂, 0,2% Sintanol ALM-10, τ=80 daqiqa, T=85-90°C) va me'yoriy namlikkacha siqilgan selluloza tarkibli aralashma ekstruderning ishchi zonasiga yo'naltirildi. Planetar-valikli ekstruder qurilmasi uch fazali tok dvigateli va ponasimon tasmali reduktor tizimi orqali harakatga keltirilib, uning markaziy shnegi 1 tadan 8 tagacha modulli zonalarni o'z ichiga oladi. Har bir ishchi zona 4 tadan 8 tagacha yo'ldosh valiklar (satellitlar) bilan jihozlangan bo'lib, bu konstruksiya materialga kuchli mexanik va gidrodinamik kuchlanishlar berish orqali sellulozaning yuqori disperslikdagi strukturasi shakllantirishga xizmat qiladi.



1-rasm. Taklif etilgan texnologiyaga ko'ra ishlov berilgandan so'ng selluloza tarkibli materiallar, bunda termo-fizik-kimyoviy faollashtirish qurilmasi sifatida planetar-valikli ekstruder qo'llanilgan:

a - paxta; b - zig'ir; v - beda; g - yovvoyi arpa.

Termo-fizik-kimyoviy faollashtirish sharoitidagi natronli pishirish jarayoni yakunlangach, olingan selluloza massasi press-filtrlash usuli yordamida muhitning vodorod ko'rsatkichi (pH) neytral holatga kelguncha yuvildi. Namunalar ochiq havoda yoki quritish shkafida qoldiq namlik miqdori 3-8% bo'lgunga qadar quritilib, MOLOT 200/400/800 bolg'ali maydalagichda dispers holatga keltirildi va ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari tadqiq etildi. Qiyosiy tahlil uchun qo'llanilgan zig'ir va paxta tolalariga ishlov berish jarayoni somon namunalariga o'xshash texnologik siklda amalga oshirildi. Bunda dastlabki xomashyoga boshlang'ich ishlov berish (zig'ir tolasi uchun ishqoriy, paxta tolasi uchun suvli-gidrolitik), so'ng-planetar-valikli ekstruderda ekstruzion destruksiyalash, yuvish (paxta sellulozasidan tashqari), quritish va maydalash bosqichlari bajarildi. Taklif etilgan usul yordamida olingan selluloza tarkibli aralashma, bunda termo-fizik-kimyoviy faol-

lashtirish qurilmasi sifatida planetar-valikli ekstruder ishlatilgan, 1-rasmda ko'rsatilgan.

Ekstruzion ishlov berishdan keyin olingan yovvoyi arpa selluloza massasi ikki usulning biridan foydalanib oqartirildi. Birinchi usul (peroksidli oqartirish) quyidagi sharoitlarda amalga oshirildi: 2% H₂O₂, 0,3% NaOH, τ=55 minut, T=85°C, gidromodul 1:15 nisbatda. Bu jarayon dastlabki boyitishdan so'ng o'tkazildi, uning sharoitlari: 2% NaOH, τ=110 minut, T=95°C, gidromodul 1:15 nisbatda. Ikkinchi usul (peroksid-molibdatli oqartirish) ikki bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqichda selluloza massasi 2% (NH₄)₂MoO₄, 3% H₂O₂, 1% H₂SO₄ aralashmasi bilan 110 minut davomida 85°C haroratda, 1:10 gidromodulida ishlov berildi va keyin yuvildi. Ikkinchi bosqichda esa yuvilgan selluloza massasi 2% H₂O₂, 0,3% NaOH aralashmasi bilan 1:15 gidromodulida 55 minut davomida 85°C haroratda ishlov berildi.

Oqartirishdan so'ng selluloza massasi neytral reaksiyaga erishguncha press-filtrlash orqali yuvildi, quritildi va maydalandi.

Natijalar va ularning tahlili. Sellulozani pishirish jarayoni ko'p bosqichli geterogen mexanizmga ega bo'lib, u pishirish eritmasining xomashyo yuzasiga diffuziyalanishi, ichki kapillyar qatlamlarga o'tishi, lignin va boshqa yo'ldosh komponentlarning gidrolitik parchalanishi hamda reaksiya mahsulotlarining eritmaga ekstraksiyalanishini o'z ichiga oladi. Adabiyot ma'lumotlariga ko'ra [11], reagentning sellulozaga diffuziyalanish (shimdirilish) tezligi butun jarayonni cheklovchi (limitlovchi) asosiy bosqich hisoblanadi.

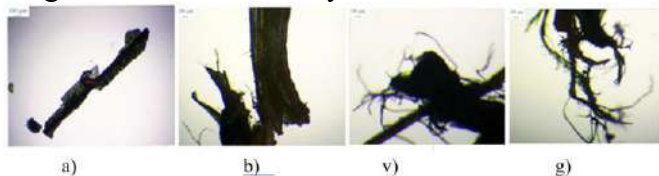
Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, pishirish, oqartirish va gidrolizlash bosqichlarida sellulozaga qo'shimcha mexanik ta'sir ko'rsatish selluloza ajratib olish jarayonlarini sezilarli darajada jadalashtiradi [12]. Mazkur ishda bir yillik o'simlik somonining delignifikatsiya bosqichini intensivlashtirish usullari taklif etilgan bo'lib, ular pishirish vaqtini qisqartirish bilan birga mahsulot sifatini yuqori darajada saqlash imkonini beradi.

Jarayon tezligini oshirishning asosiy omillaridan biri sifatida pishirish eritmasiga ultratovush yordamida ishlov berish qo'llanildi. Suvli muhitda ultratovush ta'sirida yuzaga keladigan kavitatsiya hodisasi lokal yuqori harorat, bosim va kuchli siljish kuchlarini hosil qiladi. Ushbu fizik effektlar natijasida suyuqlikning turbulent oqimi massa

almashinuvi tezligini oshiradi, sellyuloza tolalarining fibrillanishiga va o'simlik hujayra devorlari yaxlitligining buzilishiga olib keladi, bu esa o'z navbatida delignifikatsiya darajasini oshiradi.

Pishirish jarayonini jadallashtirishning samarali usullaridan yana biri, sellyuloza hujayra devorlariga destruktiv-mexanik ta'sir ko'rsatishdir. Xomashyoga harorat va kimyoviy reagentlar bilan bir vaqtda valikli ezgichda ishlov berilishi tola strukturasi bo'shashiga hamda uning solishtirma yuza maydonining kengayishiga olib keladi. Natijada, tola ichki qismidagi lignin-uglevod bog'lari orasida reagentlarning diffuziyalanish to'siqlari kamayadi va faol reaksiyon markazlarining kimyoviy reagentlar bilan o'zaro ta'sirlashish tezligi ortadi.

Keyinchalik sellyuloza tarkibli aralashmani natronli pishirish jarayonida turli faollashtirish usullaridan foydalanish samaradorligi qiyosiy baholandi. Tadqiqotda termo-fizik-kimyoviy faollashtirish qurilmalari sifatida I/100-6/4 ultratovush tizimi va maxsus valikli ezgich qurilmalaridan foydalanildi. Dastlabki tajribalar shuni ko'rsatdiki, sellyuloza tarkibli aralashmani 2,0-3,5 massa, % konsentratsiyali ishqor eritmasida (1:10 gidromodul, 0,2% H₂O₂ va 0,2% SFM qo'shimchalari bilan) 95°C haroratda 55-110 daqiqa davomida an'anaviy pishirish α -sellyuloza miqdorining oshishiga hamda smola va yog'simon moddalarning kamayishiga olib keladi. Kuzatishlar natijasida NaOH konsentratsiyasi va pishirish vaqtining ortishi sellyuloza ko'rsatkichlarining yaxshilanishiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Biroq, hatto 4% li ishqor eritmasida 110 daqiqa davomida pishirish jarayoni o'tkazilganda ham o'simlik poyasi strukturasi tub o'zgarishlar sodir bo'lmaydi.



2-rasm. Yovvoyi arpa poyasining mikroskopik fotosuratlari:

a – ishlov berilmagan; b – ishqorli pishirishdan keyin ($\tau=120$ daqiqa; 3% NaOH); v - Termo-fizik-kimyoviy faollashtirish bilan ultratovush qurilmasida ishqoriy pishirishdan keyin; g - ishqoriy pishirishdan keyin termo-fizik-kimyoviy faollashtirish bilan valikli maydalagichda.

Mikroskopik tahlillar shuni ko'rsatdiki, ushbu sharoitda sellyuloza tolalari lignosellyuloza komp-

leksidan to'liq ajralib chiqmaydi (2(b)-rasm), bu esa an'anaviy natronli pishirish usulining yuqori sifatli sellyuloza olishda samaradorligi pastligidan dalolat beradi.

Pishirish jarayonini termo-fizik-kimyoviy faollashtirish usullari (ultratovushli va valikli ishlov) bilan birgalikda olib borish natijasida lignin-gemitsellyuloza matritsasi sellyuloza tolalarining qisman ajralib chiqishi kuzatildi (2-rasm, v, g). Ishlov berilmagan namunalar silliq yuzaga ega bo'lsa-da, termo-fizik-kimyoviy faollashtirish qurilmalarida ishlov berilgandan so'ng o'simlik poyalari bo'laklari yuzasida alohida fibrillangan tolalarning paydo bo'lishi qayd etildi. Bu hodisa ultratovush kavitatsiyasi va mexanik deformatsion kuchlarning o'simlik hujayra devorlari yaxlitligini samarali buzishini tasdiqlaydi.

Yovvoyi arpa somonini ultratovush qurilmasida yoki valikli ekstruderda termo-fizik-kimyoviy faollashtirish bilan birgalikda ishqoriy pishirish nafaqat sellyulozaning tuzilishiga, balki uning fizik-kimyoviy xususiyatlariga ham ta'sir ko'rsatadi. Termo-fizik-kimyoviy faollashtirish sharoitida o'tloq yovvoyi arpa somonini qaynatish termo-fizik-kimyoviy faollashtirish qo'llanilmagan holda natronli qaynatish natijasida olingan namunalar nisbatan α -sellyuloza miqdorining oshishiga, lignin, smola va yog'lar miqdorining kamayishiga olib keladi.

Shuni ta'kidlash joizki, yovvoyi arpa somonini termo-fizik-kimyoviy faollashtirish bilan ultratovush qurilmasida ishqoriy pishirish sellyulozadagi sellyuloza bo'lmagan komponentlarning yanada jadal kamayishiga yordam beradi. Olingan natija qaynatish eritmasi va undagi sellyulozaga ultratovushli ishlov berish jarayonida yuzaga keladigan kavitatsiyaning fizik va kimyoviy ta'siri bilan bog'liq. Fizik ta'sirlar (turbulentlik va suyuqlik aylanishi) massa almashinuvi tezligining sezilarli darajada oshishi natijasida sellyulozaning delignifikatsiyasiga yordam beradi.

Yovvoyi arpa somonidan tashqari, bir yillik o'simlik xom ashyosining boshqa turlari (zig'ir, kanop va amarant somoni) ham termo-fizik-kimyoviy faollashtirish sharoitida ishqoriy pishirishdan o'tkazildi. Barcha turdagi xom ashyolar uchun ijobiy ta'sir kuzatildi, bu sellyuloza xususiyatlarining yaxshilanishidan iborat edi.

Xulosa. SEM (skanerlovchi elektron mikros-


kopiya) tahlillari shuni tasdiqladiki, yovvoyi arpa somonini ultratovush yoki valikli ezgich yordamida termo-fizik-kimyoviy faollashtirish va natronli pishirish α -sellyuloza miqdorini oshirish hamda lignin va hamroh moddalarni samarali kamaytirish imkonini beradi. Biroq, mikroskopik tasvirlarda ko'rinishicha, ushbu usullar lignotsellyuloza matritsasidan tolalarni to'liq ajratish va o'simlik hujayra tuzilmasining yaxlitligini butunlay buzish uchun etarli emas. Tolalar yuzasida hali ham lignin qoldiqlari va zich bog'lamlar saqlanib qolganligi

kuzatildi. Shu sababli, xomashyoga yanada kuchliroq deformatsion va dispersiyalovchi ta'sir ko'rsatish, shuningdek, yuqori sifatli, toza selluloza tolalarini ajratib olish maqsadida, keyingi tadqiqotlarda termo-fizik-kimyoviy faollashtirish jarayonini planetar-valikli ekstruder asosida takomillashtirish maqsadga muvofiq deb topildi. Bu usul lignotsellyuloza kompleksini tubdan parchalash va tolalarning solishtirma sirt yuzasini sezilarli darajada kengaytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Левданский, В. А., Левданский, А. В., & Кузнецова, Б. Н. (2014). Journal of Siberian Federal University. Chemistry, (1), 63–70.
- [2] Clark, M. (Ed.). (2011). Handbook of textile and industrial dyeing. Woodhead Publishing.
- [3] Кузнецов, Б. Н., Кузнецова, С. А., & Данилов, В. Г. (2007). Целлюлоза. Бумага. Картон, (12), 27–30.
- [4] Щербакова, Т. П., Удоратина, Е. В., Макарова, Е. И., & Будаева, В. В. (2013). Ползуновский вестник, (3), 224–229.
- [5] Mirobitov, M., Umarova, V. K., & Primkulov, M. T. (2024). Sholi sellulozasi va mikrokristallik sellulozasi xossalarini o'rganish. Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali, (3), 139–146.
- [6] Primkulov, M. T., Baxtiyorov, Q., & Umarova, V. K. (2024). Qamish mikrokristall sellulozasi: olinishi, xossasi, strukturasi va kompozitsion pressmaterial olish. Research and Innovations, 2(3), 66–74.
- [7] Primkulov, M. T., Komilova, Sh. A., & Umarova, V. K. (2025). Bug'doy somonidan selluloza va mikrokristall selluloza olish. Tadqiqot va taraqqiyot jurnali, 2(3), 14–23.
- [8] Марченко, Г. Н., Нугманов, О. К., Шакиров, Р. И., & Дебердеев, Р. Я. (2017). Структурно-химические свойства целлюлозы и её аналогов. Казань: Печат-Сервис-XXI век.
- [9] Таранов, М. А. (2008). Возобновляемые энергоносители для автономного энергообеспечения. Механизация и электрификация сельского хозяйства, (8), 2–3.
- [10] Непенин, Н. Н., & Непенин, Ю. Н. (1994). Технология целлюлозы. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы (Т. 3). Москва.
- [11] Пен, Р. З., Каретникова, Н. В., Вшивкова, И. А., & Шапиро, И. Л. (2015). Свойства пероксидной целлюлозы из однолетних растений. Химия растительного сырья, (2), 37–42.
- [12] Поконова, Ю. В. (2002). Сырьё и продукты промышленности органических и неорганических веществ. Санкт-Петербург: Мир и Семя, Профессионал.

UO‘K: 665.3:547.458

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.27

KUNGABOQAR MUMINI AJRATIB OLIISH VA UNING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH



**Umirova Zilola Sherali
qizi**

Toshkent kimyo-texnologiya
instituti tayanch doktoranti,
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: zumirova1@gmail.com
Science ID: MQD-0326-0005



**Axmedov Azimjon
Normo‘minovich**

Qarshi davlat texnika universiteti,
Oziq-ovqat mahsulotlari
texnologiyasi kafedrasini professori,
t.f.d., Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: a.ahmedov80@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-8072-7458
Science ID: DQD-0326-0001



**Xakimova Zulfiyaxon
Azizovna**

Toshkent kimyo-texnologiya
instituti doktoranti, Toshkent,
O‘zbekiston
E-mail: xakimovazulfiyaxon@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-7674-0393
Science ID: FTN-0325-0044



**Ruzibayev Akbarali
Tursunboyevich**

Toshkent kimyo-texnologiya instituti,
Oziq-ovqat va parfyumeriya-
kosmetika mahsulotlari
texnologiyasi kafedrasini mudiri, t.f.n.,
professor, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: akbar240983@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-5369-7345
Science ID: FNM-0825-0011

Annotatsiya. Ushbu maqolada kungaboqar mumini ajratib olish va uning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘rganish natijalari keltirilgan bo‘lib, unda kungaboqar mumi haqida umumiy ma‘lumotlar, ularning kimyoviy tarkiblari, mumlarni urug‘ va moyidan ajratib olish usullari hamda mumsimon modda va perlit aralashmasidan mumsimon moddani ajratishda osh tuzi eritmasining konsentratsiyasi va cho‘ktirish haroratining ta‘sirlari o‘rganilgan. Shuning bilan birgalikda, mumsimon moddalarni perlitdan ajratib olish, perlitni cho‘ktirish davomiyligini mumsimon moddaning chiqish unumiga ta‘siri, ishlatilgan perlitdan ajratib olingan mumsimon moddalarning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari haqida batafsil ma‘lumotlar keltirilgan hamda kungaboqar moyidan mumsimon moddalarni ajratib olish uchun muzlatish usulidan foydalanilgan.

Kalit so‘zlar: moyli urug‘, kungaboqar, mum, mumsimon modda, fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar, perlit va uning aralashmasi, kosmetika va farmatsevtika.

ВЫДЕЛЕНИЕ ПОДСОЛНЕЧНОГО ВОСКА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

**Умирова Зилола
Шерали кизи**

Базовый докторант,
Ташкентский химико-
технологический институт,
Ташкент, Узбекистан

**Ахмедов Азимжон
Нормоминович**

Профессор, д.т.н., Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан

**Хакимова Зулфияхон
Азизовна**

Докторант, Ташкентский
химико-технологический
институт, Ташкент,
Узбекистан

**Рузибаев Акбарали
Турсунбоевич**

Профессор, к.т.н., Ташкентский
химико-технологический
институт, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В данной статье представлены результаты извлечения подсолнечного воска и изучения его физико-химических свойств, в которой представлены общие сведения о подсолнечном воске, их химический состав, методы извлечения восков из семян и масла, а также изучено влияние концентрации раствора поваренной соли и температуры осаждения при извлечении воскообразного вещества из смеси воскообразного вещества и перлита. Вместе с тем, приведены подробные сведения об извлечении воскообразных веществ из перлита, влиянии продолжительности осаждения перлита на выход воскообразного вещества, физико-химических показателей воскообразных веществ, извлеченных из использованного перлита, а также использован метод замораживания для извлечения воскообразных веществ из подсолнеч-

ного масла.

Ключевые слова: масличные семена, подсолнечник, воск, воскообразное вещество, физико-химические показатели, перлит и его смесь, косметика и фармацевтика.

ISOLATION OF SUNFLOWER WAX AND STUDY OF ITS PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

Umirova Zilola Sherali
kizi

Base doctoral student, Tashkent
Chemical-Technological Institute,
Tashkent, Uzbekistan

Akhmedov Azimjon
Normominovich

Professor, Doctor of Technical
Sciences, Karshi State Technical
University, Karshi, Uzbekistan

Hakimova Zulfiyahon
Azizovna

Doctoral student, Tashkent
Chemical-Technological Institute,
Tashkent, Uzbekistan

Ruzibayev Akbarali
Tursunboyevich

Professor, Candidate of Technical
Sciences, Tashkent Institute of
Chemical Technology, Tashkent,
Uzbekistan

Abstract. This article presents the results of the isolation of sunflower wax and the study of its physicochemical properties, which provides general information about sunflower wax, their chemical composition, methods of extracting waxes from seeds and oil, as well as the influence of the concentration of the table salt solution and the precipitation temperature on the separation of the waxy substance from a mixture of waxy substance and perlite. At the same time, detailed information is provided on the extraction of waxy substances from perlite, the influence of the duration of perlite precipitation on the yield of the waxy substance, the physicochemical indicators of the waxy substances extracted from the used perlite, and the freezing method was used to extract waxy substances from sunflower oil.

Keywords: oilseeds, sunflower, wax, waxy substance, physicochemical indicators, perlite and its mixture, cosmetics and pharmaceuticals.

Кирish. Mumlar xona haroratida egiluvchan qattiq lipofil organik moddalar bo'lib, ularga odatda taxminan 40° C dan yuqori haroratlarda eriydigan yuqori alkanlar va lipidlar kiradi, ular past qovushqoqlikdagi suyuqliklarni hosil qilish uchun eritiladi. Mumlar suvda erimaydi, lekin geksan, benzol va xloroform kabi qutbsiz organik erituvchilarda eriydi. Turli xil tabiiy mumlar o'simliklar va hayvonlarda shuningdek neftda uchraydi [1]. Oziq-ovqat sanoatida kungaboqar mumi qandolatchilik va yog' mahsulotlarida struktura hosil qiluvchi komponent sifatida ishlatiladi. U shokolad glazurlari, kremlar, pastalar va margarinlarda: kristall tuzilishni barqarorlashtiradi, yog'ning ajralib chiqishini kamaytiradi, erish haroratini oshiradi. Ayniqsa trans-yog' kislotalarisiz qattiq yog' tizimlarini yaratishda muhim. Bu jihatdan u European Food Safety Authority tomonidan xavfsiz deb baholangan o'simlik manbali mumlar qatoriga kiradi. Kosmetika va farmatsevtikada kungaboqar mumi lab bo'yoqlari, balzamlar, kremlar va emulsion mahsulotlarda: konsistensiya beruvchi, emulsiya barqarorlovchi, okklyuziv plyonka hosil qiluvchi modda sifatida ishlatiladi. U karnauba mumiga alternativa sifatida

qo'llanishi mumkin. Kosmetik standartlar bo'yicha u Cosmetic Ingredient Review tomonidan xavfsiz deb topilgan. Farmatsevtikada tabletka va kapsulalar uchun: nazoratli ajralib chiqish matritsalarini, sirt qoplama, gidrofob baryer sifatida ishlatiladi. U biologik inert va oksidlanishga chidamli. Polirovka va qoplamalarda kungaboqar mumi mebel, pol, qog'oz va oziq-ovqat qoplamalarida yaltiroqlik va suv o'tkazmaslik berish uchun ishlatiladi. Tabiiy va biodegradatsiyalanuvchi bo'lgani sababli sintetik parafinlarga nisbatan afzal. Yog'li emulsiyalar va oleogellar ishlab chiqarishda kungaboqar mumi: struktura hosil qiluvchi agent, gelator, reologik modifikatorsifatida qo'llaniladi. U suyuq o'simlik moylaridan qattiq, trans-yog'siz yog' tizimlarini yaratish imkonini beradi [2-4].

Kungaboqar mumi - bu **o'simliklikdan olinadigan mumsimon moddalar** bo'lib, asosan urug'da va uning ichidagi moyda tabiiy ravishda uchraydigan mayda molekulyar komplekslardir. Kimyoviy jihatdan, ushbu mumsimon moddalar uzun zanjirli yog' kislotalari va spirtlarning murakkab efirlaridan tashkil topgan. Mumlar **R-COO-R'** umumiy kimyoviy formula bilan ifodalanadi, bu yerda **R** - yog' kislota radikali zanjiri va

R' - spirt radikali zanjiri. Masalan, C₄₀–C₄₈ uglerod zanjirli efirlar kungaboqar mumining asosiy tarkibiy bo'g'ini bo'lib, ular yuqori og'irlik va yuqori erish harorati bilan ajralib turadi. Kimyoviy nuqtai nazardan qaralsa, **linol kislota (C_{18:2})** va **setil spirti (C₁₆H₃₃OH)** o'zaro eterifikatsiya reaksiyasiga kirishsa, natijada **setil linoleat (C₁₈H₃₁O₂–O–C₁₆H₃₃)** paydo bo'ladi. Bu - klassik mumsimon modda efirilariga misol bo'ladi. Bu molekulalarning zanjiri uzun bo'lgani sababli ularning **erish harorati baland (70–80 °C atrofida)** bo'lib, kungaboqar moyi sovutilganda kristallanadi va toza moyda xiralik paydo qiladi. Kungaboqar mumi tarkibida C₄₀–C₄₂ zanjirli molekulalarning massa ulushi yuqoriligi gaz xromatografiya (GC) usuli tahlil qilingan va isbotlangan [5].

Kungaboqar mumlarini urug'dan ajratib olishda asosan ekstraksiyalash usulidan foydalaniladi. Kungaboqar moyidan ajratib olishda esa ekstraksiyalash yoki sovutish usulidan foylanish mumkin.

Kungaboqar moyidan mumsimon moddalarni ajratib olishda eng keng qo'llanadigan usullardan biri sovutish (vinterizatsiya) jarayonidir. Vinterizatsiya - bu moyi sovutish orqali uning yuqori haroratda eriydigan komponentlarini (shu jumladan mumlar) kristallashtirish va ajratishni nazarda tutadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kungaboqar moyini bir necha daraja pastroq haroratda (masalan, 5–10° C atrofida) uzoq muddat sovutish natijasida qovushqoqligi oshadi va mumsimon moddalar turli shaklda kristallanadi, bu esa ularni filtratsiya orqali oddiy ajratish imkonini beradi. Filtratsiya jarayonida perlit kabi filtrlovchi qo'shimchalar yoki bentonit kabi adsorbentlar qo'shib, kristallangan mumsimon moddalarni ajralib chiqishi ta'minlanadi. Ilmiy maqolalarda ko'rsatilishicha, sovutish natijasida shakllangan kristallar ko'pincha tez yig'iladi va ular suyuq moydan oson ajralib chiqadi, natijada toza mum olinadi. Olingan mumning tarkibida asosan C₃₆–C₄₈ zanjirli mum efirlari bo'lib, ularning miqdori umumiy mumning 60–80 % qismini tashkil etadi. Bundan tashqari, filtrlash tizimida ishlatilgan filtrlovchi qo'shimchalar mumsimon modda molekulalarining shakllanishi va ajralishiga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi, balki mumning tozalik sifatiga xizmat qilishi ko'rsatilgan. Sovutish va filtrlashdan iborat kompleks usul kungaboqar moyidan mumsimon

moddalarni samarali ajratib olish uchun ilmiy asoslangan va sanoat darajasida keng qo'llaniladigan texnologiya hisoblanadi [6].

Kungaboqar urug'ida nafaqat moyda balki urug'ning po'stlog'ida va boshqa tashkiliy qismlarida ham mumsimon moddalar bo'ladi. Ushbu mumsimon moddalarni ajratib olishda sovutish usuli samara bermaydi. Shu sababli bunda ekstraksiyalash usulidan foydalaniladi. Erituvchi sifatida geksan yoki CO₂ erituvchi sifatida qo'llanilishi mumkin. Ilmiy tahlillar shuni ko'rsatadiki, ko'proq samarali natija **superkritik CO₂ ekstraksiyasi** bilan olinadi. Bu usulda CO₂ ni superkritik holatda ishlatib, u mumsimon moddalar molekulalarini o'z ichiga olgan moydan ajratib chiqaradi. Superkritik CO₂ molekulalar orasida tez harakatlanadi va juda zich mumsimon moddalarni molekulyar darajada o'rab olish xususiyatiga ega: CO₂ moy bilan ta'sirlashganda, u moyning mayda molekulyar fraksiyalarini o'ziga og'dirib, keyin bosimni tushirish orqali ularni ajratadi. Shuning natijasida, superkritik CO₂ bilan ishlangan namunada emulsiyalangan moy va mumsimon moddalar o'rtasidagi farq yaxshiroq aniqlanadi va toza mum olinadi. Superkritik CO₂ ekstraksiyasi bilan olingan kungaboqar mumida C₄₂–C₄₈ zanjirli mumsimon modda efirlari yuqori darajada konsentratlangan bo'lib, bu usul uning molekulyar tarkibi va yuqori sifatli mum olish uchun afzalligini tasdiqlaydi. Superkritik CO₂ ekstraksiyasining yana bir ustunligi - u yerda **kimyoviy reagentlar (masalan, organik eritgichlar)** ishlatilmaydi, bu mahsulotni inson salomatligiga xavfsiz hisoblanadigan holatda saqlaydi. Shu usul, ayniqsa, xalqaro standartlarga javob beradigan kosmetik va oziq-ovqat mahsulotlarida mumning toza shaklda ishlatilishini ta'minlaydi [7].

Kungaboqar moyidan mumsimon moddalarni ajratib olishning har ikki usuli ham samarali bo'lib, o'ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Muzlatish usuli ancha qadimiy va oddiy fizik jarayonga asoslangan texnologiya bo'lib, u asosan suyuq moydan kristallangan mumsimon moddalarni ajratish uchun qo'llanadi. Uning afzal tomoni - u nisbatan arzon va sanoat ko'lamida katta miqdordagi moyi qayta ishlash uchun qo'l keladi. Biroq, muzlatish jarayonida mayda molekulyar fraksiyalar (masalan, sterol efirlari, ketonlar) ham kristallanishi mumkin, bu esa mumning tozalik

darajasini pasaytirishi va uni ishlatilish maqsadlarini cheklab qo'yishi mumkin. Superkritik CO₂ ekstraksiyasi yuqori samaradorlik, yuqori sifat va toza mahsulot olish jihatidan ustun bo'lib, u mahsulot tarkibida zararli qoldiqlar qolmasligini ta'minlaydi. CO₂ ekstraksiyasi bilan olingan mumning fizik-kimyoviy xususiyatlari (erish harorati, molekulyar tarkibi) muzlatish usuli bilan olingan namunaga nisbatan yuqori darajada aniq va bir xil bo'ladi. Shu jihatdan CO₂ ekstraksiyasi afzallikka ega. Biroq ekstraksiyalik usul qimmat, jarayonni boshqarish murakkab va ishlab chiqarish unumdorligi past hisoblanadi. Shu sababli kungaboqar moyini sanoat darajasida qayta ishlab mumsimon moddalarni ajratib olishda muzlatish usuli keng ommalashgan [8].

Yuqoridagi tahliliy ma'lumotlarga asoslanib tadqiqot ishida kungaboqar moyidan mumsimon moddalarni ajratib olish uchun muzlatish usulidan foydalanildi.

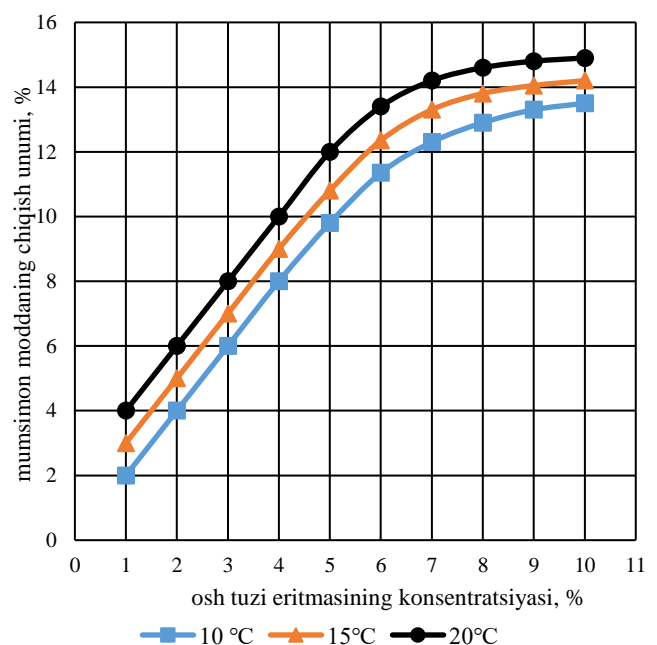
Tadqiqot materiallari va usullari. Kungaboqar moyidan mumsimon moddalarni ajratib olish. Mumsimon moddlarni ajratib olish uchun rafinatsiyalangan va oqlangan kungaboqar moyidan foydalanildi. Dastlab moy 60⁰ C gacha qizdirildi va keyin magnitli aralashtirgichda aralashtirib turgan xolda 25⁰ C gacha sovutildi. So'ng sovutish tizimi yordamida sovutish davom ettirildi. Harorat 5-10⁰ C holatda bir bir sutka ushlab turildi. Mumsimon moddalar kristallari hosil bo'lgach, filtr qog'ozda mumsimon moddalar ajratib olindi. Bunda filtrlovchi qo'shimcha sifatida perlitdan foydalanildi. Perlitni mumsimon moddalardan ajratib olish uchun ikki xil usuldan foydalanildi. Birinchi usulda perlit aralashgan mumsimon moddalar 60⁰ C haroratda geksan bilan 1 soat davomida ekstraksiyalandi. Ekstraksiyalash sokslet apparatida amalga oshirildi. Eritma 10-12 soat davomida tindirildi va cho'kkan perlit filtrlash yo'li bilan erituvchidan ajratib olindi.

Ikkinchi usulda esa osh tuzining suvli eritmasidan foydalanildi. Buning uchun namuna kolbaga solinadi va unga ma'lum konsentratsiyadagi suvli natriy xlorid eritmasi qo'shiladi. Kolba elektr pechka bilan isitiladi va 1 soat qaynatiladi. Jarayon oxirida hosil bo'lgan aralashma asta-sekin sovutiladi va ma'lum bir harorat va vaqt davomida cho'ktirish orqali ajratiladi. Cho'kish harorati pech yordamida rostlanadi va saqlanadi.

Aralashma cho'kindi (perlit), suvli qatlam, mum qatlami va yuqori moyga qatlamga bo'linadi. Cho'kkandan so'ng, mum qatlami ajratiladi, issiq suv bilan yuviladi va mum vakuumda quritiladi. Bunda osh tuzining konsentratsiyasi, jarayon harorati, cho'ktirish davomiyligining mumsimon moddalarning chiqish unumiga va erish haroratiga ta'siri o'rganildi.

Tahlil usullari. Mumlarning kislotasi soni ISO 660 yoki GOST 5476 ga muvofiq standart usullar bilan aniqlandi. Mumlarning sovunlanish soni ISO 3657 yoki GOST 5478 ga muvofiq standart usul bilan aniqlandi. Namlik va uchuvchan moddalarning massa ulushi GOST 11812 ga muvofiq standart usul bilan aniqlandi. Mumning erish nuqtasi ochiq kapillyar usul bilan GOST ISO 6321 ga muvofiq standart usul bilan aniqlandi.

Natijalar va muhokama. Kungaboqar moyidan filtrlash yo'li bilan ajratib olingan mumsimon moddalar tarkibidagi perlitni ajratish uchun osh tuzining 1-10% konsentratsiyadagi eritmalaridan foydalanib tajribalar olib borildi. Bunda ajratib olingan mumsimon moddaning chiqish unumiga qarab osh tuzi eritmasining optimal konsentratsiyasi aniqlandi. Tajriba natijalari 1-rasmda keltirilgan.

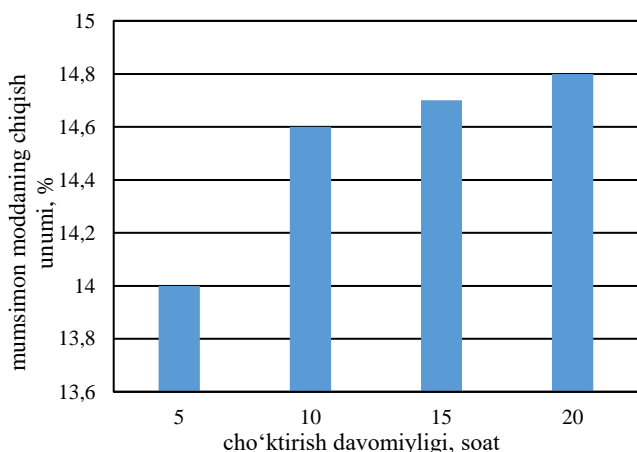


1-rasm. Mumsimon modda va perlit aralashmasidan mumsimon moddani ajratishda osh tuzi eritmasining konsentratsiyasi va cho'ktirish haroratining ta'siri.

1-rasmdagi ma'lumotlardan ko'rinadiki,

mumsimon modda va perlit aralashmasidan mumsimon moddani ajratishda osh tuzi eritmasining konsentratsiyasi 1% dan 10% gacha ortganda mumsimon moddaning chiqish unumi 2% dan 15% gachani tashkil etgan. Grafikdagi egri chiziqlarning o'sib borish dinamikasiga e'tibor berilsa, ularning osh tuzi eritmasining konsentratsiyasi 8% gacha bo'lganda jadal o'sish kuzatilgan. Undan keyingi konsentratsiyalarda o'sish pasayib, turg'unlikka yaqinlashgan. Osh tuzi eritmasi bilan ishlov bergandan keyingi cho'ktirish jarayonidagi harorat ham mumsimon moddalarning chiqish unumiga ta'sir etgan. Haroratning 10⁰ C dan 20⁰C gacha ko'tarilishi mumsimon moddalarning chiqish unumi 2% gacha ortishiga olib kelgan.

Mumsimon moddalarni perlitdan ajratib olishda osh tuzi eritmasining konsentratsiyasi bilan ishlov bergandan keyin cho'ktirish jarayonining haroartidan tashqari jarayon davomiyligi ham muhim hisoblanadi. Shu sababli keyingi tajribalarda optimal konsentratsiyada ishlov berilgan namunalarda 20⁰ C haroratda 5-20 minut davomida cho'ktirildi va optimal vaqt aniqlandi. Olingan natijalar 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Cho'ktirish davomiyligining mumsimon moddalar chiqish unumiga ta'siri.

2-rasmdagi ma'lumotlardan ko'rinadiki, perlitni cho'ktirish davomiyligi 10 soatga yetkuncha bo'lgan davrda mumsimon moddalarning chiqish unumi 14% dan 14,6% gacha ortib borgan. Jarayon davomiyligi 10 soatdan ortganda chiqish unumi sezilarli darajada ortmagan.

Demak yuqoridagi olingan tajriba natijalaridan shuni xulosa qilish mumkinki, kungabovar moyidan ajratib olingan mumsimon moddalar

tarkibidagi perlitni ajratib olishda osh tuzi eritmasidan foydalanilganda, eritma konsentratsiyasi 8%, perlitni cho'ktirish harorati 20⁰C va cho'ktirish davomiyligi 10 soatni tashkil etadi.

Perlitni ajratib olishning optimal texnologik sharoitlarida olingan mumsimon moddaning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari geksan ishtirokida olingan mumsimon moddaning ko'rsatkichlari bilan taqqoslandi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Ishlatilgan perlitdan ajratib olingan mumsimon moddalarning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari

№	Ko'rsatkich nomi	Osh tuzi eritmasi bilan ajratilgan	Geksan bilan ajratilgan
1	Erish harorati, °C	69	70
2	Kislota soni, mg KOH/g	2,8	2,6
3	Sovunlanish soni, mg KOH/g	110	114
4	Namlik va uchuvchan moddalar massa ulushi, %	0,84	0,80

1-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinadiki, har iki usulda olingan mumsimon moddalarning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari bir-biriga yaqin qiymatlarga ega.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar quyidagi asosiy xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

1. Mumlar xona haroratida egiluvchan qattiq lipofil organik moddalar, yuqori haroratlarda eriydigan yuqori alkanlar va lipidlar kiradi, ular past qovushqoqlikdagi suyuqliklarni hosil qilish uchun eritiladi.

2. Kungaboqar moyidan mumsimon moddalarni ajratib olishning har ikki usuli ham samarali bo'lib, o'ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega.

3. Mumsimon moddlarni ajratib olish uchun rafinatsiyalangan va oqlangan kungaboqar moyidan foydalanildi. Birinchi usulda perlit aralashgan mumsimon moddalar geksan bilan ekstraksiyalandi. Eritma tindirildi va cho'kkan perlit filtrlash yo'li bilan erituvchidan ajratib olindi. Ikkinchi usulda esa osh tuzining suvli eritmasidan foydalanildi. Bunda osh tuzining konsentratsiyasi, jarayon harorati, cho'ktirish davomiyligining mumsimon moddalarning chiqish unumiga va erish haroratiga ta'siri o'rganildi.

4. Kungaboqar moyidan filtrlash yo'li bilan ajratib olingan mumsimon moddalar tarkibidagi

perlitni ajratish uchun osh tuzining 1-10% konsentratsiyadagi eritmalaridan foydalanib tajribalar olib borildi. Bunda ajratib olingan mumsimon moddaning chiqish unumiga qarab osh tuzi eritmasining optimal konsentratsiyasi aniqlandi.

5. Mumsimon moddalarni perlitdan ajratib olishda osh tuzi eritmasining konsentratsiyasi bilan ishlov bergandan keyin cho'ktirish jarayonining haroratidan tashqari jarayon davomiyligi ham muhim hisoblanadi. Shu sababli keyingi tajribalarda optimal konsentratsiyada ishlov berilgan namunalarda cho'ktirildi va optimal vaqt aniqlandi, perlitni cho'ktirish davomiyligi 10 soatga yetkuncha bo'lgan davrda mumsimon moddalarning chiqish unumi 14% dan 14,6% gacha ortib borgan. Jarayon davomiyligi 10 soatdan ortganda chiqish unumi

sezilarli darajada ortmagan.

Demak yuqoridagi olingan tajriba natijalaridan shuni xulosa qilish mumkinki, kungabovar moyidan ajratib olingan mumsimon moddalar tarkibidagi perlitni ajratib olishda osh tuzi eritmasidan foydalanilganda, eritma konsentratsiyasi 8%, perlitni cho'ktirish harorati 20°C va cho'ktirish davomiyligi 10 soatni tashkil etadi.


6. Perlitni ajratib olishning optimal texnologik sharoitlarida olingan mumsimon moddaning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari geksan ishtirokida olingan mumsimon moddaning ko'rsatkichlari bilan taqqoslandi.

Har iiki usulda olingan mumsimon moddalarning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari bir-biriga yaqin qiymatlarga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Krendlinger, E., & Leray, C. (2023). Waxes. <https://doi.org/10.1002/0471238961.2301240503152020.a01.pub3>
- [2] Azmi, N., Mat Radzi, S., Rehan, M., & Mohd Amin, N. A. (2022). A review on cosmetic formulations and physicochemical characteristics of emollient and day cream using vegetable based-wax ester. *Malaysian Journal of Science Health & Technology*, 8, 38–45. <https://doi.org/10.33102/2022291>
- [3] Умирова, З. Ш., Хакимова, З. А., Ахмедов, А. Н., & Рузибаев, А. Т. (2025). Исследование влияния местных нетрадиционных масел на физико-химические показатели косметического крема. *Universum: технические науки*, 3(8), 25–31. <https://doi.org/10.32743/UniTech.2025.137.8.20705>
- [4] Ahmedova, Sh., Abdurakhimov, A., Ruzibayev, A., & Achilova, S. (2024). Improvement of physico-chemical properties of technical glycerin. *Universum: химия и биология*, 2(1), 69–73. <https://doi.org/10.32743/UniChem.2024.115.1.16621>
- [5] Garcés, R., de Andrés-Gil, C., Venegas-Calderón, M., Martínez-Force, E., Moreno-Pérez, A. J., & Salas, J. J. (2023). Characterization of sunflower seed and oil wax ester composition by GC/MS: A final evaluation. *LWT*, 173, 114365. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114365>
- [6] Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Kovalov, P., Grigorenko, N., Gornostal, S., Yermakova, O., Pavlunko, M., & Kravtsov, M. (2020). Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 29–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219602>
- [7] Carelli, A., Frizzera, L., Forbito, P., & Crapiste, G. (2002). Wax composition of sunflower oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79, 763–768. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0556-9>
- [8] Chalapud, M. C., Baumler, E. R., & Carelli, A. A. (2016). Characterization of waxes and residual oil recovered from sunflower oil winterization waste. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(2), 1500608. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500608>

UO‘K: 665.7.038

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.28

KISLOROD SAQLAGAN BENZINNI OKTAN SONINI OSHIRUVCHI ORGANIK QO‘SHIMCHALAR SINTEZI HAMDA EKSPLUATATSION XOSSALARINI TADQIQ ETISH



**Berdiyev Sanjar
Allanazarovich**

Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy
tadqiqot instituti, k.f.d., (DSc),
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail:
sanjarberdiyev75@gmail.com
ORCID: 0009-0005-1516-2840
Science ID: DQD-0425-0006



**Jovliyev Sarvar
Mustafo o‘g‘li**

Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy
tadqiqot instituti, mustaqil
tadqiqotchi, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail:
jovliyev19sarvar96@gmail.com
ORCID-0000-0002-9246-3795
Science ID: MQD-0625-0016



**Turg‘unov Ilhomjon
Ibroximjon o‘g‘li**

D.I.Mendeleev nodavlat ta‘lim
muassasasi, PhD, katta o‘qituvchi,
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: ilhomjont387@gmail.com
Science ID: FFR-0326-0011



**Nurqulov Fayzulla
Nurmuminovich**

Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy
tadqiqot instituti, (DSc), professor,
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: fnurkulov82@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6546-3431
Science ID: DQD-0525-0015

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot ishida mahalliy xomashyolar — izoamil spirti, ftalangidrid, glitserin va sirka kislotasi asosida kislorod saqlagan, benzinning oktan sonini oshiruvchi organik qo‘shimchalar sintez qilindi hamda ularning optimal olish sharoitlari aniqlandi. Sintezlangan moddalar tuzilishi IR, PMR va YaMR spektroskopiya usullari yordamida tasdiqlandi. Olingan diizoamilftalat (DIAF) va triatsetin (TA) qo‘shimchalari AI-80 markali benzina qo‘shilganda oktan sonining sezilarli darajada oshishi kuzatildi. DIAF 10% miqdorda qo‘shilganda oktan soni 7,5 birlikka, TA esa 5% miqdorda 4,3 birlikka oshgani aniqlangan. Tadqiqot natijalari mahalliy xomashyolar asosida ekologik xavfsiz va samarali oksigenat qo‘shimchalar ishlab chiqarish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: izoamil spirti, ftalangidrid, triatsetin, diizoamilftalat, oktan soni, oksigenatlar, katalizator, benzin qo‘shimchalari, YaMR, IR spektri.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩЕГО БЕНЗИНА И СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК ПОВЫШАЮЩИХ ОКТАННОЕ ЧИСЛО

**Бердиев Санжар
Алланазарович**

DSc, Ташкентский научно-
исследовательский институт
химической технологии,
Ташкент, Узбекистан

**Жовлиев Сарвар
Мустафо угли**

Независимый исследователь,
Ташкентский научно-
исследовательский институт
химической технологии,
Ташкент, Узбекистан

**Тургунов Илхомжон
Иброхимжон угли**

PhD, старший преподаватель,
Негосударственное
образовательное учреждение
имени Д.И. Менделеева,
Ташкент, Узбекистан

**Нуркулов Файзулла
Нурмунинович**

DSc, профессор, Ташкентский
научно-исследовательский
институт химической
технологии, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В данной работе на основе местного сырья — изоамилового спирта, фталангидрида, глицерина и уксусной кислоты синтезированы органические добавки, повышающие октановое число кислородсодержащего бензина, а также определены оптимальные условия их получения. Структура синтезированных соединений подтверждена методами ИК, ПМР и ЯМР спектроскопии. Установлено, что при добавлении ди изоамилфталата (DIAF) и триацетина (ТА) к бензину марки АИ-80 наблюдается значительное увеличение октанового числа. При добавлении 10% DIAF октановое число увеличивается на 7,5

единиц, а при добавлении 5% ТА — на 4,3 единицы. Полученные результаты подтверждают возможность создания эффективных и экологически безопасных кислородсодержащих добавок на основе местного сырья.

Ключевые слова: *изоамиловый спирт, фталангидрид, триацетин, ди изоамилфталат, октановое число, оксигенаты, катализатор, бензиновые добавки, ЯМР, ИК спектр.*

STUDY OF THE SYNTHESIS AND OPERATIONAL PROPERTIES OF OXYGEN-CONTAINING GASOLINE WITH ORGANIC ADDITIVES THAT INCREASE THE OCTANE NUMBER

**Berdiyev Sanjar
Allanazarovich**

*DSc, Tashkent Chemical
Technology Research Institute,
Tashkent, Uzbekistan*

**Jovliev Sarvar Mustafo
ugli**

*Independent Researcher, Tashkent
Chemical Technology Research
Institute, Tashkent, Uzbekistan*

**Turgunov Ilkhomjon
Ibrokhimjon ugli**

*PhD, Senior Lecturer, D.I.
Mendeleev Non-State Educational
Institution, Tashkent, Uzbekistan*

**Nurkulov Fayzulla
Nurmuminovich**

*DSc, Professor, Tashkent Chemical
Technology Research Institute,
Tashkent, Uzbekistan*

Abstract. *In this study, organic additives that increase the octane number of oxygen-containing gasoline were synthesized using local raw materials such as isoamyl alcohol, phthalic anhydride, glycerin, and acetic acid. The optimal conditions for the synthesis process were determined. The structure of the synthesized compounds was confirmed using IR, PMR, and NMR spectroscopy methods. The effect of diisoamyl phthalate (DIAP) and triacetin (TA) additives on AI-80 gasoline showed a significant increase in octane number. The addition of 10% DIAP increased the octane number by 7.5 units, while 5% TA increased it by 4.3 units. The results demonstrate the feasibility of producing efficient and environmentally friendly oxygenated additives based on local raw materials.*

Keywords: *isoamyl alcohol, phthalic anhydride, triacetin, diisoamyl phthalate, octane number, oxygenates, catalyst, fuel additives, NMR, IR spectroscopy.*

Kirish. So‘nggi yillarda avtomobil transportining jadal rivojlanishi motor yoqilg‘ilariga bo‘lgan talabning keskin ortishiga olib kelmoqda. Zamonaviy ichki yonuv dvigatellari yuqori oktan soniga ega, ekologik talablarga javob beradigan benzinlardan foydalanishni talab qiladi. Benzinning muhim sifat ko‘rsatkichlaridan biri uning portlashga (detonatsiyaga) chidamliligidir. Ushbu ko‘rsatkich oktan soni orqali baholanadi va yoqilg‘ining detonatsiyaga qarshi barqarorligini tavsiflaydi.

Avtomobil benzinlari motor yoqilg‘ilarining asosiy turi hisoblanib, ularni ishlab chiqarish hajmi jahon miqyosida barqaror ravishda oshib bormoqda. Chet elda va mamlakatimizda yuqori oktan soniga ega benzin ishlab chiqarishning ortib borishi ushbu yoqilg‘ilarni ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish, yangi turdagi qo‘shimchalar ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarni kengaytirishni talab etmoqda [1,2].

Hozirgi kunda avtomobil benzinining ekologik va ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashning asosiy yo‘nalishlaridan biri ko‘p funksiyali qo‘-

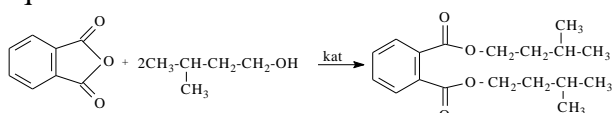
shimchalardan, xususan oksigenatlar — tarkibida kislorod saqlovchi moddalar (spirtlar, ketonlar, oddiy va murakkab efirlar va boshqalar)dan foydalanish hisoblanadi. Yoqilg‘i tarkibida kislorod mavjudligi yonish jarayonini yaxshilaydi, natijada uglerod oksidi chiqindilarini 30% gacha, yonmagan uglevodorodlarni esa 15% gacha kamaytirish imkonini beradi [3,4].

Shu bilan birga, kislorod saqlovchi oksigenatlar ayrim kamchiliklarga ega bo‘lishiga qaramay, hozirgi vaqtda benzin uchun eng istiqbolli detonatsiyaga qarshi qo‘shimchalardan biri sifatida qaraladi. Bunday qo‘shimchalardan foydalanish samaradorligi ularning ekologik xavfsizligi va ishlab chiqarish xarajatlari o‘rtasidagi muvozanatga bog‘liq bo‘ladi [6,7].

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Tadqiqot ishida dastlab yuqori haroratga chidamli, ikki og‘izli, tagi yassi kolbaga reagentlar 2,5:1 molyar nisbatda solindi. Reaksiya magnitli aralashtirgich, Dina–Stark qurilmasi va qaytarma sovutgich yordamida olib borildi. Magnitli aralashtirgichning aylanish tezligi 1500 ayl/min qilib belgilandi.

Reaksiya katalizator ishtirokida 8 soat davomida amalga oshirildi. Katalizator sifatida sulfat kislotaga qoʻllanilib, uning miqdori ftalandidrid moliga nisbatan 0,3% qilib olindi. Reaksiya jarayonida harorat bosqichma-bosqich oshirilib, 120–170°C oraligʻida olib borildi. Suv ajralib chiqishi 140–145°C haroratda boshlanishi kuzatildi.

Nazariy hisoblangan miqdorda suv ajralib chiqqandan soʻng reaksiya mahsuloti xona haroratigacha sovitildi va 5% li Na₂CO₃ eritmasi bilan neytrallandi. Keyinchalik diizoamilftalat 110–120°C haroratda va –0,08 MPa bosim ostida vakuumda reaksiyaga kirishmagan spirtlardan tozalandi. Natijada sintezlangan diizoamilftalatning chiqish unumi 85% ni tashkil etdi.



Ftalandidrid va izoamilspirti asosida gomon katalizator ishtirokida diizoamilftalatning olinishini quyidagi tenglama asosida ifodalash mumkin.

Diizoamilftalat olish uchun bajarilgan dastlabki ilmiy tadqiqot ishimiz reaksiya uchun olingan xomashyolarning miqdoriy nisbatlari hamda reaksiya davomiyligining mahsulot chiqish unumiga taʼsirini oʻrganishdan iborat boʻldi. Reaksiya ftalandidrid va izoamilspirtining turli mol nisbatlarida va 4–10 soat vaqt oraligʻida xar-xil katalizatorlar ishtirokida amalga oshirildi. Diizoamilftalat sintez qilishda oʻtkazilgan reaksiyalarning natijalari quyidagi 1-jadvalda keltirilgan va jadvaldagi maʼlumotlar 1-rasmda grafik tasvir holda ifodalangan.

1-jadval

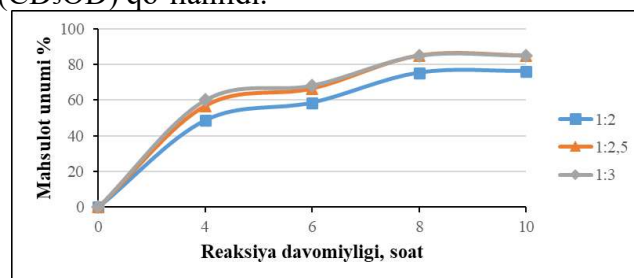
Reaksiya davomiyligi va mol nisbatlarining mahsulot unumiga taʼsiri

№	Mol nisbatlari	Reaksiya davomiyligi	Unum, %	№	Mol nisbatlari	Reaksiya davomiyligi	Unum, %
1	1:2	4	48,7	7	1:2	8	75,4
2	1:2,5		56,8	8	1:2,5		85
3	1:3		60	9	1:3		85
4	1:2	6	58,6	10	1:2	10	76,3
5	1:2,5		66,5	11	1:2,5		85
6	1:3		68,2	12	1:3		85

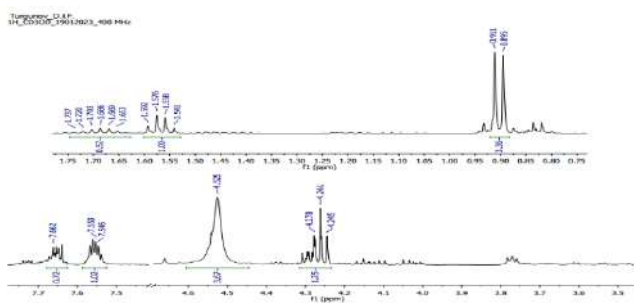
Olingan natijalar tahlili shuni koʻrsatadiki, reaksiya davomiyligi 8 soatgacha oshirilganda mahsulot chiqish unumi ortib boradi, undan keyin esa deyarli oʻzgarmas holatga keladi. Shuningdek, maksimal chiqish unumiga ftalandidrid va izoamil spirtining 1:2,5 mol nisbatida erishilishi aniqlandi.

Sintez qilingan diizoamilftalatning strukturaviy tuzilishi yadro magnit rezonans (YaMR) spektroskopiya usuli yordamida oʻrganildi. Diizoamilftalatning ¹H va ¹³C YaMR spektrlari mos ravishda 6–7-raslarda keltirilgan.

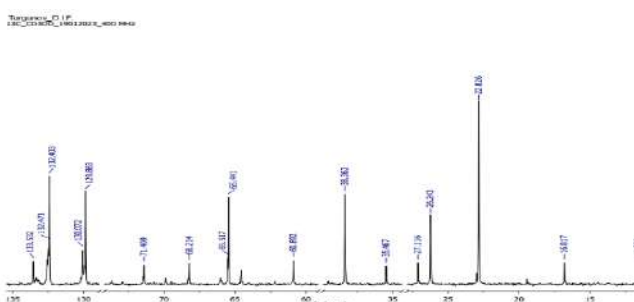
¹H YaMR spektri (δ, m.u., 400 MHz, CD₃OD) ni olishda erituvchi sifatida vodorod atomlari deyteriya almashtirilgan deyterometanol (CD₃OD) qoʻllanildi.



1-rasm. Mahsulot unumiga reaksiya davomiyligining va moddalar mol nisbatining bogʻliqlik grafiqi.

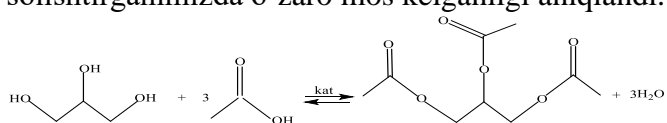


2-rasm. Diizoamilftalatning PMR spektri (CD₃OD).



bilan birga diizoamilftalat uchun eng xarakterli bo'lgan CH₃ guruhdagi protonlarining triplet–triblet signallari esa 4,245–4,278 m.u. va 4,261 m.u. sohalarda kuzatiladi. Deyteriyli xloroform protonining singlet signali 7,276 m.u. sohasida kuzatiladi.

Diizoamilftalat tarkibida jami 18-ta uglerod atomi bor, ammo simmetrik uglerodlar hisobiga 7-ta uglerod bo'yicha asosiy signallar kuzatiladi. Benzol halqasi tarkibidagi C-2,5 uglerodlar uchun 132,403 m.u., C-2,4 uglerodlar uchun 129,863 m.u., hamda asetat guruh tarkibidagi C-7,13 simmetrik uglerodlar uchun 65,441 m.u., C-8,12 simmetrik uglerod atomlarining signallari 38,363 m.u., sohada kuzatiladi. Radikal tarkibidagi tarmoqlangan CH₃ guruh uchun tegishli signallar C-11 va C-17 – 22,826 m.u. ni ko'rsatadi. Izoamil radikali tarkibidagi tarmoqlanmagan CH₃ guruh uchun esa 26,243 m.u. signali tegishlidir. Olingan spektr diizoamilasetat tuzilishini tasdiqlaydi. Olingan diizoamilasetatning YaMR spektrlari diizoamilasetatning standart YaMR spektrlari bilan solishtirganimizda o'zaro mos kelganligi aniqlandi.



4-rasm. Triatsetin sintezining reaksiya sxemasi (glitserin va sirka kislotasi asosida esterifikatsiya jarayoni).

2-jadval

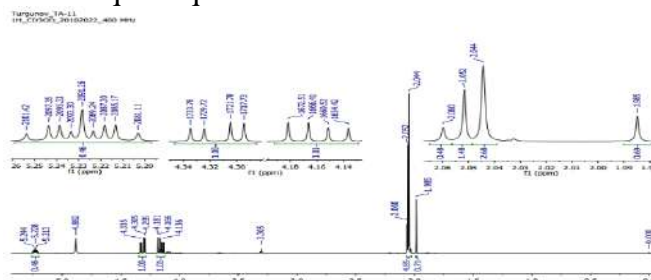
Triatsetin unumiga moddalar mol nisbatlari va reaksiya davomiyligining ta'siri

№	Glitserin va sirka k-ta mol nisbatlari	Reaksiya davomiyligi	Mahsulot unumi, %	№	Glitserin va sirka k-ta mol nisbatlari	Reaksiya davomiyligi	Mahsulot unumi, %
1	1:3	2 soat	18,7	11	1:3	6 soat	44,3
2	1:4		23,8	12	1:4		52,6
3	1:5		30,3	13	1:5		66,3
4	1:6		40,8	14	1:6		79,8
5	1:7		42,2	15	1:7		79,8
6	1:3	4 soat	30	16	1:3	8 soat	44,3
7	1:4		38,5	17	1:4		52,6
8	1:5		49,4	18	1:5		66,3
9	1:6		63,3	19	1:6		79,8
10	1:7		65,2	20	1:7		79,8

Triatsetin sintezi ham optimal sharoitlarda o'rganildi. Glitserin va sirka kislotasi asosida triatsetin olish jarayonida mahsulot chiqish unumiga dastlabki moddalar mol nisbatlari, harorat, reaksiya davomiyligi va katalizatorning ta'siri tadqiq etildi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, glitserin va sirka kislotasining mol nisbati 1:6 bo'lganda va jarayon 6 soat davom etganda triatsetinning

maksimal chiqish unumiga erishiladi. Mazkur parametrlar ushbu jarayon uchun optimal sharoitlar sifatida qabul qilindi.



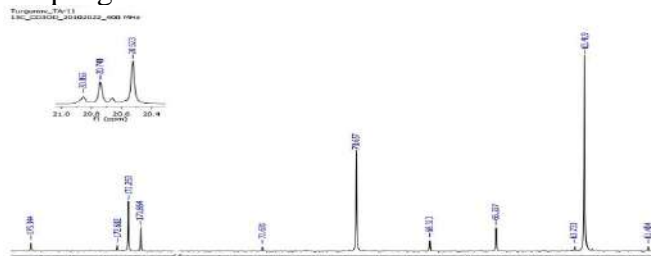
5-rasm. Triatsetinning (TA) PMR spektri (CD₃OD).

Shuningdek, sintez qilingan triatsetinning strukturaviy tuzilishi yadro magnit rezonans (YaMR) spektroskopiya usuli yordamida o'rganildi. Triatsetinning ¹H va ¹³C YaMR spektrlari mos ravishda 5 va 6-raslarda keltirilgan.

¹H YaMR spektri (δ, m.u., 400 MHz, CD₃OD) ni olishda erituvchi sifatida vodorod atomlari deyteriyga almashtirilgan deyterometanol (CD₃OD) qo'llanildi. Spektr tahlili natijasida triatsetin molekulasidagi simmetrik 1 va 3-uglerod atomlariga tegishli protonlarning dublet-dublet signallari 4,136–4,181 m.u. hamda 4,295–4,335 m.u. oraliqlarda kuzatildi.

Shuningdek, 2-uglerod atomiga tegishli proton signallari 5,213–5,244 m.u. diapazonda qayd etildi. Molekuladagi 7, 8 va 9-simmetrik uglerod atomlariga tegishli protonlarning triplet-triple t signallari esa 2,044–2,060 m.u. oraliqda kuzatildi.

Bundan tashqari, erituvchi — deyteriyli metanol protonining singlet signali 4,882 m.u. da aniqlangan.



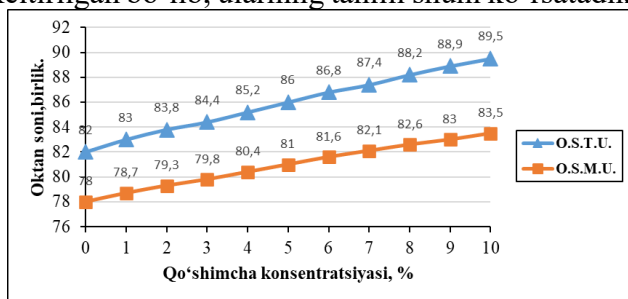
6-rasm. Triatsetinning (TA) ¹³C spektri (CD₃OD).

Triatsetin molekulasida jami 9 ta uglerod atomi mavjud bo'lib, simmetrik uglerod atomlari mavjudligi sababli ¹³C YaMR spektrida 6 ta asosiy signal kuzatiladi. Jumladan, 20,523 m.u. (C-5 va C-6), 63,419 m.u. (C-4), 70,657 m.u. (C-3)

hamda 171,865–172,602 m.u. (C-1 va C-2) diapazonlarda signal chiziqlari qayd etildi. Olingan natijalar triatsetinning strukturaviy tuzilishini tasdiqlaydi.

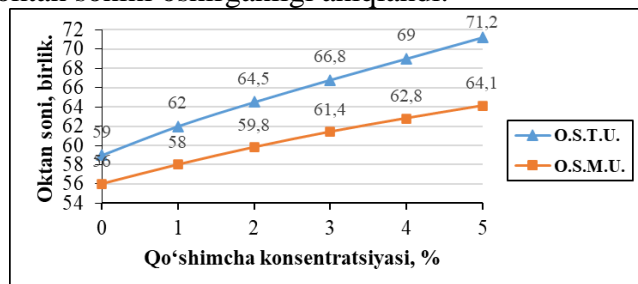
Sintez qilingan triatsetinning YaMR spektrlari standart triatsetin spektrlari bilan solishtirilganda, ularning o‘zaro mos kelishi aniqlandi [7; 83–86-b].

Natijalar. Tajriba-sinov ishlari davomida ftalangidrid va izoamil spirti asosida sintez qilingan diizoamilftalat (DIAF) AI-80 markali (riformat va to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan fraksiyalar aralashmasi) benzina qo‘shimcha sifatida 10% gacha hajmiy miqdorda qo‘shilib, uning oktan soniga ta‘siri o‘rganildi. Olingan natijalar 6-rasmda keltirilgan bo‘lib, ularning tahlili shuni ko‘rsatadiki:



7-rasm. Diizoamilftalat (DIAF) qo‘shimcha sifatida qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

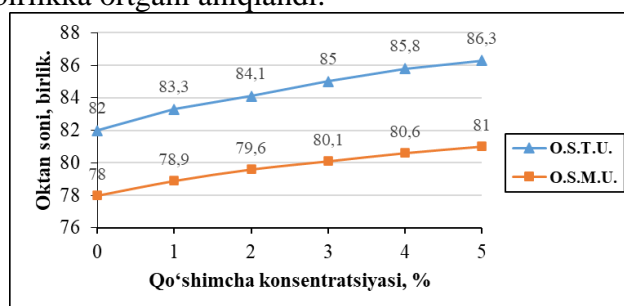
O‘zDSt 3031:2015 “Avtomobil benzinlari. Texnik shartlar” ga muvofiq GOST 32339 va GOST 8226 bo‘yicha bir slindrli universal UIT-85 qurilmasida OSTU(oktan soni tadqiqot usuli) usulida aniqlanganda 7,5 (birlik) ga 82 dan 89,5 (birlik) gacha oktan sonini oshirganligi aniqlandi. Shu bilan birga OSMU(oktan soni motor usuli) usulida aniqlanganda fraksiyasining oktan soniga ta‘siri 5,5 (birlik) ga, 78 dan 83,5 (birlik) gacha oktan sonini oshirganligi aniqlandi.



8-rasm. TA qo‘shilganda to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Kislorod saqlagan triatsetin (TA) organik qo‘shimchasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan benzin tarkibiga qo‘shilganda, turli konsratsiyalarda oktan sonining o‘zgarishi kuzatildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, oktan soni OSTU bo‘yicha 12,2 birlikka, OSMU bo‘yicha esa 8,1 birlikka oshgan.

Shuningdek, TA qo‘shimchasi AI-80 markali (riformat va to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan fraksiyalar aralashmasi) benzin tarkibiga qo‘shilganda ham oktan sonining oshishi qayd etildi. Bunda oktan soni OSTU bo‘yicha 4,3 birlikka, OSMU bo‘yicha esa 3 birlikka ortgani aniqlandi.



8-rasm. TA qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot ishida AI-80 markali benzinning oktan sonini oshirish maqsadida izoamil spirti va ftalangidrid asosida kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar — diizoamilftalat (DIAF) va triatsetin (TA) sintez qilindi. DIAF ni olish jarayoni uchun optimal sharoitlar aniqlanib, maksimal 85% chiqish unumiga quyidagi parametrlar asosida erishildi: sulfat kislota miqdori ftalangidridga nisbatan 0,3%; ftalangidrid va izoamil spirtining molyar nisbati 1:2,5; reaksiya davomiyligi 8 soat; harorat 120°C.

Sintez qilingan moddalar fizik-kimyoviy tahlil usullari, xususan IR va YaMR spektroskopiya yordamida o‘rganilib, ularning strukturaviy tuzilishi tasdiqlandi. DIAF qo‘shimchasining AI-80 benzina ta‘siri o‘rganilganda, 10% miqdorda qo‘shilganda oktan soni OSTU usuli bo‘yicha 89,5 birlikka (7,5 birlikka oshish), OSMU usuli bo‘yicha esa 85,5 birlikka (5,5 birlikka oshish) yetgani aniqlandi.


Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, mahalliy xomashyo — fusel moyidan ajratib olingan izoamil spirti va ftalangidrid asosida ishlab chiqarilgan kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar past oktan sonli benzinlarni kompondlash orqali ularning sifat

ko'rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi. Shu bilan birga, ushbu qo'shimchalar ekologik xavfsizligi va iqtisodiy samaradorligi bilan ajralib turib, import qilinadigan oksigenatlar, xususan MTBE o'rmini bosuvchi istiqbolli mahsulot sifatida qaraladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Lipin, P. V., et al. (2022). Joint cracking of vacuum gasoil with vegetable oils on zeolite-containing catalysts of various compositions. *Petroleum Chemistry*, 62(8), 886–895.
- [2] Брагинский, О. Б. (2008). Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России. *Российский химический журнал*, 52(6), 137–146.
- [3] Каримов, Н., et al. (n.d.). Исследование и применение импортозамещающих продуктов переработки сивушных фракций на ректификационных установках.
- [4] Бабкин, К. Д. (2020). Влияние метил-трет-бутилового (МТБЭ) и метилтрет-амилового (МТАЭ) эфиров на свойства реформулированных бензинов (диссертация кандидата технических наук). РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, Москва.
- [5] Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ. (2020). Москва.
- [6] Быков, А. В., Степанова, Г. В., & Атласкина, Т. В. (2015). N-алкилирование анилина формальдегидом с использованием металлов платиновой группы, стабилизированных в сверхсшитом полистироле. *Успехи в химии и химической технологии*, 29(7), 124–126.
- [7] Liu, S., Zhao, Z., & Wang, Y. (2019). Construction of N-heterocycles through cyclization of tertiary amines. *Chemistry – A European Journal*, 25(10), 2423–2441.
- [8] Тургунов, И. И., Нуркулов, Ф. Н., & Джалилов, А. Т. (2023). Изучение влияния синтезированного триацетина на октановое число бензина. *Universum: химия и биология*, 6(108), 83–86.

УДК: 544.77:541.64:547.458.82

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.18

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ СУЛЬФОНИРОВАННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ЕЁ АДСОРБЦИЮ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ДИСПЕРСИЯХ МОНТМОРИЛЛОНИТА



Нурмонов Сувонкул Эрхонович

Профессор, Национальный университет Узбекистана,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: nurmonov_se@mail.ru
ORCID ID: 0009-0006-2595-9877



Асранова Умидахон Хамиджон кизи

Ассистент, Андижанский государственный технический
институт, Андижан, Узбекистан
E-mail: asranovaumida23@gmail.com
ORCID ID: 0009-0006-2595-9877
Science ID: MAN: 03260035

Аннотация. В работе исследовано влияние молекулярной архитектуры сульфонированной целлюлозы (линейной и разветвленной) на её адсорбционные и реологические свойства в дисперсиях монтмориллонита. Путём контролируемого синтеза получены серии полимеров с близкой степенью сульфонирования, но различной архитектурой макромолекулы. Молекулярно-массовые характеристики полимеров определяли методом гель-проникающей хроматографии с многоугловым светорассеянием, что позволило оценить параметры ветвления. Исследования адсорбции показали, что линейные полимеры образуют более плотные адсорбционные слои на поверхности монтмориллонита, тогда как разветвленные структуры формируют более толстые адсорбционные слои. Реологический анализ продемонстрировал существенные различия в механизме действия полимеров: линейные структуры выступают эффективными дефлокулянтами, уменьшая вязкость суспензии, тогда как разветвленные полимеры способствуют формированию упругой пространственной структуры и увеличению модуля упругости системы. Полученные результаты подтверждают, что молекулярная архитектура является ключевым фактором, позволяющим направленно регулировать реологическое поведение дисперсных систем.

Ключевые слова: сульфонированная целлюлоза, молекулярная архитектура, степень ветвления, адсорбция, монтмориллонит, реология, дисперсные системы, модуль упругости, дефлокуляция.

SUFLONLANGAN SELLYULOZANING MOLEKULAR ARXITEKTURASINING MONTAMORILLONIT DISPERSIYALARIDAGI ADSORBSIYASI VA REOLOGIK XOSSALARIGA TA'SIRI

Nurmonov Suvonqul Erxonovich

Professor, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Asranova Umidaxon Xamidjon qizi

Assistant, Andijon davlat texnika instituti, Andijon, O'zbekiston

Аннотация. Ushbu tadqiqotda sulfonlangan sellyulozaning molekulyar arxitekturasi (chiziqli va tarmoqlangan tuzilishlar) uning montmorillonit dispersiyalaridagi adsorbsiya xususiyatlari hamda reologik xulqiga ta'siri o'rganildi. Nazorat qilinadigan sintez yordamida o'xshash darajadagi sulfonlanishga ega, biroq turli arxitekturaga ega bo'lgan polimerlar seriyasi olindi. Polimerlarning molekulyar-massaviy xususiyatlari gel o'tkazuvchanlik xromatografiyasi va ko'p burchakli yorug'lik tarqalishi usullari yordamida aniqlanib, ularning tarmoqlanish parametrlari baholandi. Montmorillonit

yuzasida olib borilgan adsorbsiya tadqiqotlari chiziqli polimerlar zich adsorbsiya qatlamlarini hosil qilishini, tarmoqlangan polimerlar esa kattaroq samarali qalinlikdagi qatlamlar shakllantirishini ko'rsatdi. Reologik tahlillar polimer arxitekturasi dispers tizimlarning struktura hosil qilish mexanizmini sezilarli darajada o'zgartirishini tasdiqladi. Chiziqli sulfonlangan sellyuloza suspenziya qovushqoqligini kamaytiruvchi deflokulyant sifatida namoyon bo'lsa, tarmoqlangan tuzilishlar elastik fazoviy tarmoq hosil qilib tizimning elastiklik modulini sezilarli oshiradi. Tadqiqot natijalari sellyuloza asosidagi polimer reagentlar arxitekturasi tanlash orqali dispers tizimlarning reologik xossalarini maqsadli boshqarish mumkinligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: sulfonlangan sellyuloza, molekulyar arxitektura, tarmoqlanish darajasi, adsorbsiya, montmorillonit, dispers tizimlar, reologiya, elastiklik moduli, deflokulyatsiya.

INFLUENCE OF MOLECULAR ARCHITECTURE OF SULFONATED CELLULOSE ON ITS ADSORPTION AND RHEOLOGICAL PROPERTIES IN MONTMORILLONITE DISPERSIONS

Nurmonov Suvonkul Erkhonovich

Professor, National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Asranova Umidakhan Xamidjon kizi

Assistant, Andijan State Technical Institute, Andijan, Uzbekistan

Abstract. This study investigates the influence of the molecular architecture of sulfonated cellulose (linear and branched structures) on its adsorption behavior and rheological properties in montmorillonite dispersions. A series of polymers with similar degrees of sulfonation but different macromolecular architectures were obtained through controlled synthesis. Molecular characteristics of the polymers were determined using gel permeation chromatography coupled with multi-angle light scattering, allowing evaluation of branching parameters. Adsorption studies revealed that linear polymers form denser adsorption layers on the montmorillonite surface, while branched polymers produce thicker adsorption layers with greater effective thickness. Rheological analysis demonstrated significant differences in the mechanism of action: linear sulfonated cellulose acts as an effective deflocculant, reducing the viscosity of the suspension, whereas branched structures induce the formation of an elastic three-dimensional network and significantly increase the storage modulus of the system. The results confirm that macromolecular architecture is a key factor enabling targeted control of the rheological behavior of dispersed systems.

Keywords: sulfonated cellulose, molecular architecture, branching degree, adsorption, montmorillonite, rheology, dispersed systems, storage modulus, deflocculation.

Введение. Производные целлюлозы, модифицированные ионогенными группами, рассматриваются как перспективная основа для создания экологичных полифункциональных реагентов, в том числе для управления свойствами буровых растворов и других сложных дисперсных систем [1]. Эффективность таких полимеров традиционно связывают со степенью замещения (DS) и молекулярной массой [2]. Однако современная полимерная наука утверждает, что функциональные свойства макромолекул, особенно в гетерогенных системах, в значительной степени определяются их архитектурой – линейной или разветвленной,

гибкостью цепи, распределением функциональных групп [3]. В контексте стабилизации коллоидных систем разветвленные полимеры, обладающие компактной конформацией в растворе и способностью формировать объемные адсорбционные слои, теоретически должны обеспечивать более эффективную стерическую стабилизацию по сравнению с линейными аналогами той же молекулярной массы [4, 5]. Несмотря на это, систематических исследований, посвященных влиянию именно архитектуры производных целлюлозы на их адсорбционное поведение на поверхности силикатов и реологию глинистых суспензий, в

литературе недостаточно.

Целью настоящего исследования являлось установление количественных взаимосвязей между молекулярной архитектурой (линейная и разветвленная) сульфонированной целлюлозы, параметрами её адсорбционного слоя на монтмориллоните и реологическим откликом модельных бентонитовых дисперсий.

Объекты и методы исследования. В работе использовали образцы сульфонированной целлюлозы (SCC), синтезированные из хлопковой целлюлозы, отвечающей требованиям ГОСТ 10585-2014 [6] по показателям чистоты и степени полимеризации. Для получения полимеров с различной архитектурой применяли два подхода: гомогенное сульфонирование в системе N,N -диметилацетамид/ $LiCl$ для синтеза линейных структур (L-SCC) и последующее сшивание прекурсоров диэпоксидным агентом для получения разветвленных аналогов (B-SCC) по модифицированной методике [7], с соблюдением общих правил безопасности при работе с химическими реактивами по ГОСТ 12.1.007-76 [8]. Степень замещения по сульфогруппам для всех образцов поддерживали на уровне ~ 1.0 , контролируя её методом потенциометрического титрования в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 25734-96 [9]. В качестве дисперсной фазы использовали стандартный монтмориллонит (SWy-2, Clay Minerals Society) и бентонит марки БК-1, качество которого регламентировано ГОСТ 28177-89 [10].

Молекулярно-массовые характеристики и параметры ветвления синтезированных полимеров определяли методом гельпроникающей хроматографии с детектированием на дифференциальный рефрактометр и многоугловое светорассеяние (ГПХ-МУРС) на системе Wyatt Technology в соответствии с общепринятыми протоколами [11] и общими принципами хроматографического анализа по ГОСТ 32474-2013 [12]. Адсорбцию полимеров из водного раствора на монтмориллоните изучали по методу остаточной концентрации с использованием методики, основанной на стандартных подходах к определению адсорбции из растворов [13]. Толщину и морфологию сформированных адсорбционных слоев иссле-

довали с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) в полуконтактном режиме на приборе NT-MDT, руководствуясь общими рекомендациями по сканирующей зондовой микроскопии (ГОСТ Р ИСО 18115-1-2017) [14]. Реологические испытания 5% суспензий бентонита, модифицированных SCC (0.5% мас.), проводили на ротационном реометре Physica MCR с коаксиальными цилиндрами. Измерения включали построение кривых течения для определения пластической вязкости и исследования в режиме малых амплитудных колебаний для получения динамических модулей упругости (G') и вязкости (G'') в зависимости от частоты и амплитуды деформации в соответствии со стандартными методами реологического анализа неньютоновских жидкостей [9] и общими требованиями к измерениям вязкости (ГОСТ 33768-2015/ISO 3219:1993) [15].

Результаты. Проведенный синтез позволил получить две серии полимеров с контрастной архитектурой при схожей степени сульфонирования. Данные ГПХ-МУРС однозначно подтвердили различия в структуре: для линейных образцов L-SCC значение параметра ветвления G' (отношение среднеквадратичного радиуса разветвленного полимера к линейному той же массы) было близко к 1 (0.97-1.03), тогда как для образцов B-SCC этот параметр составлял 0.55-0.70, что характерно для разветвленных макромолекул. При сравнимой молекулярной массе (~ 200 кДа) гидродинамический радиус B-SCC был на 30-35% меньше, чем у L-SCC.

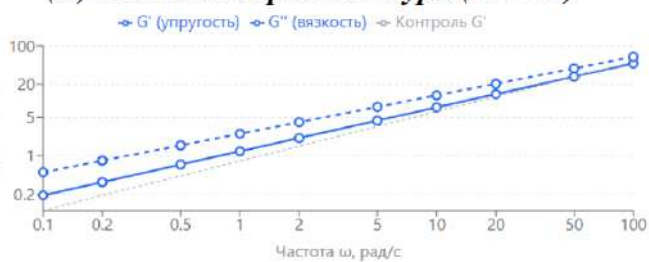
Исследование адсорбции выявило существенные различия в поведении полимеров на поверхности монтмориллонита. Линейные полимеры L-SCC характеризовались более высокой величиной предельной адсорбции, достигавшей 2.3 мг/м², что указывает на формирование плотного, сравнительно тонкого слоя. В противоположность этому, разветвленные полимеры B-SCC, несмотря на меньшую величину адсорбции (1.5 мг/м²), формировали значительно более толстые адсорбционные слои, что было наглядно подтверждено профилометрией методом АСМ.

Реологические исследования суспензий бентонита, модифицированных полимерами,

выявили принципиально различное их влияние. Как видно из данных, представленных в таблице, введение L-SCC приводило к значительному снижению пластической вязкости и предела текучести по сравнению с контрольной суспензией, демонстрируя их дефлокулирующее действие. Напротив, добавка B-SCC не только не снижала, но и увеличивала предел текучести. Ключевые различия проявились в осцилляционных тестах: суспензии с B-SCC демонстрировали поведение, характерное для слабого геля, с величиной модуля упругости G' , превышающей модуль вязких потерь G'' в широком диапазоне частот. Для систем с L-SCC наблюдалось преобладание вязкой составляющей ($G'' > G'$).

Качественное различие в поведении систем, показанное в таблице, наглядно иллюстрируется частотными зависимостями динамических модулей (рисунок). Линейный полимер (L-SCC) демонстрирует преобладание вязких свойств ($G'' > G'$) во всем диапазоне частот, что характерно для структурированных жидкостей. В противоположность этому, система с разветвленным полимером (B-SCC) проявляет признаки слабого геля: модуль упругости G' превышает модуль вязких потерь G'' в низкочастотной области, что указывает на формирование пространственной сетки.

(А) Линейная архитектура (L-SCC)



(Б) Разветвленная архитектура (B-SCC)



Рис.2. Зависимость динамических модулей упругости (G') и вязкости (G'') от частоты.

Таблица 1.
Влияние архитектуры сульфонируемой целлюлозы на реологические параметры 5% суспензии бентонита (добавка полимера 0.5% мас.)

Образец полимера	Пластическая вязкость, мПа · с	Предел текучести, Па	Пересечение G' и G'' (частота), рад/с	G' при 1 рад/с, Па
Контроль (без добавки)	28	15	Не наблюдается	0.8
L-SCC	18	6	Не наблюдается ($G'' > G'$ всегда)	1.2
B-SCC	32	22	0.5	12.5

Обсуждение. Полученные результаты убедительно доказывают, что архитектура макромолекулы сульфонируемой целлюлозы является определяющим фактором её функционального поведения в глинистой дисперсии. Линейные цепи (L-SCC), обладающие большей конформационной гибкостью, способны плотно упаковываться на поверхности частиц монтмориллонита, эффективно экранируя положительно заряженные края и выступая в роли пептизатора. Это приводит к разрушению рыхлых агрегатов и снижению вязкости системы, что согласуется с данными других исследований по адсорбции линейных полиэлектролитов [10].

Совершенно иной механизм демонстрируют разветвленные полимеры (B-SCC). Их компактная в растворе, но объемная при адсорбции структура приводит к формированию толстого, растянутого в раствор адсорбционно-сольватного слоя. Этот слой выполняет две ключевые функции. Во-первых, он создает мощный стерический барьер, препятствующий сближению частиц, что является классическим механизмом стабилизации [11]. Во-вторых, при достаточно высокой концентрации частиц, эти объемные слои начинают перекрываться и взаимодействовать, образуя пространственную сетку, в которой частицы выступают в роли узлов сшивания. Именно этот эффект ответственен за наблюдаемое резкое увеличение модуля упругости G' и переход системы в гелеобразное состояние, что отражено в данных таблицы. Таким образом, разветвленная архитектура превращает полимер из простого дефлокулянта в структурообразователь, способ-

ный кардинально менять реологический профиль дисперсии.

Заключение. Установлено, что молекулярная архитектура (линейная или разветвленная) сульфонированной целлюлозы является ключевым параметром, определяющим её адсорбционное поведение на монтмориллоните и, как следствие, функциональную роль в дисперсии.

Показано, что линейные полимеры (L-SCC) действуют преимущественно как эффективные пептизаторы, снижающие пластическую вязкость и предел текучести суспензии за счет образования плотных адсорбционных слоев.

Доказано, что разветвленные полимеры (B-SCC) формируют объемные адсорбционные слои, которые обеспечивают не только стерическую стабилизацию, но и индуцируют образование упругой пространственной сетки, существенно увеличивая модуль упругости системы и придавая ей свойства слабого геля.

Полученные результаты открывают путь к целенаправленному дизайну полимерных реагентов на основе целлюлозы, где выбор архитектуры позволяет программировать требуемые реологические свойства дисперсной системы – от улучшения текучести до создания выраженной тиксотропной структуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Heinze, T., et al. (2018). Progress in the development of cellulose-based polyelectrolytes. *Progress in Polymer Science*, 83, 136–164.
- [2] Zhang, L., et al. (2019). Effects of degree of substitution on the adsorption and rheological properties of sodium cellulose sulfate. *Carbohydrate Polymers*, 203, 294–301.
- [3] Rubinstein, M., & Colby, R. H. (2003). *Polymer physics*. Oxford University Press.
- [4] Kawaguchi, M., & Takahashi, A. (1992). Polymer adsorption and dispersion stability. *Advances in Colloid and Interface Science*, 37, 219–317.
- [5] Gericke, M., et al. (2020). Tailoring the molecular and supramolecular architecture of cellulose. *Cellulose*, 27, 3629–3647.
- [6] ГОСТ 10585-2014. (2014). Хлопковая целлюлоза. Технические условия.
- [7] Podzimek, S. (2011). Light scattering, size exclusion chromatography and asymmetric flow field flow fractionation: Powerful tools for the characterization of polymers, proteins and nanoparticles. John Wiley & Sons.
- [8] ГОСТ 12.1.007-76. (1976). Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- [9] ГОСТ 25734-96. (1996). Продукты переработки целлюлозы. Методы определения степени замещения.
- [10] ГОСТ 28177-89. (1989). Порошки бентонитовые для буровых растворов. Технические условия.
- [11] Lagaly, G., Ogawa, M., & Dékány, I. (2013). Clay mineral-organic interactions. In F. Bergaya & G. Lagaly (Eds.), *Handbook of Clay Science* (2nd ed., Vol. 5A, pp. 435–505). Elsevier.
- [12] ГОСТ 32474-2013. (2013). Пластмассы. Определение средней молекулярной массы и молекулярно-массового распределения полимеров методами эксклюзионной хроматографии.
- [13] Plank, J., & Brand, F. A. (1993). Mechanism of pigment dispersion by polyelectrolytes. *Colloid and Polymer Science*, 271(1), 10–17.
- [14] ГОСТ Р ИСО 18115-1-2017. (2017). Анализ поверхности. Словарь. Часть 1. Общие термины и термины для спектроскопии поверхности.
- [15] Mezger, T. G. (2020). *The rheology handbook* (5th ed.). Vincentz Network.

UO‘K: 541:678.74:614.841

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.29

STABILIZATOR VA TO‘LDIRUVCHILAR BILAN
MODIFIKATSIYALANGAN PVX ASOSIDA OLINGAN OLOVBARDOSH
MATERIALNING INFRAQIZIL (IQ) SPEKTROSKOPIK TAHLILI



Abdirashidov Durbek Abdirashid o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti, "Kimyo muhandisligi va biotexnologiyalar" kafedrası v.b. dotsenti, t.f.f.d. (PhD), Qarshi, O'zbekiston
E-mail: durbek.abdirashidov95@mail.ru
ORCID ID: 0009-0007-5863-8938
Science ID: FQD-0326-0032

Annotatsiya. Mazkur maqolada polivinilxlorid (PVX) asosida stabilizator va to'ldiruvchilar yordamida modifikatsiyalangan olovbardosh materialning fizik-kimyoviy xossalari o'rganildi. Tadqiqotda PVX, dioktilftalat (DOF), melamin sianurat (MCA) va talk asosida kompozit materiallar tayyorlanib, ularning tuzilishi infraqizil (IQ) spektroskopiya yordamida tahlil qilindi. Spektr natijalari orqali kompozitsiya tarkibidagi asosiy funksional guruhlar, jumladan C–H, C–Cl, C=O, N–H va Si–O bog'lanishlari aniqlanib, qo'shimchalarning material tarkibiga muvaffaqiyatli kiritilgani tasdiqlandi. Tadqiqot natijalari PVX asosidagi materiallarning olovbardoshligini oshirish, tutun ajralishini kamaytirish hamda mexanik xossalarni yaxshilash imkonini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: polivinilxlorid, DOF, melamin sianurat, talk, olovbardoshlik, IQ spektroskopiya, kompozit material, stabilizator, to'ldiruvchi.

ИНФРАКРАСНЫЙ (ИК) СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ОГНЕСТОЙКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПВХ,
МОДИФИЦИРОВАННОГО СТАБИЛИЗАТОРАМИ И НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Абдирашидов Дурбек Абдирашид угли

Каршинский государственный технический университет, кафедра «Химическая инженерия и биотехнологии», и.о. доцента, PhD,
Карши, Узбекистан

Аннотация. В данной статье исследованы физико-химические свойства огнестойкого материала на основе поливинилхлорида (ПВХ), модифицированного стабилизаторами и наполнителями. Композиционные материалы на основе ПВХ, диоктилфталата (ДОФ), цианурата меламин и талька были получены и проанализированы методом инфракрасной (ИК) спектроскопии. По результатам спектрального анализа установлено наличие функциональных групп C–H, C–Cl, C=O, N–H и Si–O, что подтверждает успешное введение добавок в структуру материала. Полученные результаты свидетельствуют о повышении огнестойкости, снижении дымообразования и улучшении механических свойств ПВХ-композиций.

Ключевые слова: поливинилхлорид, ДОФ, цианурат меламин, тальк, огнестойкость, ИК спектроскопия, композит, стабилизатор, наполнитель.

INFRARED (IR) SPECTROSCOPIC ANALYSIS OF A FLAME-RETARDANT MATERIAL BASED ON PVC MODIFIED WITH STABILIZERS AND FILLERS

Abdirashidov Durbek Abdirashidovich

Karshi State Technical University, Department of Chemical Engineering and Biotechnology, Acting Associate Professor, PhD, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *This study investigates the physicochemical properties of a flame-retardant material based on polyvinyl chloride (PVC) modified with stabilizers and fillers. Composite materials consisting of PVC, dioctyl phthalate (DOF), melamine cyanurate (MCA), and talc were prepared and analyzed using infrared (IR) spectroscopy. The spectral analysis confirmed the presence of key functional groups such as C–H, C–Cl, C=O, N–H, and Si–O, indicating the successful incorporation of additives into the material structure. The results demonstrate that the modified PVC composites exhibit enhanced flame retardancy, reduced smoke emission, and improved mechanical properties.*

Keywords: *polyvinyl chloride, DOF, melamine cyanurate, talc, flame retardancy, IR spectroscopy, composite material, stabilizer, filler.*

Kirish. Zamonaviy iqtisodiyotni kimyoviy texnologiyasiz tasavvur etib bo'lmaydi. Chunki qurilish, avtomobilsozlik hamda elektronika sanoatida keng qo'llanilayotgan polimer materiallar yengilligi, yuqori mustahkamligi, uzoq muddat xizmat qilishi va nisbatan arzonligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, polimerlarning ushbu afzalliklari qatorida ularning olovbardoshligini oshirish masalasi alohida ahamiyat kasb etadi.

Mazkur nuqtai nazardan tadqiqot obyekti sifatida polimerlar orasidan polivinilxlorid (PVX) tanlab olindi. PVX termoplastik polimer bo'lib, ishlab chiqarish hajmi bo'yicha jahon miqyosida polietilen va polipropilendan keyin uchinchi o'rinda turadi.

Polivinilxloridning boshqa polimerlardan asosiy farqli jihati uning tarkibida xlor elementining yuqori miqdorda (massasiga nisbatan taxminan 57%) mavjudligidir. Aynan ushbu xlor atomlari PVXning ma'lum darajada olovbardoshlik xususiyatini ta'minlaydi. Biroq, PVX olovbardosh polimer bo'lishiga qaramay, yonish jarayonida ayrim salbiy holatlar kuzatiladi. Xususan, yonish vaqtida quyuq qora tutun hosil bo'lishi va toksik vodorod xlorid (HCl) gazining ajralib chiqishi inson salomatligiga zarar yetkazadi. Bundan tashqari, HCl gazining namlik bilan reaksiyaga kirishishi natijasida korroziv muhit hosil bo'lib, metall konstruksiyalarga zarar yetkazishi mumkin.

Mazkur kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida PVX tarkibini mineral to'ldiruvchilar va galogensiz antipirenlar bilan modifikatsiyalash

muhim hisoblanadi.

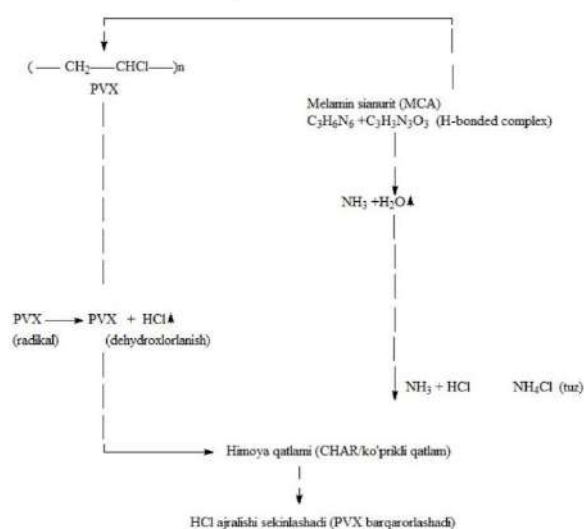
Ushbu yo'nalishda mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan keng qamrovli ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, Y. Chen, Q. Wu, N. Li, T. Tang, X. Xie, C. Zhang va Y. Zuo tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda PVX kompozitlarining olovbardoshlik va tutun hosil bo'lishini kamaytirish xususiyatlari o'rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, bunday modifikatsiyalangan kompozitsiyalar PVXning olovbardoshligini sezilarli darajada oshirib, kislorod chegaraviy indeksi (LOI) 27% dan yuqori qiymatlarga yetgan. Shu bilan birga, tutun zichligi maksimal qiymati 46,7% ga kamayganligi aniqlangan. Termogravimetrik tahlil natijalari kompozitlarning termal barqarorligi 45,3°C ga oshganini ko'rsatadi. Bundan tashqari, kompozitlarning mexanik xossalari ham yaxshilanib, cho'zilish darajasi 234,9% gacha va mustahkamligi 25,8 MPa gacha yetgan. Mualliflar tomonidan taklif etilgan tizim ekologik xavfsiz, iqtisodiy jihatdan samarali hamda amaliy ahamiyatga ega bo'lib, ayniqsa qurilish sohasida qo'llaniladigan PVX asosidagi materiallar uchun istiqbolli yechim sifatida baholanadi [1; 1814-b.].

Polivinilxlorid (PVX) sanoat va maishiy mahsulotlar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladigan muhim polimerlardan biri hisoblanadi. Biroq, uni issiqlik ta'sirida qayta ishlash jarayonida termik barqarorligi past bo'lib, polimer zanjirining parchalanishi natijasida polien tipidagi mahsulotlar hosil bo'ladi [2; 9–12-betlar]. Shu sababli PVXning termik barqarorligini oshirish, qayta ishlash

tasdiqlaydi.

717,52 sm⁻¹ da kuzatilgan cho‘qqi PVX uchun xarakterli belgilardan biri bo‘lib, u C–Cl (uglerod–xlor) bog‘lanishining valent tebranishlariga tegishlidir. PVX tarkibida xlor atomlari katta miqdorda mavjud bo‘lgani sababli, ushbu cho‘qqi uning IQ-spektrida doimiy ravishda namoyon bo‘ladi.

Bundan tashqari, 600 sm⁻¹ dan past diapazonda kuzatilgan cho‘qqilar majmuasi ham asosan C–Cl bog‘lanishlariga tegishli bo‘lib, ularning shakli va intensivligi polimer zanjirida xlor atomlarining joylashuviga bog‘liq.



2-rasm. Melamin sianurat (MCA) – PVX stabilizatsiya mexanizmi.

Umuman olganda, IQ-spektr tahlili natijalari tadqiq etilgan material tarkibida asosiy bog‘lanishlar sifatida C–H va C–Cl guruhlar mavjudligini ko‘rsatdi. Bu esa tahlil qilingan moddaning polivinilxlorid (PVX) asosidagi material ekanligini tasdiqlaydi.

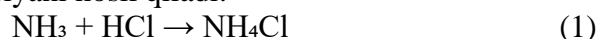
Tadqiqot jarayonida PVX asosida olovbardosh materiallar olish texnologiyasini takomillashtirish maqsadida melamin sianuratdan foydalanildi. Melamin sianurat poliamid (neylon), poliuretan va boshqa polimer tizimlarda samarali antipiren (olovbardosh stabilizator) sifatida keng qo‘llaniladi. U kabel izolyatsiyasi, elektr texnika qismlari, avtomobil sanoati hamda turli maishiy va sanoat mahsulotlarida xavfsizlik talablarini ta‘minlash uchun ishlatiladi.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni

ko‘rsatdiki, melamin sianurat qo‘shimchasi polimer kompozitsiyalarning olovbardoshligini oshirishda samarali hisoblanadi, biroq uning qo‘llanilishi muayyan texnologik va ekspluatatsion omillarni hisobga olishni talab etadi.

Berilgan sxema polivinilxlorid (PVX)ning issiqlik ta‘sirida degradatsiyasi hamda melamin sianurat (MCA) qo‘shimchasi ishtirokida yuz beradigan sinergik stabilizatsiya jarayonini ifodalaydi. PVXning asosiy strukturaviy birligi (–CH₂–CHCl–)_n bo‘lib, yuqori harorat yoki ultrabinafsha (UV) nurlanish ta‘sirida degidroxlorlanish reaksiyasi sodir bo‘ladi. Natijada polimer zanjiridan vodorod xlorid (HCl) ajralib chiqadi va radikal jarayonlar boshlanib, PVX polien tuzilmalarga degradatsiyalanadi. Polienlarning hosil bo‘lishi PVX rangining sarg‘ayishi, mexanik mustahkamligining pasayishi hamda fotodegradatsiya jarayonlarining kuchayishiga olib keladi.

Melamin sianurat (MCA) — C₃H₆N₆·C₃H₃N₃O₃ tarkibli kompleks bo‘lib, u vodorod bog‘lari orqali hosil bo‘lgan. Termik ta‘sirida MCA endotermik parchalanadi va bu jarayonda NH₃ hamda H₂O bug‘lari ajralib chiqadi. Hosil bo‘lgan ammiak (NH₃) PVXdan ajralib chiqqan HCl bilan o‘zaro ta‘sirlashib quyidagi reaksiyani hosil qiladi:



Mazkur reaksiya PVX degradatsiyasi jarayonida ajralayotgan HCl ni neytrallab, NH₄Cl ko‘rinishidagi himoya qatlamining hosil bo‘lishiga olib keladi. Ushbu qatlam quyidagi funksiyalarni bajaradi:

- PVX sirtini kislorod va issiqlik ta‘siridan himoya qiladi;
- degradatsiya jarayoni tezligini pasaytiradi va material xizmat muddatini uzaytiradi;
- PVXning termik barqarorligini oshiradi;
- HCl ishtirokidagi zanjir-parchalanish reaksiyalarining qayta boshlanishini oldini oladi.

Endotermik parchalanish jarayoni issiqlikni yutib, degradatsiya kinetikasini sekinlashtiradi va termik stabilizatsiya samaradorligini oshiradi. Melamin sianurat PVX bilan bevosita kimyoviy reaksiyaga kirishmaydi, biroq HCl ni bog‘lash, erkin radikallarni passivlashtirish va himoya (char) qatlam hosil qilish orqali fizik-kimyoviy sinergiya natijasida stabilizatsiya effektini namoyon qiladi.

Shu sababli MCA PVX uchun ekologik xavfsiz, samarali va past zaharlilikka ega stabilizator sifatida qaraladi.

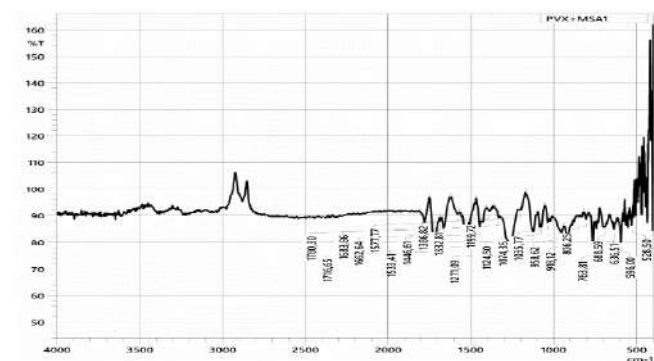
MCAning muhim afzalliklaridan biri uning galogenlardan xoli ekanligidir, ya'ni tarkibida xlor yoki brom mavjud emas. Bu esa yonish jarayonida zaharli va korroziv gazlar ajralib chiqishini kamaytiradi. Shuningdek, u yuqori samaradorlikka ega bo'lib, polimerlarning yonuvchanligini sezilarli darajada kamaytiradi va tutun hosil bo'lishini minimallashtiradi.

Biroq melamin sianuratning ayrim kamchiliklari ham mavjud. Xususan, uning suvda past eruvchanligi polimerlarga qo'shishda maxsus texnologik ishlov berishni talab qiladi. Shuningdek, qayta ishlash jarayonida ayrim qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkin.

Tajriba jarayonida PVX+DOF+melamin sianurat asosida olingan kompozit material granulasining infraqizil (IQ) spektroskopik tahlili Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot institutida o'tkazildi (2.9-rasm).

IQ-spektrdagi har bir cho'qqi ma'lum funksional guruhlarining mavjudligini ko'rsatadi. Spektrning yuqori to'lqin sonlari sohasidagi asosiy cho'qqilar C–H valent tebranishlariga tegishli bo'lib, ular PVX polimer zanjiridagi (–CH₂–CHCl–) bog'lanishlarini ifodalaydi.

Kompozit tarkibida DOF va melamin sianurat mavjudligi 1780,30 sm⁻¹, 1716,65 sm⁻¹ va 1683,86 sm⁻¹ diapazonlarda kuzatilgan cho'qqilar orqali tasdiqlanadi. Ushbu cho'qqilar karbonil (C=O) guruhlari tebranishlariga mos kelib, kompozitsiya tarkibiga kiritilgan qo'shimchalarning mavjudligini asoslaydi.



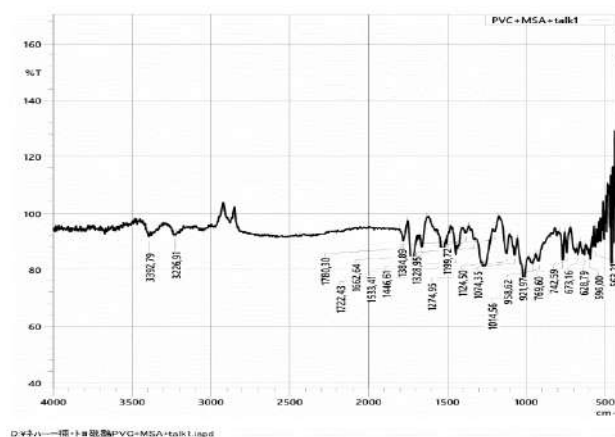
3-rasm. PVX+DOF+Melamin sianurat aralashmasidan olingan materialning infraqizil (IQ) spektroskopiyasidagi tahlili.

IQ-spektr tahlilida 1662,64 sm⁻¹ va 1577,77 sm⁻¹ diapazonlarda kuzatilgan cho'qqilar ikkilamchi aminlar hamda antipiren xususiyatga ega bo'lgan melamin sianurat mavjudligini ko'rsatadi. 1446,61 sm⁻¹ da qayd etilgan cho'qqi C–H guruhining deformatsion (egilish) tebranishlariga tegishli bo'lib, bu PVX polimeriga xos belgilaridan biridir.

1386,82 sm⁻¹, 1332,81 sm⁻¹ va 1271,09 sm⁻¹ diapazonlarda kuzatilgan cho'qqilar murakkab efir bog'lanishlariga xos bo'lgan C–O–C guruhlarining tebranishlariga tegishli bo'lib, ular plastifikator (DOF) hamda stabilizatorlar (melamin sianurat) tarkibida mavjudligini tasdiqlaydi.

1199,72 sm⁻¹, 1124,50 sm⁻¹ va 1074,35 sm⁻¹ da kuzatilgan cho'qqilar mineral to'ldiruvchilar (masalan, silikatlar, boratlar) yoki intumesent tizimlarga xos tebranishlarga mos keladi. 806,25 sm⁻¹, 763,81 sm⁻¹ va 688,59 sm⁻¹ diapazonlardagi cho'qqilar esa PVX uchun xarakterli bo'lgan C–Cl (uglerod–xlor) bog'lanishlarining valent tebranishlarini ifodalaydi va materialning PVX asosida ekanligini tasdiqlaydi.

958,62 sm⁻¹ va 636,51 sm⁻¹ da kuzatilgan cho'qqilar kompozitsiya tarkibiga kiritilgan olovbardosh qo'shimchalar hamda mineral to'ldiruvchilarning mavjudligini ko'rsatadi.



4-rasm. PVX+DOF+Melamin sianurat+Talk aralashmasidan olingan materialning infraqizil (IQ) spektroskopiyasidagi tahlili.

Umuman olganda, IQ-spektr tahlili PVX+DOF+melamin sianurat asosida olingan materialning murakkab kompozit tizim ekanligini tasdiqlaydi. Unda asosiy polimer matritsadan tashqari plastifikator, stabilizator va olovbardoshlikni oshiruvchi qo'shimchalar mavjud.

Ayniqsa, 1800–1500 cm^{-1} diapazondagi bir nechta cho‘qqilar kompozitsiyaning ko‘p komponentli va sinergik tizimdan iborat ekanligini ko‘rsatadi.

Keyingi bosqichda PVXning olovbardoshligini oshirish maqsadida PVX+DOF+melamin sianurat+talk aralashmasidan olingan materialning fizik-kimyoviy xossalari infraqizil (IQ) spektroskopiya usuli yordamida tahlil qilindi (3-rasm).

IQ-spektr tahlili natijalariga ko‘ra, har bir cho‘qqi (pik) ma‘lum funksional guruhlarining mavjudligini ifodalaydi. Spektrning yuqori to‘lqin sonlari sohasida kuzatilgan cho‘qqilar O–H (gidroksil) guruhining valent tebranishlariga mos keladi. Bu holat mineral to‘ldiruvchi — talk ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) tarkibidagi gidroksil guruhlar mavjudligini ko‘rsatadi. Mazkur cho‘qqilar sof PVX spektrida kuzatilmaydi.

3000–2800 cm^{-1} diapazondagi cho‘qqilar PVX polimer zanjiriga xos bo‘lgan C–H valent tebranishlariga tegishlidir. 1780,30 cm^{-1} va 1722,43 cm^{-1} da kuzatilgan cho‘qqilar karbonil (C=O) guruhlarining mavjudligini ko‘rsatib, bu material tarkibiga qo‘shilgan dioktilftalat (DOF) va melamin sianurat bilan bog‘liq ekanligini tasdiqlaydi.

1662,64 cm^{-1} va 1533,41 cm^{-1} diapazonlardagi cho‘qqilar melamin sianurat tarkibidagi murakkab funksional guruhlar (masalan, N–H deformatsion tebranishlari va amid guruhleri) mavjudligini bildiradi. 1446,61 cm^{-1} da qayd etilgan cho‘qqi esa C–H guruhining egilish tebranishlariga tegishli bo‘lib, PVX uchun xos belgidir.

1384,89 cm^{-1} va 1328,95 cm^{-1} diapa-

zonlardagi cho‘qqilar Si–O–Si bog‘lanishlariga mos keladi, bu esa talkning kremniy-kislorod skeleti mavjudligini ko‘rsatadi. 1199,72 cm^{-1} , 1124,50 cm^{-1} va 1074,35 cm^{-1} dagi cho‘qqilar ham Si–O hamda Si–O–Mg bog‘lanishlariga tegishli bo‘lib, kompozitsiyada talk mavjudligini yana bir bor tasdiqlaydi.

958,62 cm^{-1} , 769,60 cm^{-1} va 742,59 cm^{-1} diapazonlardagi cho‘qqilar PVX uchun xarakterli bo‘lgan C–Cl (uglerod–xlor) bog‘lanishlarining valent tebranishlarini ifodalaydi. 673,16 cm^{-1} va 628,79 cm^{-1} dagi kuchli cho‘qqilar esa Mg–O yoki Si–O bog‘lanishlariga tegishli bo‘lib, talkning mineral tuzilmasiga xos hisoblanadi.

Xulosa. IQ-spektr tahlili natijalariga asoslanib, olingan material polivinilxlorid, melamin sianurat va talk minerali asosidagi kompozit tizim ekanligi aniqlandi. PVXning mavjudligi 2900 cm^{-1} atrofidagi C–H hamda 1000–500 cm^{-1} oralig‘idagi C–Cl cho‘qqilari orqali tasdiqlandi. Talkning mavjudligi 3600–3200 cm^{-1} diapazondagi O–H cho‘qqilari hamda 1300–600 cm^{-1} oralig‘idagi Si–O va Mg–O bog‘lanishlariga xos cho‘qqilar bilan isbotlandi. Melamin sianuratning mavjudligi esa 1800–1500 cm^{-1} diapazondagi qo‘shimcha cho‘qqilar orqali aniqlangan.

Mazkur kompozit material PVXning olovbardoshligini oshirish, tutun ajralishini kamaytirish hamda mexanik xossalarni yaxshilash maqsadida sintez qilindi. Ushbu tizimda talk nafaqat to‘ldiruvchi, balki olovbardoshlikni oshiruvchi komponent sifatida ham muhim rol o‘ynaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Chen, Y., Wu, Q., Li, N., Tang, T., Xie, X., Zhang, C., & Zuo, Y. (2023). The flame retardancy and smoke suppression performance of polyvinyl chloride composites with an efficient flame retardant system. *Coatings*, 13(10), 1814. <https://doi.org/10.3390/coatings13101814>
- [2] Ершова, О. В., & Чупрова, Л. В. (2015). Получение композиционного материала на основе вторичного поливинилхлорида и техногенных минеральных отходов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, (5-1), 9–12.
- [3] Wang, X., Song, L., Xing, W., Lu, H., & Hu, Y. (2011). Flame retardancy and thermal degradation of PVC composites containing melamine cyanurate and zinc borate. *Polymer Degradation and Stability*, 96(2), 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.11.003>
- [4] Camino, G., Costa, L., & Trossarelli, L. (1984). Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers: Part I—Thermal degradation of ammonium polyphosphate–pentaerythritol mixtures. *Polymer Degradation and Stability*, 6(4), 243–252. [https://doi.org/10.1016/0141-3910\(84\)90010-2](https://doi.org/10.1016/0141-3910(84)90010-2)

ЭКОЛОГИЯ, МЕХАТ МУХОFAZASI VA TEXNIKA XAVFSIZLIGI
ЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ECOLOGY, LABOR PROTECTION AND TECHNICAL SAFETY

UO'K: 532.543:627.157

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.30

О'ZAN TUBI BARQARORLIGINI BAHOLASH USULLARI



**G'ayimnazarov Israil
Xoliqovich**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa
doktori (PhD), dotsent, Qarshi
davlat texnika universiteti, Qarshi,
O'zbekiston
E-mail: igayimnazarov@gmail.com
ORCID ID: 0009-0000-0680-5174
Science ID: FQD-0226-0016



**Mamarasulov Sobir
Raxmonqul o'g'li**

Doktorant (PhD), Qarshi davlat
texnika universiteti, Qarshi,
O'zbekiston
E-mail:
sobirmamarasulov6@gmail.com
ORCID ID: 0009-0004-6707-5741



**Toshmurodov Jomurod
Jahongir o'g'li**

Magistrant, Qarshi davlat texnika
universiteti, Qarshi, O'zbekiston
E-mail: jomurod@gmail.com
ORCID ID: 0009-0001-1800-9148

Annotatsiya. Bugungi kunga qadar grunt o'zanli kanallarda gryadalarining hosil bo'lishi va harakati masalasi bo'yicha dunyoning turli ilmiy markazlarida keng ko'lamli dala kuzatuvlari hamda laboratoriya tajribalari o'tkazilgan. Ushbu tadqiqotlar natijasida katta hajmdagi eksperimental ma'lumotlar to'plangan. Ayrim tadqiqotchilar mazkur ma'lumotlarni umumlashtirishga va yagona hisobiy bog'lanishlar shaklida ifodalashga harakat qilgan bo'lsalar-da, hozirgi kungacha ushbu masala bo'yicha to'liq ishonchli va universal natijalarga erishilmagan. Mavjud ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, grunt o'zanli kanallarda gryadalar harakati muammosi ochiq o'zanlar gidravlikasining eng murakkab va dolzarb masalalaridan biri bo'lib qolmoqda.

Olingan tajriba va kuzatuv ma'lumotlarini tahlil qilish natijalari shuni ko'rsatadiki, to'lqinlarning parametrlarida yuz beradigan o'zgarishlar gryadalarining geometrik va kinematik xususiyatlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Xususan, kanal oqimining statsionar holatida shakllanadigan gryadalarga nisbatan, shamol to'lqinlari ta'siri ostida vujudga keladigan gryadalar kattaroq o'lchamlarga ega bo'lishi kuzatiladi. Bu holat, avvalo, to'lqinlar ta'siri natijasida o'zan tubida hosil bo'ladigan tangensial kuchlanishlarning ortishi bilan izohlanadi. Mazkur kuchlanishlarning oshishi esa gryadalar parametrlarining yiriklashuviga olib keladi.

Ochiq o'zanlarda oqiziqslarning gryadali shaklda tashilishi nazariyasiga asoslanib, kanallarda suv oqimining statsionar va nostatsionar harakat sharoitlarida oqiziqslar tashilishini hisoblash usullari yanada takomillashtirildi. Ushbu yondashuv o'zan tubida kechadigan murakkab morfodinamik jarayonlarni yanada aniqroq tavsiflash hamda hisobiy natijalarning ishonchligini oshirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: nostatsionar oqim, gryadalar, gryadalar tikligi, oqiziqslar, oqiziqslar harakati, deformatsiya, o'zan tubi, g'adir-budirligi, gidravlik qarshilik, dinamik tezlik, siljish tezligi, shamol to'lqinlari, olib ketuvchi kuch.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ДНА РУСЛА

**Гайимназаров Ибраил
Холикович**

*Доктор философии (PhD) по
техническим наукам, доцент,
Каршинский государственный
технический университет,
Карши, Узбекистан*

**Мамарасулов Собир
Рахмонкулович**

*Докторант (PhD), Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан*

**Тошмуродов Жомурод
Жахонгир угли**

*Магистрант, Каршинский
государственный технический
университет, Карши,
Узбекистан*

Аннотация. На сегодняшний день в различных научных центрах мира проведены широкомасштабные полевые наблюдения и лабораторные эксперименты по вопросу формирования и движения гряд в каналах с грунтовым руслом. В результате этих исследований был собран большой объем экспериментальных данных. Хотя некоторые исследователи пытались обобщить эти данные и представить их в виде единых расчетных зависимостей, до настоящего времени по этому вопросу не получены полностью достоверные и универсальные результаты. Анализ имеющейся научной литературы показывает, что проблема движения гряд в каналах с грунтовым руслом остается одной из наиболее сложных и актуальных задач гидравлики открытых русел.

Результаты анализа полученных экспериментальных данных и наблюдений показывают, что изменения параметров волн оказывают непосредственное влияние на геометрические и кинематические характеристики гряд. В частности, наблюдается, что гряды, образующиеся под воздействием ветровых волн, имеют большие размеры по сравнению с грядами, формирующимися в стационарном состоянии потока канала. Это объясняется, прежде всего, увеличением касательных напряжений, возникающих на дне русла в результате воздействия волн. Увеличение этих напряжений приводит к укрупнению параметров гряд.

На основе теории переноса наносов в форме гряд в открытых руслах были усовершенствованы методы расчета переноса наносов в каналах в условиях стационарного и нестационарного движения водного потока. Такой подход позволяет более точно описать сложные морфодинамические процессы, происходящие на дне русла, и повысить достоверность расчетных результатов.

Ключевые слова: нестационарный поток, гряды, крутизна гряд, наносы, движение наносов, деформация, дно русла, шероховатость, гидравлическое сопротивление, динамическая скорость, скорость сдвига, ветровые волны, сила уноса.

METHODS FOR ASSESSING RIVERBED STABILITY

**Gaimnazarov Israil
Kholikovich**

*PhD in Technical Sciences, Docent,
Karshi State Technical University,
Karshi, Uzbekistan*

**Mamarasulov Sobir
Rakhmonkulovich**

*Doctoral student (PhD), Karshi
State Technical University, Karshi,
Uzbekistan*

**Toshmurodov Jomurod
Jahongir ugli**

*Master's student, Karshi State
Technical University, Karshi,
Uzbekistan*

Abstract. To date, extensive field observations and laboratory experiments on the formation and movement of bedforms in channels with alluvial beds have been conducted in various scientific centers worldwide. These studies have yielded a large volume of experimental data. Although some researchers have attempted to generalize these data and present them as unified computational relationships, fully reliable and universal results on this issue have not yet been obtained. Analysis of the existing scientific literature shows that the problem of bedform movement in channels with alluvial beds remains one of the most complex and relevant challenges in open channel hydraulics.

The results of analyzing the obtained experimental data and observations indicate that changes in wave parameters directly affect the geometric and kinematic characteristics of the bedforms. In particular, it has been observed that bedforms formed under the influence of wind waves have larger dimensions compared to those formed in steady-state channel flow. This is primarily attributed to the increase in shear stresses occurring at the channel bottom as a result of wave action. The increase in these stresses

leads to the enlargement of bedform parameters.

Based on the theory of bedform sediment transport in open channels, methods for calculating sediment transport in channels under steady and unsteady flow conditions have been improved. This approach allows for a more accurate description of the complex morphodynamic processes occurring at the channel bottom and enhances the reliability of the calculated results.

Keywords: unsteady flow, bedforms, bedform steepness, sediments, sediment transport, deformation, riverbed, roughness, hydraulic resistance, dynamic velocity, shear velocity, wind waves, entrainment force.

Kirish. Ushbu maqolada kanal suv oqimiga shamol to'liqlari ta'sir qilgandagi, ya'ni nostatsionar harakatdagi kanal tubida sodir bo'ladigan gryadalar o'lchamlari aniqlanishi hisoblanadi. Nostatsionar oqim sharoitida sodir bo'ladigan gryadalar hosil bo'lish jarayoni, statsionar holatdagi o'zan tubi gryadalariga nisbatan sezilarli darajada murakkabroq kechadi. Mazkur jarayonning kechishiga oqimning kinematik parametrlaridan tashqari, shamol to'liqlarining parametrlari ham sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, bugungi kunda bir yo'nalishli oqimga shamol to'liqlari ta'sirida paydo bo'ladigan gryadalar parametrlarini aniqlash masalasi kanallarni loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish jarayonlarida muhim rol o'ynaydi va tadqiqotchilar tomonidan katta qiziqish uyg'otadi.

O'zanlardagi oqiziqqlarning gryadli va gryadsiz harakati bo'yicha S.T. Altunin, V.S. Altunin, V.S. Borovkov, K.V. Grishanin, V.K. Debolskiy, Y.A. Ibadzade, I.G. Kantardji, I.F. Karasev, V.S. Knoroz, Z.D. Kopaliani, Y.M. Kuzminov, E.I. Mass, I.I. Levi, B.F. Snishenko, E.K. Rabkova, N.S. Znamenskaya, P. Akkers, L. Van-Rayn, J.D. Jonson, J. Kennedy, H. Eynshteyn, R. Engelund, A.H. Abalyans, Q.Sh. Latipov, H.A. Ismagilov, A.M. Muxamedov, R.M. Karimov, M.R. Bakiyev, E.J. Maxmudov, A.M. Arifjanov, D.R. Bazarov, S.S. Eshev, T. Majidov va boshqa olimlar tomonidan ko'plab nazariy, laboratoriya va dala sharoitlarida tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu ishlar o'zan tubida gryadalar hosil bo'lishi, ularning harakati va oqiziqqlarning tashilishi jarayonini batafsil tahlil qilishga imkon yaratadi. [1-6, 9-10, 11-14].

Uslub va materiallar. Hozirgi kunda nostatsionar oqim sharoitida sodir bo'ladigan gryadalar jarayoni mavjud tadqiqotlar, shu jumladan nazariy tahlillar va eksperimental tajribalar asosida o'rganilmoqda. Oqiziqqlarning

gryadli tartibda harakatlanishi ularning harakatining boshlanishidan boshlab, dumalash, saltatsiyali va muallaq holatlarni egallashi bilan yakunlanadi.

Gryadalar shakllanishiga eng sezilarli ta'sir ko'rsatadigan omillar quyidagilardan iborat:

Oqimning turbulentligi;

Gryadalarining tikligi. h_{gr}/ℓ_{gr}

Ushbu maqolada kanallardagi bir yo'nalishli oqimga shamol to'liqlari ta'sirida hosil bo'ladigan gryadalar shakllanishi va ularning parametrlarini aniqlash masalasi tahlil qilinadi. Mazkur masalani o'rganish maqsadida Qarshi davlat texnika universiteti laboratoriyasida tajribalar o'tkazildi. Tajribalarda temir lotok ichida turli yon tomon qiyalik koeffitsientlariga ($m = 2,0; 2,5; 3,0; 3,5$) ega bo'lgan trapesiya shaklidagi kanal modellari qurildi va har bir yon tomon qiyaliklari uchun tajribalar uch bosqichda amalga oshirildi.

Ushbu tadqiqotlar oqimi va shamol to'liqlarining gryadalar hosil bo'lishiga ta'sirini aniqroq tavsiflash, shuningdek, kanallarni loyihalash va oqiziqqlar harakatini modellashtirishda ilmiy asos yaratishga imkon beradi [9,10,13].

O'tkazilgan tajriba ma'lumotlari statistik usul yordamida qayta ishlangan. Natijalarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, to'liqin parametrlarining (h_v, λ_v) o'zgarishiga bog'liq holda gryadalar parametrlarida ham (h_{vgr}, ℓ_{vgr}) sezilarli o'zgarishlar yuz beradi. Shu sababli, kanal oqimining statsionar holatidagi gryadalarga nisbatan, shamol to'liqlari ta'siri ostida hosil bo'ladigan gryadalar kattaroq o'lchamlarga ega bo'lishi kuzatiladi.

Haqiqatan ham, to'liqlar ta'siri ostida o'zan tubida tangensial kuchlanishlarning ortishi sodir bo'ladi, bu esa gryadalar parametrlarining kattalashishiga olib keladi. Ushbu jarayonni birinchi navbatda gryadalar balandligini hisoblash orqali aniqlash mumkin. Buning uchun laboratoriya va natura ma'lumotlaridan foydalaniladi.

Yuoqoridagi mulohazalarga asoslanib, stat-

sionar harakatda hosil bo'lgan gryadalarining to'liqlar ta'sirida o'zgarishini hisoblashda empirik bog'lanishlarni qo'llash mumkin. Shu asosda, nostatsionar oqim ta'sirida hosil bo'ladigan gryadalar balandligini aniqlash imkoniyati yaratiladi.

$$\frac{h_{vgr}}{h_{gr}} = 1 + 2,21 \frac{\lambda_v}{h_0}, \quad (1)$$

uzunligi uchun esa

$$\frac{\ell_{vgr}}{\ell_{gr}} = 1 + 0,20 \frac{\lambda_v}{h_0} \quad (2)$$

bog'lanishlarni yozamiz.

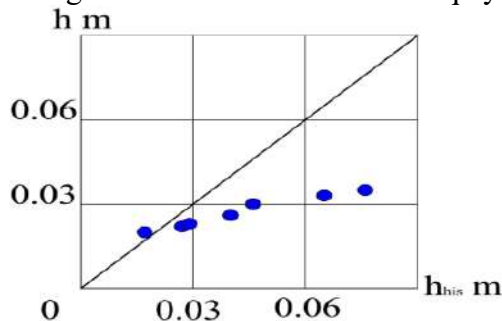
Bu empirik formulalarni mos ravishda quyidagi ko'rinishda ifodalaymiz:

$$h_{vgr} = h_{gr} \left(1 + 2,21 \frac{\lambda_v}{h_0} \right), \quad (3)$$

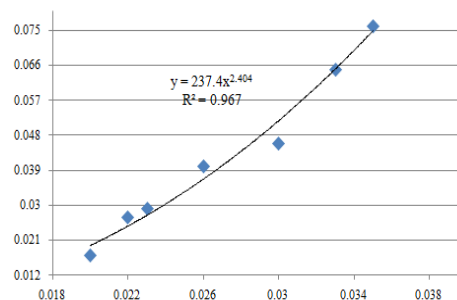
$$\ell_{vgr} = \ell_{gr} \left(1 + 0,20 \frac{\lambda_v}{h_0} \right), \quad (4)$$

bu yerda h_v, λ_v - mos ravishda to'liqlarning balandligi va uzunligi; h_{gr}, ℓ_{gr} - kanallarda to'liqlar bo'lmagan oqimda sodir bo'ladigan gryadlarning mos ravishda balandligi va uzunligi bo'lib, ular biz tomondan taklif qilingan [3-6;9;10] formulalardan aniqlanadi; h_{vgr}, ℓ_{vgr} - oqimga to'liqlar ta'sir qilganda sodir bo'ladigan gryadlarning mos ravishda balandligi va uzunligi; h_0 - oqimning o'rtacha balandligi.

Olingan tajribada suvning nostatsionar harakatida sodir bo'ladigan o'zan tubi gryadalarining balandligini aniqlash maqsadida laboratoriya tajribasi ma'lumotlari va (4)-formulaga asosan hisoblangan qiymatlar kiritilgan. Shuningdek, 2-rasmda regression tahlil natijalari ko'rsatilgan, bu esa olingan ma'lumotlarning empirik bog'lanishini vizual tarzda tasdiqlaydi.

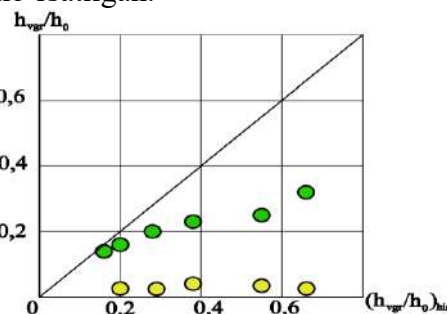


1-rasm. Tajribaviy gryadlarning balandligini hisobiy gryadlarning qiymatlari bilan taqqoslash.



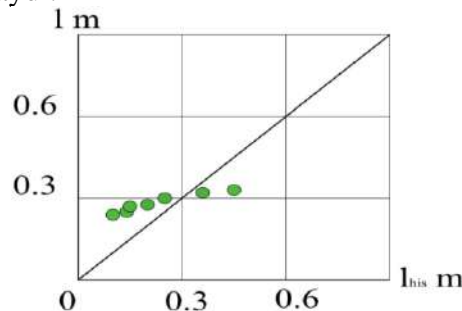
2-rasm. Regression tahlil.

Shuningdek, gryad balandliklarining laboratoriya va dala tajribalarida olingan ma'lumotlari bilan hisobiy ma'lumotlarning taqqoslanishi 3-rasmda ko'rsatilgan.

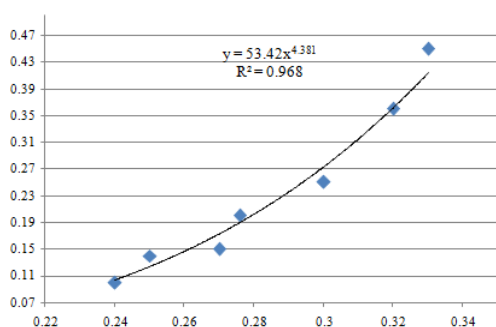


3-rasm. Nostatsionar oqim sharoitida laboratoriya va dala tajribalarda olingan h_{vgr}/h_0 nisbatining hisob bo'yicha olingan nisbatlari bilan taqqoslanishi.

Nostatsionar oqim holatida sodir bo'lgan gryadalar uzunligini aniqlashning haqqoniyligi ko'rib chiqiladi. Laboratoriya tajribalariga asoslanib olingan gryadalar uzunliklari bilan (4)-formular bo'yicha hisoblangan qiymatlarning taqqoslanishi 4-rasmda keltirilgan, shuningdek, regression tahlil natijalari 5-rasmda tasvirlangan. Ushbu tahlillar gryadalar uzunligini aniqlash bo'yicha laboratoriya va hisobiy natijalar o'rtasidagi bog'liqlikni aniq ko'rsatadi va empirik modelning ishonchliligini tasdiqlaydi.

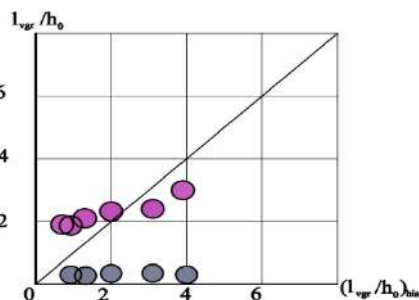


4-rasm. Tajriba va hisobiy gryadlarni taqqoslash.



5-rasm. Regression tahlil.

Kanal o‘zanining nostatsionar oqimida sodir bo‘lgan gryadalar uzunliklari bo‘yicha laboratoriya va dala sharoitlarida olingan ma’lumotlar kiritilgan. Ushbu qiymatlar (4)-bog‘lanishga asosan hisoblangan qiymatlar bilan solishtirilgan bo‘lib, ularning bir-biriga yaqinligini 6-rasmda ko‘rsatish mumkin.



6-rasm. Nostatsionar oqim sharoitida laboratoriya va dala tajribalarda olingan l_{gr}/h_0 nisbatning hisob bo‘yicha olingan nisbatlari bilan taqqoslanishi.

Demak, deformatsiyalanadigan ochiq o‘zanlar gidravlikasining, shamol to‘lqinlari bilan bog‘liq bo‘lgan nostatsionar oqim sharoitida sodir bo‘ladigan gryadalar balandliklari va uzunliklarini hisoblash masalalarida hosil qilingan (3) va (4)-formulalardan foydalanish mumkin.


Xulosa. 1. Kanal ichidagi suvning statsionar va nostatsionar sharoitlarida o‘tkazilgan laboratoriya tajribalari asosida, kanal o‘zan tubida sodir bo‘ladigan gryadalar balandligi va uzunligini aniqlash uchun bog‘lanishlar olinadi. Laboratoriya va hisobiy qiymatlarning taqqoslanishi ularning bir-biriga yaqinligini ko‘rsatdi.

2. Ochiq o‘zandagi oqiziqqlarning gryadli ko‘rinishda tashilishini hisoblash usuli asosida, kanaldagi suvning statsionar va nostatsionar harakatlari sharoitida oqiziqqlar tashilishini hisoblash usuli takomillashtirildi. Ushbu hisob usuli, oqiziqqlar tashilishiga to‘lqinlarning asosiy ta’sir xususiyatini, ya’ni to‘lqinli oqim sharoitida oqiziqqlar tashilishining sezilarli darajada oshishini, aks ettiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Гришанин, К. В. (1979). Динамика русловых потоков. Ленинград: Гидрометеоиздат.
- [2] Знаменская, Н. С. (1968). Грядовое движение наносов. Ленинград: Гидрометеоиздат.
- [3] Чоу, В. Т. (1969). Гидравлика открытых каналов. Москва: Издательство литературы по строительству.
- [4] Снищенко, Б. Ф., & Копалиани, З. Д. (1978). О скорости движения гряд в реках и лабораторных условиях. Труды ГГИ, 252, 20–37.
- [5] Елфимов, В. И. (n.d.). Исследование структуры донно-грядового рельефа дна и его влияние на гидравлические сопротивления (Автореферат диссертации кандидата физико-математических наук).
- [6] Железняков, Г. В., & Дебольский, В. К. (1971). О грядовом движении наносов при их различной плотности. Доклады ВАСХНИИ, (2), 42–45.
- [7] Azinfar, H., & Kells, J. A. (2009). Flow resistance due to a single spur dike in an open channel. Journal of Hydraulic Research, 47(6), 755–763.
- [8] Hu, H., Wei, T., Yang, Z., Hackney, C. R., & Parsons, D. R. (2018). Low-angle dunes in the Changjiang (Yangtze) Estuary: Flow and sediment dynamics under tidal influence. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 205, 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.03.009>

UDC: 622.629

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.31

TOP 10 TRANSPORT TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS IN 2025 FOR UZBEKISTAN



Mamasaliyeva Mukaddas Ibadullaevna

Associate Professor at Islam Karimov Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

E-mail: mamasaliyevamukaddas@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-9175-905X

Science ID: MTN-0525-0086

Abstract. The article provides an overview of the ten most significant transport technologies that will determine global trends in 2025 and are of practical value for the development of Uzbekistan. It analyses the prospects for introducing innovations, taking into account national characteristics, with a focus on expanding the fleet of electric vehicles and the use of gas motor fuel. It considers issues related to the digitalisation of public transport and the creation of intelligent urban traffic management systems. The material contains practical recommendations for modernising the republic's transport infrastructure, aimed at improving energy efficiency, digitising public transport, environmental safety, introducing intelligent traffic management systems, and optimising logistics processes in the current economic conditions.

Keywords: transport innovations, electric vehicles, smart roads, digitalisation, drones, transport modernisation, sustainable transport, localisation of production, prospects for the automotive industry in Uzbekistan.

ТОП-10 ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИЙ В 2025 ГОДУ ДЛЯ УЗБЕКИСТАНА

Мамасалиева Мукаддас Ибадуллаевна

Доцент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В статье представлен обзор десяти наиболее значимых транспортных технологий, определяющих глобальные тренды 2025 года, представляющие практическую ценность для развития Узбекистана. Анализируются перспективы внедрения инноваций с учетом национальных особенностей, акцентируя внимание на расширении парка электромобилей и использовании газомоторного топлива. Рассматриваются вопросы цифровизации общественного транспорта и создания интеллектуальных систем управления городским трафиком. Материал содержит практические рекомендации по модернизации транспортной инфраструктуры республики, направленные на повышение энергоэффективности, цифровизации общественного транспорта, экологической безопасности, внедрению интеллектуальных систем управления дорожным движением, а также оптимизацию логистических процессов в современных экономических условиях.

Ключевые слова: транспортные инновации, электромобили, умные дороги, цифровизация, дроны, транспортная модернизация, устойчивый транспорт, локализация производства, перспективы автопрома Узбекистана.

2025-YILDA O‘ZBEKISTON UCHUN ENG YAXSHI 10 TA TRANSPORT TEXNOLOGIYALARI VA INNOVATSIYALARI

Mamasaliyeva Muqaddas Ibadullayevna

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti dotsenti, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. Maqolada 2025 yildagi global tendentsiyalarni belgilaydigan va O‘zbekistonni rivojlantirishda amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan o‘n ta eng muhim transport texnologiyalari sharhlandi. U milliy xususiyatlarni hisobga olgan holda innovatsiyalarni joriy etish istiqbollarini tahlil qiladi, elektr transport vositalari parkini kengaytirish va gaz dvigatelli yoqil‘idan foydalanishga e‘tibor qaratadi. Shuningdek, jamoat transportini raqamlashtirish va aqlli shahar transport boshqaruvi tizimlarini yaratish masalalarini ko‘rib chiqadi. Materialda respublikaning transport infratuzilmasini modernizatsiya qilish bo‘yicha amaliy tavsiyalar keltirilgan bo‘lib, ular energiya samaradorligini oshirish, jamoat transportini raqamlashtirish, ekologik xavfsizlikni ta‘minlash, aqlli transport boshqaruv tizimlarini joriy etish va hozirgi iqtisodiy sharoitda logistika jarayonlarini optimallashtirishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: transport innovatsiyalari, elektr transport vositalari, aqlli yo‘llar, raqamlashtirish, dronlar, transportni modernizatsiya qilish, barqaror transport, ishlab chiqarishni mahallilashtirish, O‘zbekistonda avtomobil sanoatining istiqbollari.

Introduction. Modern transport systems are undergoing rapid transformation. In 2025, the global industry is focusing on sustainability, digitalisation and environmental friendliness. For Uzbekistan, located in the centre of Eurasia and with a growing transport load, the introduction of advanced technologies is particularly relevant. They will improve the quality of transport, improve the environmental situation and strengthen the country's logistical role as a technological re-equipment of the industry and production [5].

Automotive manufacturing is the youngest industry created in our independent state. In an unprecedentedly short period of time, a unique car manufacturing facility has been created and is successfully developing in our country. Today, this new industry is becoming a powerful driver of development for the entire economy of Uzbekistan [4].

Materials and methods. The main problem in Uzbekistan's transport sector remains the high load on roads, wear and tear on vehicles, and the insufficient environmental friendliness of the fuel used. The growth of the vehicle fleet in Uzbekistan increases the load on the environment, making air pollution one of the most acute problems. The modern automotive industry is undergoing a period of profound change. Traditional internal combustion engines are being replaced by hybrid

and electric technologies designed to reduce dependence on fossil fuels, lower pollutant emissions and improve operational safety [8]. The Republic of Uzbekistan, which is actively modernising its transport and industrial sectors, considers the introduction of hybrid technologies to be a strategic direction capable of improving the environmental situation and creating new opportunities for industrial growth [3].

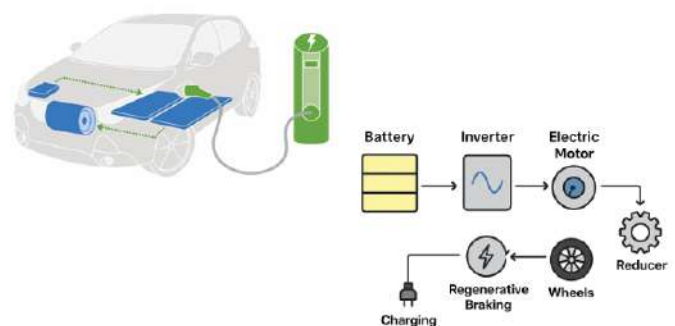


Fig.1. Electric vehicle charging system.

At the same time, the country has great potential for the introduction of new technologies, including the electrification of transport, the development of intelligent traffic management systems, and the digitalisation of logistics. The research method is based on an analysis of international experience, reports from global organisations (IEA, World Bank), and strategic

documents of the Republic of Uzbekistan on the development of transport infrastructure. The study was prepared using a comparative analysis of global innovations, reports from international organisations, and national strategic programmes in the field of transport.

Research results and discussion. Electric transport (electric buses, electric cars) – introduction of electric public transport in large cities. Electric buses have already begun to be introduced in Tashkent and Samarkand. This reduces dependence on traditional fuels and improves the environment.

Gas-powered transport (CNG/LNG) – use of natural gas as a transitional environmentally friendly fuel. Thanks to its own natural gas reserves, Uzbekistan can actively develop a fleet of environmentally friendly gas-powered buses and trucks.

Smart public transport – digital applications, electronic tickets and GPS navigation. Digital route monitoring systems, mobile applications and electronic tickets improve passenger convenience.

Intelligent transport systems (ITS) - smart traffic lights, sensor systems and traffic control. The introduction of ‘smart traffic lights’, sensors and cameras reduces traffic jams and improves safety. [1,2]

Autonomous shuttles and taxis – pilot projects for tourist cities. Pilot projects involving driverless vehicles can be implemented in tourist cities, which will increase their attractiveness.

Railway electrification - development of high-speed and environmentally friendly transport. Continued electrification and the launch of new high-speed routes (such as Afrosiyob) strengthen the country's position in regional logistics.

Drones for logistics and agriculture - delivery

of goods to hard-to-reach regions. The use of drones improves the delivery of goods to hard-to-reach regions and increases the efficiency of the agricultural sector [6].

Eco-friendly freight transport – multimodal schemes and energy-efficient trucks. The use of multimodal schemes (rail + road transport) and economical trucks reduces costs and emissions.

Smart roads and toll motorways – introduction of non-stop payment and road monitoring systems. Contactless payment and road condition monitoring systems improve the quality and safety of road infrastructure [7].

Air mobility (eVTOL) – long-term prospects for the tourism industry. By the 2030s, it may be possible to use electric air taxis on tourist routes (Tashkent - Charvak, Tashkent - Samarkand, Tashkent-Khiva, Samarkand-Bukhara, Termez-Kokand).

Each of these destinations has its own degree of applicability and time horizons for implementation. The most promising in the short term (until 2025–2030) are electric vehicles, gas-powered transport, ITS and the digitalisation of public transport [5]. In the long term, air mobility and autonomous transport will become priorities.

Conclusion. Thus, transport innovations in 2025 open up broad prospects for Uzbekistan. The priority areas are the development of electric transport, the use of natural gas as an environmentally friendly fuel, the digitalisation of public transport and the introduction of intelligent traffic management systems. In the long term, drones and air mobility are of particular interest. The timely introduction of these technologies will enable the country to strengthen its position in the region, improve the quality of life of the population, and reduce the environmental impact.

REFERENCES

- [1] O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2025, 27-yanvar). PF-28-sonli Prezident farmoni: Transport va logistika tizimini rivojlantirish strategiyasi.
- [2] World Bank. (2023). Transport infrastructure in Central Asia.
- [3] International Energy Agency (IEA). (2024). Global EV outlook 2024.
- [4] Мамасалиева, М. И., & Бекетов, Т. К. (2026). Топ-10 транспортных технологий и инноваций в 2025 году для Узбекистана. *Universum: технические науки*, 2(143).
- [5] Мамасалиева, М. И., & Бекетов, Т. К. (2026). Применение инновационных технологий в автомобилестроении гибридов в Республике Узбекистан. *Universum: технические науки*, 1(142_3), 50–52.

- [6] Министерство транспорта Республики Узбекистан. (n.d.). Концепция развития транспортной системы до 2030 года.
- [7] Navartis Global. (2025). Emerging technology trends in the rail sector for 2025.
- [8] StartUs Insights. (2025). Transportation trends 2025.
- [9] Степанов, В. Г. (2021). Экологически чистые транспортные технологии. Санкт-Петербург: Питер.

UO‘K: 626.86:519.876(575.1)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.32

GRUNT O‘ZANLI KANALLARNI REKONSTRUKSIYALASHNING NSGA-II ALGORITMI YORDAMIDA KO‘P MAQSADLI OPTIMALLASHTIRISH MODELI



Hazratov Alisher Normurodovich

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” milliy tadqiqot universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

E-mail: khazratov@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-1300-0547
Science ID: FQD-0225-0024



Sobirov Feruz Choriyevich

Buxoro davlat texnika universiteti, Buxoro, O‘zbekiston

E-mail: sobirovferuzbek874@gmail.com
ORCID ID: 0009-0005-9135-3403
Science ID: MBX-0226-0045

Annotatsiya. Ushbu maqolada grunt o‘zanli irrigatsiya kanallarini rekonstruksiyalash parametrlarini aniqlash uchun ishlab chiqilgan ko‘p maqsadli optimallashtirish modeli ta’riflanadi. Model oqim gidravlik parametrlarini Shezi-Manning tenglamasi, oqiziq transporti hisoblarini Engelund–Hansenning oqimning tashuvchanlik qobiliyatini aniqlash formulasi va filtratsiya hisoblarini Pavlovskiy filtratsiya formulasi bilan hisoblashlarni o‘z ichiga oladi. Shuningdek model NSGA-II algoritmi yordamida shakllantirilgan kombinatsiyalar uchun hozirgi paytdagi narx-navolar asosida rekonstruksiya va ekspluatatsiya xarajatlarini hisoblaydi. Optimallashtirish modelida Python muhitidagi NSGA-II algoritmini qo‘llash orqali kombinatsiyalarni shakllantirish va eng kam umumiy xarajatlar beradigan natijalar asosida eng maqbul parametrlarni saralash bajariladi. Modelning keys-stadi sinovi Amu-Buxoro mashina kanali misolida o‘tkazildi. Natijalar rekonstruksiya va ekspluatatsiya xarajatlari o‘rtasidagi optimal muvozanatni aniqlash imkonini berdi.

Kalit so‘zlar: gruntli kanallarni rekonstruksiya qilish, ko‘p mezonli optimallashtirish, NSGA-II algoritmi, oqimning tashish qobiliyati, oqimning o‘zgaruvchanligi, rekonstruksiya va ekspluatatsiya xarajatlari.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ГРУНТОВЫХ КАНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА NSGA-II

Хазратов Алишер Нормуродович

Национальный исследовательский университет
«Ташкентский институт ирригации и сельскохозяйственной
механизации», Ташкент, Узбекистан.

Собиров Феруз Хориевич

Бухарский государственный технический университет,
Бухара, Узбекистан

Аннотация. В данной статье описывается модель многокритериальной оптимизации, разработанная для определения параметров реконструкции грунтовых ирригационных каналов. Модель включает расчёт гидравлических параметров потока на основе уравнения Шези–Маннинга, расчёт транспорта наносов с использованием формулы транспортирующей способности потока Энгелунда–Хансена, а также расчёт фильтрационных потерь с применением формулы фильтрации Павловского. Кроме того, модель рассчитывает затраты на реконструкцию и эксплуатацию для комбинаций параметров, сформированных с помощью ал-

горитма NSGA-II, на основе текущих ценовых показателей. В рамках оптимизационной модели применение алгоритма NSGA-II в среде Python позволяет формировать различные комбинации параметров и выбирать наиболее оптимальные решения, обеспечивающие минимальные суммарные затраты. Апробация модели выполнена на примере Аму-Бухарского машинного канала. Полученные результаты позволили определить оптимальный баланс между затратами на реконструкцию и эксплуатацию канала.

Ключевые слова: реконструкция грунтовых каналов, многокритериальная оптимизация, алгоритм NSGA-II, транспортирующая способность потока, изменчивость потока, затраты на реконструкцию и эксплуатацию.

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION MODEL FOR RECONSTRUCTION OF EARTHEN CANALS USING THE NSGA-II ALGORITHM

Khazratov Alisher Normurodovich

National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization", Tashkent, Uzbekistan.

Sobirov Feruz Khorievich

Bukhara State Technical University, Bukhara, Uzbekistan

Abstract. This article describes a multi-objective optimization model developed to determine the reconstruction parameters of earthen irrigation canals. The model incorporates hydraulic flow calculations using the Chezy–Manning equation, sediment transport calculations using the Engelund–Hansen sediment transport capacity formula, and filtration calculations using Pavlovskiy’s filtration formula. The model also calculates reconstruction and operation costs for combinations generated using the NSGA-II algorithm, based on current price levels. By applying the NSGA-II algorithm in the Python environment, the model generates parameter combinations and selects the most optimal parameters based on results that provide the minimum total cost. The model was tested in a case study of the Amu-Bukhara Machine Canal. The results made it possible to determine the optimal balance between reconstruction and operation costs.

Keywords: reconstruction of earthen canals, multi-objective optimization, NSGA-II algorithm, sediment transport capacity of flow, flow variability, reconstruction and operational costs.

Кирish. Kanal kesimining mustahkamligi kanaldan ishonchli foydalanishning asosiy omili bo‘lganligi uchun, kanallarni loyihalashda quyidagi talablarga amal qilish zarur: kanal yuvilmasligi va loyqa bosmasligi, kanal o‘zanidan minimum filtratsiya yo‘qotilishiga, ko‘ndalang kesimining umumiy mustahkamligi ta‘minlanganligi, maksimal suv o‘tkazish qobiliyatiga ega bo‘lishi zarur. Shuningdek, shaharsozlik normalari va qoidalari bo‘yicha kanallarning konstruksiyasi qurilish ishlarining maksimal ehtimoldagi mexanizatsiyasini va minimal ekspluatatsiya xarajatlarini ta‘minlashi zarur [1-4].

Hozirda global iqlim o‘zgarishi natijasida yog‘ingarchilik tarkibi o‘zgarib oxirgi yillarda qor o‘rniga yomg‘ir shaklidagi yog‘ingarchilik yog‘ishi sel-toshqinlarning ko‘proq yuz berishiga, daryo havzasida tuproq eroziyasi jarayonlarining jadallashuviga olib kelmoqda. Natijada daryodan olinadigan suv tarkibida muallaq oqiziq

konsentratsiyasi oshib borishi kuzatilmoqda [5, 6].

Bundan tashqari kanallarni loyihalashda oqim va oqiziq sarfining vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligi inobatga olinmaganligi kanalni va statik mustahkamlikka hisoblanganligi sababli Qarshi magistral kanali va Mirishkor kanali kabi yirik grunt o‘zanli kanallarni loyqa bosishi sababli suv o‘tkazish qobiliyati deyarli uchdan bir qismga kamaygan bo‘lsa Amu-Buxoro mashina kanalida o‘zan yuvilishi jarayonlari kuzatiladi, (1-2-rasmlar), [7-9].

Respublikamizdagi grunt o‘zanli kanallarning foydali ish koeffitsiyenti Suv xo‘jaligi vazirligi ma‘lumotlariga ko‘ra o‘rtacha 0,63 ni tashkil qiladi. Amu-Qashqadaryo irrigatsiya tizimlari havza boshqarmasining ma‘lumotlariga ko‘ra Amudaryodan Qashqadaryo viloyatiga 2024 yilda 2968,7 mln. m³ suv olingan bo‘lib, olingan suvning tannarxi 792,0 so‘mni tashkil qilgan. Ushbu olingan suvning 37 foizi irrigatsiya kanallarida yo‘qotiladi

deb hisoblanganda, 2024 yilda 1098,4 mln. m³ suv yo‘qotilgan. Ushbu yo‘qotilishning asosiy qismi filtratsiyaga yo‘qotilishini hisobga olsak bir yilda taxminan 1,0 mlrd. m³ suv yoki 792,0 mlrd. so‘m mablag‘ kanallardan filtratsiyaga yo‘qotilmoqda deb hisoblash mumkin [9].



1-rasm. Amu-Buxoro mashina kanali PK1202 dagi holat.



2-rasm. Qarshi magistral kanali PK700 dagi holat.

Respublikamizda “O‘zbekiston Respublikasi

suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020 - 2030 yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasi” qabul qilingan bo‘lib, hukumat Suv xo‘jaligi vazirligiga Konsepsiyada belgilangan ustuvor yo‘nalishlarni amalga oshirish orqali 2030-yilga qadar sug‘orish tizimlarining foydali ish koeffitsiyentini 0,63 dan 0,73 gacha oshirish vazifasi yuklatilgan [10-12].

Mamlakatimizdagi yer o‘zanli kanallarini qurish va qayta qurish uchun kanallarni loyihalash jarayonida an’anaviy usulda o‘zgarmas gidravlik sharoitlar uchun kanalni statik mustahkamlikka hisoblanadi, oqim sarfi ekspluatatsiya davrida o‘zgaruvchanligini to‘liq hisobga olinmaydi. Kanalning gidravlik hisoblash va loyihalashda hisobga olinishi lozim bo‘lgan parametrlar juda ko‘p bo‘lgani uchun eng maqbul kanal parametrlarini qabul qilish loyihachi tomonidan optimallashtirish dasturlarisiz mexanik qabul qilinadi.

Metodi. Mualliflar tomonidan taklif etilayotgan ushbu model qurilish meyorlari va qoidalari talablaridan chiqmagan holda minimal yuvilishga va loyqa bosishga, minimum filtratsiya yo‘qotilishiga, ko‘ndalang kesimining umumiy mustahkamligi ta‘minlanganligi, maksimal suv o‘tkazish qobiliyatiga ega kanal o‘lchamlarini hisoblashga yo‘naltirilgan. Dastur Python dasturi yordamida NSGA-II optimallashtirish algoritmini qo‘llab ishlab chiqilgan.

NSGA-II, ya'ni Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II, bu ko‘p maqsadli optimallashtirish muammolarini hal qilish uchun ishlatiladigan tobora keng qo‘llanilayotgan algoritm hisoblanadi. Ko‘p maqsadli optimallashtirish (Multi-objective Optimization - MOO), bu bir vaqtning o‘zida optimallashtirish kerak bo‘lgan bir nechta maqsad funksiyalarini o‘z ichiga olgan matematik optimallashtirish sohasi hisoblanadi. Ushbu algoritmi tabiiy evolyutsiyadan ilhomlangan aqlli qidiruv strategiyasi bo‘lib, odatda barcha maqsadlar uchun eng yaxshi bo‘lgan yagona "mukammal" yechim yo‘qligini inobatga olib, buning o‘rniga, eng yaxshi mumkin bo‘lgan parametrlar birikmasini ifodalovchi kompromis yechimlar to‘plamini qidiradi. NSGA-II ushbu kompromis yechimlar diagrammasini, ya'ni Pareto frontini qurishda juda yaxshi natija beradi [13-15].

Taklif etilayotgan grunt o‘zanli kanallarni rekonstruksiyalashning optimal parametrlarini

hisoblash modeli Python dasturida yozilgan bo‘lib quyidagi hisoblarni o‘z ichiga oladi.

1. Oqimning gidravlik parametrlari hisoblari;
2. Oqiziq transporti va filtratsiya hisoblari;
3. Iqtisodiy hisoblar;
4. NSGA-II optimallashtirish algoritmi

yordamida kombinatsiyalarni shakllantirish va maqsad funksiyalar asosida eng yaxshi kombinatsiyalarni tanlab olish.

Natijalar va muhokama. Taklif etilayotgan modelda hisoblarni bajarish tartibi quyidagicha amalga oshiriladi:

1. Quyidagi boshlang‘ich parametrlar foydalanuvchi tomonidan kiritiladi.

L_k – kanal uzunligi, metr;

m – kanal yon devorining qiyalik koeffitsiyenti;

N – hisobiy ekspluatatsiya davri, yil;

S_l – tuproq ishlari narxi, so‘m/m³;

b – kanal tubi kengligi metr;

d_{50} – muallaq oqiziq zarrasining o‘rtacha diametri, metr;

S_f – suv tannarxi, so‘m/m³;

h_q – kanal chuqurligi, metr.

i_0 – rekonstruksiya oldingi nishablik; hisobiy oqim gidrografi; oqimning tashuvchanlik qobiliyatini aniqlash usuli.

1-jadval

Qoplama turiga bog‘liq parametrlar

T/r	Qoplama turi	Maningning g‘adir budurlik koeffitsiyenti, n	Xizmat muddati, yil	Hisobiy davrdagi rekonstruksiya soni, dona.	Tanlangan qoplamaning narxi, so‘m/m ² .	Filtratsiya koeffitsiyenti, metr/santka
1.	gilli ekran (grunt aralash bentonit)	0,021	10 yil	2,5	27000	0,005
2.	beton-plyonkali monolit	0,015	25 yil	1	75000	8×10^{-7}
3.	geomembrana HDPE (Geoflax 2 mm)	0,011	25 yil	1	46500	8×10^{-10}

2. Joyning topografik va geologik sharoitlaridan kelib chiqib, kombinatsiyalar tuzish uchun ixtiyoriy xarakterga ega quyidagi parametrlar diapazoni kiritiladi:

- i – kanal tubi nishabligi i_{min} dan i_{max} gacha;

- qoplama turi va qoplama turidan kelib chiqib unga bog‘liq ravishda o‘zgaruvchi parametrlar quyiligi 1-jadvaldan qabul qilinadi.

3. NSGA-II algoritmi berilgan diapazondagi qoplama turi va kanal tubi nishabliklarining 300 ta nishab–qoplama kombinatsiyalarini shakllantiradi

va har bir avlod uchun yangi individlar (farzandlar) soni 300 ta bo‘lib jami $300+300 \cdot 300=90300$ ta kombinatsiyalar ishlatiladi. Kombinatsiyalar sonini generatsiyalar va avlodlar sonini o‘zgartirib o‘zgartirish mumkin.

4. Dastur har bir kombinatsiya uchun qoplama turi va unga mos filtratsiya koeffitsiyenti, g‘adirbudurlik koeffitsiyenti (misol uchun glina, beton, geomembrana), qoplamaning har bir metr kvadratini yotqizish harajatlari kabilarni tayinlaydi.

5. Dastur har bir kombinatsiya uchun oqim gidrografini inobatga olib tanlov usulida gidravlik parametrlarni hisoblaydi.

6. Har bir kombinatsiya oqimning tashuvchanlik qobiliyatini hamda oqiziqning uzluksizlik tenglamasini inobatga olib o‘zan deformatsiyasi hajmi hisoblanadi.

Yillik tuproq ishlari hajmi hisoblanadi, m³

$$V_l = 365 \cdot 86400 \cdot (Q_{s.in} - Q_{s.out}) \quad (1)$$

$Q_{s.in} = C_v Q$ – kanal uchastkasiga har oyda kirib kelayotgan oqiziq sarfi hisoblanadi, m³/s;

C_v – hajmiy konsentratsiya, o‘lchamsiz;

$Q_{s.out}$ – tanlangan usul bo‘yicha hisoblangan oqimning tashuvchanlik qobiliyati, m³/s.

7. Ho‘llangan perimetr va oqim chuqurligidan kelib chiqib butun espluatatsiya davri uchun filtratsiyaga yo‘qotilgan suv hajmini aniqlanadi.

$V_{f.oy}$ – bir oydagi filtratsiyaga yo‘qotiladigan

suv hajmi, m³

$$V_{f.oy} = Q_f \cdot \frac{L_k}{1000} \cdot 86400 \cdot T_{kunsoni} \quad (2)$$

Q_f – filtratsiyaga yo‘qotiladigan suv sarfi SHNQ 2.06.03-12 bo‘yicha N.N.Pavlovskiy formulasi bilan hisoblanadi, bir kilometr uchun m³/s, [1].

$$Q_f = 0,0116 \cdot (B + 2h)K_f \quad (3)$$

8. Rekonstruksiya keyingi kutilayotgan ekspluatatsiya davri N yil uchun ekspluatatsiya xarajatlarni hisoblanadi, so‘m

$$X_0 = N \cdot X_y \quad (4)$$

X_y – yillik ekspluatatsiya xarajatlari, so‘m;

$$X_y = V_l \cdot S_l + V_f \cdot S_f \quad (5)$$

9. Grunt o‘zanli kanalni rekonstruksiya qilish va uning hisobiy davrda ekspluatatsiya xarajatlari uchun ketgan umumiy xarajatlar quyidagicha aniqlanadi.

$$X_T = X_r + X_o \quad (6)$$

$X_r = M \cdot X_{r.b.m.}$ – rekonstruksiya xarajatlari,

so‘m.

10. $X_{r.b.m.}$ – bir martalik rekonstruksiya xarajatlari, so‘m.

$$X_{r.b.m.} = V_r S_l + X_q \quad (7)$$

Dastur bergan ushbu grafiklar kanalni rekonstruksiya qilish bo‘yicha optimallashtirishda ikki maqsadning o‘zaro muvozanatini ko‘rsatadi:

- hozirgi narx-navoda rekonstruksiya xarajatlari (x -o‘qi);
- hozirgi narx-navoda ekspluatatsiya xarajatlari (y -o‘qi), 1-3 rasmlar.

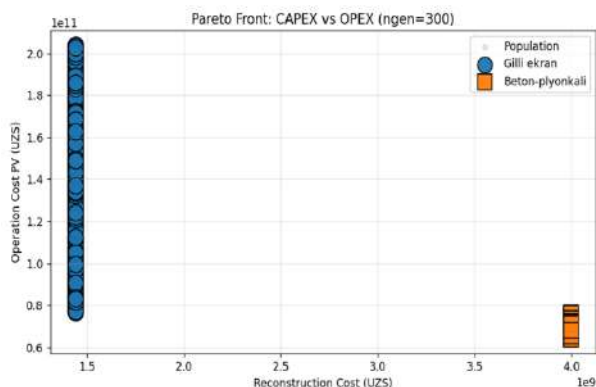
Amu-Buxoro mashina kanalining PK1185÷PK1195 qismi uchun loyihaviy kanal o‘lchamlari asosida dasturning amalda qo‘llanilishini ko‘rib chiqamiz:

- kanal uzunligi $L_k = 1000$ metr;
- kanal yon devorining qiyalik koeffitsiyenti $m = 3$;
- hisobiy davr $N = 25$ yil;
- S_l – tuproq ishlari narxi, so‘m/m³. $S_l = 23000$ so‘m/m³;
- b – kanal tubi kengligi $b = 20$ metr;
- o‘zan materiali zarracha o‘rtacha diametri tajriba ma‘lumotlariga asoslanib $d_{50} = 0,016 \cdot 10^{-3}$ metr;
- S_f – suv tannarxi, so‘m/m³, $S_f = 800.0$ so‘m/m³.
- kanal chuqurligi 4,95 metr.

2-jadval

Yil davomida oylar kesimida hisobiy suv sarfi va kunlar soni ko‘rsatkichlari

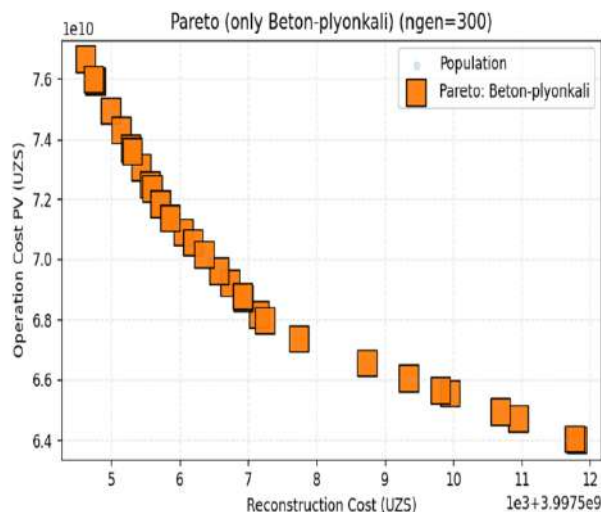
Oylar	Yanvar	Fevral	Mart	Aprel	May	Iyun	Iyul	Avqust	Sentabr	Oktabr	Novabr	Dekabr
Hisobiy suv sarfi Q_{m^3}	59,75	52,75	122,4	115,49	164,73	186,93	201,92	195,67	146,9	122,82	101,88	97,42
Bir oydagii kunlar soni T_{kuzumi}	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31



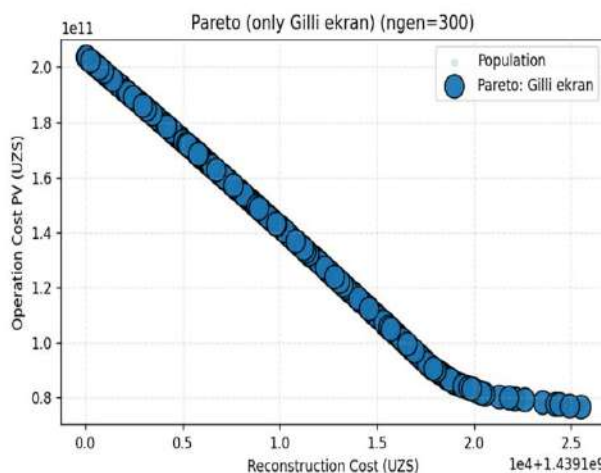
3-rasm. Kanalni rekonstruksiya qilish bo‘yicha eng maqbul kombinatsiyalar Pareto fronti (ABMK kanali misolida).

Hisobiy suv sarfi oylar bo‘yicha Amu-Buxoro kanalining PK1185÷PK1195 qismi uchun 2021-yildagi sarflar asosida quyidagi qiymatda qabul qilinadi.

3-rasmdan ko‘rinib turibdiki, eng maqbul kombinatsiyalar Pareto frontida faqatgina beton qoplamali va gilli qoplamali kombinatsiyalar eng yaxshi natijalar sifatida saqlanib qoldi. Ko‘rishimiz mumkinki, gilli qoplamali kanal variantlarida rekonstruksiya xarajatlari beton qoplamali kanal variantlariga nisbatan kam. Shuningdek beton qoplamali kanal variantlarida filtratsiya yo‘qotishlari juda kamligi hisobiga ekspluatatsiya xarajatlari gilli qoplamali kanal variantlariga nisbatan kam ekanligi yaqqol ko‘rinib turibdi.



4-rasm. Beton-plyonka qoplama uchun Pareto fronti.



5-rasm. Gilli ekran qoplama uchun Pareto fronti.

Model shuningdek har bir qoplama turi uchun

ham eng maqbul kombinatsiyalarning Pareto frontini 4-5-rasmlardagi kabi chiqarib beradi. Loyihachi ushbu model o'z ichiga olmagan boshqa parameterlar misol uchun suv tannarxining, tuproq ishlarining kelajakdagi kutilayotgan o'zgarishi va joyning topografik sharoitlaridan kelib chiqqan holda ushbu kanalga bog'langan boshqa inshootlar va tarmoqlar ishining o'zgarishi kabi boshqa o'zgaruvchilarni hisobga olib ushbu eng maqbul kombinatsiyalarni qiyosiy tahlil qilib qaror qabul qilishi mumkin bo'ladi.

Shuningdek dastur bizga umumiy xarajatlar minimal bo'lgan 30 ta eng optimal kombinatsiyalarni jadval shaklida taqdim etdi. Unga ko'ra beton qoplamali kombinatsiyalar 1-26-o'rinlarni (nishablik 0.000062 dan 0.000066 gacha), gilli ekran esa 27-30-o'rinlarni (nishablik 0.000072-0.000073 atrofida) egalladi.

Xulosa. 1. Rekonstruksiya qilinadigan yer o'zanli kanallarning kam xarajat talab qiladigan optimal o'lchamlarini va qoplama turini qabul qilish bo'yicha hisoblash dasturi zamonaviy NSGA 2 optimallashtirish algoritmini qo'llab ishlab chiqildi.

2. Taklif qilingan dastur berilgan boshlang'ich parametrlar doirasidagi 90300 ta kombinatsiyalar uchun kanalni qurish va ekspluatatsiya qilish xarajatlarini hisoblab chiqib, eng kam umumiy xarajat talab qiladigan 30 ta eng yaxshi natijalarni taqdim qildi va enn maqbul kombinatsiyalar Pareto fronti diagrammasini qurib berdi. Model loyihalovchi muhandis uchun eng maqbul kombinatsiyalar parametrlari asosida natijalarni qiyosiy tahlil qilib eng yaxshi loyiha qarorlarini berish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] O'zbekiston Respublikasi. (2012). Shaharsozlik normalari va qoidalari: sug'orish tizimlari loyihalash normalari (Sh.N.Q 2.06.03-12). Toshkent.
- [2] Абальянц, С. Х. (1981). Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. Гидрометеиздат.
- [3] Ибадзаде, Ю. А. (1983). Транспортирование воды в открытых каналах. Москва: Стройиздат.
- [4] Железняков, Г. В. (1981). Пропускная способность русел каналов и рек. Гидрометеиздат.
- [5] Eshev, S. S., Akramov, K. N., & Sobirova, E. A. (2025). Water management issues in the south of Uzbekistan: Challenges and strategic responses. *Lucrări Științifice Management Agricol*, 27(1), 169.
- [6] Эшев, С. С., Хазратов, А. Н., & Гайимназаров, И. Х. (2024). Проблемы эффективного использования водных ресурсов в южных регионах Узбекистана. *Universum: технические науки*, 5(4), 44–49.
- [7] Khazratov, A. N., & Sobirov, F. Ch. (2024). Study of side wall deformation in irrigation channels. *Miasto Przyszłości*, 715–722.
- [8] Hazratov, A. N. (2024). Grunt o'zanli kanallarning tabiat bilan hamohang parametrlarini qabul qilish zaruriyati. *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, 4(4), 488–497.
- [9] Sobirov, F. C., & Hazratov, A. N. (2024). Irrigatsiya kanallaridagi qirg'oq deformatsiyasini tadqiq qilish. *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, 4(10), 349–359.
- [10] O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2020). PF-6024-son Farmon: O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasi. <https://lex.uz/docs/-4892953>
- [11] Hazratov, A. N., & Sobirov, F. C. (2025). Ochiq o'zanli kanallarda yuvilish jarayonini baholash. In *Development of Specialized Higher Education and Science in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities* (International scientific conference, Tashkent).
- [12] Jorayeva, Z. X. (2025). Qashqadaryo havzasining gidrologik potentsiali va resurslardan samarali foydalanish yo'llari. *Экономика и социум*, 6-2(133), 361–371.

- [13] Sai, J. P., & Rao, B. N. (2022). Non-dominated sorting genetic algorithm II and particle swarm optimization for design optimization of shell and tube heat exchanger. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 132, 105896.
- [14] Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), 182–197. <https://doi.org/10.1109/4235.996017>
- [15] Acerce, & Denizhan, B. (2025). Application of the non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGA-II) in a two-echelon cold supply chain. *Systems*, 13(3), 206. <https://doi.org/10.3390/systems13030206>

SANOATDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR,
ILMIY-TEXNIK (ELEKTRON) JURNALI E-ISSN: 3030-3214
AXBOROT XATI

“Sanoatda raqamli texnologiyalar” (e-ISSN: 3030-3214)

(<https://portal.issn.org/resource/ISSN/3030-3214>) **ilmiy-texnik jurnali** ochiq jurnal hisoblanib, mazkur jurnalning vazifasi ilm-fan taraqqiyotining modellashuvi, ta’limning yutuqlari va istiqbollarini, dolzarb muammolari va ularning yechimlarini, shuningdek, ishlab-chiqarish va ta’limning modernizatsiyalashuvi bosqichini yoritib borishdir. “Sanoatda raqamli texnologiyalar” ilmiy-texnik jurnalining maqsadi belgilangan soha mutaxassislar va olimlarning tadqiqotlari va innovatsiyalari to’g’risidagi nashrlarini jamoatchilikka xabardor qilish, yosh avlodning fan va ta’lim sohasidagi qiziqishlarini oshirish va ilmiy konsepsiyalarini bayon etishdir.

Jurnalga: **05.00.00-TEXNIKA FANLARI, 04.00.00-GEOLOGIYA-MINERALOGIYA FANLARI, 02.00.00-KIMYO FANLARI** ixtisosliklari bo’yicha ilmiy maqolalar qabul qilinadi.

Jurnalga maqolalar: **o‘zbek, rus va ingliz** tillarida qabul qilinadi.

“Sanoatda raqamli texnologiyalar” ilmiy-texnik jurnali quyidagi yo‘nalishlar bo’yicha maqolalar qabul qilinadi:

- Kon-metallurgiya va ishlab chiqarish sanoati;
- Geologiya va neft-gaz sanoati;
- Kimyoviy texnologiya va qurilish;
- Yengil sanoat tarmoqlari;
- Ekologiya, mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligi.

“Sanoatda raqamli texnologiyalar” ilmiy-texnik jurnaliga chop qilingan har bir maqolaga raqamli identifikator (Digital Object Identifier <https://www.doi.org>) beriladi.

Jurnal quyidagi bazalarga indeksatsiya qilingan:

1. CYBERLENINKA — ilmiy elektron kutubxonasiga (<https://cyberleninka.ru/journal/n/sanoatda-raqamli-texnologiyalar?i=1131974>)
2. eLIBRARY.RU – Ilmiy elektron kutubxonasiga (https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?langid=1&id=81309)
3. ResearchBib – ilmiy elektron kutubxonasiga (<https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-3214>)
4. SLIB.UZ – Ilmiy elektron kutubxonasiga (<https://slib.uz/uz/journal/view?id=285>)
5. Har bir maqola Google akademiyasiga indeksatsiya qilinadi (<https://scholar.google.com/citations?user=mzU3-6QAAAAJ&hl=en&authuser=3>)
6. Index Copernicus – ilmiy jurnallar bazasi (<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=129473>)

Jurnal ta’rischilari:

- 1. Qarshi davlat texnika universiteti;**
- 2. “Olmaliq kon metallurgiya kombinati” AJ;**

“Sanoatda raqamli texnologiyalar” ilmiy-texnik jurnali O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan ro‘yxatga olingan 26.07.2023 yildagi №106679-sonli guvohnoma. Turkum nashrlarning chiqish ma’lumotlarini GOST 7.4-95 “Nashrlar. Chiqish ma’lumotlari” hamda GOST 7.56-2002 «Xalqaro standart turkum raqami» davlatlararo standartlar talablari asosida bo‘lishini to‘liq ta’minlash maqsadida, Alisher Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasi bilan 2023 yil 12-dekabrda Davriy nashrlarga ISSN xalqaro standart raqami ISSN: 3030-3214 raqam berilgan.

MAQOLALARGA QO‘YILGAN TALABLAR

Maqolaning standart hajmi: 4-15 betli matn Word matn muharririda, o‘zbek, rus yoki ingliz tilida.

Maqola mualliflari 4 nafardan ko‘p bo‘lmasligi kerak. Mualliflarning har biri uchun to‘liq ma‘lumotlar ko‘rsatilishi lozim (ish joyi, lavozimi, ilmiy darajasi, ilmiy unvoni, shahar va davlati)

Maqolada shartli ravishda **kirish, Adabiyot tahlili va metodi, tadqiqot natijalari va muhokama, xulosa va takliflar, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatidan** iborat bo‘lishi lozim.

Annotatsiya, kalit so‘zlar Annotatsiya berilgan shakl va ko‘rinishda bo‘lishi lozim. Iltimos, bu shaklni o‘zgartirmang. Annotatsiya 100-250 so‘zdan hamda 4-20 kalit so‘zlardan iborat bo‘lishi lozim. Annotatsiya (ingliz tilida ABSTRACT) va kalit so‘zlar (keywords) xalqaro tizimlarda indekslanishi uchun (3 ta tilda) o‘zbek, rus va ingliz tilida ham berilishi zarur. Kalit so‘zlar 4-20 so‘zdan iborat maqoladagi asosiy urg‘u olgan atamalarni yozish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatidagi adabiyotlar oxirgi 10 yil ichidagi adabiyotlar ko‘rsatilishi tavsiya etiladi.

O‘lchov birliklari va belgilar SI xalqaro birliklar tizimida ko‘rsatilishi kerak.

Maqola materiallarining yuqoridagi talablarga mos kelmasligi nashrni rad etish uchun sabab bo‘lishi mumkin.

Maqola matniga qo‘yilgan talablar:

Sarlavha ko‘rinishi: Shrift “Times New Roman”, o‘lchami 14 pt, bosh harfdan, markazdan, chiziqcha yo‘q, qalin. Maqola sarlavhasi tepasida (1.5 intervaldan keyin), o‘ng burchakda - mualliflarning ismi va shariflari, odatiy shrift, o‘lchami 14 pt; chap burchakda - UO‘K indeksi;

Maqola sarlavhasi ostida - mualliflarning ismi va sharifi - qalin shriftda; ish joyi, lavozimi ilmiy unvoni, tashkilot nomi – 10 pt. o‘lchamdagi odatiy shriftda va 3x4 rasmi ko‘rsatilishi lozim.

Annotatsiya ko‘rinishi: “Times New Roman” shriftlar to‘plami, 14 pt. o‘lchamida, (1 intervaldan).

Kalit so‘zlar ko‘rinishi: “Times New Roman” shriftlar to‘plami, 14 pt. o‘lchamda.

Asosiy matnga talablar: Shrift “Times New Roman”, 14 pt., qator oralig‘i 1, xat boshi – 1 sm, sahifa chekkalari – chap va o‘ng – 1.5 sm; yuqori va pastki – 1.5 sm.

Jadval ko‘rinishi: Jadval nomi - “Times New Roman”, 14 pt oralig‘ida, qalin, markazda, jadvaldagi matn - “Times New Roman”, 10-14 pt., odatiy.

Formula kiritish talablar: Formulalar va maxsus belgilar faqat «Microsoft Equation-3» muharririda yoziladi. Formulalar chap tomonda joylashtiriladi.

Rasmlarga talablar: Rasmlar aniq ko‘ringan bo‘lishi kerak, chop etishga tayyor, matnga qo‘shilishi va GIF, BMP, JPEG formatida.

Adabiyotlar ro‘yxatiga talablar: “Times New Roman”, 14 pt o‘lchamda, kursiv, 4-30 ta (25% o‘z ishlariga havola), oxirgi 10 yilda nashr etilgan adabiyotlar bo‘lishi maqsadga muvofiq.

Adabiyotga havola keltirish raqami kvadrat qavs ichida, matnning tegishli joyida beriladi. Adabiyotlarga to‘g‘ri havola keltirish uchun www.snoska.info saytidan yoki <https://kursach37.com/oformlenie-spiska-literatury-po-gost/> veb resurlaridan foydalanish tavsiya etiladi.

Rasmlar JPEG, TIF, EPS yoki PSD formatlarida yetarlicha kengayishda (tiniqligi) (1:1 masshtabda kamida 300 dpi) alohida grafik fayllar sifatida yozib olinishi lozim.

Bog‘lanish uchun ma‘lumotlar, Har bir muallifning 3x4 rasmi, mualliflar ismi shariflari (to‘liq), ish joyi va lavozimi va elektron pochta manzili, ORCID (orcid.org tomonida ro‘yxatdan o‘tgan ID raqam ko‘rsatish tavsiya etiladi), Science ID (id.ilmiy.uz tomonida ro‘yxatdan o‘tgan ID raqam ko‘rsatish majburiy) va SPIN (elibrary.ru tomonida ro‘yxatdan o‘tgan ID raqam ko‘rsatish tavsiya etiladi) raqamlar va bog‘lanish uchun telefon raqamlari kiritilishi shart. **(Maqolaga materialni ochiq matbuotda nashr etilish imkoniyati to‘g‘risida ekspert xulosasi ilova qilinishi mumkin).**

Izoh: Maqolaning orginalligini aniqlangan (antiplagiat) hisoboti taqdim etish shart (originallik darajasi 80 foiz va undan yuqori bo‘lganda va yuqoridagi talablarga javob berganda, gramatik xatolar bo‘lmaganda maqola qabul qilinadi). Antiplagiatdan o‘tkazish manzili: <https://antiplag.uz/>

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ (ЭЛЕКТРОННЫЙ) ЖУРНАЛ E-ISSN: 3030-3214
ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО**

Научно-технический журнал «Цифровые технологии в промышленности» (e-ISSN: 3030-3214 (<https://portal.issn.org/resource/ISSN/3030-3214>)) является открытым журналом, задачей которого является освещение моделирования прогресса науки, достижений и перспектив образования, актуальных проблем и их решений, а также этапов модернизации производства и образования. Цель научно-технического журнала «Цифровые технологии в промышленности» заключается в информировании специалистов в данной области, публикации исследований и инноваций ученых для общественности, повышении интереса молодого поколения к науке и образованию и изложению научных концепций.

В журнал принимаются научные статьи: **05.00.00-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ, 04.00.00-ГЕОЛОГИЯ-МИНЕРАЛОГИЯ, 02.00.00-ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ.**

Статьи в журнал принимаются: **узбекском, русском и английском языках.**

Научно-технический журнал «Цифровые технологии в промышленности» принимает статьи по следующим направлениям:

- Горно-металлургическая и обрабатывающая промышленность;
- Геология и нефтегазовая промышленность;
- Химическая технология и строительство;
- Легкая промышленность;
- Экология, охрана труда и техническая безопасность.

Цифровой идентификатор объекта (Digital Object Identifier <https://www.doi.org>) присваивается каждой статье, опубликованной в научно-техническом журнале «Цифровые технологии в промышленности».

Журнал индексируется в следующих базах данных:

1. КИБЕРЛЕНИНКА – научная электронная библиотека (<https://cyberleninka.ru/journal/n/sanoatda-raqamli-texnologiyalar?i=1131974>)
2. eLIBRARY.RU – научная электронная библиотека (https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?langid=1&id=81309)
3. ResearchBib – научная электронная библиотека (<https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-3214>)
4. SLIB.UZ – научная электронная библиотека (<https://slib.uz/uz/journal/view?id=285>)
5. Каждая статья индексируется в Google Academics. (<https://scholar.google.com/citations?user=mzU3-6QAAAAAJ&hl=en&authuser=3>)
6. Index Copernicus – база данных научных журналов (<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=129473>)

Учредители журнала:

1. Каршинский государственный технический университет;
2. АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»;

Научно-технический журнал «Цифровые технологии в промышленности» зарегистрирован Агентством информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан, свидетельство №106679 от 26.07.2023. Выходные данные серии публикаций предусмотрены ГОСТ 7.4-95 «Издания. В целях полного обеспечения соответствия «Выходной информации» и ГОСТ 7.56-2002 «Международный стандартный серийный номер» требованиям международных стандартов, 12 декабря 2023 года в Национальной библиотеке Узбекистана имени Алишера Навои был объявлен международный ISSN. Периодическим изданиям присвоен стандартный номер ISSN: 3030-3214.

ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ

Стандартный размер статьи: Текст объемом 4-15 страниц в текстовом редакторе Word на узбекском, русском или английском языках.

Авторов статьи должно быть не более 4. Необходимо предоставить полную информацию по каждому из авторов (место работы, должность, ученая степень, ученое звание, город и страна).

Статья должна содержать условное **введение, анализ и метод литературы, результаты исследования и их обсуждение, выводы и предложения, а также список использованной литературы.**

Аннотация, ключевые слова Аннотация должна быть в заданной форме и формате. Пожалуйста, не изменяйте эту форму. Аннотация должна состоять из 100-250 слов и 4-20 ключевых слов. Аннотация (ABSTRACT на английском языке) и ключевые слова (keywords) должны быть предоставлены на узбекском, русском и английском языках (на 3-х языках) для индексации в международных системах. Ключевые слова. Термины, получившие основной акцент в статье, желательно писать в объеме 4-20 слов.

Единицы измерения и символы должны быть отображены в Международной системе единиц SI.

Несоответствие материалов статьи указанным требованиям может стать основанием для отказа в публикации.

Требования к тексту статьи:

Просмотр названия: Шрифт — Times New Roman, размер 14 пт, прописной, центрированный, без подчеркивания, жирный. Над названием статьи (через 1,5 интервала) в правом углу — фамилия и инициалы авторов, шрифт стандартный, размер 14 пт; в левом углу – индекс УДК;

Под названием статьи - имя и фамилия авторов – жирным шрифтом; место работы, ученое звание, название организации – 10 пт. должно отображаться шрифтом стандартного размера и изображением 3x4.

Абстрактный вид: Набор шрифтов Times New Roman, 14 пт. в размере, (от 1 интервала).

Просмотр ключевых слов: Набор шрифтов Times New Roman, 14 пт. по размеру.

Требования к основному тексту: Шрифт «Times New Roman», 14 пт., межстрочный интервал 1, шапка – 1 см, поля страницы – левое и правое – 1,5 см; верх и низ – 1,5 см.

Вид таблицы: Название таблицы – «Times New Roman», интервал 14 пт, жирный, по центру, текст таблицы – «Times New Roman», 10–14 пт, обычный.

Требования к вводу формулы: Формулы и специальные символы пишутся только в редакторе «Microsoft Equation-3». Формулы располагаются слева.

Требования к фотографиям: Изображения должны быть четко видны, готовы к печати, содержать текст и иметь формат GIF, BMP, JPEG.

Требования к списку литературы: Times New Roman, 14 пт, курсив, 4-30 (25% ссылки на собственные работы), желательны публикации за последние 10 лет.

Номера ссылок даются в квадратных скобках в соответствующем месте текста. Для корректной ссылки на литературу рекомендуется использовать сайт www.snoska.info или <https://kursach37.com/oformlenie-spiska-literatury-po-gost/>.

Контактная информация: Фотография 3x4 каждого автора, ФИО автора (полностью), место работы и должность, адрес электронной почты, ORCID (рекомендуется указывать идентификационный номер, зарегистрированный на orcid.org), Science ID (обязательно указать ID-номер, зарегистрированный на стороне id.ilmiy.uz) и SPIN (elibrary.ru рекомендуется указывать идентификационный номер). зарегистрированы на стороне) необходимо вводить номера и контактные телефоны. *(К статье может быть приложено экспертное заключение о возможности публикации материала в открытой печати).*

Примечание: Необходимо предоставить отчет, подтверждающий оригинальность статьи (антиплагиат) (статья принимается при уровне оригинальности 80% и выше и соответствии вышеуказанным требованиям, а также отсутствии грамматических ошибок). Адрес антиплагиата: <https://antiplag.uz/>

**DIGITAL TECHNOLOGIES IN INDUSTRY, SCIENTIFIC-TECHNICAL (ELECTRONIC)
JOURNAL E-ISSN: 3030-3214 INFORMATION LETTER**

The scientific and technical journal “Digital Technologies in Industry” (e-ISSN: 3030-3214 (<https://portal.issn.org/resource/ISSN/3030-3214>)) is an open journal whose task is to cover the modeling of scientific progress, achievements and prospects of education, current problems and their solutions, as well as stages of modernization of production and education. The purpose of the scientific and technical journal “Digital Technologies in Industry” is to inform specialists in the field, publish research and innovations of scientists for the public, increase the interest of the younger generation in science and education and present scientific concepts.

The journal accepts scientific articles: **05.00.00-TECHNICAL SCIENCES, 04.00.00-GEOLOGY-MINERALOGY, 02.00.00-CHEMICAL SCIENCES.**

Articles for the journal are accepted: **Uzbek, Russian and English** languages.

The scientific and technical journal “Digital Technologies in Industry” accepts articles in the following areas:

- Mining, metallurgical and manufacturing industries;
- Geology and oil and gas industry;
- Chemical technology and construction;
- Light industry;
- Ecology, labor protection and technical safety.

A Digital Object Identifier (<https://www.doi.org>) is assigned to each article published in the scientific and technical journal “Digital Technologies in Industry”.

The journal is indexed in the following databases:

1. CYBERLENINKA – scientific electronic library
(<https://cyberleninka.ru/journal/n/sanoatda-raqamli-texnologiyalar?i=1131974>)
2. eLIBRARY.RU – scientific electronic library
(https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?langid=1&id=81309)
3. ResearchBib – scientific electronic library
(<https://journalseeker.researchbib.com/view/issn/3030-3214>)
4. SLIB.UZ – scientific electronic library
(<https://slib.uz/uz/journal/view?id=285>)
5. Each article is indexed in Google Academics.
(<https://scholar.google.com/citations?user=mzU3-6QAAAAJ&hl=en&authuser=3>)
6. Index Copernicus – scientific journal database
(<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=129473>)

The founders of the journal:

- 1. Karshi State Technical University;**
- 2. JSC Almalyk Mining and Metallurgical Combine;**

The scientific and technical journal “Digital Technologies in Industry” is registered by the Agency of Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan, certificate No. 106679 dated July 26, 2023. The output data of the series of publications is provided for by GOST 7.4-95 “Publications. In order to fully ensure compliance of the “Output Information” and GOST 7.56-2002 “International Standard Serial Number” with the requirements of international standards, an international ISSN was announced on December 12, 2023 at the National Library of Uzbekistan named after Alisher Navoi. Periodicals are assigned a standard ISSN number: 3030-3214.

REQUIREMENTS FOR ARTICLES

Standard article size: Text of 4-15 pages in the Word text editor in Uzbek, Russian or English.

There should be no more than 4 authors of the article. It is necessary to provide complete information on each of the authors (place of work, position, academic degree, academic title, city and country).

The article should contain a conventional **introduction, analysis and method of literature, research results and their discussion, conclusions and suggestions, as well as a list of references.**

Abstract, keywords: The abstract must be in the specified form and format. Please do not change this form. The abstract should consist of 100-250 words and 4-20 keywords. Abstract (ABSTRACT in English) and keywords must be provided in Uzbek, Russian and English (in 3 languages) for indexing in international systems. Keywords. It is advisable to write terms that receive the main emphasis in the article in 4-20 words.

Units and symbols must be displayed in the SI International System of Units.

Failure to comply with the specified requirements may be grounds for refusal to publish.

Requirements for the article text:

View title: Font: Times New Roman, size 14 pt, uppercase, centered, no underlining, bold. Above the title of the article (with 1.5 intervals) in the right corner - the surname and initials of the authors, standard font, size 14 pt; in the left corner - UDC index;

Under the title of the article - the name and surname of the authors - in bold; place of work, academic title, name of organization – 10 pt. should be displayed in a standard size font and a 3x4 image.

Abstract view: Font set Times New Roman, 14 pt. in size, (from 1 interval).

View keywords: Font set Times New Roman, 14 pt. to size.

Requirements for the main text: Font “Times New Roman”, 14 pt., line spacing 1, header – 1 cm, page margins – left and right – 1.5 cm; top and bottom – 1.5 cm.

Table view: Table name – “Times New Roman”, spacing 14 pt, bold, centered, table text – “Times New Roman”, 10–14 pt, regular.

Requirements for entering a formula: Formulas and special characters are written only in the Microsoft Equation-3 editor. Formulas are located on the left.

Photo requirements: Images must be clearly visible, print ready, contain text and be in GIF, BMP, JPEG format.

Requirements for the list of references: Times New Roman, 14 pt, italics, 4-30 (25% references to own works), publications within the last 10 years are desirable.

Reference numbers are given in square brackets in the appropriate place in the text. For correct reference to literature, it is recommended to use the website www.snoska.info or <https://kursach37.com/oformlenie-spiska-literatury-po-gost/>.

Contact Information: 3x4 photo of each author, full name of the author, place of work and position, email address, ORCID (it is recommended to indicate the identification number registered on orcid.org), Science ID (indication of the ID number registered on the id.ilmiy.uz side is mandatory) and SPIN (elibrary.ru it is recommended to indicate the identification number). registered externally), you must enter numbers and contact numbers (*An expert opinion on the possibility of publishing the material in the open press may be attached to the article*).

Note: It is necessary to provide a report confirming the originality of the article (anti-plagiarism) (the article is accepted if the originality level is 80% or higher and meets the above requirements, as well as the absence of grammatical errors). Anti-plagiarism address: <https://antiplag.uz/>