

URAN QAZIB OLISH JARAYONLARIDA ISHLATILADIGON BIOFLOKULYANTLAR TAHLILI

Fayziyev Xabibullo Abdullo o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti Neft-gaz va geologiya fakulteti magistratura talabasi

Latipov Zuhridin Yoqub o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti Neft-gaz va geologiya fakulteti

t.f.f.d (PhD). dotsent.

Annotatsiya: Maqolada uran qazib olish jarayonlarida ishlatiladigon bioflokulyantlar tahlili olib boriladi. O'zbekiston hududida qazib olinayotgan uran konarida mahalliy bioflokulyantdan foydalanish va boshqa flokulyantlardan farqini tahlil qilishni ko'rib chiqamiz.

Tayanch iboralar: bioflokulyantlar, mikroorganizmlar, polimerlar sintezi, adgeziya.

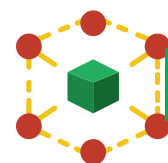
Аннотация: В статье проводится анализ биофлокулянтов, применяемых в процессах добычи урана. Рассматривается использование местного биофлокулянта на урановом месторождении, разрабатываемом на территории Узбекистана, и анализируются его отличия от других флокулянтов.

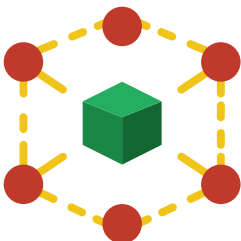
Ключевые слова: биофлокулянты, микроорганизмы, синтез полимеров, адгезия.

Abstract: This article analyzes biofloculants used in uranium mining processes. We will examine the use of local biofloculants in uranium mines within the territory of Uzbekistan and analyze their differences from other flocculants.

Keywords: biofloculants, microorganisms, polymer synthesis, adhesion.

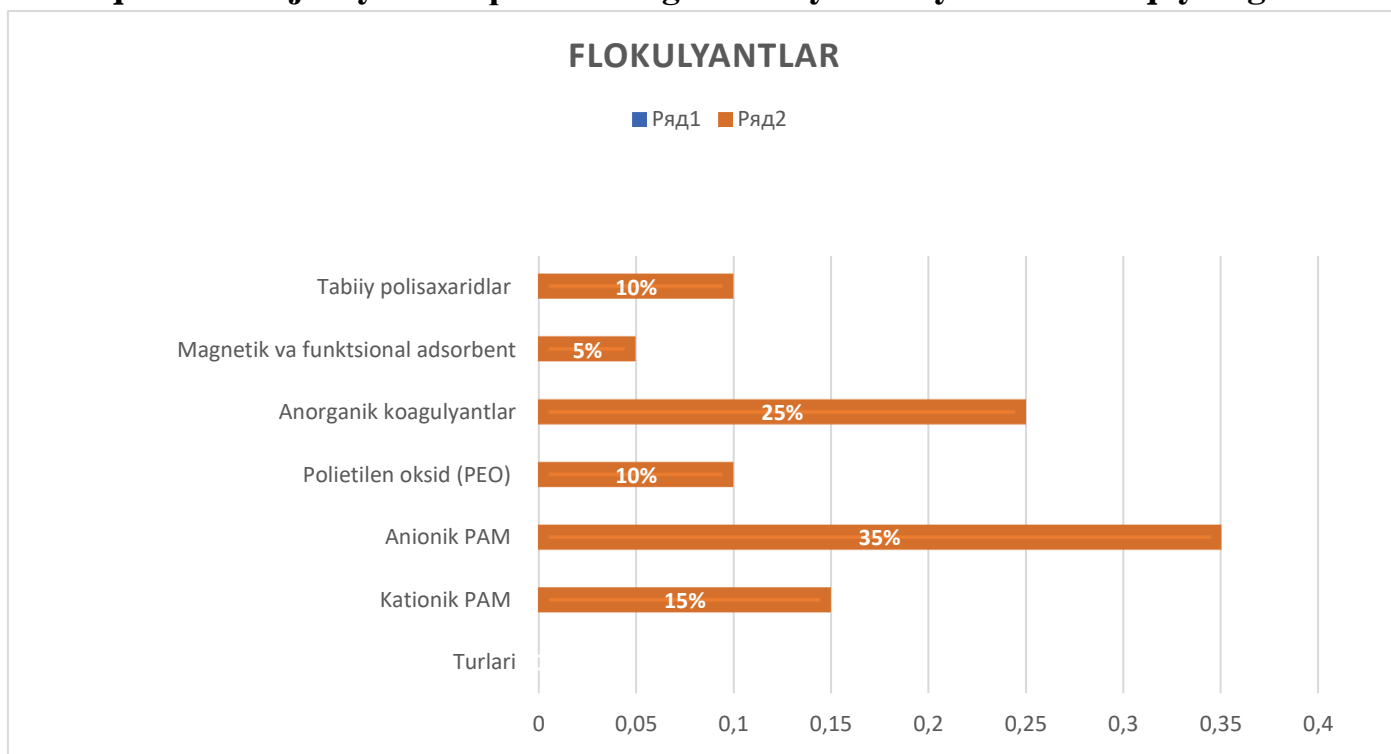
Uran qazib olish va uni qayta ishlash jarayonlarida flokulyantlar asosiy texnologik vosita sifatida qo'llaniladi. Ularning vazifasi chiqindi suv va qattiq zarrachalarni tez va samarali ajratish, shlamlarni quyuqlashtirish hamda chiqindilarni keyingi bosqichlarga tayyorlashdan iborat. Xalqaro tajribada eng ko'p ishlatiladigan flokulyantlar sintetik polimerlarga asoslangan poliakrilamid (PAM) turlaridir. Kationik PAM (poliakrilamid-yuqori molekulyar massali, suvda eriydigan polimer bo'lib, u flokulyant va koagulyant yordamchisi sifatida keng qo'llaniladi.) zarrachalar yuzasidagi manfiy zaryadni neytrallashtirib, zich va barqaror cho'kmalar hosil qiladi. Anionik PAM esa ko'pincha minerallarning turli xil yuzasi bilan bog'lanib, katta hajmli floklar hosil qilishda foydali bo'ladi. Shuningdek, polietilen oksid va boshqa yuqori molekulyar polimerlar ham nozik zarrachalarni bog'lashda keng qo'llaniladi.





Uran sanoatida suyuqliklarni tozalash, choʻkma (slime) va tailinglarni qalinlashtirish/chiqarish uchun asosan **anorganik koagulyantlar (Fe/Al asosidagi), sintetik polimer-flokulyantlar (PAM turlari, PEO (polietilen oksid- suvda eriydigan, yuqori molekulyar massali polimer boʻlib, flokulyant sifatida koʻplab sanoat jarayonlarida ishlatiladi.) va boshq.)** va baʼzan **tabiiy flokulyantlar (guar, kraxmallar)** ishlatiladi. Xalqaro amaliyotda koʻpincha **koagulyatsiya + flokulyatsiya** (masalan PAC → PAM) kombinatsiyasi samarali hisoblanadi.

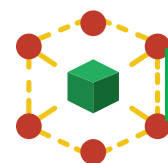
Uran qazib olish jarayonida qoʻllaniladigan asosiy flokulyant turlari quyidagilardan iborat.

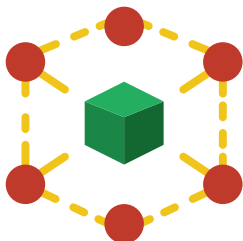


1-rasm. Dunyo boʻyicha uran konlarida flokulyantlarning foydalanish foizlari

1. Poliakrilamidlar (PAM)-kationik PAM (CPAM) yuqori zarrachalar zaryadini neytrallashtirish va zich choʻkmalarni hosil qilishda yaxshi; tailings dewatering uchun koʻp tavsiya qilinadi. Anionik PAM (APAM) — begona organik va minerallar bilan oʻzaro taʼsirda ishlatiladi (flotatsiya/malaxit hollarda). Nonionik hidrofob-mexanizmga tayanadi. Molekulyar ogʻirligi va zaryad zichligi natijaga katta taʼsir koʻrsatadi.

2. Polietilen oksid (PEO) va boshqa sintetik polimerlar-ayniqsa mayda (<10 μm) minerallarni kondensatsiyalashda qoʻllanadi.





3. Anorganik koagulyantlar (PAC, poliklorlangan alyuminiy, Fe(III) gidroksid hosil qiluvchi birikmalar)-suyuqlikni ilk koagulyatsiya bosqichida ishlatiladi; ortiqcha matritsalarini hosil qilib, soʻngra flokulyant bilan birga qoʻllanadi.

4. Magnetik va funktsional adsorbent-flokulyantlar (PEI-oʻralgan magnit nanopartikullar va boshq.) --radioelementlar yoki oʻziga xos kiruvchi ionlarni yuqori selektivlik bilan tortib olish uchun tadqiq qilinmoqda.

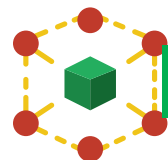
5. Tabiiy polisaxaridlar (guar, kraxmal, dextran-derivativlar)-ekologik jihatdan foydali muqobil sifatida tajribalar olib borilmoqda; lekin sanoat hajmida PAMga qaraganda koʻproq dozani talab qilishi mumkin.

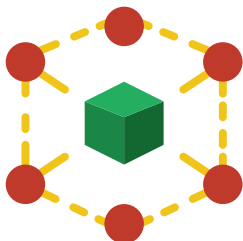
Koagulyant sifatida alyuminiy va temir asosidagi tuzlar yoki polialyuminiy xlorid (PAC) qoʻllanib, flokulyant bilan kombinatsiyada yuqori samaradorlik beradi. Bunday ikki bosqichli tizimlar xalqaro miqyosda uran chiqindilarini tozalashda keng tarqalgan. Soʻnggi yillarda esa ekologik xavfsizroq yechim sifatida guar saqichi, kraxmal va boshqa tabiiy polisaxarid asosidagi flokulyantlar ustida tadqiqotlar olib borilmoqda, ammo ular koʻproq dozani talab qilgani uchun sanoat hajmida PAMdan kamroq ishlatiladi.

Flokulyantlarning ishlash mexanizmi zarralar orasida “koʻprik hosil qilish” va elektrostatik zaryadlarni pasaytirish orqali amalga oshadi. Optimal natija pH, ion kuchi, polimerning molekulyar ogʻirligi va zaryad zichligiga bogʻliq boʻladi. Shu sababli xalqaro amaliyotda flokulyant tanlash jar-test usuli orqali amalga oshiriladi, bunda turli dozalar, pH darajalari va aralashtirish sharoitlari solishtiriladi. Zeta-potensialni aniqlash, choʻkma tezligini va suvning shaffofligini oʻlchash bu jarayonda asosiy tahlil usullari hisoblanadi.

Amaliyot shuni koʻrsatadiki, yuqori molekulyar ogʻirlikka ega boʻlgan, oʻrtacha zaryad zichlikli kationik PAM tailingsni quyushtirishda eng samarali hisoblanadi. Biroq, har bir konning mineral tarkibi farq qilgani sababli universal yechim yoʻq, flokulyantlar doimo joyida laboratoriya sinovlari asosida tanlanadi. Xavfsizlik nuqtai nazaridan poliakrilamidning tarkibida qoladigan akrilamid monomeri darajasi nazorat qilinishi, hosil boʻlgan radioaktiv choʻkmalar esa alohida tartibda saqlanishi lozim. Shu tarzda, xalqaro tajribaga tayangan holda uran sanoatida flokulyantlardan foydalanish jarayonning texnologik samaradorligini oshiradi, chiqindilarni kamaytiradi va ekologik xavfsizlikni taʼminlaydi.

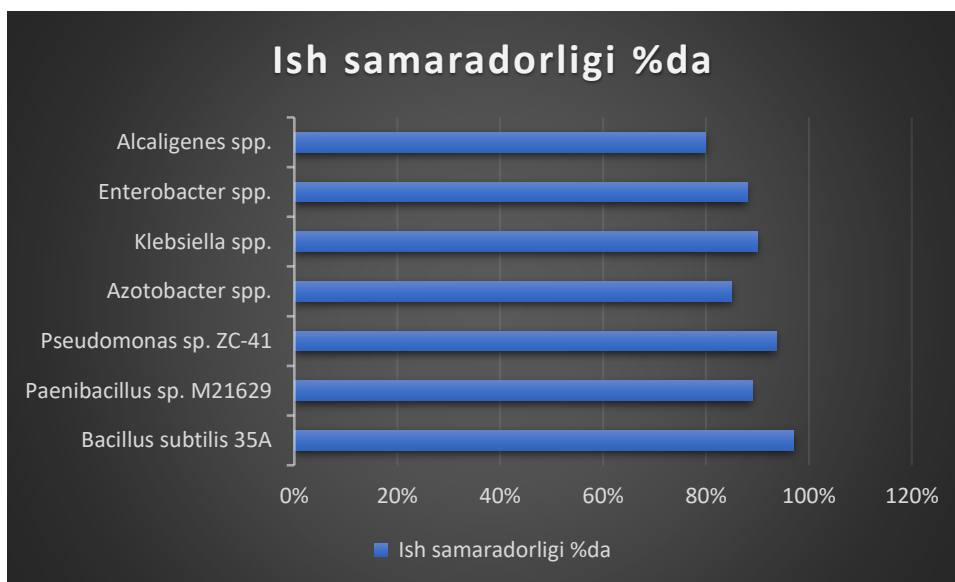
Mahalliy xomashyo sifatida **Bacillus subtilis** bakteriyasidan bioflokulyant olish bugungi kunda barqaror va ekologik xavfsiz texnologiyalar qatorida alohida eʼtibor qaratilayotgan yoʻnalishdir. Bu mikroorganizmlar tabiiy sharoitda keng tarqalgan boʻlib, tuproq, suv va oʻsimlik rizosferasida uchraydi hamda oddiy oziqlanish muhitlarida tez koʻpayadi. B. subtilis turli





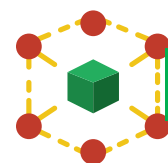
polisaxaridlar va oqsilli-ekstrasellulyar polimer moddalarni (EPS) sintez qilish qobiliyatiga ega bo‘lib, aynan shu mahsulotlar samarali bioflokulyant sifatida foydalaniladi.

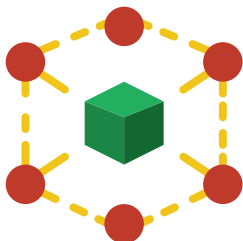
Texnologiya odatda quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi: birinchi navbatda bakteriya madaniyati maxsus oziqlantiruvchi muhitda (odatda uglevod manbai sifatida glyukoza yoki saxaroza, azot manbai sifatida pepton yoki ammoniy tuzlari, qo‘shimcha element sifatida Mg^{2+} , Ca^{2+} ionlari kiritilgan holda) o‘stiriladi. Optimal pH odatda 6,5–7,5 oralig‘ida bo‘lib, 28–35 °C haroratda 48–72 soat davomida fermentatsiya olib boriladi. Shu vaqt davomida bakteriyalar tashqi muhitga yuqori molekulyar polisaxarid va oqsil birikmalarini ajratadi. Keyinchalik hujayra massasi markazdan qochma usulida ajratiladi va supernatant (yuqori qismi)da qolgan bioflokulyant moddalar etanol yoki boshqa cho‘ktiruvchi reaktivlar yordamida cho‘ktirib olinadi. Cho‘kma quritilib, kukun yoki konsentrat holida bioflokulyant sifatida qo‘llanishi mumkin.



2-rasm. Bakterialardan olingan bioflokulyantlarning samaradorligini taqqoslash jadvali

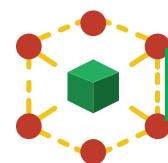
Bacillus subtilis asosidagi bioflokulyantlarning afzalligi shundaki, ular toksik emas, biologik parchalanadi, pH va ion kuchiga nisbatan nisbatan barqaror, ko‘plab an’anaviy kimyoviy flokulyantlarga nisbatan kamroq dozada samarali bo‘lishi mumkin. Xalqaro tajribalar shuni ko‘rsatadiki, B. subtilis bioflokulyantlari suvni tozalash, og‘ir metallarni cho‘ktirish, hatto uran va boshqa radioaktiv elementlarni adsorbsiyalashda yuqori natija beradi. Shu bilan birga, mahalliy homashyo — ya’ni o‘zimizning tuproq va suvdan ajratib olinadigan B. subtilis shtammlarini ishlatish — import kimyoviy flokulyantlarga qaramlikni kamaytiradi va texnologiyani iqtisodiy jihatdan arzonlashtiradi.

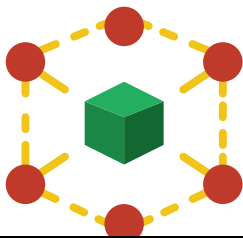




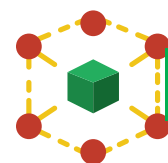
Amaldagi flokulyant va mahalliy bioflokulyantning taqqoslash jadvali

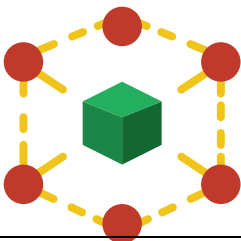
№	Parametr	Mahalliy bioflokulyant (Bacillus subtilis-EPS / bakterial bioflocculant)	Amaldagi kimyoviy flokulyantlar (PAM — kationik/anionik, PAC va boshq.)
1	Flokulyatsiya samarasi (turbidlik / qattiq modda olib tashlash)	Ko‘plab tadqiqotlarda yuqori samaradorlik — ayrim suspensiyalarda 80–95% gacha flokuatsiya ko‘rsatkichlari qayd etilgan; nozik zarralar bilan ham yaxshi ishlashi mumkin, lekin samarasi matritsa va ion kuchiga bog‘liq.	Odatda eng yuqori tez samaradorlikni beradi, ayniqsa kichik dozalarda — PAM ko‘pincha tez va kuchli cho‘kma hosil qiladi; PAC koagulyatsiya bosqichida samarali. PAM ko‘pincha sanoat standartidir.
2	Doza talabi	Tadqiqotlarda doza odatda kimyoviydan yuqoriroq bo‘lishi mumkin; lekin ba’zi yuqori faollikdagi shtammlar past dozalarda ham yaxshi. Doza kontekstga bog‘liq.	PAM odatda pastroq dozalarda ham yuqori samarador; PAC esa koagulyant sifatida doza talab etadi.
3	Optimal pH / ishlash oralig‘i	Ko‘p bioflokulyantlar pH ga nisbatan kengroq chidamlilik ko‘rsatadi, lekin pH ta’siri shtamm va EPS tarkibiga bog‘liq. pH moslashtirilganda samarasi oshadi.	PAM va PAC uchun optimal pH va samaradorlik aniq belgilanadi; PAC uchun koagulyatsiya odatda neytral-ozgina kislotali sharoitlarda samarali.
4	Biodegradatsiya va atrof-muhit ta’siri	Biologik parchalanadi, toksiklik past; biodegradatsiya ekologik yukni kamaytiradi. Biroq ishlab chiqarish manbasi va saqlash sharoiti biologik faollikka ta’sir qiladi.	PAM polimeri o‘zi ko‘pincha inert hisoblanadi, ammo uning akrilamid monomer qoldig‘i toksik bo‘lishi mumkin va atrof-muhitda parchalanish jarayonida salbiy mahsulotlar paydo bo‘lishi mumkin — shuning uchun monitoring zarur.





5	Toksikologik xavf	Umuman kamroq toksik; inson va hayvonlarga xavfi past deb baholanadi (shtamga mos). Ammo mahsulotni toza olish va kontaminantlarni tekshirish talab etiladi.	PAM o'zi polimer holatda past toksik deb hisoblanadi, lekin monomer qoldig'i (akrilamid) sog'liq uchun xavf tug'diradi; anorganik koagulyantlarning ortiqcha qo'llanishi pH o'zgarishi va alyuminiy/temir qoldiqlarini keltirib chiqarishi mumkin.
6	Qolgan modda / rezidullar (after-treatment)	Floklar organik va biologik parchalanadi; chiqindi qattiq modda tarkibi tabiiy (organik) bo'lishi ko'proq. Radioaktiv yoki og'ir metal bilan kombinatsiyada adsorbsion xususiyatlar ham kuzatilgan — ammo radionuklidlar bilan ishlashda radiologik boshqaruv zarur.	PAM bilan hosil bo'lgan floklar mineral-organik aralash bo'lishi mumkin; uran yoki boshqa radioelementlarni tutish samarasi yuqori bo'lishi mumkin, lekin chiqma qoldiqlarni radiologik boshqarish talab etiladi (IAEA tavsiyalari).
7	Narx va iqtisodiy hisob (sanoat miqyosi)	Hozirgi vaqtda ko'pincha ishlab chiqarish xarajatlari yuqoriroq; ammo mahalliy xomashyo va arzon muhit ishlatilsa xarajatlarni kamaytirish mumkin. Kelajakda bioreaktor optimallashtirilsa raqobatbardosh bo'ladi.	PAM va PAC sanoatda keng ishlab chiqarilganligi sababli narx jihatdan barqaror va odatda arzonroq. Logistika va dozalash tizimlari mavjud.
8	Ishga tatbiq etish (operatsion integratsiya)	Fermentatsiya, hujayra ajratish va ekstraksiya bosqichlarini talab qiladi — bu texnologik zanjirni qo'shadi. Ammo kombinatsiya (kimyoviy + bio) opsiyalari muvaffaqiyatli sinovdan o'tgan.	Tizimlar ko'pincha to'g'ridan-to'g'ri qayta ishlash liniyasiga moslashtirilgan; jar-test, doza pompalar va monitoring tizimlari sanoatda mavjud.
9	Regulyator va xavfsizlik	Radioaktiv kontaminantlarga ishlov berilganda bioflokulyant	Uran sanoatida ishlatiladigan kimyoviy flokuantslar bilan ham qat'iy





talablari (uran sanoati nuqtai nazari)	ham radiologik qoidalar va chiqindilarni boshqarish talablari ostida; ammo kimyoviy toksinlar xavfi kamroq bo‘ladi.	radiologik va kimyoviy monitoring talab qilinadi; PAM monomer qoldig‘i va metall qoldiqlariga e‘tibor.
---	---	--

Xulosa

Xalqaro tajribalar shuni ko‘rsatadiki, uran qazib olish va qayta ishlash jarayonlarida amaldagi kimyoviy flokulyantlar (PAM, PAC) samaradorligi yuqori va sanoat miqyosida keng qo‘llanilmoqda, biroq ularning ekologik xavfi, xususan akrilamid monomeri va kimyoviy qoldiqlari nazoratni talab qiladi. Shu bilan birga, mahalliy xomashyo asosida *Bacillus subtilis* bakteriyasidan olinadigan bioflokulyantlar toksik bo‘lmaganligi, biologik parchalanishi va ekologik xavfsizligi bilan ustunlik qiladi. Kelgusida bioflokulyantlarni sanoat miqyosiga joriy etish orqali import kimyoviy moddalariga qaramlikni kamaytirish, chiqindilarni samarali boshqarish va barqaror texnologiyalarni rivojlantirish imkoniyati mavjud.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Dai, J. et al. “A novel polysaccharide-based bioflocculant produced by *Bacillus subtilis* 35A and its application in the treatment of dye decolorization, heavy metal ion adsorption and meat product wastewater.” *Scientific Reports / PMC* (2024).
2. Hui, W. et al. “Study on the twice flocculation treatment method of mine water: PAC + PAM in uranium ore mine water.” *IAEA / INIS record* (2018).
3. Alias, J. et al. “Flocculating activity and kinetic properties of bioflocculant produced by bacteria.” (2024).
4. Selepe, T. N. et al. “Bioflocculation of pollutants in wastewater using flocculant.” *BMC Microbiology* (2024).
5. Mnif, W. et al. “Bioflocculants as alternative to synthetic polymers: A review (2023).” *Energies* (2023).
6. Auhim, H. S. “Production of Thermostable Bioflocculant from *Bacillus subtilis* and Optimization of Flocculation Conditions.” *University of Thi-Qar Journal* (2025).

