

## POLIMER OLTINGUGURT OLIISH VA UNI QO‘LLASH.

*Xo‘jamqulova Muazzam Bahriiddin qizi*

*Termiz Davlat universiteti kimyo yo‘nalishi 1-kurs talabasi*

*Ilmiy rahbar: Turdimurodov Otabek*

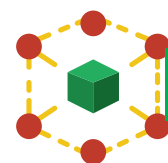
**Annotatsiya.** Elementar oltingugurt (S) neft-gazni qayta ishlash va gazni tozalash ( $H_2S$ dan oltingugurt ajratish) jarayonlarida katta miqdorda hosil bo‘ladigan strategik xomashyo bo‘lib, uni yuqori qo‘shimcha qiymatli mahsulotlarga aylantirish dolzarb masaladir. USGS ma‘lumotlariga ko‘ra, 2024 yilda dunyo bo‘yicha oltingugurt ishlab chiqarish taxminan 85 mln tonnani tashkil etgan. Bunday hajmning muhim qismi sanoat ehtiyojidan ortib qolgan holatlarda omborlarda to‘planib, ekologik va logistika xarajatlarini oshiradi.

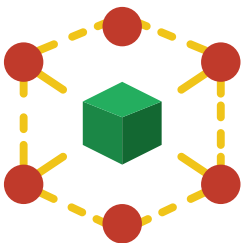
**Kalit so‘zlar:** polimer oltingugurt, elementar oltingugurt, inverse vulkanizatsiya, oltingugurtli beton, bitum modifikatsiyasi, sorbent, lityum–oltingugurt batareya, vulkanizatsiya.

**Kirish.** Oltingugurt kimyo sanoati uchun “klassik” elementlardan biri bo‘lsa-da, so‘nggi o‘n yilliklarda uning iqtisodiy roli tubdan qayta talqin qilinmoqda. Avval oltingugurt asosan sulfat kislota, mineral o‘g‘itlar zanjiri (fosfat o‘g‘itlari ishlab chiqarishida sulfat kislota) va kimyoviy sintezlar uchun zarur resurs sifatida ko‘rilgan bo‘lsa, hozirgi sharoitda “ortiqcha oltingugurt” muammosi bir vaqtning o‘zida ham xavf, ham imkoniyatga aylandi. Global talab–taklif dinamikasida 2024 yilda oltingugurtga talab “71 mln t dan biroz ko‘proq” ekani, talabning taxminan 60% qismi o‘g‘itlar sektoriga (xususan fosfat kislota zanjiri) to‘g‘ri kelishi qayd etiladi. Boshqa tomondan, ishlab chiqarish ham yirik: USGS hisobotida 2024 yildagi dunyo ishlab chiqarishi 85 mln tonna atrofida baholanadi. Bu farqning bir qismi zaxiralash, logistika zanjiri uzilishlari, hududiy nomutanosibliklar va qayta ishlash quvvatlari cheklovi bilan “stockpile” holatiga o‘tadi. Aynan shu nuqtada oltingugurtning oddiy xomashyo emas, balki yangi materiallar platformasi sifatida ko‘rish konsepsiyasi paydo bo‘ladi.

O‘zbekiston sharoitida ham oltingugurt masalasi amaliy: gazni qayta ishlash va tozalash infratuzilmasi mavjud bo‘lgan hududlarda oltingugurt qo‘shimcha mahsulot sifatida olinadi. Ochiq manbalarda Muborak gazni qayta ishlash majmuasida oltingugurt ishlab chiqarish (tarixiy va quvvat ko‘rsatkichlari) haqida ma‘lumotlar uchraydi. Bu esa mavzuning “lokal dolzarbligi”ni kuchaytiradi: import qiymat bo‘lgan ayrim kompozit materiallarni mahalliy oltingugurt bazasida ishlab chiqarish ehtimoli paydo bo‘ladi.

Mazkur maqolaning maqsadi: (1) polimer oltingugurt olishning ilmiy-texnologik asoslarini tizimli bayon qilish; (2) inverse vulkanizatsiya orqali barqaror oltingugurtli polimerlar sinfi xossalarini tahlil qilish; (3) qurilish, ekologiya, energiya saqlash, rezina va bitum modifikatsiyasi kabi yo‘nalishlarda





qo‘llanishning dalillangan “afzallik–cheklov” profilini ko‘rsatish; (4) dolzarblikni statistik ko‘rsatkichlar bilan mustahkamlash.

**Metodologiya:** Tadqiqot dizayni uch blokdan tashkil topdi: adabiyotlarni tahlil qilish, laboratoriya-sintez yo‘nalishlarini taqqoslash (konseptual texnologik xarita), hamda qo‘llanish sohalari bo‘yicha mezonli baholash (xossa–talab mosligi).

1. Adabiyotlar tahlili. Polimer oltingugurt mavzusi bo‘yicha asosiy ilmiy yo‘nalishlar: (a) elemental oltingugurtning polimerlanishi va inverse vulkanizatsiya mexanizmi, (b) barqarorlashtiruvchi krosslinkerlar (masalan DCPD, styrenik/allylik monomerlar, bio-manzarali moylar), (c) qo‘llanishlar (sorbsiya, batareya, qurilish bog‘lovchilari). Inverse vulkanizatsiya va uning barqarorlik/samaradorlik masalalari bo‘yicha ko‘rib chiqilgan sharhlar va texnik ishlar tahlil qilindi.

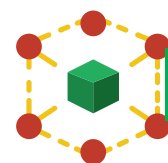
2. Texnologik-parametrik tahlil. Polimer oltingugurt olishda umumiy prinsip shuki:  $S_8$  halqalari termik sharoitda ochilib, zanjirli S–S fragmentlar hosil qiladi; organik krosslinkerlar bu zanjirlarni “ushlab” qoladi va qayta-kristallanishni kamaytiradi. Parametrlar: harorat oynasi (oltingugurt erishidan yuqori), aralashtirish intensivligi, krosslinker ulushi, qotish kinetikasi. Bu blokda aniq retsept/miqdorlar berishdan ko‘ra, ilmiy mantiqiy bog‘liqlik va sabab–natija mexanizmi asosiy metod sifatida olindi.

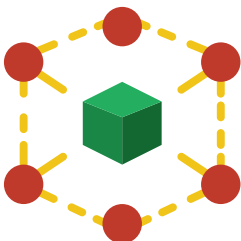
3. Qo‘llanishlarni baholash mezonlari. Har bir qo‘llanish yo‘nalishi uchun “talab profili” belgilandi: masalan, sorbentlar uchun selektiv bog‘lanish ( $Hg^{2+}$ , organosimob), sirt maydoni va regeneratsiya; qurilish bog‘lovchilarida tez qotish, suvga ehtiyoj yo‘qligi, kimyoviy chidamlilik; batareyada ion transporti, katod–elektrolit interfeysi va sikllanish barqarorligi. Bu baholashda ilmiy adabiyotlardan olingan asosiy dalillar keltirildi.

**Natijalar:** Polimer oltingugurt olish yo‘nalishlari “oddiy plastik oltingugurt”dan “krosslinklangan oltingugurtli polimer”gacha uzluksiz spektrni tashkil etadi. Natijaviy tahlil uch asosiy tezisni ko‘rsatdi.

Birinchi natija: barqarorlikning kaliti – kimyoviy “mahkamlash”. Elementar oltingugurt tez sovutilganda zanjir ulushi oshsa ham, vaqt o‘tishi bilan  $S_8$  kristall shakliga qaytish tendensiyasi kuchli. Inverse vulkanizatsiya esa organik krosslinkerlar orqali bu qaytishni susaytiradi va “sulfur-rich polymer” sinfini beradi. Bu yo‘nalishning barqarorlik va ekologik motivatsiyasi zamonaviy sharhlarda alohida urg‘ulanadi.

Ikkinchi natija: qo‘llanish “xossa–talab” mosligiga bog‘liq. Oltingugurtning sulfidga moyilligi va yumshoq–qattiq kislota-ishqor (HSAB) mantiqi bo‘yicha Hg kabi yumshoq metallarga kuchli affiniteti sorbent yaratishda ustunlik beradi; bu yo‘nalishda inverse vulkanizatsiya bilan olingan oltingugurtli polimerlar orqali simobni ushlab ishlari ko‘rsatilgan. Qurilishda esa oltingugurtli bog‘lovchilar va modifikatsiyalangan oltingugurtli beton texnologik jihatdan “tez qotish” va ayrim agressiv muhitlarga chidamlilik bilan ajralib turadi.





Uchinchi natija: bozor va resurs statistikasi polimer oltingugurtning strategik qiladi. 2024 yilda ishlab chiqarish ~85 mln tonna bo'lsa, talab ~71 mln t atrofida baholangan; bu farqning bir qismi zaxiralanadi va shu ortiqcha oqimni materiallarga yo'naltirish iqtisodiy-ekologik effekt beradi.

Jadval. Oltingugurt asosidagi "polimerlash/kompozitlash" yo'llari va qo'llanishlari bo'yicha taqqoslash

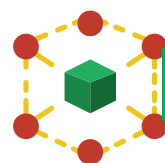
Mahsulot turi	Olish konsepsiyasi	Asosiy xossalari (tipik)	Asosiy qo'llanish	Afzallik	Cheklov
Plastik oltingugurt (barqaror emas)	Erigan Sni tez sovitish (zanjir ulushi oshadi)	Qisqa muddatli elastikroq; keyin kristallanadi	Ilmiy namoyish, qisqa muddatli qoliplar	Oddiy	Barqaror emas, vaqt bilan S <sub>8</sub> ga qaytadi
Inverse vulkanizatsiyalangan oltingugurtli polimer (sulfur-rich)	S <sub>8</sub> + organik krosslinker (DCPD, styrenik, bio-moylar va h.k.)	Barqarorroq, kimyoviy chidamli, S-S tarmoq; xossa krosslinkerga bog'liq	Sorbentlar, kompozitlar, energiya materiallari	Oltingugurt ulushi yuqori, chiqindi Sni qiymatga aylantiradi	Qayta ishlash/reologiya, brittleness muammolari bo'lishi mumkin

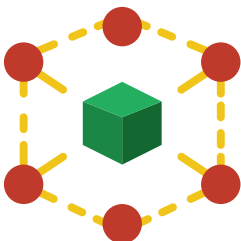
## Muhokama

1. Nima uchun "polimer oltingugurt" deganda ko'pincha inverse vulkanizatsiya tushuniladi? Chunki sof oltingugurt zanjirlarining termodinamik barqarorligi past: S<sub>8</sub> kristall shakli energetik jihatdan qulayroq. Inverse vulkanizatsiyada esa organik krosslinker oltingugurt zanjirlarining qayta yig'ilib kristallanishini "geometrik" va "kimyoviy" cheklaydi. Shu sababli polimer material sifatida foydalanish uchun aynan krosslinklangan tizimlar real istiqbolga ega.

2. Krosslinker tanlovi – xossalarni boshqarish mexanizmi. Bir xil oltingugurt ulushida turli krosslinkerlar (DCPD, styren, allyl/akrilat, bio-moy komponentlari) tarmoq zichligi, shisha o'tish harorati (T<sub>g</sub>), mo'rtlik, eritma bilan ishlov berish qobiliyati kabi parametrlarni o'zgartiradi. Bu esa "bir formulani hamma joyga" qo'llab bo'lmasligini, har bir qo'llanish uchun alohida optimallashtirish kerakligini bildiradi. (Masalan, sorbent uchun yuqori S ulushi + mos porozlik; qurilish uchun termik barqarorlik + mexanik mustahkamlik muvozanati.)

3. Ekologik qo'llanishlarda asosiy dalil – oltingugurtning metallarga affiniteti. Simobni ushlash bo'yicha ishlar shuni ko'rsatadiki, oltingugurtli polimerlar sanoat chiqindilaridagi simobni bog'lashda istiqbolli sorbent bo'lishi mumkin. Bu yo'nalish O'zbekiston uchun ham dolzarb bo'lishi





mumkin, chunki og'ir metall muammosi konchilik, metallurgiya va ayrim kimyo jarayonlarida uchraydi; arzon sorbent platformasi esa ekologik monitoring va tozalash xarajatlarini kamaytiradi.

4. Qurilish yo'nalishida "tez qotish" va "suvga ehtiyoj yo'qligi" amaliy ustunlik beradi. Oltinugurtli beton haqida o'zbek tilidagi manbalarda ham bu materialning maxsus beton toifasiga kirishi, texnologik va standartlash jihatlari muhokama qilinadi. Biroq bu yerda muhim cheklovlar bor: oltinugurt asosidagi bog'lovchi termik sezgir bo'lishi mumkin; formulatsiya va modifikatsiya (stabilizatorlar) nazoratsiz qolsa, mo'rtlik, hajmiy o'zgarishlar yoki uzoq muddatli qarish muammolari yuzaga keladi. Demak, "qurilishda qo'llaymiz" degan qaror ilmiy-texnik reglament va sinov protokollari bilan mustahkamlanishi shart.

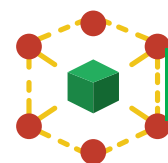
5. Statistik mantiq: 85 mln t ishlab chiqarish – 71 mln t talab. Bu oddiy ayirma emas, balki sanoat siyosati signalidir: oltinugurtning bir qismi har doim o'g'itlar sektoriga bog'lanib qoladi (60% ulush). Demak, boshqa yuqori qiymatli segmentlarni (polimerlar, kompozitlar, sorbentlar) kengaytirish bozor riskini diversifikatsiya qiladi va "ortiqcha oltinugurt" muammosini yumshatadi. Shu nuqtada inverse vulkanizatsiyalangan polimerlar "resurs aylanishi" (circular economy) g'oyasiga mos keladi.

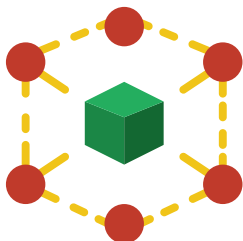
**Xulosa:** Ushbu maqolada polimer oltinugurt olish va qo'llash mavzusi resurs, ekologiya va materialshunoslik kesishmasida tahlil qilindi. Asosiy xulosalar quyidagicha.

Birinchi, oltinugurtning global miqyosdagi ishlab chiqarish hajmi juda katta (2024 yilda ~85 mln t). Talab esa bundan pastroq diapazonda bo'lib, 2024 yilda ~71 mln t atrofida baholangan va talabning 60% ga yaqini o'g'itlar sektoriga to'g'ri keladi. Bu vaziyat "oltinugurtning zaxirada saqlash" amaliyotini kuchaytiradi hamda oltinugurtning yuqori qo'shimcha qiymatli materiallarga aylantirishni strategik vazifaga aylantiradi. Inverse vulkanizatsiyalangan polimerlar shu strategiyaning ilmiy asoslangan yo'nalishi bo'lib, oltinugurtning ortiqcha oqimini foydali mahsulotlarga buradi.

Ikkinchi, polimer oltinugurt tushunchasini amaliy jihatdan "barqarorlashtirilgan oltinugurtli polimerlar" sifatida talqin qilish to'g'riroq. Sof plastik oltinugurt tezda S<sub>8</sub> kristalliga qaytadi; inverse vulkanizatsiya esa organik krosslinkerlar yordamida bu qaytishni susaytirib, real material sinfini beradi. Shu sababli kelajak tadqiqotlarida krosslinker tanlovi, tarmoq zichligi, qayta ishlanuvchanlik va uzoq muddatli barqarorlik mezonlari birlamchi ilmiy masala bo'lib qoladi.

Uchinchi, qo'llanishlar xossalari bilan bevosita bog'liq. Ekologik yo'nalishda oltinugurtning og'ir metallarga affiniteti (xususan simob) sababli oltinugurtli polimer sorbentlar istiqbolli: ular chiqindi oqimlaridagi zararli komponentlarni bog'lab, monitoring va tozalash tizimlariga integratsiyalanishi mumkin. Qurilish va infratuzilmada esa oltinugurtli bog'lovchilar (oltinugurtli beton, bitum modifikatsiyasi) tez qotish va agressiv muhitlarga chidamlilik kabi ustunliklar beradi; o'zbek tilidagi ilmiy manbalarda ham oltinugurtli beton texnologiyasi va standartlash jihatlari muhokama qilingan. Biroq bu yo'nalishlarda texnologik intizom (stabilizatsiya, formulatsiya, sinov) hal qiluvchi bo'lib, aks holda mo'rtlik va termik sezgirlik muammolari paydo bo'lishi mumkin.





To‘rtinchidan, O‘zbekiston sharoitida oltingugurtni qayta ishlash va undan yangi materiallar olish masalasi amaliy ahamiyatga ega: gazni qayta ishlash infratuzilmasi doirasida oltingugurt ishlab chiqarish haqida ochiq ma’lumotlar mavjud. Bu resursni mahalliy qurilish materiallari, yo‘l bitum modifikatsiyasi yoki ekologik sorbentlar kabi yo‘nalishlarga burish ilmiy-texnologik hamda iqtisodiy jihatdan foydali bo‘lishi mumkin. Shuningdek, rezina sanoatida oltingugurtning klassik vulkanizatsiyadagi roli (o‘zbek darsliklarida yoritilgan) “oltingugurt–polimer” kimyosining sanoatga moslashuvchanligini ko‘rsatadi.

Beshinchidan, kelgusidagi izlanishlar uchun tavsiyalar: (1) mahalliy oltingugurt xomashyosining tozaligi va aralashmalarini (As, Se, organik qoldiq) material xossalariga ta’siri bo‘yicha tahlil; (2) bio-manzarali krosslinkerlar (o‘simlik moylari fraksiyalari) bilan “yashil” inverse vulkanizatsiya yo‘nalishlarini sinash; (3) oltingugurtli beton/bitum modifikatsiyasi uchun uzoq muddatli qarish va harorat sikllari bo‘yicha sinovlar; (4) sorbent yo‘nalishida regeneratsiya va utilizatsiya protokollarini ishlab chiqish. Ushbu yo‘nalishlar polimer oltingugurtni laboratoriya g‘oyasidan amaliy texnologiyaga aylantirish uchun zarur ilmiy zanjirni to‘ldiradi.

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. “Mahsulot tayyorlash texnologiyasi” (ZiyoNET elektron darslik) – vulkanizatsiya va oltingugurtning kauchuk xossalariga ta’siri.
2. “Polimerlarni qayta ishlash texnologiyasi” (ZiyoNET elektron darslik) – vulkanizatsiya mexanizmi va polimer tarmoq hosil bo‘lishi.
3. “Polimerlarni qayta ishlash jarayoni” (ZiyoNET) – kompozitlar, vulkanizatsiya va oltingugurt ishtiroki haqida bo‘limlar.
4. “Oltingugurtli beton...” (o‘zbek tilidagi ilmiy maqola, PDF) – oltingugurtli betonning toifalanishi va texnologik yondashuvlar.
5. “Ilmiy axborotnoma” (o‘zbek tilidagi ilmiy jurnal/PDF) – oltingugurtli betonning iqtisodiy va amaliy jihatlari bo‘yicha muhokama.

