

**UGLEVODOROD GAZINI TOZALASH JARAYONIDA AJRALIB
CHIQADIGAN YUQORI OLTINGUGURTLI GAZLARDAN SULFAT KISLOTA
OLISHNING SAMARALI USULLARINI ISHLAB CHIQISH**

To'raqulova Marjona Qiyom qizi ¹

¹ PhD, Buxoro davlat texnika universiteti

Radjabova Maftuna Ilxom qizi ¹

¹ Buxoro davlat texnika universiteti magistranti

**MAQOLA
MALUMOTI**

ANNOTATSIYA:

MAQOLA TARIXI:

Received: 11.06.2025

Revised: 12.06.2025

Accepted: 13.06.2025

KALIT SO'ZLAR:

*uglevodorod gazlari,
vodorod sulfidi,
oltingugurtli gazlar, sulfat
kislota, Claus jarayoni,
kontakt usuli, ekologik
xavfsizlik, qayta ishlash
texnologiyalari, chiqindi
gazlar, sanoat kimyosi.*

Mazkur maqolada uglevodorod gazlarini tozalash jarayonida ajralib chiqadigan yuqori oltingugurtli gazlarni samarali qayta ishlash orqali sulfat kislota olishning ilg'or usullari yoritilgan. An'anaviy Claus va kontakt jarayonlari bilan bir qatorda zamonaviy fotokatalitik, plazmali va elektrokimyoviy texnologiyalar tahlil qilingan. Ularning texnologik afzalliklari, ekologik xavfsizligi hamda iqtisodiy samaradorligi baholangan. Shuningdek, chiqindi gazlarni qayta ishlash orqali sanoatda muhim mahsulot – sulfat kislota olishni optimallashtirish bo'yicha takliflar keltirilgan. Ushbu tadqiqot uglevodorod sanoatining chiqindilarini kamaytirish, ekologik barqarorlikka erishish va resurslardan oqilona foydalanish yo'lidagi muhim qadamdir.

KIRISH. Bugungi kunda neft-gaz sanoatining jadal rivojlanishi va energiyaga bo'lgan talabning ortib borishi uglevodorod yoqilg'ilarini chuqur qayta ishlash zaruratini oshirmoqda. Bunday jarayonlar davomida katta miqdorda oltingugurtli gazlar, ayniqsa vodorod sulfidi (H_2S), merkaptanlar va boshqa zararli birikmalar ajralib chiqadi. Ushbu gazlar atmosfera uchun yuqori xavf tug'diradi, inson salomatligi va atrof-muhitga zarar yetkazadi. Shu sababli ularni zararsizlantirish, utilizatsiya qilish va iqtisodiy jihatdan foydali

mahsulotlarga aylantirish zamonaviy texnologik yondashuvlarning muhim yoʻnalishlaridan biridir. Yuqori oltingugurtli gazlardan samarali foydalanishning eng istiqbolli yoʻllaridan biri — ularni qayta ishlash orqali sulfat kislota (H_2SO_4) olishdir. Sulfat kislota kimyo sanoatida asosiy xomashyo boʻlib, oʻgʻitlar ishlab chiqarish, neftni qayta ishlash, metallurgiya, toʻqimachilik, tibbiyot va boshqa koʻplab sohalarda keng qoʻllaniladi. Shu bois, bu mahsulotni chiqindi gazlardan olish nafaqat ekologik muammolarni hal qilishga, balki iqtisodiy samaradorlikni oshirishga ham xizmat qiladi.

Anʼanaviy tarzda oltingugurtli gazlardan sulfat kislota olish Claus va kontakt jarayonlari asosida amalga oshiriladi. Biroq, bugungi kunda ushbu texnologiyalarni takomillashtirish, energiya sarfini kamaytirish, konversiya darajasini oshirish va chiqindilarni minimallashtirish dolzarb vazifalardan sanaladi. Shu bilan birga, yangi innovatsion yondashuvlar — plazmali, fotokatalitik va elektrokimyoviy usullar orqali bevosita vodorod sulfidni sulfat kislotaga aylantirish yoʻllari ham faol oʻrganilmoqda. Ushbu maqolada uglevodorod gazlarini tozalash jarayonida ajralib chiqadigan yuqori oltingugurtli gazlardan sulfat kislota olishning mavjud va istiqbolli usullari, ularning afzallik va kamchiliklari, shuningdek samarali texnologik yondashuvlarni ishlab chiqish boʻyicha takliflar koʻrib chiqiladi.

Yuqori oltingugurtli gazlarning manbalari. Uglevodorod gazlarini tozalashda quyidagi asosiy gazlar ajralib chiqadi:

- Vodorod sulfidi (H_2S)
- Sulfur dioksidi (SO_2)
- Merkaptanlar (R-SH)

Ushbu gazlar odatda gazni tozalash qurilmalarida (masalan, aminli absorberlarda) ajratiladi va ularni atmosferaga chiqarish qatʼiyan taqiqlangan.

Sulfat kislotani olish texnologiyalari:

1. Claus jarayoni asosida oltingugurt olish va uni yoqish

Bu usulda vodorod sulfidi dastlab Claus pechida kuyib, elementar oltingugurtga aylantiriladi. Keyin esa oltingugurtni yoqish orqali SO_2 olinadi va bu SO_2 kontakt jarayonida H_2SO_4 ga aylantiriladi:

- $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ (V_2O_5 katalizatori ishtirokida)
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

2. Toʻgʻridan-toʻgʻri H_2S dan H_2SO_4 olish usuli

Yaqinda ishlab chiqilgan zamonaviy texnologiyalar H_2S ni to'g'ridan-to'g'ri sulfat kislota aylantirish imkonini beradi. Bu jarayon plazmali, fotokatalitik yoki elektrokimyoviy usullar asosida amalga oshiriladi. Bunday yondashuv energiya tejash va chiqindi miqdorini kamaytirish imkonini beradi.

3. Nam konversiya va yutilish usuli

Ushbu texnologiyada SO_2 avval suvda yutiladi, keyin esa oksidlanib sulfat kislota hosil qiladi. Bu usul ko'p hollarda sanoat chiqindilarini qayta ishlashda qo'llaniladi.

Samaradorlik va ekologik afzalliklar

- Energiya tejamkorligi: Yangi texnologiyalar kam energiya talab qiladi.
- Yuqori konversiya darajasi: Zamonaviy katalizatorlar 98–99% konversiyani ta'minlaydi.
- Ekologik xavfsizlik: Havo ifloslanishi oldi olinadi va zararli gazlar qayta ishlanadi.
- Iqtisodiy foyda: Sulfat kislota mahsuloti eksport va ichki bozorda talabi yuqori bo'lgan modda hisoblanadi.

Yuqori oltingugurtli gazlarni samarali utilizatsiya qilish orqali sulfat kislota olish texnologiyalarini ishlab chiqish bugungi kunda ekologik va iqtisodiy jihatdan dolzarb vazifadir. An'anaviy Claus jarayonini takomillashtirish, yangi katalitik va elektrokimyoviy texnologiyalarni joriy etish orqali yanada samarador tizimlar yaratilishi mumkin. Bu esa sanoat chiqindilarining kamayishi, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqtisodiy barqarorlikka erishish imkonini beradi.

Adabiyotlar tahlili. Sulfat kislota (H_2SO_4) kimyo sanoatida asosiy mahsulotlardan biri bo'lib, o'g'itlar, to'qimachilik, farmatsevtika, metallurgiya va boshqa sohalarda keng qo'llaniladi. Ushbu kislota ishlab chiqarishning asosiy usullari quyidagilardan iborat:

- Kontakt jarayoni: Bu usulda oltingugurt dioksidi (SO_2) kislorod bilan oksidlanib, SO_3 hosil qiladi. SO_3 esa suvda eritilib, sulfat kislota hosil qiladi. Ushbu jarayon yuqori samaradorlikka ega bo'lib, sanoat miqyosida keng qo'llaniladi.
- Claus jarayoni: Vodorod sulfidi (H_2S) va SO_2 ni birlashtirib, elementar oltingugurt va suv hosil qilish jarayonidir. Bu usulda hosil bo'lgan oltingugurt keyinchalik sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladi.
- Alternativ usullar: Yaqinda ishlab chiqilgan fotokatalitik, plazmali va elektrokimyoviy texnologiyalar H_2S ni bevosita sulfat kislota yoki boshqa qiymatli mahsulotlarga aylantirish imkonini beradi. Bu usullar energiya tejash va chiqindilarni kamaytirish nuqtai nazaridan istiqbolli hisoblanadi.

Uglevodorod gazlarini tozalash jarayonida yuqori oltingugurtli gazlar, ayniqsa H_2S , SO_2 va merkaptanlar ajralib chiqadi. Ushbu gazlar atrof-muhitga zarar yetkazmaslik uchun samarali tarzda qayta ishlanishi lozim. Buning uchun quyidagi usullar qo'llaniladi:

- Absorbtsiya: Gazlar suv yoki boshqa eritmalarda yutiladi. SO_2 ning suvda yutilishi natijasida sulfat kislota hosil bo'ladi, bu esa keyinchalik sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladi.
- Katalitik oksidlanish: H_2S ni kislorod bilan oksidlab, SO_2 hosil qilish va uni keyinchalik sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatish.
- Plazma va fotokatalitik usullar: Ushbu usullar H_2S ni bevosita sulfat kislota yoki boshqa qiymatli mahsulotlarga aylantirish imkonini beradi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonini modellashtirish va optimallashtirish uchun zamonaviy dasturiy ta'minotlardan foydalanish muhimdir. Masalan, Aspen Plus kabi dasturlar yordamida jarayonning turli bosqichlari simulyatsiya qilinadi va optimal ish sharoitlari aniqlanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, suv oqimi va boshqa parametrlarni optimallashtirish orqali ishlab chiqarish quvvatini oshirish mumkin. Yuqori oltingugurtli gazlarni qayta ishlash orqali sulfat kislota olish nafaqat ekologik xavfsizlikni ta'minlaydi, balki iqtisodiy jihatdan ham foydali hisoblanadi. Chiqindilarni kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarish orqali sanoatning barqaror rivojlanishiga hissa qo'shiladi. Uglevodorod gazlarini tozalash jarayonida ajralib chiqadigan yuqori oltingugurtli gazlardan sulfat kislota olishning samarali usullarini ishlab chiqish ekologik va iqtisodiy jihatdan muhim ahamiyatga ega. Mavjud texnologiyalarni takomillashtirish, yangi innovatsion yondashuvlarni joriy etish va jarayonlarni modellashtirish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish mumkin. Kelgusidagi tadqiqotlar ushbu yo'nalishda davom ettirilishi lozim.

Tadqiqot muhokamasi. Tadqiqot davomida yuqori oltingugurtli gazlardan, xususan vodorod sulfiddan (H_2S) sulfat kislota (H_2SO_4) olishning bir nechta texnologik yondashuvlari o'rganildi. Har bir usulning samaradorligi, texnologik murakkabligi, energiya sarfi, ekologik xavfsizligi va iqtisodiy foydaliligi mezonlar asosida tahlil qilindi. Claus jarayoni sanoatda keng qo'llaniladi va vodorod sulfidni elementar oltingugurtga aylantirishda yuqori konversiya ko'rsatkichiga ega. Keyinchalik oltingugurt yoqilishi orqali SO_2 hosil qilinadi va bu gaz kontakt jarayonida sulfat kislota olish uchun ishlatiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki:

- Ushbu texnologiya ishonchli va barqaror hisoblanadi;
- Kontakt jarayonidagi konversiya darajasi 98–99% gacha yetadi;

• Biroq, bu usullar katta maydon, yuqori harorat va bosim, hamda kompleks qurilmalarni talab qiladi;

• Ishlab chiqarish xarajatlari nisbatan yuqori.

Tadqiqotda plazmali, fotokatalitik va elektrokimyoviy usullar orqali bevosita H_2S ni sulfat kislotaga aylantirish imkoniyatlari o'rganildi. Bu usullar quyidagi afzalliklarga ega:

• Ishlab chiqarish jarayonida oraliq bosqichlar kamayadi;

• Energiya sarfi nisbatan kamroq;

• Jarayonlar ixcham va ekologik toza;

• Lekin sanoat miqyosida qo'llanilishi hali to'liq yo'lga qo'yilmagan, pilot o'lchamdagi sinovlar bosqichida.

Fotokatalitik yondashuvda titan(IV) oksid (TiO_2) asosidagi katalizatorlar yuqori faollikka ega bo'lib, UV nur ostida H_2S ni oksidlab SO_3 hosil qiladi. Bu SO_3 keyinchalik suv bilan reaksiyaga kirishib sulfat kislota hosil qiladi. Ushbu usulda reaksiya harorati past bo'ladi, bu esa energiya tejamkorligini ta'minlaydi. Claus va kontakt usullarining asosiy kamchiligi — ko'p bosqichli va katta energiya sarfidir. Shu bilan birga, chiqindilarni to'liq nazorat qilmaslik ekologik xatarga olib keladi. Boshqa tomondan, zamonaviy texnologiyalar chiqindi gazlarni deyarli nol darajada zararsizlantirishga qodir. Ammo ularning iqtisodiy samaradorligi hali to'liq tasdiqlanmagan. Matematik modellashirish va laboratoriya tajribalari orqali kontakt jarayoni optimal harorat ($420-450^\circ C$), bosim (2 atm) va katalizator miqdoriga nisbatan sezuvchan ekanligi aniqlandi. Fotokatalitik jarayon esa past haroratda ($20-40^\circ C$) sezilarli natijalar berdi. Bu esa energiya sarfini kamaytirish imkonini yaratadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, hozirda sulfat kislota olishda eng samarali va amaliy usul — bu klassik Claus + kontakt jarayonidir. Shu bilan birga, zamonaviy texnologik yondashuvlar — fotokatalitik va elektrokimyoviy usullar — kelajakda ekologik toza, energiya tejamkor va ixcham texnologiyalarni yaratish uchun muhim asos bo'lib xizmat qiladi. Sanoatga tatbiq etish uchun ularni tajriba-sinov va iqtisodiy tahlillar bilan to'ldirish lozim.

Xulosa. Ushbu tadqiqot uglevodorod gazlarini tozalash jarayonida ajralib chiqadigan yuqori oltingugurtli gazlardan — asosan vodorod sulfiddan — sanoat miqyosida iqtisodiy va ekologik jihatdan foydali bo'lgan sulfat kislota olishning samarali usullarini o'rganishga qaratildi. Tadqiqot davomida mavjud an'anaviy texnologiyalar (Claus va kontakt jarayonlari) bilan bir qatorda zamonaviy alternativ usullar (fotokatalitik, plazmali va elektrokimyoviy) tahlil qilindi. Umuman olganda, yuqori oltingugurtli gazlardan sulfat kislota olish texnologiyalarini takomillashtirish nafaqat ekologik muammolarning

yechimidir, balki sanoatning barqaror va raqobatbardosh rivojlanishini ta'minlash yo'lida muhim bosqichdir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Xasanov Sh.T., Mamatqulov U.X. Sanoat ekologiyasi va chiqindilarni qayta ishlash texnologiyasi. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2021. – 264 b.
2. Xolboev I.M., Abdurahmonov D.A. Kimyo sanoatida oltingugurtli gazlarni utilizatsiya qilish. – Toshkent: “Iqtisodiyot”, 2020. – 198 b.
3. Rahmatov O.T. Neft-gaz sanoatida chiqindi gazlarni qayta ishlash texnologiyalari. – Toshkent: “Universitet”, 2019. – 175 b.
4. Yusupov M.Q. Sulfat kislotani ishlab chiqarishning zamonaviy usullari. // “Kimyo va texnologiya” ilmiy jurnali. – 2022. – №3. – B. 45–52.
5. Kurbatov V.I. Teoriya i praktika proizvodstva sernoy kisloty. – Moskva: Khimiya, 2018. – 310 s.
6. Kler D. Industrial Sulfuric Acid Production and Environmental Impact. // Journal of Industrial Chemistry. – 2021. – Vol. 57, No. 4. – P. 123–137.
7. United Nations Environment Programme (UNEP). Sulfur Recovery and Waste Gas Treatment Technologies. – 2020. <https://www.unep.org/resources>
8. Zvereva E.N., Bondarev D.V. New Catalytic Approaches to H₂S Oxidation. // Chemical Engineering Journal. – 2022. – Vol. 445. – P. 135–149.
9. AspenTech. Aspen Plus User Guide for Sulfuric Acid Simulation. – 2021. <https://www.aspentech.com>
10. Shermatov N.A. Sanoat chiqindilaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi. – Samarqand: “Ilm ziyo”, 2022. – 156 b.