

**QURILISH MINIZAVODLARI CHIQINDI GAZLARINI TABIIY
ADSORBENTLAR YORDAMIDA TOZALASH TEXNOLOGIYALARI
SAMARADORLIGI**

Mutalipova Diloromxon Baxtiyorjon qizi

Buxoro davlat universiteti, Kimyo va neft-gaz texnologiyalari kafedrası o'qituvchisi

Adizov Alpomish Alisher o'g'li

Buxoro davlat universiteti, Neft-gaz kimyosi yo'nalishi III bosqich talabasi

Annotatsiya. *Maqolada qurilish materiallari ishlab chiqaruvchi minizavodlardan atmosferaga chiqayotgan tutun gazlari tarkibidagi oltingugurt dioksidi (SO₂) ni tabiiy adsorbentlar yordamida tutib qolish jarayonining samaradorligi tahlil etilgan. Tadqiqotda Navbahor bentoniti, klinoptilolit tarkibli tabiiy seolit hamda Angren kaolini namunalari laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazildi. Termik faollashtirish (400 °C, 3 soat) natijasida tabiiy seolitning adsorbsion sig'imi 91,8 % dan 96,4 % gacha ortgani aniqlandi. Kontakt vaqti, harorat va gaz oqimi tezligining samaradorlikka ta'siri o'rganildi. Olingan natijalar mahalliy adsorbentlarning sanoat chiqindi gazlarini tozalashda istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *tabiiy adsorbent, klinoptilolit, bentonit, kaolin, oltingugurt dioksidi, termik faollashtirish, gaz tozalash, qurilish minizavodi, atmosfera muhofazasi.*

Kirish. So'nggi o'n yilliklarda O'zbekiston Respublikasining sanoatlashtirish va urbanizatsiya jarayonlari jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Buxoro, Qashqadaryo va Navoiy viloyatlarida joylashgan g'isht, sement, ohak hamda gips ishlab chiqaruvchi mayda minizavodlarning soni keskin oshib bormoqda. Bunday korxonalarining aksariyatida zamonaviy gaz tozalash inshootlari mavjud emas yoki ularning ish samaradorligi sanitariya me'yorlariga to'liq javob bermaydi. Natijada atmosferaga oltingugurt dioksidi (SO₂), azot oksidlari (NO_x), uglerod oksidi (CO) va qattiq dispers zarralar (PM_{2.5}, PM₁₀) chiqarilmoqda.

Oltingugurt dioksidi havoni ifloslantiruvchi eng xavfli komponentlardan biri sanoqlanadi. U inson nafas yo'llariga salbiy ta'sir qilish bilan birga, atmosfera namligi bilan o'zaro ta'sirlashib, kislotali yog'inlar shakllanishiga sabab bo'ladi. O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish vazirligi ma'lumotlariga ko'ra, qurilish materiallari sanoatining atmosferaga chiqaradigan SO₂ miqdori umumiy emissiyaning taxminan 12–15 % ini tashkil etadi.

Sanoat chiqindi gazlarini tozalashning bir qator usullari mavjud bo'lib, ular orasida adsorbsion usul nisbatan arzon, texnik jihatdan sodda hamda yuqori samarali hisoblanadi. Faol ko'mir, sintetik seolitlar va metall oksidlari kabi sanoat adsorbentlari yuqori samaradorlikka ega bo'lsa-da, ularning narxi qimmat va regeneratsiyasi murakkab. Shu sababli, mahalliy xom-ashyo zaxiralariga asoslangan tabiiy adsorbentlardan foydalanish iqtisodiy va ekologik jihatdan istiqbolli yo'nalish sanaladi.

O'zbekiston hududida tabiiy seolit (klinoptilolit), bentonit va kaolin koni zaxiralari yetarli darajada. Tojibulokyo'r seolit konining tasdiqlangan zaxirasi 23 mln tonnadan ortiq, Navbahor bentonit koni esa O'rta Osiyodagi yirik konlardan hisoblanadi. Mazkur tadqiqotda aynan shu mahalliy xom-ashyolarning gaz tozalash texnologiyalaridagi samaradorligi tahlil qilindi.

Tadqiqotning maqsadi qurilish minizavodlari chiqindi gazlari tarkibidagi SO₂ ni tabiiy adsorbentlar yordamida tutib qolish samaradorligini eksperimental usulda baholash hamda termik faollashtirishning samaradorlikka ta'sirini aniqlashdir.

Materiallar va usullar. Tadqiqot ob'yekti. Tadqiqot ob'yekti sifatida Buxoro viloyatining Kogon tumanida joylashgan kichik quvvatli g'isht ishlab chiqarish minizavodining quritish-pishirish pechi mo'risidan chiqayotgan tutun gazlari tanlandi. Tutun gazlarining tarkibi gaz analizatori (Testo 350, Germaniya) yordamida aniqlangan bo'lib, natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. G'isht minizavodi tutun gazlarining o'rtacha tarkibi

Komponent	O'rtacha konsentratsiyasi	MRD (PDK), mg/m ³
SO ₂	840–960 mg/m ³	500
NO _x (NO ₂ ga keltirilgan)	210–285 mg/m ³	200
CO	520–640 mg/m ³	3000
CO ₂	8,4–10,2 %	—
Qattiq zarralar	280–340 mg/m ³	150
O ₂	9,8–11,3 %	—
Harorat (mo'ri chiqishida)	145–175 °C	—

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, SO₂ ning konsentratsiyasi atrof-muhitga chiqarish uchun belgilangan maksimal ruxsat etilgan darajaga nisbatan ikki barobardan ko'p, qattiq zarralar miqdori esa ikki barobarga oshib ketgan. Mazkur ko'rsatkichlar gaz tozalash texnologiyasini qo'llashning zaruriyligini tasdiqlaydi.

Tadqiqotda uchta tabiiy adsorbent ishlatildi: Tojibulokyo'r konidan olingan klinoptilolit tarkibli tabiiy seolit, Navbahor bentoniti hamda Angren kaolini. Ularning kimyoviy tarkibi rentgenfluoressentsiya spektrometri (XRF, ARL OPTIM'X) yordamida aniqlandi va 2-jadvalda taqdim etildi.

2-jadval. Tabiiy adsorbentlarning kimyoviy tarkibi, mass. %

Oksid	Tabiiy seolit	Bentonit	Kaolin
SiO ₂	66,84	58,12	47,35
Al ₂ O ₃	12,37	16,84	36,28
Fe ₂ O ₃	1,46	4,23	0,98
CaO	3,25	2,18	0,42
MgO	0,84	2,67	0,31
K ₂ O	2,18	1,42	0,87
Na ₂ O	1,72	2,15	0,21
TiO ₂	0,18	0,46	0,72
Yondirish yo'qotishi	11,16	11,93	12,86

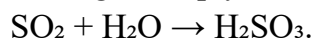
2.3. Eksperiment metodikasi. Tajribalar laboratoriya sharoitida sun'iy ravishda tayyorlangan SO₂–havo aralashmasi orqali olib borildi. Adsorbentlar 0,5–1,0 mm o'lchamdagi donachalarga maydalanib, vertikal shisha kolonkaga (diametri 25 mm, balandligi 300 mm) joylashtirildi. Gaz oqimining tezligi 0,25 m/s qilib belgilandi. Kolonkaning kirish va chiqish qismidagi SO₂ konsentratsiyasi yodometrik usulda aniqlandi.

Adsorbsion samaradorlik (η , %) quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

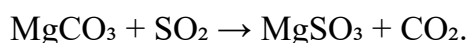
$$\eta = ((C_0 - C) / C_0) \times 100 \%, \quad (1)$$

bu yerda C₀ — kirishdagi SO₂ konsentratsiyasi (mg/m³); C — chiqishdagi SO₂ konsentratsiyasi (mg/m³).

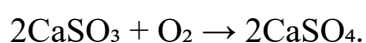
Adsorbsion jarayonining mexanizmini tushuntirishda quyidagi asosiy kimyoviy reaksiyalar inobatga olindi. Adsorbsion suvli plyonkali jarayonida SO₂ dastlab adsorbent yuzasidagi nam plyonkasida erib, oraliq mahsulot sulfit kislotani hosil qiladi:



Tarkibida kaltsiy va magniy karbonatlari saqllovchi bentonit va seolitlarda neytralizatsiya reaksiyalari ham kuzatiladi:



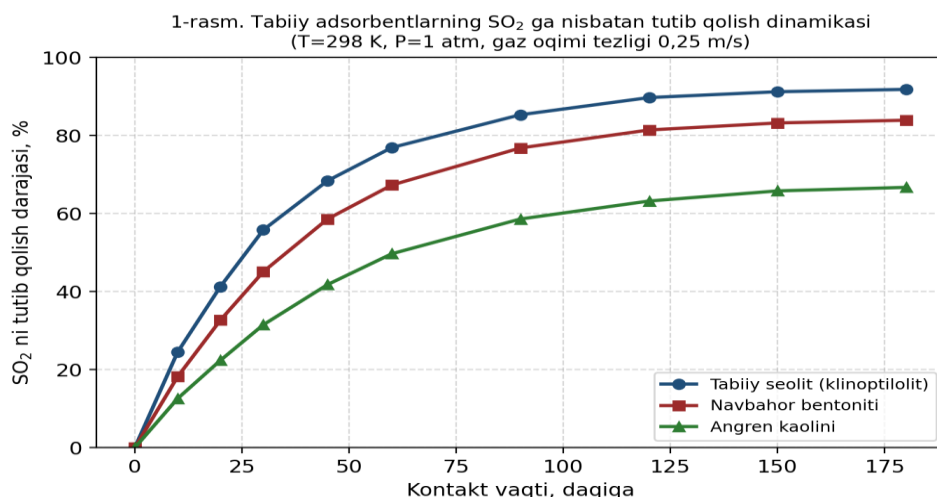
Atmosfera kislorodi ishtirokida hosil bo'lgan sulfitlar oxir-oqibatda sulfatlarga oksidlanadi:



Klinoptilolitda esa kation almashinish mexanizmi ustunlik qiladi, bunda struktura ichidagi Na⁺ va K⁺ ionlari adsorbsiyalangan SO₂ hosilalari bilan o'zaro ta'sirga kirishadi.

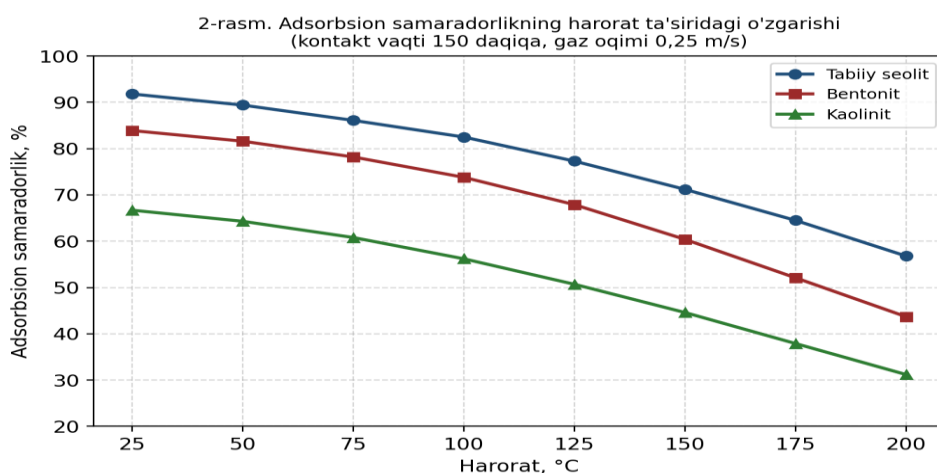
Adsorbentlarning sirt faolligini oshirish maqsadida ular muffel pechida 400 °C haroratda 3 soat davomida termik faollashtirildi. Bu jarayon strukturadagi suv molekularini chiqarib yuborishga va g'ovak tuzilmaning ochilishiga olib keladi.

Natijalar va ularning tahlili. Kontakt vaqti ta'siri. Adsorbtsion jarayonning eng muhim parametrlaridan biri gaz va adsorbent o'rtasidagi kontakt vaqti hisoblanadi. Tajriba davomida har 10–30 daqiqada chiqishdagi gaz tarkibi tahlil qilindi va olingan natijalar 1-rasmda aks ettirildi.



Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, dastlabki 60 daqiqada uchala adsorbentda ham SO₂ ni tutib qolish darajasi tez sur'atda ortib boradi. 120-daqiqada tabiiy seolit uchun samaradorlik 89,7 % ga, bentonit uchun 81,4 % ga, kaolin uchun esa 63,2 % ga yetdi. 150-daqiqadan keyin egri chiziqlar to'yinish (plateau) bosqichiga o'tadi, bu adsorbent g'ovaklarining to'lib bo'layotganini ko'rsatadi. Tabiiy seolitning yuqori samaradorligi uning kristall strukturasi va kation almashinish qobiliyatining yuqori bo'lishi bilan izohlanadi.

Adsorbtsion samaradorlikning haroratga bog'liqligi 25 °C dan 200 °C gacha bo'lgan oraliqda o'rganildi (2-rasm). Tajribalar shuni ko'rsatadiki, fizik adsorbtsiya jarayoni ekzotermik xarakterga ega bo'lganligi sababli, harorat ortishi bilan samaradorlik kamayib boradi.

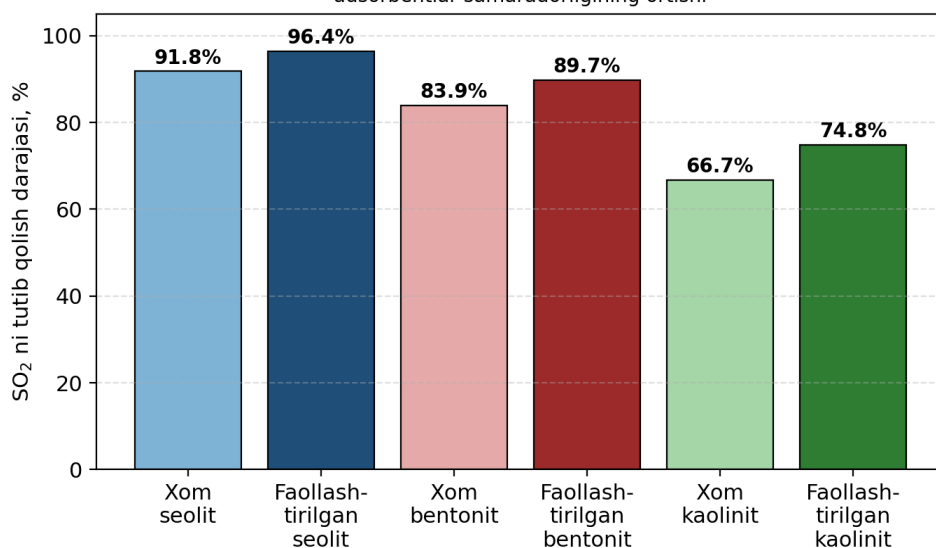


25 °C da tabiiy seolit uchun samaradorlik 91,8 % ni tashkil etgan bo'lsa, harorat 200 °C ga ko'tarilganida bu ko'rsatkich 56,8 % ga tushadi. Bu xulosa amaliy ahamiyatga ega: g'isht zavodi mo'risidan chiqayotgan tutun gazlari haroratining 145-175 °C oralig'ida bo'lishini hisobga olib, adsorbtsion qurilmaga kirishdan oldin gaz oqimini sovutgich (rekuperator) orqali 60-80 °C gacha sovitish maqsadga muvofiq.

Adsorbentlarni 400 °C da 3 soat termik faollashtirish samaradorlikning sezilarli darajada ortishiga olib keldi (3-rasm). Bu hodisa fizik-kimyoviy jihatdan adsorbent strukturasi bilan kristallizatsion suvning va molekulararo bog'langan suv molekularining ajralishi bilan tushuntiriladi, natijada faol markazlar soni va o'ziga xos sirt yuzasi ortadi.

Faollashtirilgan tabiiy seolit SO₂ ni 96,4 % gacha tutib qolish qobiliyatiga ega bo'lib, bu xom shaklga nisbatan 4,6 % ga ko'p ko'rsatkich. Bentonit uchun bu ko'rsatkich 5,8 % ga (83,9 % → 89,7 %), kaolin uchun esa 8,1 % ga (66,7 % → 74,8 %) ortdi. Aytib o'tish lozimki, faollashtirish harorati 500 °C dan yuqori bo'lganida kristallik tuzilma qisman buzilib, samaradorlik aksincha pasayishi mumkin.

3-rasm. Termik faollashtirish (400 °C, 3 soat) ta'sirida adsorbentlar samaradorligining ortishi



Mahalliy xom-ashyo asosida tayyorlangan adsorbentlardan foydalanish iqtisodiy jihatdan ham foydali. Hisob-kitoblarga ko'ra, 1 kg tabiiy seolitning narxi taxminan 800-1200 so'm, faol ko'mirning narxi esa 18 000-25 000 so'm. Demak, mahalliy adsorbentlar 15-20 barobar arzon. Bundan tashqari, ishlatilgan adsorbentlardan keyin sement va g'isht ishlab chiqarish texnologiyalarida qo'shimcha komponent sifatida foydalanish mumkin, bu esa chiqindisiz texnologiya prinsipiga mos keladi.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra quyidagi xulosalar shakllantirildi. Birinchidan, O'zbekistonda keng tarqalgan tabiiy adsorbentlar (klinoptilolit, bentonit, kaolin) g'isht ishlab chiqaruvchi minizavodlar tutun gazlari tarkibidagi SO₂ ni tutib qolishda yuqori samaradorlik namoyon etadi: maqbul sharoitda samaradorlik 91,8 % gacha yetadi. Ikkinchidan, samaradorlikning eng yuqori ko'rsatkichi tabiiy seolitda kuzatildi, bu uning kristall strukturasi va kation almashinish qobiliyati bilan asoslanadi. Uchinchidan,

adsorbentlarni 400 °C da 3 soat termik faollashtirish samaradorlikni 4–8 % ga oshirish imkonini beradi. To'rtinchidan, adsorbsiya jarayoni uchun maqbul harorat oralig'i 25-80 °C, kontakt vaqti 120-150 daqiqani tashkil etadi. Beshinchidan, mahalliy xom-ashyodan foydalanish gaz tozalash texnologiyasining tannarxini 15-20 marta kamaytirish imkoniyatini yaratadi va ekologik tozalik talablariga to'liq javob beradi.

Kelgusi tadqiqotlarda tabiiy adsorbentlarni kimyoviy modifikatsiyalash (NaOH, HCl bilan ishlov berish) yo'li bilan samaradorlikni yanada oshirish, shuningdek, adsorbentlarning regeneratsiya tsikllarini va xizmat muddatini aniqlash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov X.T., Ergashev O'.S. Atrof-muhit himoyasi va sanoat ekologiyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 312 b.
2. Salimov Z.S., Yusupbekov N.R., Nurmuxamedov X.S. Texnologik jarayonlarda gaz tozalash inshootlari. – Toshkent: O'zbekiston, 2019. – 248 b.
3. Rahmatkariyev G'.U., Agzamxo'jayev A.A. O'zbekiston seolitlarining adsorbsion xossalari // O'zbekiston kimyo jurnali. – 2020. – № 4. – B. 28–35.
4. Tursunov O.B., Sherqo'ziyev A.S. Bentonit asosidagi adsorbentlarning gaz tozalashdagi samaradorligi // Kompozitsion materiallar. – 2022. – № 2. – B. 41–47.
5. Wang S., Peng Y. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment // Chemical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 156. – P. 11–24.
6. Bhatnagar A., Sillanpää M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents // Chemical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 157. – P. 277–296.
7. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 22-noyabrdagi 939-sonli qarori "Atmosfera havosini muhofaza qilish to'g'risida". – lex.uz.
8. Ismailov B.M., Yodgorov N.A. Mahalliy minerallarga asoslangan adsorbentlar // Universum: kimyo va biologiya. – 2023. – № 3. – B. 12–18.