

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/28.02.2022.T.101.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

BOBOQULOV FARXOD BAXTIYOR O‘G‘LI

**GAZNI QAYTA ISHLASH ZAVODLARINING MASH‘ALA GAZLARI
TARKIBIDAN CO₂ VA H₂S NI AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI
ISHLAB CHIQISH**

02.00.08 – Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Buxoro-2024

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Boboqulov Farxod Baxtiyor o'gli

Gazni qayta ishlash zavodlarining mash'ala gazlari tarkibidan CO₂ va H₂S ni
ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish.....3

Бобокулов Фарход Бахтиёр угли

Разработка технологии извлечения CO₂ и H₂S из факельных газов
газоперерабатывающих заводов.....21

Babakulov Farkhad Bakhtiyar ogli

Development of technology for extraction of CO₂ and H₂S from flare gases of gas
processing plants.....39

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/28.02.2022.T.101.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

BOBOQULOV FARXOD BAXTIYOR O‘G‘LI

**GAZNI QAYTA ISHLASH ZAVODLARINING MASH‘ALA GAZLARI
TARKIBIDAN CO₂ VA H₂S NI AJRATIB OLIH TEXNOLOGIYASINI
ISHLAB CHIQISH**

02.00.08 – Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B.2024.2.PhD/T3810 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Buxoro muhandislik-texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Institut veb-sahifasida (www.bmti.uz) va «Ziyonet» Axborot – ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Fozilov Sadriddin Fayzullaevich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponenlar:

Do'stov Hamro Bozorovich
kimyo fanlari doktori, professor

Saydaxmedov Shamsiddinxo'ja Muxtorovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti

Dissertatsiya himoyasi Buxoro muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi DSc.03/28.02.2022.T.101.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «01» avgust soat 9⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q.Murtazoyev ko'chasi, 15-uy. Tel.: (+99865)223-68-42, faks: (+99865)223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Buxoro muhandislik-texnologiya institutining Axborot – resurs markazida tanishish mumkin (472 raqami bilan ro'yhatga olingan). (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q.Murtazoyev ko'chasi, 15-uy. Tel.: (+99865) 223-68-42).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «17» iyul kuni tarqatildi.
(2024 yil «10» maydagi № 10-raqamli reyestr bayonnomasi).



I.B. Isabayev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash v.v.b raisi
t.f.d., professor.

R.R. Hayitov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi t.f.d., kat.il.xod.

H.B. Do'stov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi k.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertasiyasi annotasiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda mash'ala gazlaridan maqsadli foydalanish va ularni chuqur qayta ishlashga bo'lgan talabning o'sishi kuzatilmoqda. Kimyo va gaz-kimyo sanoatining mash'ala gazlarini antropogen ta'sirini kamaytirish, avvalo muayyan ifloslantiruvchi moddalardan tozalab, so'ngra innovatsion texnologiyalarni qo'llab, texnologik jarayonlarda qayta foydalanish orqali maqsadli mahsulotlar ishlab chiqarishga bo'lgan talab ortib bormoqda. Shu bilan birga zamonaviy gazni qayta ishlash zavodlarining dolzarb vazifalaridan biri tarkibida CO₂ va H₂S saqlagan mash'ala gazlarni tozalash uchun reagentlarni tanlash, jumladan gaz tarkibidagi nordon komponentlarning asosiy qismini yutishda xemosorbsion jarayonlarni ilmiy asoslarini o'rganish bilan yangi texnologiyalarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda mash'ala gazlarini nordon komponentlardan tozalash uchun kimyoviy reagentlar hamda atrof-muhitga ta'sir etmaydigan absorbentlar olishning samarali energiya tejamkor texnologiyalarni yaratish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada gazni qayta ishlash sanoati mash'ala gazlari tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentini zararli miqdorini kamaytirish maqsadida absorbentlarni tanlash, sorbsion va kinetik ko'rsatkichlarini o'rganish, turli chiqindi gazlarini tozalash va tarkibini zararlantirishni jadallashtirish texnologiyalarini ishlab chiqish va sinovdan o'tkazishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikada gazni qayta ishlash sanoatini modernizatsiya qilish, absorbentlarning yangi zahiralarni yaratish, ular asosida import o'rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirish, xususan raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqish hamda CO₂ va H₂S saqlagan gazni qayta ishlash sanoati mash'ala gazlarini tozalash jarayonlarida foydalanish bo'yicha muayyan ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasida "mavjud imkoniyatlarni to'liq ishga solgan holda mahalliy sanoat tarmoqlari salohiyatini yanada rivojlantirish, tashqi bozor va xalqaro talablarga javob beradigan standartlarni joriy etish"¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂Sning absorbentlarga yutilishi natijasida ammoniy karbonat, ammoniy va sulfid natriy karbonat, natriy sulfid eritmalarini olish imkoniyatlarini izlash muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikai Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi, 2019 yil 30 oktyabrdagi "2030 yilgacha bo'lgan davrda O'zbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi, 2019 yil 3 apreldagi PQ-4265-son "Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2018 yil 17 yanvardagi PQ-3479-son "Mamlakat iqtisodiyotining tarmoqlarini talab yuqori bo'lgan mahsulot va xom ashyo turlari bilan barqaror

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida» farmoni

ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi farmon va qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustivor yo'nalishlariga bog'liqligi. Ushbu tadqiqot ishi respublikadagi fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII. "Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar" va IV. "Atrof-muhit muhofazasi va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish" ustivor yo'nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Neft va gazni qazib olish hamda neft va gazni qayta ishlash sanoatlarida ekologik talablarini kuchaytirish, gaz tarkibidagi nordon komponentlarini yutib olish bo'yicha ko'plab xorijiy olimlar: jumladan, Salu S. A., Soliman M., Ansari N. A. Ghadyanlou F., Vatani A. Rahimpour M. R. Saidi M., Siavashi F., Тараканов Г. В., Савенкова И. В., qatori Respublikamizda mazkur sohada A.R. Ramazonova, G.R. Narmetova, R.A. Kulmatov, B.N. Xamidov, A. Ikromov, Umedov Sh.X., Urinov S.N., Nuritdinov J.F., Akramov B.Sh. va boshqalar ilmiy izlanishlar olib borishgan.

Ushbu olimlar tomonidan mash'alaga yuboriladigan gazlardan oqilona foydalanish, mash'ala gazlarini yangi usulda rekuperatsiyalash hamda ularni ekologiyaga zararli miqdorini kamaytirish kabi jarayonlarni amaliyotda qo'llash, CO₂ va H₂S saqlagan mash'ala gazini absorbentlar yordamida tozalash bilan birga, natriy gidroksid va ammoniy gidroksidning qo'llanish sohasini kengaytirish va texnologiyalarini takomillashtirish tavsiya etilgan.

Biroq, gazni qazib olish va gazni qayta ishlash sanoatida ajraladigan mash'ala gazlarining tarkibini aniqlash, nordon komponentlarini yutuvchi samarali kimyoviy reagentlarni tanlash, tanlangan absorbentlar bilan CO₂ va H₂S o'rtasida o'zaro ta'sir jarayonlarining mexanizmlarini tadqiq qilish va texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish muhim va dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Buxoro muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining 18-18/2021 raqamli "Tabiiy gaz tarkibiga qo'shiluvchi adarant moddasini ishlab chiqish texnologiyasini yo'lga qoyish" mavzusidagi fundamental loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi gazni qayta ishlash sanoati mash'ala gazlari tarkibidagi CO₂ va H₂Sni ekologiyaga chiqayotgan zararli miqdorini kamaytirish, shu bilan birgalikda import o'rnini bosuvchi mahalliy mahsulot ishlab chiqarish texnologiyasini yaratishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

gazni qayta ishlash sanoatida ajraladigan mash'ala gazlarini komponent tarkibini o'rganish;

mash'ala gazlardagi CO₂ va H₂Sni natriy karbonat, natriy sulfid va ammoniy karbonat, ammoniy sulfid eritmalarini olish orqali ekologiyaga chiqayotgan zararli miqdorini kamaytirish tajriba qurilmasini ishlab chiqish;

CO₂ va H₂Sning absorbentlarga xemosorbsion yutilish mexanizmini o'rganish va jarayonning optimal parametrlarini aniqlash;

tozalangan gazning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish va qo'llash tarmog'ini aniqlash;

mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarini ammoniy gidroksid va natriy gidroksidi eritmalari yordamida ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obykti sifatida GGQIZ 4-nitkasidan chiqadigan mash'ala gazi va NH₄OH ning 20-25 % (mass.) konsentratsiyali hamda NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmalari olingan.

Tadqiqotning predmeti mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S ni ishqorlarbilan reaksiyasining Gibbs energiyalari, ajratish jarayonining kinetikasi, moddalarning fizik-kimyoviy xossalari, mash'ala gazini tozalash texnologiyasining texnik shartlarini aniqlash hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiyada komponentli tahlil, xromatografiya, gaz xromatografiyasi va boshqa standart-klassik (fizik-kimyoviy, kimyoviy) tahlil usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

mash'ala gazini tozalashda gaz tarkibidagi nordon gazlarga nisbatan ishqor miqdorini 0,2-0,45 molyar nisbatda oshirilganda ishqorlarning o'rta tuzlari olish mumkinligi isbotlangan;

mash'ala gazi tarkibidagi 69,61 % CO₂ va 24,24 % H₂S ni NH₄OH ning 20-25 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga 1:2,4-2,45 molyar nisbatida bo'lganda CO₂ ning 31,6 % va H₂S ning 21,36 % gacha kamaytirishga erishilgan;

datlabki tozalangan gaz tarkibidagi 31,6 % CO₂ va 21,36 % H₂S ni NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasi 1:2,0-2,2 molyar nisbatida bo'lganda, umumiy CO₂ ning 0,59 % gacha kamaytirishi va H₂S ning to'liq yutishi aniqlangan;

mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarini ajratishda ammoniy gidroksid uchun bosim 6 atm va harorat 37 °C, natriy godroksidi uchun bosim 5 atm va harorat 33 °C bo'lganda yuqori samaradorlikka erishish mumkinligi aniqlangan;

aniqlangan maqbul sharoitlar asosida mash'ala gazini tozalashning ikki bosqichli texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Gazli gazni qayta ishlash zavodidagi mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarini ajratib olish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

Gazli gazni qayta ishlash zavodidagi mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S ning asosiy qismi NH₄OH ning 20-25 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga yutilishi va yutilmay qolgan CO₂ va H₂S ning qolgan qismi NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga yutilishi natijada ammoniy karbonat, ammoniy sulfid va natriy karbonat, natriy sulfid eritmalari olingan;

mash'ala gazlari tarkibidagi CO₂ va H₂Sni ajratish texnalogiyasi Gazli gazni qayta ishlash zavodi mash'ala tizimiga o'rnatilganda qo'shimcha toza yonuvchi gaz olish mumkinligi asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi "Kristallyuks" seriyali gaz

xromatografi va boshqa standart-klassik usullari yordamida olingan ko'rsatkichlari asosida Gazli gazni qayta ishlash zavodidan olingan mash'ala gazlari tarkibidagi 69,61 % ni tashkil etuvchi CO₂ umumiy 0,59 % va H₂S 24,24 % dan to'liq tozalanganligi tegishli korxonalarida laboratoriyalarida sanoat-tajriba sinovidan o'tganligi bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S ni ajratish, ekologik xususiyatlarini yaxshilash hamda NH₄OH ning 20-25 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga va NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga xemosorbsiyalanishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Gazli gazni qayta ishlash zavodida mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S larni ajratish texnologiyasini ishlab chiqilganligi, CO₂ va H₂S larni ishqorlar bilan reaksiyasida ularning o'rta tuzlarini olish bilan xorijdan keltiriladigan resurslar miqdorini tejash va ishlab chiqarishni mahalliyashtirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Gazni qayta ishlash zavodlarining mash'ala gazlari tarkibidan CO₂ va H₂S ni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Gazni qayta ishlashda chiqadigan mash'ala gazlari tarkibidagi CO₂ va H₂S ni NH₄OH ning 20-25 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga va NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasi xemosorbentlari yordamida ajratish texnologiyasi Gazli neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli Gazli gazni qayta ishlash zavodida sinov-tajriba olib borilgan («O'zbekneftgaz» AJ Gazli neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining 2023 yil 13 iyuldagi 01/1-24-1570-son ma'lumotnomasi). Natijada, mash'ala gazi tarkibidagi nordon komponentlar xemosorbsiyalanishi hisobiga sanoatda qo'llaniladigan import mahsulotini mahalliyashtirish imkonini berdi;

Gazni qayta ishlashda chiqadigan mash'ala gazlari tarkibidagi CO₂ va H₂S ni NH₄OH ning 20-25 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga va NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasi xemosorbentlari yordamida ajratish texnologiyasi Gazli neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasiga qarashli Gazli gazni qayta ishlash zavodida sinov-tajriba olib borilgan («O'zbekneftgaz» AJ Gazli neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining 2023 yil 13 iyuldagi 01/1-24-1570-son ma'lumotnomasi). Natijada, mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S ning adsorbentlarga xemosorbsion yutilishi hisobiga umumiy CO₂ 0,59 % gacha kamayishi va H₂S ning to'liq ajratib olinishi hisobiga ekologiyaga zararli gazlarni tarqalishini oldini olish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyalari. Mazkur tadqiqot ishi natijalari, ma'ruza ko'rinishida 4 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan, O'zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligidan 1 ta dasturiy ta'minot uchun guvohnoma olingan (DGU 24348).

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan bo'lib, shulardan, 1 ta monografiya, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy

ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola, jumladan 1 tasi xorijiy va 3 tasi respublika jurnallarida nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 113 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning **kirish** qismida masalaning qo‘yilishi qisqacha tavsiflangan, dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, maqsadi va vazifalari, tadqiqot obyekti hamda predmeti ifodalangan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotda erishilgan ilmiy yangiliklar, amaliy natijalarning ishonchliligi asoslangan, nazariy va amaliy qiymati ochilgan, natijalarning ishlab chiqarishga joriy etilishi haqida ma‘lumotlar keltirilgan, olingan natijalarning aprobasiyasi va dissertatsiya ishining tuzilishi va hajmi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Atmosferaga tashlanayotgan gazsimon chiqindilarning kelib chiqishi, utilizatsiyalash muammolari va mash’ala gazlarini qayta ishlash texnologiyasining zamonaviy holati”** deb nomlangan birinchi bobida Atmosferaga tashlanayotgan gazsimon chiqindilarning kelib chiqishi, tarkibi, ularni utilizatsiyalash va dunyo mash’ala gazlarining miqdoriy statistik tahlili keltirilgan. Ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan ananaviy, ommabop mash’ala tizimlari va undagi muammolarning bir qator ilmiy va amaliy yechimlari muhokama qilingan. Mash’ala gazlarini utilizatsiyalash va maqsadli foydalanishning zamonaviy holati o‘rganilgan. Tarkibida H_2S va CO_2 saqlagan gazlarni tozalash jarayonlari va qonuniyatlari bo‘yicha bir qancha ilmiy manbaalar va patentlar taxlil qilingan.

GQIZlarining mash’ala gazlari tarkibidan CO_2 va H_2S ni ajratib olish, olingan mahsulotlarni sanoatning turli tarmoqlarida qo‘llash bo‘yicha aniqlangan muammolar asosida tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olingan.

Dissertatsiyaning **“Mash’ala gazlari tarkibi, ajratishda ishlatiladigan reagentlar va olinadigan mahsulotlarning tadqiqot usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobda mahalliy gazni qayta ishlash zavodlaridagi mash’ala gazlari tarkibi tekshirib obyekt tanlangan (1-jadval). tadqiqotlarda foydalanilgan reaktivlarning xossalari, tozaligi va eritmalarini tayyorlash, mahsulotlarning tarkibini aniqlashning sifat va miqdor usullari, mash’ala gazlarining ekologiyaga yonib chiqish konsentratsiyalarini hisoblash usullari, mash’ala gazlari tarkibini “Gaz xromatografiya” usuli yordamida tarkibini va xossalari aniqlash usullari keltirilgan. Mahalliy gazni qayta ishlash zavodlari GGQIZning 4 va 5-nitkalaridan, Sho‘rtan NG ASOU-1, ASOU-2 va SPS qurilmalaridan hamda MGQIZning 16 va 18-blokalaridan mash’ala tizimga tashlanadigan mash’ala gazlaridan 7 xildagi namunalar olib kelindi.

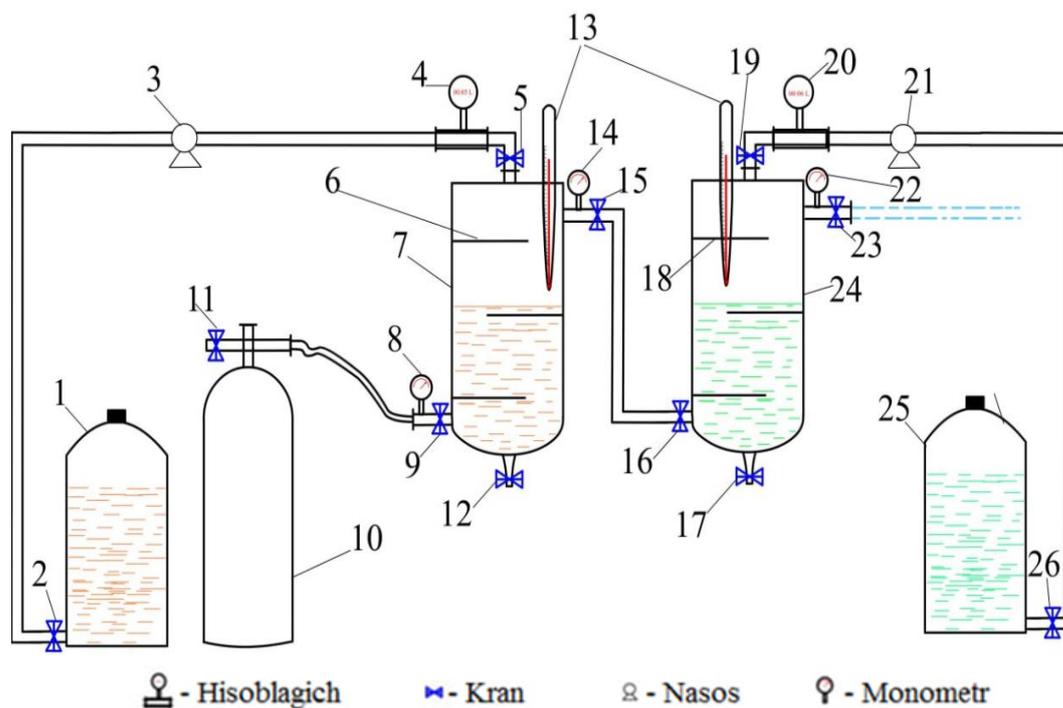
Mash'ala gazlarning komponentli tarkibi

Namuna olingan joy	Ko'rsatgichlar		Komponentlar tarkibi, % mol.												Gazning molyar og'irligi	Gazning zichligi, kg/m ³
	P, kgf/ sm ²	T, °C	C ₁	C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅	C _{6+v}	∑ C _{5+v}	CO ₂	H ₂ S	N ₂		
GGQIZ 4-nitka	7	39,0	5,73	0,19	0,10	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	69,61	24,24	0,11	39,95	1,783
GGQIZ 5-nitka	5,1	34,0	3,21	0,11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,07	78,22	18,15	0,13	41,77	1,864
Shurtan NG (ASOU-1)	6,5	41,0	3,92	0,11	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06	0,08	76,06	19,51	0,14	41,53	1,854
Shurtan NG (ASOU-2)	4	39,0	2,30	0,13	0,02	0,03	0,08	0,07	0,07	0,18	0,32	78,39	18,24	0,17	40,81	1,821
Shurtan NG (SPS)	2,1	40,0	1,10	0,10	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	84,02	14,64	0,11	42,22	1,884
MGQIZ (16-blok)	3,7	40,0	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96	2,72	0,25	43,41	1,937
MGQIZ (18-blok)	2,5	42,0	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,8	3,13	0,21	43,42	1,938

Olib kelingan namunalar “Neftgaztadqiqot” AJ ning “Neft va gaz konlarini tadqiq qilish” hamda “Gazlar, gaz kondensatlari, neftlar va qatlam suvlarining xususiyatlari va tarkiblarini tadqiq etish” bo‘limlari xodimlari bilan birgalikda mash’ala gazlari namunalarining komponent tarkibi o‘rganib chiqildi (1-jadval). Tahlil natijalariga muvofiq tarkibida eng ko‘p CO₂ va H₂S saqlaganligi uchun obyekt sifatida GGQIZ 4-nitkasi mash’ala gazi tanlandi.

Dissertatsiyaning “**Mash’ala gazlari tarkibidagi CO₂ va H₂S ni ajratish, jarayonining optimal parametrlarini tanlash va texnologiyasini ishlab chiqish**” deb nomlangan uchinchi bobida mash’ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S larning ammoniy gidroksid va natriy gidroksid eritmalarini bilan xemosorbsiyalash jarayonining optimal parametrlarini tanlangan, mash’ala gazlar tarkibidagi nordon komponentlar miqdorini kamaytirish bilan natriy va ammoniyli o‘rta tuzlari eritmalarini hosil bo‘lish jarayoniga turli omillarning ta’siri o‘rganilgan, mash’ala gazlari tarkibidan CO₂ va H₂S ni ajratib olish texnologiyasi va uning moddiy balansi ishlab chiqilgan.

Mash’ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarni ajratib olish, xemosorbentlarning konsentratsiyasi va nisbati, jarayonning optimal parametrlarini aniqlash uchun tajriba qurilmasi ishlab chiqilgan (1-rasm). Ushbu tajriba qurilmasida ikki bosqichda mash’ala gazini xemosorbsiyalash belgilangan rejimlar asosida olib boriladi.



1-rasm. Mash’ala gazlari tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarni ajratib olish bilan sulfid va karbonat tuzli eritmalarini olish tajriba qurilmasi: 1- ammoniy gidroksidning suvli eritmasini saqlash sig‘imi. 3,21- nasoslar; 4,20- sarf hisoblagichlari; 2,5,9,11,12,15,16,17,19,23, 26- kranlar; 6,18- to‘siqlar; 7,24- absorberlar; 8,14,22- bosimni o‘lchovchi monometr; 10- mash’ala gazini saqlovchi maxsus idish; 13- haroratni o‘lchovchi termometr; 25- natriy gidroksid suvli eritmasini saqlash sig‘imi.

Tajriba qurilmasi yordamida mash'ala gazni tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarini maksimal yutish maqsadida va natijada ammoniy karbonat, ammoniy sulfid eritmasini olish tadqiqot ishlari olib borildi. Bunga ko'ra xromotografik tahlil natijalarga qaraganda, CO₂ miqdorini 69,61 % dan 31,6 % gacha, H₂Sning miqdorini esa 24,24 % dan 21,36 % gacha NH₄OH ning 20-25 % li eritmasi yordamida tozalashga erishildi (2-jadval).

2-jadval

Mash'ala gazlarining ammoniy gidroksid bilan tozalashda olingan gaz tarkibi

№	Komponentlar	Mash'ala gazi		NH ₄ OH eritmasi bilan tozalagan gaz	
		% mol	% mass.	% mol	% mass.
1	Metan	5,73	2,30	43,83	23,95
2	Etan	0,19	0,14	1,45	1,48
3	Propan	0,10	0,11	0,76	1,14
4	i-Butan	0,01	0,015	0,08	0,16
5	n-Butan	0,01	0,015	0,08	0,16
6	CO ₂	69,61	76,7	31,6	47,48
7	H ₂ S	24,24	20,64	21,36	24,8
8	Azot	0,11	0,08	0,84	0,83
Molekulyar massasi, kg/kmol		39,95		29,27	
Zichligi, kg/m ³		1,783		1,307	

Mash'ala gazni tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarining NH₄OH ning 20-25 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga yutilish darajasining maksimal qiymatiga erishildi.

Ammoniy karbonat, ammoniy sulfid eritmasining ((NH₄)₂CO₃ va (NH₄)₂S) har bir namunasini olishda absorberdagi bosim va haroratlarning ko'rsatkichi GGQIZda chiqadigan mash'ala gaziga bog'liqligiga tayangan holda tadqiqot ishlari olib borildi.

3-jadval

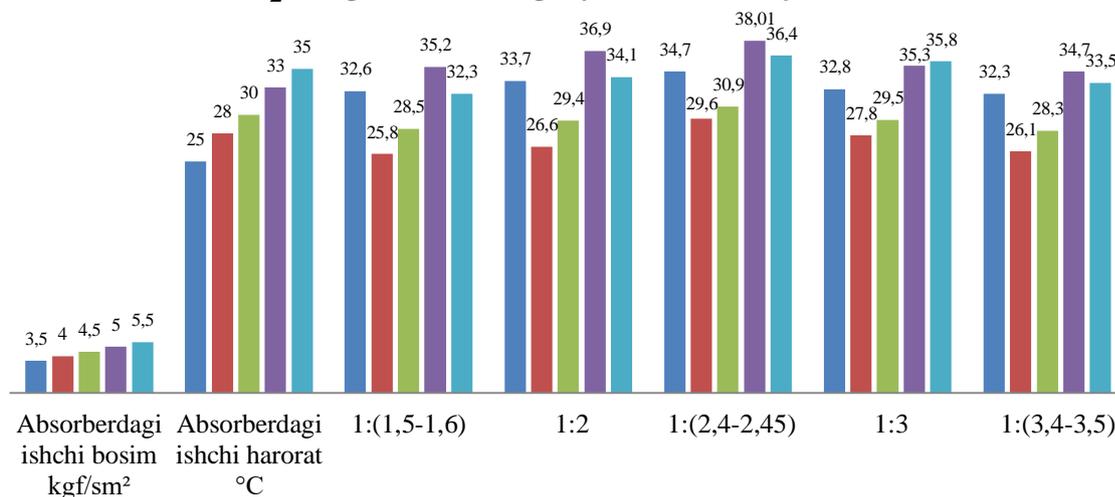
Mash'ala gazni tarkibidagi CO₂ning ammoniy gidroksidga yutilish darajasi

Absorberdagi ishchi bosim kgf/sm ²	Absorberdagi ishchi harorat °C	CO ₂ ning absorbentga yutilish darajasi, %				
		(NH ₄) ₂ CO ₃ -1 (CO ₂ :NH ₄ OH) 1:1,5-1,6	(NH ₄) ₂ CO ₃ -2 (CO ₂ :NH ₄ OH) 1:2	(NH ₄) ₂ CO ₃ -3 (CO ₂ :NH ₄ OH) 1:2,4-2,45	(NH ₄) ₂ CO ₃ -4 (CO ₂ :NH ₄ OH) 1:3	(NH ₄) ₂ CO ₃ -5 (CO ₂ :NH ₄ OH) 1:3,4-3,5
4,5	25	32,6	33,7	34,7	32,8	32,3
5	28	25,8	26,6	29,6	27,8	26,1
5,5	32	28,5	29,4	30,9	29,5	28,3
6	37	35,2	36,9	38,01	35,3	34,7
6,5	39	32,3	34,1	36,4	35,8	33,5

3-jadval va 2-rasmdagi (NH₄)₂CO₃ - 3 (CO₂:NH₄OH) 1:(2,4-2,45) molyar

nisbatidagi namunasini 6 kgf/sm² bosimi va 37°C haroratda xemosorbsiyalash natijasida mash'ala gazii tarkibidagi CO₂ absorbentga yutilish darajasining maksimal qiymati CO₂ ning 38,01 % tashkil etdi. Mash'ala gazii tarkibidagi CO₂ ning 69,61 % dan 38,01 % miqdorini NH₄OH ning 2,4-2,45 molyar nisbatida bo'lgan eritmasi 6 kgf/sm² bosimi va 37 °C haroratda xemosorbsiyalash natijasida yutib olganini ko'rishimiz mumkin.

CO₂ ning absorbentga yutilish darajasi, %



2-rasm. Mash'ala gazii tarkibidagi CO₂ning ammoniy gidroksidga yutilish gistogramma ko'rsatkichlari

4- jadval va 3-rasmdagi (NH₄)₂CO₃ va (NH₄)₂S-3(H₂S:NH₄OH)1:2,4-2,45 molyar nisbatdagi namunasini 6 kgf/sm² bosimi va 37 °C haroratda xemosorbsiyalash natijasida mash'ala gazii tarkibidagi H₂S absorbentga yutilish darajasining maksimal qiymati H₂S 2,88 % ni tashkil etdi.

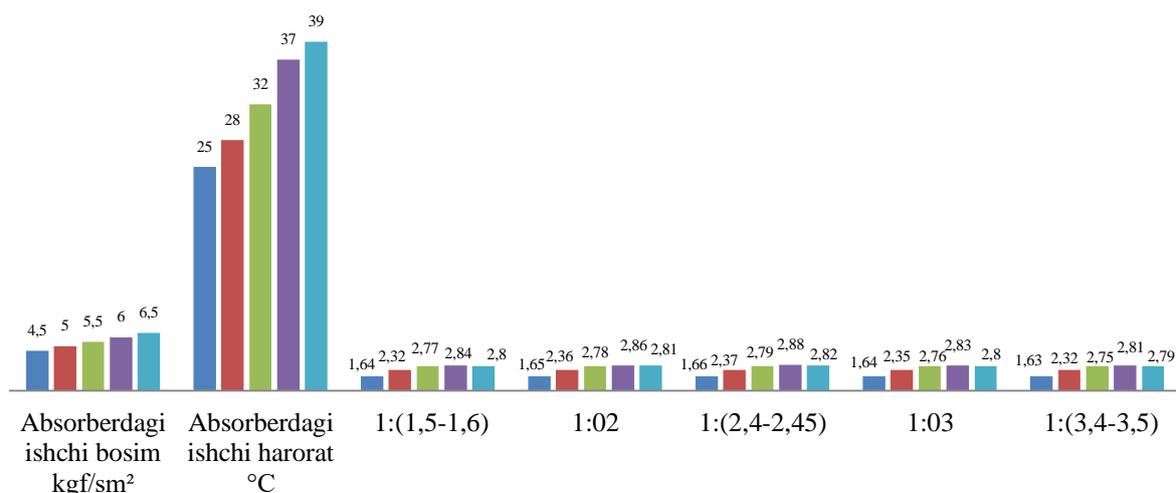
4-jadval

Mash'ala gazii tarkibidagi H₂Sning ammoniy gidroksidga yutilish darajasi

Absorberdagi ishchi bosim (kgf/sm ²)	Absorberdagi ishchi harorat (°C)	H ₂ S ning absorbentga yutilish darajasi, %				
		(NH ₄) ₂ S-1 (H ₂ S:NH ₄ OH) 1:1,5-1,6	(NH ₄) ₂ S-2 (H ₂ S:NH ₄ OH) 1:2	(NH ₄) ₂ S-3 (H ₂ S:NH ₄ OH) 1:2,4-2,45	(NH ₄) ₂ S-4 (H ₂ S:NH ₄ OH) 1:3	(NH ₄) ₂ S-5 (H ₂ S:NH ₄ OH) 1:3,4-3,5
4,5	25	1,64	1,65	1,66	1,64	1,63
5	28	2,32	2,36	2,37	2,35	2,32
5,5	32	2,77	2,78	2,79	2,76	2,75
6	37	2,84	2,86	2,88	2,83	2,81
6,5	39	2,8	2,81	2,82	2,8	2,79

Mash'ala gazii tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarining absorbentga yutilish ko'rsatkichlarga asosan quyidagicha xulosa qilish mumkin, mash'ala gazii tarkibidagi CO₂ va H₂S va NH₃ ning 20-25 % (mass.)

H₂S ning absorbentga yutilish darajasi, %



3-rasm. Mash'ala gazi tarkibidagi H₂Sning ammoniy gidroksidga yutilish gistogramma ko'rsatkichlari

konsentratsiyali suvli eritmasining molyar nisbati (CO₂ va H₂S:NH₃H₂O=1:2,4-2,45) bo'lganda, hamda 6 kgf/sm² bosim ostida absorberda xemosorbsiyalanish jarayonini olib borilganda (NH₄)₂CO₂ va (NH₄)₂S - 3 namunasini olishda mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂Sning absorbentga yutilish darajasi CO₂ 38,01 % H₂S 2,88 % ni tashkil etib, eng yuqori ko'rsatkichni berdi.

Tajriba qurilmasi yordamida mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlarini maksimal yutish maqsadida va natijada natriy karbonat, natriy sulfid eritmasini olish tadqiqot ishlari olib borildi. Bunga ko'ra xromotografik tahlillardagi dastlabki tozalangan mash'ala gazi tarkibida CO₂ miqdorini 31,6 % dan 0,59 % gacha, H₂S esa to'liq yutilishi NaOH ning 10-12 % li eritmasi yordamida erishildi (5-jadval).

5-jadval

Dastlabki tozalangan gazni natriy gidroksid bilan tozalashdan oldingi va tozalashdan keyingi tarkibi

№	Komponentlar	Dastlabki tozalangan gaz		NaOH eritmasi bilan tozalagan gaz	
		% mol	% mass.	% mol	% mass.
1	Metan	43,83	23,95	92,63	85,18
2	Etan	1,45	1,48	3,07	5,3
3	Propan	0,76	1,14	1,61	4,07
4	i-Butan	0,08	0,16	0,16	0,55
5	n-Butan	0,08	0,16	0,16	0,55
6	CO ₂	31,6	47,48	0,59	1,49
7	H ₂ S	21,36	24,8	0	0
8	Azot	0,84	0,83	1,78	2,86
Molekulyar massasi, kg/kmol		29,27		17,4	
Zichligi, kg/m ³		1,307		0,776	

Mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂Sning NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasiga yutilish darajasining maksimal qiymatini aniqlash uchun tanlangan absorbentning miqdoriga, absorberdagi ishchi bosim va harorat darajasiga bog'liqligi bo'yicha tadqiqot ishlari olib borildi.

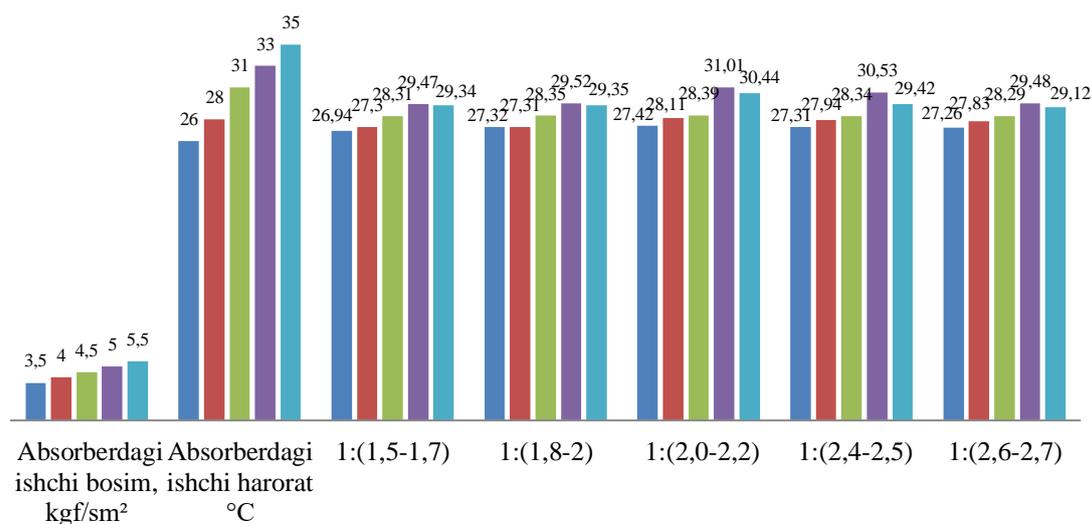
Mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂S komponentlari NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasining (x:z=1:2,0-2,2) molyar nisbatida Na₂CO₂ va Na₂S - 3 namunasini 5 kgf/sm² bosimi va 33 °C haroratda xemosorbsiyalash natijasida dastlabki tozalangan mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ va H₂Sning absorbentga yutilish darajasining maksimal qiymati CO₂ ning 31,6 % dan 0,59 % gacha va H₂S ning to'liq yutilish darajasini tashkil etganligini ko'rish mumkin.

6-jadval

Mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ning natriy gidroksidga yutilish darajasi

Absorberdagi ishchi bosim, kgf/sm ²	Absorberdagi ishchi harorat °C	CO ₂ ning absorbentga yutilish darajasi, %				
		Na ₂ CO ₃ - 1 (CO ₂ :NaOH) 1:1,5-1,7	Na ₂ CO ₃ - 2 (CO ₂ :NaOH) 1:1,8-2	Na ₂ CO ₃ - 3 (CO ₂ :NaOH) 1:2,0-2,2	Na ₂ CO ₃ - 4 (CO ₂ :NaOH) 1:2,4-2,5	Na ₂ CO ₃ - 5 (CO ₂ :NaOH) 1:2,6-2,7
3,5	26	26,94	27,32	27,42	27,31	27,26
4	28	27,30	27,31	28,11	27,94	27,83
4,5	31	28,31	28,35	28,39	28,34	28,29
5	33	29,47	29,52	31,01	30,53	29,48
5,5	35	29,34	29,35	30,44	29,42	29,12

CO₂ ning absorbentga yutilish darajasi, %



4-rasm. Mash'ala gazi tarkibidagi CO₂ning natriy gidroksidga yutilish gistogramma ko'rsatkichlari

Mash'ala gazii tarkibidagi CO₂ va H₂S ning absorbentga yutilish darajasi absorberdagi ishchi bosim, harorat va natriy karbonat, natriy sulfid eritmasi namunalaridagi absorbentning miqdoriga bog'liqligi grafigi 4 va 5-rasmlar, 6 va 7-jadvallarda keltirilgan.

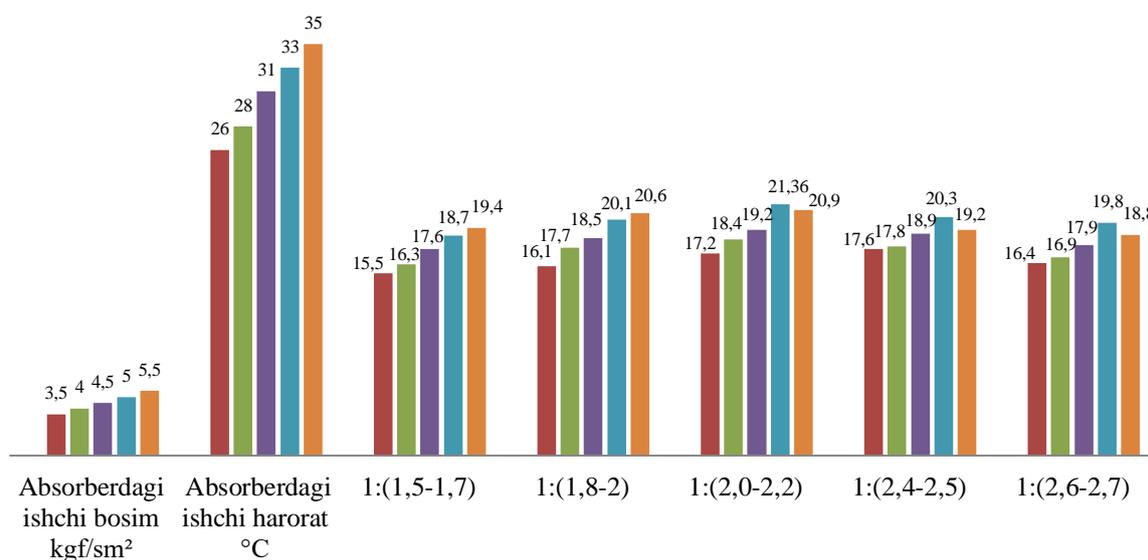
7-jadval

Mash'ala gazii tarkibidagi H₂Sning natriy gidroksidga yutilish darajasi

Absorberdagi ishchi bosim kgf/sm ²	Absorberdagi ishchi harorat °C	H ₂ S ning absorbentga yutilish darajasi, %				
		Na ₂ S - 1 (H ₂ S:NaOH) 1:1,5-1,7	Na ₂ S - 2 (H ₂ S:NaOH) 1:1,8-2	Na ₂ S - 3 (H ₂ S:NaOH) 1:2,0-2,2	Na ₂ S - 4 (H ₂ S:NaOH) 1:2,4-2,5	Na ₂ S - 5 (H ₂ S:NaOH) 1:2,6-2,7
3,5	26	15,5	16,1	17,2	17,6	16,4
4	28	16,3	17,7	18,4	17,8	16,9
4,5	31	17,6	18,5	19,2	18,9	17,9
5	33	18,7	20,1	21,36	20,3	19,8
5,5	35	19,4	20,6	20,9	19,2	18,8

6-jadval va 4-rasmdagi Na₂CO₃ - 3 namunasini 5 kgf/sm² bosimi va 33°C haroratda xemosorbsiyalash natijasida dastlabki tozalangan mash'ala gazii tarkibidagi CO₂ absorbentga yutilish darajasining maksimal qiymati CO₂ 31,01 % ni tashkil etdi. Olingan natijalar grafik ko'rinishida 5-rasmda keltirildi.

H₂S ning absorbentga yutilish darajasi, %

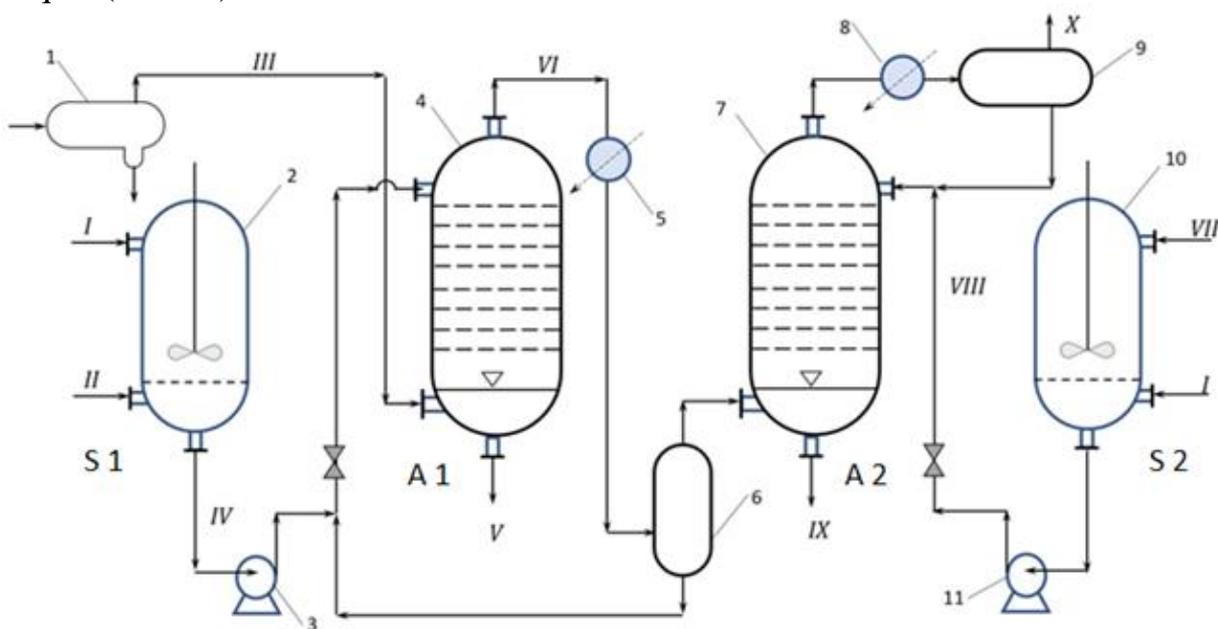


5-rasm. Mash'ala gazii tarkibidagi H₂Sning natriy gidroksidga yutilish gistogramma ko'rsatkichlari

Ushbu 7-jadval va 5-rasmdagi Na₂S - 3 namunasini 5 kgf/sm² bosimi va 33 °C haroratda xemosorbsiyalash natijasida dastlabki tozalangan mash'ala gazii tarkibidagi H₂Sni absorbentga to'liq yutilishiga erishildi.

Mash'ala gazlari tarkibidagi CO_2 va H_2S ning absorbentga yutilish darajasi ko'rsatkichlarga asosan quyidagicha xulosa qilish mumkin, mash'ala gazlari tarkibidagi CO_2 va H_2S komponentlari NaOH ning 10-12 % (mass.) konsentratsiyali suvli eritmasi (Na_2CO_3 va $\text{Na}_2\text{S}:\text{NaOH}$ (suvli eritma)=1:2,0-2,2) molyar nisbatda bo'lganda, hamda $5 \text{ kgf}/\text{sm}^2$ bosim ostida, 33°C haroratda absorberda xemosorbsiyalanish jarayonini olib borilganda Na_2CO_3 va Na_2S - 3 namunasini olishda mash'ala gazlari tarkibidagi CO_2 va H_2S ning absorbentga yutilish darajasi CO_2 31,01 % ni H_2S esa to'liq yutilganligini ko'rishimiz mumkin.

O'tkazilgan tadqiqot natijalari va aniqlangan ko'rsatkichlarga tayongan holda mash'ala gazlari tarkibidan CO_2 va H_2S ni ajratib olish texnologiyasi ishlab chiqildi (6-rasm).

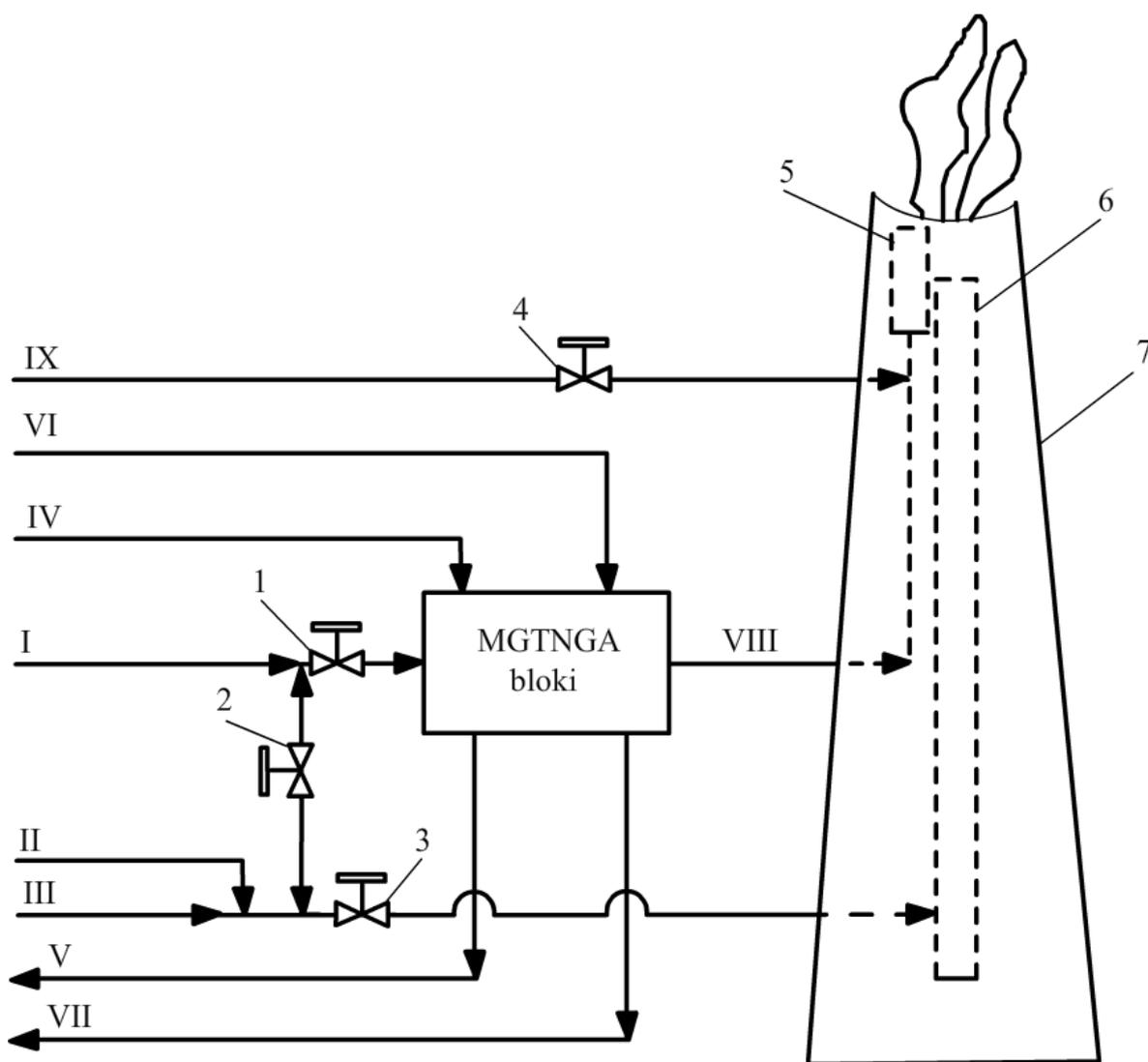


6-rasm. Mash'ala gazlari tarkibidan CO_2 va H_2S ni ajratib olish texnologiyasi: 1, 6 va 9-separatorlar; 2- NH_4OH ning 20-25 %li eritmasini tayyorlash va saqlash sig'imi; 3 va 11 nasoslar; 4 va 7-absorberlar; 5 va 8-suvli sovutgichlar; 10- NaOH ning 10-12 %li eritmasini tayyorlash va saqlash sig'imi.

Oqimlar: I-suv; II-ammiak; III-mash'ala gazlari; IV- NH_4OH ning 20-25 %li eritmasi; V-ammoniy karbonat va ammoniy sulfid eritmalari; VI-dastlabki tozalangan gaz; VII-natriy gidroksid; VIII- NaOH ning 10-12 %li eritmasi; IX-natriy karbonat va natriy sulfid eritmalari; X-tozalangan gaz.

Ushbu taklif etilayotgan texnologiya Gazni qayta ishlash zavodida ajraladigan mash'ala gaz sarfiga qarab va uning tarkibidagi CO_2 va H_2S komponentlari miqdoriga qarab loyihalash tavsiya etiladi.

Dissertatsiyaning "**Mash'ala gazlari tarkibidan CO_2 va H_2S ni ajratib olish texnologiyasining qo'llanilishi va kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik**" deb nomlangan to'rtinchi bobida GGQIZ ob'ekti misolida ishlab chiqilgan mash'ala gazlari tarkibidan ikki bosqichda CO_2 va H_2S ni ajratib olish texnologiyasining zavodni mash'ala tizimiga o'rnatish sxemasi ishlab chiqildi (7-rasm).



7-rasm. Mash'ala gazidan CO₂ va H₂S ni ajratish olish qurilmasini mash'al tizimiga o'rnatish sxemasi: 1-4 – boshqarish klapanlari; 5 – novbatchi gorelka; 6 – gorelka; 7 – mash'ala kallagi.

Oqimlar: I – 4-nitka mash'ala gazi; II – 5-nitka mash'ala gazi; III – 6-nitka mash'ala gazi; IV – 20-25 % li ammoniy gidroksid eritmasi; V – ammoniyli tuzlar eritmasi; VI – 10-12 % li natriy gidroksid eritmasi; VII – natriyli tuzlar eritmasi; VIII – tozalangan gaz; IX – yoqilg'i gazi.

GGQIZ 4-nitkasidan chiqadigan gazning mash'alada yonishida atmosferaga tarqaladigan zaharli gazlarning yillik miqdori aniqlandi. Hisoblashlarga ko'ra GGQIZ 4-nitkasidan chiqadigan mash'ala gazi utilizatsiya qilinmaganda yiliga 35,88 mln. m³ zaharli gazlar atmosfera havosiga tarqalishi aniqlandi.

Mash'ala gazlari tarkibidan CO₂ va H₂S ni ajratib olishda hosil bo'ladigan mahsulotlarning miqdori va tarkibi tekshirilganda GGQIZ 4-nitkasidan tarkibida 93,85 % mol. nordon komponentlar saqlagan 30 mln. m³ mash'ala gazi (1-jadvalga qarang) ishqoriy absorbentlar ishtirokida ajratib olinganda, tozalangan gaz tarkibi Kristallyuks seriyali gaz xromatografi yordamida uning komponentlar tarkibi va yonish issiqliklari aniqladi (8-jadval).

8-jadval

Gazli gazni qayta ishlash zavodi 4-nitkasi tozalangan mash'ala gazlarning komponentli tarkibi va yonish issiqligi

№	Komponentlar	Miqdori, mol %	Yuqori yonish issiqligi, J/mol	Quyi yonish issiqligi, J/mol
1	Metan	92,63	825324	743837,4
2	Etan	3,07	47921,5	43871
3	Propan	1,61	35766	32934,16
4	i-Butan	0,16	4597,73	4245,95
5	n-Butan	0,16	4608,64	4256,86
6	CO ₂	0,59	0,00	0,00
7	Azot	1,78	0,00	0,00
Jami:		100	918217,87	829145,37

Tadqiqot natijalariga ko'ra yiliga 30 mln. m³ mash'ala gazining tarkibidan CO₂ va H₂S lar ajratib olinganda yiliga 10970,1 m³ toza gaz olish mumkinligi aniqlandi. 7-jadvalga asosan tozalangan gazning yuqori molyar yonish issiqligi 918217,87 J/molni va quyi molyar yonish issiqligi 829145,37 j/molni tashkil qilmoqda, bu esa undan issiqlik energiyasi manbai sifatida foydalanish mumkinligini anglatadi.

Ammoniyli tuzlar eritmasi titrametrik analiz usulidan foydalanib sifat analizi o'tkazilganda uning asosiy tarkibi suv va suvda erigan, reaksiyaga kirishmay qolgan ammoniy gidroksid, shuningdek mash'ala gazi tarkibidagi nordon gazlar bilan ishqorning reaksiyasida hosil bo'lgan tuzlar (ammoniy karbonat va ammoniy sulfid) ning aralashmasidan tarkib topganligi aniqlandi (9-jadval).

9-jadval

Ammoniyli tuzlar eritmasining titrametrik usulda aniqlangan tarkibi

Ko'rsatkichlar	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	S ²⁻	Σ
mg-ekv/l	5967,2	27,7	4,6	3958,3	293,7	10251,5
mg/l	107410,1	555,1	55,9	118750,2	4700,3	231471,6
mg-ekv/l, %	58,2	0,27	0,05	38,61	2,87	100

Natriyli tuzlar eritmasi titrametrik analiz usulidan foydalanib sifat analizi o'tkazilganda uning asosiy tarkibi suv va suvda erigan, reaksiyaga kirishmay qolgan natriy gidroksid, shuningdek birlamchi tozalangan gaz tarkibidagi nordon gazlar bilan ishqorning reaksiyasida hosil bo'lgan tuzlar (natriy karbonat va natriy sulfid) ning aralash eritmasidan tarkib topganligi aniqlandi (10-jadval).

10-jadval

Natriyli tuzlar eritmasining titrametrik usulda aniqlangan tarkibi

Ko'rsatkichlar	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	S ²⁻	Σ
mg-ekv/l	2598,6	27,7	4,6	1301,8	871,8	4804,5
mg/l	59769,5	555,1	55,9	39056,6	13948,7	113385,8
mg-ekv/l, %	54,08	0,58	0,11	27,09	18,14	100

Mash'ala gazlari tarkibidan CO_2 va H_2S ni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqarishga joriy etishdagi iqtisodiy samaradorlik hisoblanganda mash'ala gazlari tarkibidan H_2S va CO_2 ni ajratish texnologiyani qurish va ishga tushirish uchun ketgan xarajatlar 4 yil 4 oyda qoplanishi va texnologiyaning mahsulot rentabelligi 25 % ni tashkil etishi aniqlandi.

XULOSA

1. Mahalliy gazni qayta ishlash zavodlari GGQIZning 4 va 5-nitkalaridan, Sho'rtan Ngning ASOU-1, ASOU-2 va SPS qurilmalaridan hamda MGQIZning 16 va 18-bloklaridan mash'ala tizimga tashlanadigan mash'ala gazlari tarkibi o'rganilganda eng ko'p CO_2 va H_2S saqlaganligi uchun obyekt sifatida GGQIZ 4-nitkasi mash'ala gazi tanlandi.

2. Gazli gazni qayta ishlash zavodi 4-nitkasidan chiqadigan mash'ala gazi utilizatsiya qilinmaganda yiliga 35,88 mln. m^3 zaharli gazlar atmosferaga chiqarib yoborilishi aniqlandi;

3. Mash'ala gazi CO_2 va H_2S komponentlarida xemosorbsion tozalash uchun NH_4OH ning 20-25% va NaOH ning 10-12% li eritmaları tanlandi va 1:2,4-2,45 NH_4OH va 1:2,0-2,2 NaOH molyar nisbatda olindi;

4. Tanlangan ishqor eritmaları yordamida tarkibida 93,85 % nordon gazlar saqlagan mash'ala gazi tozalanganda toza gaz tarkidida ularning ulishi 0,59 % gacha tushirishga erishildi;

5. Mash'ala gazini CO_2 va H_2S komponentlaridan ikki bosqichda ishqorli ajratish jarayonining maqbul sharoitlari tanlandi va tanlangan maqbul sharoitlar asosida jarayonning texnologiyasi ishlab chiqildi.

6. Ishlab chiqilgan texnologiya asosida yiliga 10970,1 m^3 toza gaz olish mumkinligi va uning yuqori molyar yonish issiqligi 918217,87 J/molni hamda quyi molyar yonish issiqligi 829145,37 J/molni tashkil qilishi olingan gaz xromotografik tahlil usullari yordamida isbotlandi;

7. Mash'ala gazlari tarkibidan H_2S va CO_2 ni ajratish texnologiyani qurish va ishga tushirish uchun ketgan xarajatlar 4 yil 4 oyda qoplanishi va texnologiyaning mahsulot rentabelligi 25 % ni tashkil etishi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 03/28.02.2022.Т.101.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ БУХАРСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

БОБОКУЛОВ ФАРХОД БАХТИЁР УГЛИ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ CO₂ И H₂S ИЗ
ФАКЕЛЬНЫХ ГАЗОВ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ**

02.00.08 – Химия и технология нефти и газа

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Бухара-2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и технологий Республики Узбекистан за номером В.2024.2.PhD/Т3810.

Диссертация выполнена в Бухарском инженерно-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Учёного совета (www.bmti.uz) и информационно-образовательном портале Ziyonet (www.ziyonet.uz)

Научный руководитель:	Фозилов Садриддин Файзуллаевич доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Дустов Хамро Бозорович доктор химических наук, профессор Сайдахмедов Шамсиддинхужа Мухтарович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Каракалпакский государственный Университет имени Бердака

Защита диссертации состоится «01» августа 2024 г. в «9⁰⁰» часов на заседании Учёного совета DSc.03/28.02.2022.Т.101.01 при Бухарском инженерно-технологическом институте по адресу: 200117, г. Бухара, ул. К.Муртазоева, 15. Тел.: (99865) 223-78-84; факс: (99865) 223-78-84; e-mail: bmti_info@edu.uz

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Бухарского инженерно-технологического института за № 472, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (200117, г. Бухара, ул. К.Муртазоева, 15. Тел.: (99865) 223-78-84).

Автореферат диссертации разослан «17» июля 2024 года.
(реестр протокола рассылки № 10 от «10» мая 2024 года).



И.Б. Исабаев
Исполняющий обязанности председателя ученого
совета по присуждению ученых степеней
д.т.н., профессор

Р.Р. Хайитов
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., старший научный сотрудник

Х.Б. Дустов
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней
д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всём мире наблюдается рост спроса на целевое применение факельных газов и их своздействия факельных газов химической и газохимической промышленности, растёт спрос на производство целевой продукции путем очистки факельных газов сначала от определенных загрязнителей, а затем с использованием инновационных технологий и повторного использования в технологических процессах. При этом одной из актуальных задач современных газоперерабатывающих предприятий является подбор реагентов для очистки факельных газов, содержащих CO_2 и H_2S , при этом большое значение имеет изучение научных основ и разработка новых технологий хемосорбционных процессов поглощения основной части кислых компонентов газа.

В мире проводятся научные исследования по созданию эффективных энергосберегающих технологий получения химических реагентов и абсорбентов для очистки факельных газов от кислых компонентов, не влияющих на окружающую среду. В связи с этим, в целях снижения вредного количества компонентов CO_2 и H_2S в факельных газах газоперерабатывающая промышленность проявляет особый интерес к подбору абсорбентов, изучения их сорбционных и кинетических параметров, разработке и апробации технологий очистки различных отходящих газов и ускорения их разложения.

В Республике достигаются определенные научные и практические результаты по модернизации газоперерабатывающей промышленности, созданию новых абсорбентов, разработке технологий производства импортозамещающей продукции на их основе, в частности, разработке конкурентоспособной продукции и использованию в процессе очистки факельных газов, содержащих CO_2 и H_2S . В Стратегии развития Нового Узбекистана определены важные задачи «дальнейшего развития потенциала локальных отраслей, внедрения стандартов, отвечающих рыночным и международным требованиям с полным использованием имеющихся возможностей»¹. В связи с этим актуален поиск возможностей получения растворов карбоната аммония, аммония и сульфида натрия, карбоната натрия, сульфида натрия в результате поглощения абсорбентами CO_2 и H_2S , содержащихся в факельном газе.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, определенных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Указах Президента Республики Узбекистан № УП-5863 от 30 октября 2019 года «Об утверждении концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года», №УП-4265 от 3 апреля 2019 года, PQ-, о мерах по

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28.01.2022 г. «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

дальнейшему реформированию химической «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», №УП-3479 от 17 апреля 2018 года «О мерах по стабильному обеспечению отраслей экономики страны востребованными видами продукции и сырья», а также других нормативно-правовых актах, связанных с данной деятельностью.

Связь исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данная исследовательская работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республике VII. «Химические технологии и нанотехнологии» и IV. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Степень изученности проблемы. Исследования в области повышения экологических требований в нефтегазодобывающей и нефтегазоперерабатывающей промышленности, поглощении кислых компонентов в газе проводились многими зарубежными учеными, в том числе Salu S. A., Soliman M., Ansari N. A. Ghadyanlou F., Vatani A. Rahimpour M. R. Saidi M., Siavashi F., Тараканов Г. В., Савенкова И. В., а также учёными нашей республики как А.Р. Рамазонова, Г.Р. Нарметова, Р.А. Кулматов, Б.Н. Хамидов, А. Икромов, Ш.Х. Умедов, С.Н. Уринов, Ж.Ф. Нуритдинов, Б.Ш. Акрамов и др.

Этими учеными рекомендовано рациональное использование сбрасываемых в факел газов, применение на практике таких процессов, как рекуперация факельных газов новым способом и снижение в них количества экологически вредных веществ, наряду с очисткой факельного газа, содержащего CO_2 и H_2S , с помощью абсорбентов, расширение областей применения гидроксида натрия и гидроксида аммония и совершенствование технологий.

Однако, несмотря на проведенные работы, остаётся актуальным проведение исследований по определению состава факельных газов, выделяющихся в газодобывающей и газоперерабатывающей промышленности, подбору эффективных химических реагентов, поглощающих кислые компоненты, технологическая разработка механизмов процессов взаимодействия CO_2 и H_2S с выбранными абсорбентами.

Связь исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках фундаментального проекта № 18-18/2021 «Налаживание технологии разработки одоранта, добавляемого в природный газ» плана научно-исследовательских работ Бухарского инженерно-технологического института.

Цель исследования заключается в снижении вредного количества CO_2 и H_2S , содержащихся в факельных газах газоперерабатывающей промышленности, а также создании технологии производства местной импортозамещающей продукции.

Задачи исследования:

изучение компонентного состава факельных газов, образующихся в газоперерабатывающей промышленности;

разработка экспериментальной установки для снижения вредного количества CO_2 и H_2S в факельных газах за счет получения растворов карбоната натрия, сульфида натрия, карбоната аммония и сульфида аммония;

изучение механизма хемосорбционной абсорбции CO_2 и H_2S с использованием абсорбентов и определение оптимальных параметров процесса;

изучение физико-химических свойства очищенного газа и определение области его применения;

разработка технологии извлечения компонентов CO_2 и H_2S факельного газа с использованием растворов гидроксида аммония и гидроксида натрия.

В качестве **объекта исследования** были выбраны факельный газ из 4-й нитки ГППЗ, а также водные растворы NH_4OH концентрацией 20-25% (масс.) и NaOH концентрацией 10-12% (масс.).

Предметом исследования является определение энергий Гиббса реакции CO_2 и H_2S в факельном газе со щелочами, кинетики процесса разделения, физико-химических свойств веществ, а также технических условий технологии очистки факельных газов.

Методы исследования. В диссертации использованы методы компонентного анализа, хроматографии, газовой хроматографии и другие стандартные классические (физико-химические, химические) методы анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

доказано, что при увеличении количества щелочи на 0,2-0,45 мольного соотношения по сравнению с кислыми газами при очистке факельных газов возможно получение средних солей щелочей;

достигнуто снижение содержания CO_2 на 31,6 % и H_2S на 21,36 % при смешивании факельного газа, содержащего 69,61% CO_2 и 24,24% H_2S с водным раствором NH_4OH концентрацией 20-25% (масс.) в мольном соотношении 1:2,4-2,45.

определено, что при смешивании первично очищенного газа, содержащего 31,6% CO_2 и 21,36% H_2S , с водным раствором NaOH концентрацией 10-12% (масс.) в мольном соотношении 1:2,0-2,2 достигнуто снижение общего количества CO_2 до 0,59% и полное поглощение H_2S ;

установлено, что высокая эффективность может быть достигнута при разделении компонентов CO_2 и H_2S в факельном газе при давлении 6 атм и температуре 37 °С для гидроксида аммония и давлении 5 атм и температуре 33 °С для гидроксида натрия;

на основе определенных оптимальных условий разработана двухступенчатая технология очистки факельных газов.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Разработана технология извлечения компонентов CO_2 и H_2S из факельного газа газоперерабатывающего завода;

В результате абсорбирования основной части CO_2 и H_2S , содержащихся в факельном газе газоперерабатывающего завода, водным раствором NH_4OH с концентрацией 20-25% (масс.), а оставшейся, не абсорбированной части CO_2 и H_2S раствором NaOH с концентрацией 10-12% (масс.) получены водные растворы карбоната аммония, сульфида аммония и карбоната натрия, а также растворы сульфида натрия;

Обоснована возможность получения дополнительного чистого горючего газа при внедрении технологии разделения CO_2 и H_2S , содержащихся в факельных газах на установке факельной системы Газлинского газоперерабатывающего завода.

Достоверность результатов исследований поясняется тем, что на основе показаний, полученных с помощью газового хроматографа серии «Кристаллюкс» и других стандартно-классических методов, достигнуто снижение содержания CO_2 в факельных газах Газлинского газоперерабатывающего завода, 69,61% до общего содержания 0,59%, а также полное удаление H_2S составляющего в факельных газах 24,24%, что подтверждено производственно-экспериментальными испытаниями в лабораториях предприятия.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований объясняется извлечением CO_2 и H_2S в факельном газе, улучшением экологических свойств, а также их хемосорбцией в водном растворе NH_4OH с концентрацией 20-25% (масс.) и NaOH с концентрацией 10-12% (масс.).

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что разработана технология разделения CO_2 и H_2S , содержащихся в факельном газе газоперерабатывающего завода, при реагировании CO_2 и H_2S со щелочами получают их средние соли, что позволяет экономить количество импортируемых ресурсов и локализовать производство.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов при разработке технологии извлечения CO_2 и H_2S из факельных газов газоперерабатывающих заводов:

Технология извлечения CO_2 и H_2S , содержащихся в выделяющихся при газопереработке факельных газах, хемосорбцией с использованием водного раствора NH_4OH с концентрацией 20-25% (масс.) и водного раствора NaOH с концентрацией 10-12% (масс.) прошла контрольное экспериментирование на Газлинском газоперерабатывающем заводе при Газлинском Управлении добычи нефти и газа (справка Газлинского Управления добычи нефти и газа АО «Узбекнефтегаз» № 01/1-24-1570 от 13 июля 2023 года). В результате за счет хемосорбции кислых компонентов в факельном газе удалось локализовать импортный продукт, используемый в промышленности;

Технология извлечения CO_2 и H_2S , содержащихся в выделяющихся при газопереработке факельных газах, хемосорбентами водного раствора NH_4OH с концентрацией 20-25% (масс.) и водного раствора NaOH с концентрацией 10-12% (масс.) прошла контрольное экспериментирование на Газлинском газоперерабатывающем заводе при Газлинском Управлении добычи нефти и

газа (справка Газлинского Управления добычи нефти и газа АО «Узбекнефтегаз» № 01/1-24-1570 от 13 июля 2023 года). В результате, за счёт хемосорбционного поглощения CO_2 и H_2S , содержащиеся в факельном газе, достигнуто снижение общего количества CO_2 до 0,59% и полное поглощение H_2S , что предотвращает распространение экологически вредных газов.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены в виде докладов на 4 международных и 3 национальных научно-практических конференциях, а также получен сертификат Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на 1 программное обеспечение (DGU 24348).

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 1 монография, 4 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 1 в зарубежном и 3 в республиканских журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации кратко описана постановка задачи, обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, описаны цели и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки технологий республики, обоснованы научная новизна, достоверность практических результатов исследования, раскрыты научная и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов в производство, апробации полученных результатов, структуре и объёме диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Происхождение выбрасываемых в атмосферу газообразных отходов, проблемы утилизации и современное состояние технологии переработки факельных газов»** приведен аналитический обзор происхождения, состава выбрасываемых в атмосферу газообразных отходов, их утилизации, а также статистика количества факельных газов в мире. Рассмотрены используемые в производстве традиционные, популярные факельные системы, ряд научных и практических решений их проблем. Изучено современное состояние утилизации и целевого использования факельных газов. Проанализирован ряд научных источников и патентов по процессам и закономерностям очистки газов, содержащих H_2S и CO_2 .

На основе выявленных проблем извлечения CO_2 и H_2S из состава факельных газов ГППЗ, использования полученных продуктов в различных отраслях промышленности были определены цели и задачи исследования.

Таблица 1

Компонентный состав факельных газов

Место получения пробы	Показатели		Компонентный состав, % моль												Молярн ый вес газа	Плотн ость газа, кг/м ³
	P, кгс/ см ²	T, °C	C ₁	C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅	C _{6+v}	∑ C _{5+v}	CO ₂	H ₂ S	N ₂		
ГГПЗ 4-нитка	7	39,0	5,73	0,19	0,10	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	69,61	24,24	0,11	39,95	1,783
ГГПЗ 5-нитка	5,1	34,0	3,21	0,11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,07	78,22	18,15	0,13	41,77	1,864
Шуртанск ий НГ (АСОУ-1)	6,5	41,0	3,92	0,11	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06	0,08	76,06	19,51	0,14	41,53	1,854
Шуртанск ий НГ (АСОУ-2)	4	39,0	2,30	0,13	0,02	0,03	0,08	0,07	0,07	0,18	0,32	78,39	18,24	0,17	40,81	1,821
Шуртанск ий НГ (СПС)	2,1	40,0	1,10	0,10	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	84,02	14,64	0,11	42,22	1,884
МГПЗ (16- блок)	3,7	40,0	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96	2,72	0,25	43,41	1,937
МГПЗ (18- блок)	2,5	42,0	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,8	3,13	0,21	43,42	1,938

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Состав факельных газов, используемые при извлечении реагенты и методы исследования извлекаемых продуктов**» выбран объект путем проверки состава факельных газов на местных газоперерабатывающих предприятиях (табл. 1). Приведены свойства реагентов, используемых в исследованиях, чистота и приготовление растворов, качественные и количественные методы определения состава продуктов, методы расчета концентраций факельных газов, выбрасываемых горением в окружающую среду, способы определения состава и свойств факельных газов методом «Газовой хроматографии». С местных газоперерабатывающих заводов были доставлены 7 типов проб выбрасываемых в факельную систему факельных газов с ниток 4 и 5 ГГПЗ, установок АСОУ-1, АСОУ-2 и СПС Шуртанского НГ и блоков 16 и 18 МГПЗ.

Компонентный состав доставленных проб факельных газов изучался совместно с сотрудниками отделов «Исследование месторождений нефти и газа» и «Исследование характеристик и состава газов, газоконденсатов, нефти и пластовых вод» АО «Neftgaztdaqiqot» (табл. 1). По результатам анализа в качестве объекта был выбран факельный газ 4-нитки ГГПЗ, поскольку он содержал наибольшее количество CO_2 и H_2S .

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Извлечение CO_2 и H_2S в факельных газах, выбор оптимальных параметров процесса и разработка технологии**» выбраны оптимальные параметры процесса хемосорбции CO_2 и H_2S в факельных газах гидроксидами аммония и натрия,

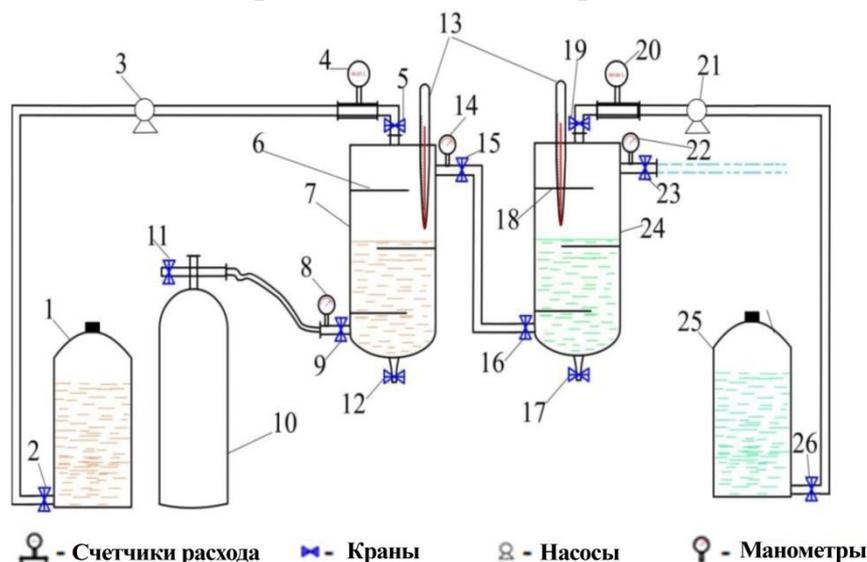


Рис. 1. Экспериментальная установка получения растворов сульфидных и карбонатных солей с извлечением компонентов CO_2 и H_2S из факельных газов: 1- ёмкость для хранения водного раствора гидроксида аммония; 3,21- насосы; 4,20- счетчики расхода; 2,5,9,11,12,15,16,17,19,23,26- краны; 6,18- перегородки; 7,24- абсорберы; 8,14,22- для измерения давления; 10- специальная ёмкость для хранения факельного газа; 13- термометр для измерения температуры; 25- ёмкость для хранения водного раствора гидроксида натрия.

изучено влияние различных факторов на процесс образования растворов средних натриевых и аммониевых солей за счет снижения количества кислых компонентов в составе факельных газов, разработана технологии извлечения CO_2 и H_2S из состава факельных газов и её материальный баланс.

Разработана экспериментальная установка для извлечения компонентов CO_2 и H_2S из факельного газа, определения концентрации и соотношения хемосорбентов, а также оптимальных параметров процесса (рис. 1). В данной экспериментальной установке хемосорбция факельного газа осуществляется в две стадии на основе установленных режимов.

С помощью экспериментальной установки были проведены исследовательские работы с целью максимального поглощения компонентов CO_2 и H_2S в факельном газе и, в результате, получения растворов карбоната аммония и сульфида аммония. По результатам хроматографического анализа, при использовании 20-25% раствора NH_4OH количество CO_2 снизилось с 69,61% до 31,6%, а количество H_2S – с 24,24% до 21,36% (табл. 2).

Таблица 2

Состав газа, полученного при очистке факельного газа гидроксидом аммония

№	Компоненты	Факельный газ		Газ, очищенный раствором NH_4OH	
		% моль	% масс.	% моль	% масс.
1	Метан	5,73	2,30	43,83	23,95
2	Этан	0,19	0,14	1,45	1,48
3	Пропан	0,10	0,11	0,76	1,14
4	i-бутан	0,01	0,015	0,08	0,16
5	n-бутан	0,01	0,015	0,08	0,16
6	CO_2	69,61	76,7	31,6	47,48
7	H_2S	24,24	20,64	21,36	24,8
8	Азот	0,11	0,08	0,84	0,83
Молекулярная масса, кг/кмоль		39,95		29,27	
Плотность, кг/м ³		1,783		1,307	

Достигнуто максимальное значение уровня поглощения компонентов CO_2 и H_2S в факельном газе в водном растворе NH_4OH с концентрацией 20-25% (масс).

При отборе каждой пробы карбоната аммония, раствора сульфида аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_2$ и $(\text{NH}_4)_2\text{S}$) проводились исследования, основанные на зависимости показателя давления и температуры в абсорбере от газа факела, выходящего из ГППЗ.

Таблица 3

Степень поглощения CO_2 факельного газа в гидроксиде аммония

Рабочее давление в абсорбере кгс/см^2	Рабочая температура в абсорбере, $^{\circ}\text{C}$	Степень поглощения абсорбентом CO_2 , %				
		$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -1 $(\text{CO}_2:\text{NH}_4\text{OH})$ 1:1,5-1,6	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -2 $(\text{CO}_2:\text{NH}_4\text{OH})$ 1:2	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -3 $(\text{CO}_2:\text{NH}_4\text{OH})$ 1:2,4-2,45	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -4 $(\text{CO}_2:\text{NH}_4\text{OH})$ 1:3	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ -5 $(\text{CO}_2:\text{NH}_4\text{OH})$ 1:3,4-3,5
4,5	25	32,6	33,7	34,7	32,8	32,3
5	28	25,8	26,6	29,6	27,8	26,1
5,5	32	28,5	29,4	30,9	29,5	28,3
6	37	35,2	36,9	38,01	35,3	34,7
6,5	39	32,3	34,1	36,4	35,8	33,5

В результате хемосорбции приведенного в табл. 3 и рис. 2 образца с мольным соотношением $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ - 3 $(\text{CO}_2:\text{NH}_4\text{OH})$ 1:(2,4-2,45) при давлении 6 кгс/см^2 и температуре 37°C максимальное значение поглощенного абсорбентом CO_2 в факельном газе составило 38,01% от CO_2 . Можем увидеть, что достигнуто поглощение CO_2 с 69,61% до 38,01% в факельном газе раствором NH_4OH с мольным соотношением 2,4-2,45 при давлении 6 кгс/см^2 и температуре 37°C .

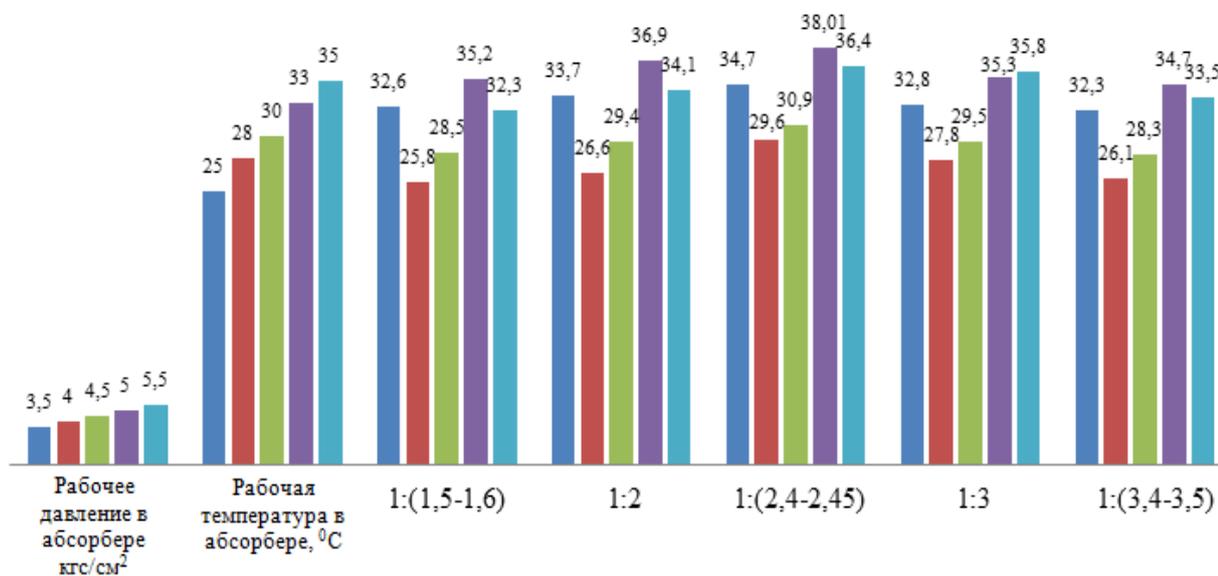
Степень поглощения абсорбентом CO_2 , %

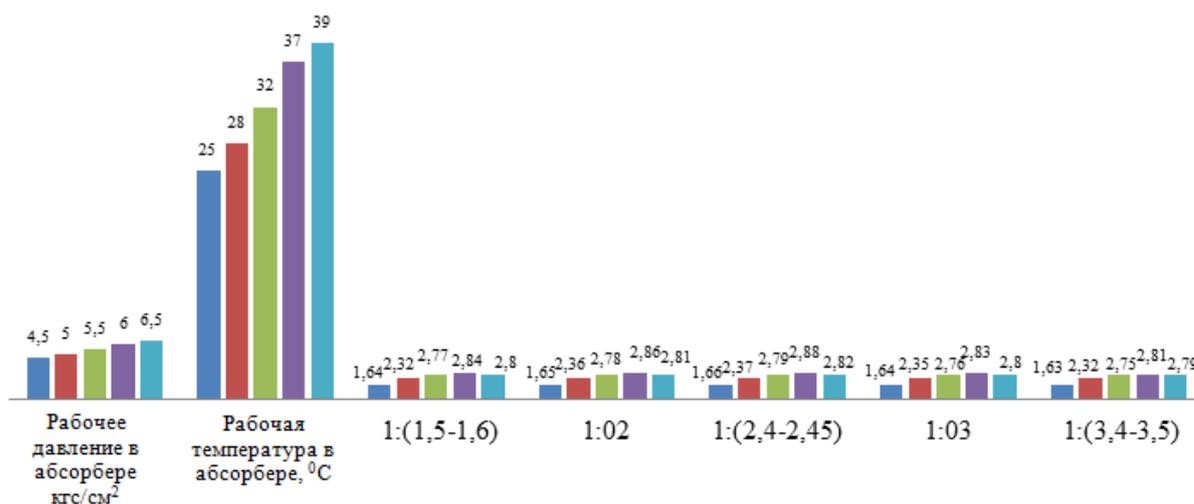
Рис. 2. Показатели гистограммы поглощения CO_2 в факельном газе гидроксидом аммония

В результате хемосорбции приведенного в табл. 3 и рис. 2 образца с мольным соотношением $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ - 3 $(\text{CO}_2:\text{NH}_4\text{OH})$ 1:(2,4-2,45) при давлении 6 кгс/см^2 и температуре 37°C максимальное значение поглощенного абсорбентом H_2S в факельном газе составило 2,88 % от H_2S .

Таблица 4

Степень поглощения H_2S факельного газа в гидроксиде аммония

Рабочее давление в абсорбере кгс/см ²	Рабочая температура в абсорбере, °С	Степень поглощения абсорбентом H_2S , %				
		(NH_4) ₂ S-1 ($H_2S:NH_4OH$) 1:1,5-1,6	(NH_4) ₂ S-2 ($H_2S:NH_4OH$) 1:2	(NH_4) ₂ S-3 ($H_2S:NH_4OH$) 1:2,4-2,45	(NH_4) ₂ S-4 ($H_2S:NH_4OH$) 1:3	(NH_4) ₂ S-5 ($H_2S:NH_4OH$) 1:3,4-3,5
4,5	25	1,64	1,65	1,66	1,64	1,63
5	28	2,32	2,36	2,37	2,35	2,32
5,5	32	2,77	2,78	2,79	2,76	2,75
6	37	2,84	2,86	2,88	2,83	2,81
6,5	39	2,8	2,81	2,82	2,8	2,79

Степень поглощения абсорбентом H_2S , %Рис. 3. Показатели гистограммы поглощения H_2S в факельном газе гидроксидом аммония

На основании показателей поглощения абсорбентом компонентов CO_2 и H_2S в факельном газе можно сделать следующий вывод: при мольном соотношении CO_2 и H_2S в факельном газе и водного раствора NH_3 с концентрацией 20-25% (масс.) (CO_2 и $H_2S:NH_3H_2O=1:2,4-2,45$) и давлении 6 кгс/см² под проведение процесса хемосорбции в абсорбере при получении проб (NH_4)₂ CO_2 и (NH_4)₂ S - 3 степень поглощения абсорбентом CO_2 и H_2S факельного газа составила 38,01% CO_2 и 2,88% H_2S , что дает самый высокий показатель

С помощью экспериментальной установки были проведены исследовательские работы с целью максимального поглощения компонентов CO_2 и H_2S в факельном газе и, как следствие, получения раствора карбоната и сульфида натрия. Соответственно, при использовании 10-12% раствора

NaOH количество CO₂ в исходном очищенном факельном газе при хроматографическом анализе снизилось с 31,6% до 0,59%, а также полное поглощение H₂S (табл. 5).

Таблица 5

Состав первично очищенного газа до очистки и после очистки гидроксидом натрия

№	Компоненты	Факельный газ		Газ, очищенный раствором NH ₄ OH	
		% моль	% масс.	% моль	% масс.
1	Метан	43,83	23,95	92,63	85,18
2	Этан	1,45	1,48	3,07	5,3
3	Пропан	0,76	1,14	1,61	4,07
4	i-бутан	0,08	0,16	0,16	0,55
5	n-бутан	0,08	0,16	0,16	0,55
6	CO ₂	31,6	47,48	0,59	1,49
7	H ₂ S	21,36	24,8	0	0
8	Азот	0,84	0,83	1,78	2,86
Молекулярная масса, кг/кмоль		29,27		17,4	
Плотность, кг/м ³		1,307		0,776	

С целью определения максимальной величины поглощения CO₂ и H₂S в факельном газе водным раствором NaOH с концентрацией 10-12% (масс.) были проведены исследования зависимости от количества выбранного абсорбента, рабочего давления и температуры в абсорбере.

Таблица 6

Степень поглощения CO₂ факельного газа гидроксидом натрия

Рабочее давление в абсорбере кгс/см ²	Рабочая температура в абсорбере, °С	Степень поглощения CO ₂ абсорбентом, %				
		Na ₂ CO ₃ - 1 (CO ₂ :NaOH) 1:1,5-1,7	Na ₂ CO ₃ - 2 (CO ₂ :NaOH) 1:1,8-2	Na ₂ CO ₃ - 3 (CO ₂ :NaOH) 1:2,0-2,2	Na ₂ CO ₃ - 4 (CO ₂ :NaOH) 1:2,4-2,5	Na ₂ CO ₃ - 5 (CO ₂ :NaOH) 1:2,6-2,7
3,5	26	26,94	27,32	27,42	27,31	27,26
4	28	27,30	27,31	28,11	27,94	27,83
4,5	31	28,31	28,35	28,39	28,34	28,29
5	33	29,47	29,52	31,01	30,53	29,48
5,5	35	29,34	29,35	30,44	29,42	29,12

В результате хемосорбции компонентов CO₂ и H₂S в факельном газе водным раствором NaOH с концентрацией 10-12% (масс.) в мольном соотношении (x:z=1:2,0-2,2) с образованием Na₂CO₂ и Na₂S - 3 при давлении 5 кгс/см² и температуре 33 °С наблюдается максимальное поглощение

абсорбентом CO₂ и H₂S, содержащихся в исходном очищенном факельном газе, от 31,6% до 0,59% CO₂ и полное поглощение H₂S.

Степень поглощения CO₂ абсорбентом, %

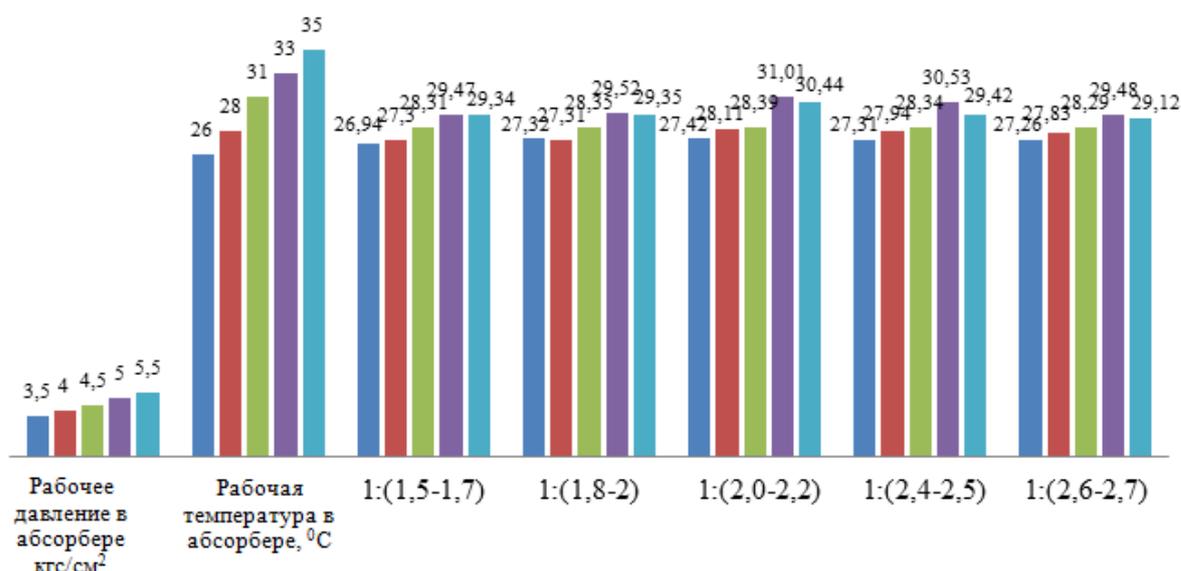


Рис. 4. Показатели гистограммы поглощения CO₂ в факельном газе гидроксидом натрия

Графики зависимость степени поглощения CO₂ и H₂S из факельного газа абсорбентом от рабочего давления в абсорбере, температуры и количества абсорбента в образцах растворов карбоната и сульфида натрия представлены на рис. 4 и 5, табл. 6 и 7.

Таблица 7

Степень поглощения H₂S факельного газа гидроксидом натрия

Рабочее давление в абсорбере, кгс/см ²	Рабочая температура в абсорбере, °C	Степень поглощения H ₂ S абсорбентом, %				
		Na ₂ S – 1 (H ₂ S:NaOH) 1:1,5-1,7	Na ₂ S – 2 (H ₂ S:NaOH) 1:1,8-2	Na ₂ S – 3 (H ₂ S:NaOH) 1:2,0-2,2	Na ₂ S – 4 (H ₂ S:NaOH) 1:2,4-2,5	Na ₂ S – 5 (H ₂ S:NaOH) 1:2,6-2,7
3,5	26	15,5	16,1	17,2	17,6	16,4
4	28	16,3	17,7	18,4	17,8	16,9
4,5	31	17,6	18,5	19,2	18,9	17,9
5	33	18,7	20,1	21,36	20,3	19,8
5,5	35	19,4	20,6	20,9	19,2	18,8

В результате хемосорбции образца Na₂CO₃ - 3 в табл. 6 и на рис. 4 при давлении 5 кгс/см² и температуре 33°C максимальное значение поглощения CO₂ абсорбентом в исходном очищенном факельном газе составило 31,01 % CO₂. Полученные результаты графически представлены на рис. 5.

Степень поглощения абсорбентом H_2S , %

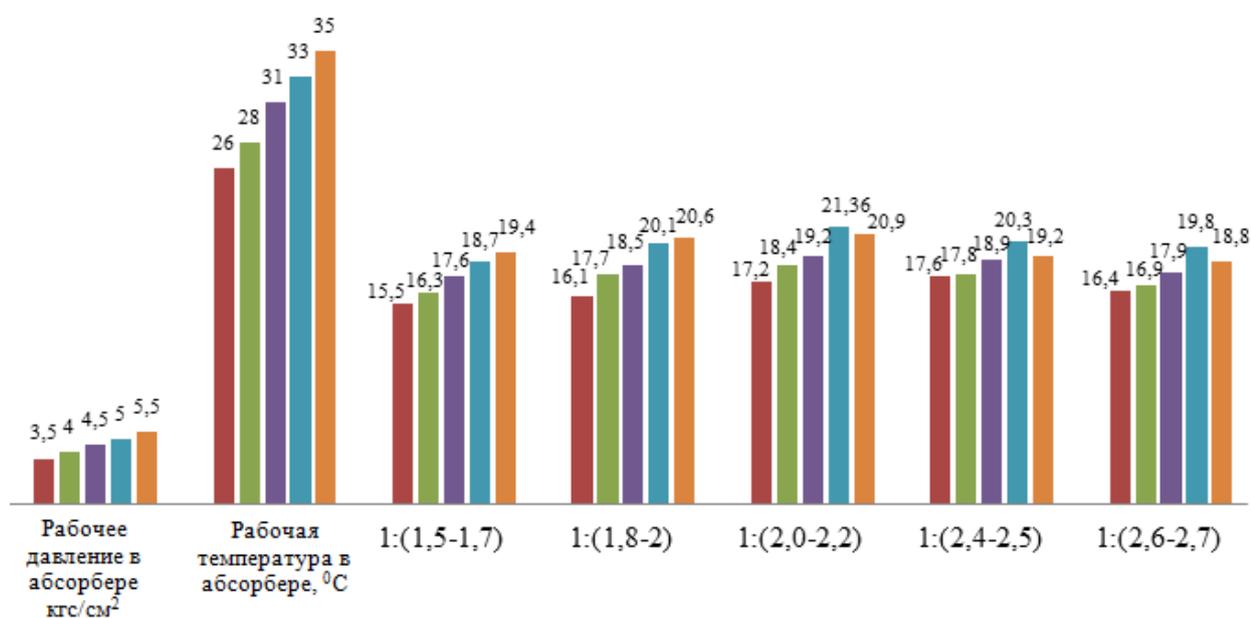


Рис. 5. Показатели гистограммы поглощения H_2S в факельном газе гидроксидом натрия

В результате хемосорбции образца Na_2S - 3, представленного в табл 7 и на рис. 5, при давлении 5 кгс/см² и температуре 33 °C достигнуто полное поглощение поглотителем H_2S в исходном очищенном факельном газе.

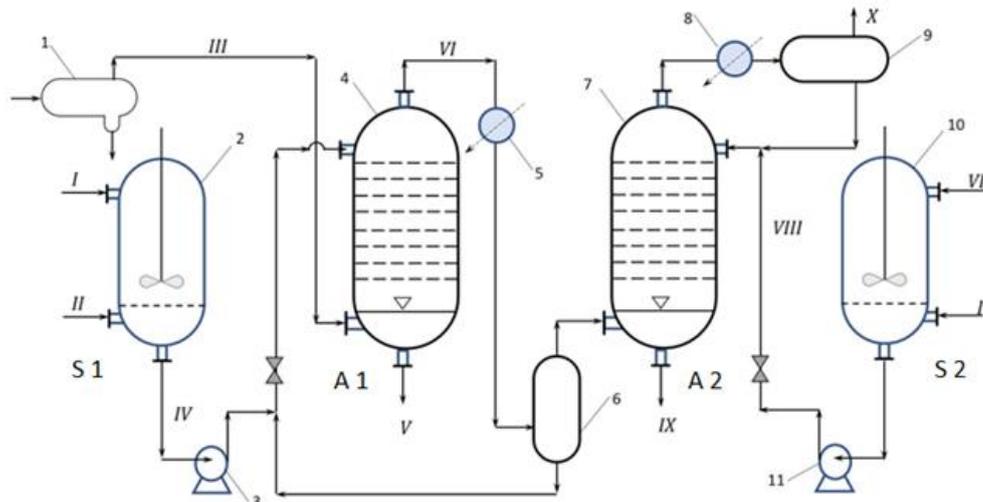


Рис. 6. Технология извлечения CO_2 и H_2S из факельных газов: 1,6,9- сепараторы; 2- емкость для приготовления и хранения 20-25% раствора NH_4OH ; 3, 11- насосы; 4,7- абсорберы; 5,8- водные охладители; 10- емкость для приготовления и хранения 10-12% раствора $NaOH$.

Потоки: I- вода; II- аммиак; III- факельный газ; IV- 20-25% раствор NH_4OH ; V- растворы карбоната аммония и сульфида аммония; VI- первично очищенный газ; VII- гидроксид натрия; VIII- 10-12% раствор $NaOH$; IX- растворы карбоната натрия и сульфида натрия; X- очищенный газ.

О степени поглощения абсорбентом CO_2 и H_2S в факельном газе можно сделать вывод по следующим показателям: при мольном соотношении

компонентов CO_2 и H_2S в факельном газе и водного раствора NaOH с концентрацией 10-12% (масс.) (Na_2CO_3 vs $\text{Na}_2\text{S}:\text{NaOH}$ (водный раствор)=1:2,0-2,2), а также при давлении 5 кгс/см², температуре 33°C, при проведении хемосорбции при получении проб Na_2CO_3 и Na_2S - 3 степень поглощения CO_2 и H_2S составляет 31,01% CO_2 полностью поглощение H_2S .

На основании результатов исследований и определенных показателей была разработана технология извлечения CO_2 и H_2S из состава факельных газов (рис. 6).

Предлагаемую технологию рекомендуется проектировать в Газлинском газоперерабатывающем заводе в зависимости от расхода газа и количества в нем компонентов CO_2 и H_2S .

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «**Применение и ожидаемая экономическая эффективность технологии извлечения CO_2 и H_2S из состава факельных газов**», разработанной на примере установки GGQIZ, рассмотрена технология на примере объекта ГППЗ разработана схема установки технологии извлечения CO_2 и H_2S из факельного газа в две стадии в факельной системе завода (рис. 7).

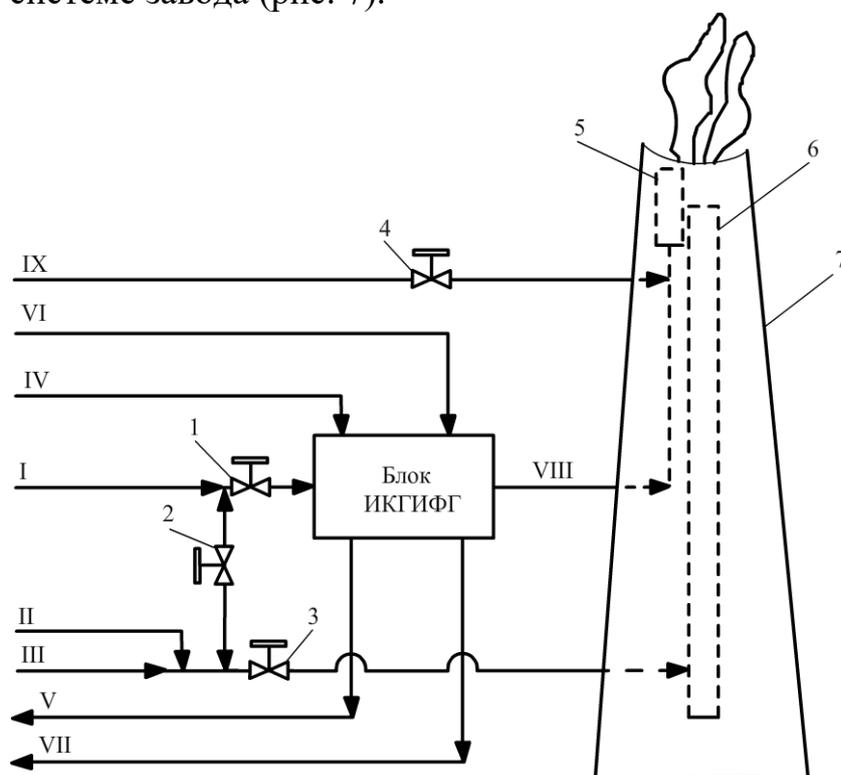


Рис. 7. Схема установки устройства извлечения CO_2 и H_2S из факельного газа в факельной системе: 1-4 - регулирующие клапаны; 5 – сменная горелка; 6 – горелка; 7 – головка факела.

Потоки: I – факельный газ 4-нитки; II- факельный газ 5-нитки; III- факельный газ 6-нитки; IV- 20-25% раствор гидроксида аммония; V- раствор солей аммония; VI- 10-12% раствор гидроксида натрия; VII- раствор солей натрия; VIII- очищенный газ; IX- топливный газ.

Определено годовое количество токсичных газов, выбрасываемых в атмосферу при сжигании факельного газа из 4-нитки ГППЗ. По расчетам

установлено, что если не утилизировать факельный газ из 4-нитки ГППЗ в атмосферу выбрасывается 35,88 млн. м³ токсичных газов.

При проверке количества и состава продуктов, образующихся при извлечении CO₂ и H₂S из состава факельных газов, при извлечении 30 млн. м³ факельных газов (см. табл.1), содержащих 93,85% моль кислых компонентов из 4-нитки ГППЗ в присутствии щелочных абсорбентов, состав очищенного газа определяли с помощью газового хроматографа серии Кристалллюкс (табл. 8).

Таблица 8

Компонентный состав и теплота сгорания очищенных факельных газов из 4-нитки газоперерабатывающего завода

№	Компоненты	Содержание, моль %	Высшая теплота сгорания, Дж/моль	Низшая теплота сгорания, Дж/моль
1	Метан	92,63	825324	743837,4
2	Этан	3,07	47921,5	43871
3	Пропан	1,61	35766	32934,16
4	i-бутан	0,16	4597,73	4245,95
5	n-бутан	0,16	4608,64	4256,86
6	CO ₂	0,59	0,00	0,00
7	Азот	1,78	0,00	0,00
Всего:		100	918217,87	829145,37

По результатам исследования установлено, что при извлечении CO₂ и H₂S из 30 млн. м³ факельного газа в год можно получить 10970,1 м³ чистого газа. Согласно табл. 7, высокая молярная теплота сгорания очищенного газа составляет 918217,87 Дж/моль, а низкая молярная теплота сгорания 829145,37 Дж/моль, что означает, что его можно использовать в качестве источника тепловой энергии.

При проведении анализа качества раствора солей аммония методом титриметрического анализа установлено, что его основной состав представляет собой вода и растворенный в воде непрореагировавший гидроксид аммония, а также смесь солей (карбоната аммония и сульфида аммония), образующихся при взаимодействии щелочи с кислыми газами, содержащимися в факельном газе (табл. 9).

Таблица 9

Титриметрически определенный состав раствора солей аммония.

Показатели	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	S ²⁻	Σ
мг-экв/л	5967,2	27,7	4,6	3958,3	293,7	10251,5
мг/л	107410,1	555,1	55,9	118750,2	4700,3	231471,6
мг-экв/л, %	58,2	0,27	0,05	38,61	2,87	100

При проведении анализа качества раствора солей натрия методом титриметрического анализа установлено, что его основной состав состоит из

воды и растворенного в воде непрореагировавшего гидроксида натрия, а также смешанного раствора солей (карбоната натрия и сульфида натрия), образующегося при реакции кислых газов и щелочи в первично очищенном газе (табл. 10).

Таблица 10

Титриметрически определенный состав раствора солей натрия.

Показатели	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	S ²⁻	Σ
мг-экв/л	2598,6	27,7	4,6	1301,8	871,8	4804,5
мг/л	59769,5	555,1	55,9	39056,6	13948,7	113385,8
мг-экв/л, %	54,08	0,58	0,11	27,09	18,14	100

При расчете экономической эффективности внедрения в производство технологии извлечения CO₂ и H₂S из состава факельных газов определено, что затраты на строительство и эксплуатацию технологии извлечения CO₂ и H₂S из состава факельных газов окупятся за 4 года и 4 месяца, рентабельность технологии составит 25%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При изучении состава факельных газов, 4- и 5-ниток ГППЗ, установок АСОУ-1, АСОУ-2 и СПС Шуртанского НГ, а также 16 и 18-блоков МППЗ, сбрасываемых в факельную систему местных газоперерабатывающих заводов, в качестве объекта был выбран факельный факела 4-й нитки ГППЗ, поскольку он содержит наибольшее количество CO₂ и H₂S.

2. Установлено, что, если не утилизировать факельный газ, выходящий из 4-нитки ГППЗ, в атмосферу будет выброшено 35,88 млн м³ токсичных газов в год;

3. Для хемосорбционной очистки компонентов CO₂ и H₂S в факельном газе выбраны 20-25% растворы NH₄OH и 10-12% NaOH, которые были использованы в мольном соотношении 1:2,4-2,45 NH₄OH и 1:2,0-2,2 NaOH;

4. При очистке факельного газа, содержащего 93,85% кислых газов, с помощью выбранных щелочных растворов их процентное содержание в чистом газе снизилось до 0,59%;

5. Подобраны оптимальные условия щелочного извлечения CO₂ и H₂S из факельного газа в две стадии и на основе выбранных оптимальных условий разработана технология процесса.

6. На основе разработанной технологии можно получить 10970,1 м³ чистого газа в год, его высшая молярная теплота сгорания составляет 918217,87 Дж/моль, а низшая молярная теплота сгорания составляет 829145,37 Дж/моль.

7. Определено, что затраты на строительство и эксплуатацию технологии извлечения CO₂ и H₂S из состава факельных газов окупятся за 4 года и 4 месяца, рентабельность технологии составит 25%.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc. 03/28.02.2022.T.101.01 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT BUKHARA ENGINEERING-
TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

BUKHARA ENGINEERING -TECHNOLOGICAL INSTITUTE

BABAKULOV FARKHAD BAKHTIYAR OGLI

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR EXTRACTION OF CO₂ AND
H₂S FROM FLARE GASES OF GAS PROCESSING PLANTS**

02.00.08 – Chemistry and technology of oil and gas

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON THE
TECHNICAL SCIENCES**

Bukhara -2024

The title of the doctoral dissertation (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B.2024.2.PhD/T3810

The dissertation has been carried out at the Bukhara Engineering-Technological Institute. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the webpage of the Scientific Council (www.bmti.uz) and on the website of "Ziyonet" Information-educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	Fozilov Sadriddin doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Dustov Khamro doctor of chemical sciences, professor Saidakhmedov Shamshidinhuja doctor of technical sciences, professor
Leading organization:	Karakalpak State University named after Berdakh

The defence of the dissertation will be held at 9⁰⁰ on «01» August 2024 at the meeting of the Scientific Council DSc.03/28.02.2022.T.101.01 at the Bukhara Engineering Technological Institute (Address: 15, K.Murtazaev street, 200117, Bukhara, Uzbekistan. Phone (+99895) 223-68-42, fax: (+99865) 223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz).

The dissertation is registered in the Information Resource Center of the Bukhara Engineering-Technological Institute for № 369, which can be found in the IRC. Address: 200117, Bukhara, K.Murtazaev street, 15 Tel. (99865) 223-68-42

Abstract of dissertation sent out «17» July 2024 y
(mailing report № 10 from «10» May 2024 y).



I.B. Isabayev
Acting chairman of the academic council on
awarding scientific degrees
doctor of technical sciences, professor

R.R. Khayitov
Scientific secretary of the Scientific Council
for awarding of the scientific degrees,
doctor of technical sciences, senior staff scientist

Kh.B. Dustov
Chairman of the Scientific seminar at
scientific council for the award of scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The purpose of research is to reduce the harmful amount of CO₂ and H₂S contained in flare gases from the gas processing industry, as well as to create a technology for the production of local import-substituting products.

The tasks of research are:

studying the component composition of flare gases generated in the gas processing industry;

development of an experimental installation to reduce harmful amounts of CO₂ and H₂S in flare gases by producing solutions of sodium carbonate, sodium sulfide, ammonium carbonate and ammonium sulfide;

studying the mechanism of chemisorption absorption of CO₂ and H₂S using absorbents and determining optimal process parameters;

studying the physical and chemical properties of purified gas and determining the scope of its application;

development of technology for extracting CO₂ and H₂S components of flare gas using ammonium hydroxide and sodium hydroxide solutions.

The scientific novelty of the research is as follows:

it has been proven that by increasing the amount of alkali by 0.2-0.45 molar ratio compared to acid gases when cleaning flare gases, it is possible to obtain medium alkali salts;

a reduction in CO₂ content by 31.6% and H₂S by 21.36% has been achieved by mixing flare gas containing 69.61% CO₂ and 24.24% H₂S with an aqueous solution of NH₄OH with a concentration of 20-25% (wt.) in a molar ratio of 1:2.4-2.45.

it has been determined that when mixing primary purified gas containing 31.6% CO₂ and 21.36% H₂S with an aqueous solution of NaOH with a concentration of 10-12% (mass.) in a molar ratio of 1:2.0-2.2, a decrease in the CO₂ amount up to 0.59% and complete absorption of H₂S;

it has been found that high efficiency can be achieved by separating CO₂ and H₂S components in flare gas at a pressure of 6 atm and a temperature of 37 °C for ammonium hydroxide and a pressure of 5 atm and a temperature of 33 °C for sodium hydroxide;

a two-stage flare gas purification technology has been developed based on certain optimal conditions.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained in the development of technology for extracting CO₂ and H₂S from flare gases from gas processing plants:

The technology for extracting CO₂ and H₂S contained in flare gases released during gas processing by chemisorption using an aqueous solution of NH₄OH with a concentration of 20-25% (wt.) and an aqueous solution of NaOH with a concentration of 10-12% (wt.) was tested at the Gazli gas processing plant under the Gazli Oil and Gas Production Department (certificate of the Gazli Oil and Gas Production Department of Uzbekneftegaz JSC No. 01/1-24-1570 dated July 13,

2023). As a result, due to chemisorption of acidic components in flare gas, it was possible to localize an imported product used in industry;

The technology for extracting CO₂ and H₂S contained in flare gases released during gas processing using chemisorbents of an aqueous solution of NH₄OH with a concentration of 20-25% (wt.) and an aqueous solution of NaOH with a concentration of 10-12% (wt.) was tested at the Gazli gas processing plant under Gazli Oil and Gas Production Department (certificate of the Gazli Oil and Gas Production Department of Uzbekneftegaz JSC No. 01/1-24-1570 dated July 13, 2023). As a result, due to the chemisorption absorption of CO₂ and H₂S contained in the flare gas, a reduction in the total amount of CO₂ to 0.59% and complete absorption of H₂S was achieved, which prevents the spread of environmentally harmful gases.

The structure and volume of dissertation. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusions and list of references. The volume of the dissertation is 113 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Boboqulov F. B., Fozilov S.F., Rahmatov Sh.B. Nordon gazlarni utilizatsiyalash texnologiyasini takomillashtirish. "Muxammad poligraf" nashriyoti. Monografiya. Buxoro: – 2023. 154 bet.

2. Boboqulov F. B. Fakel gazlari tarkibidagi uglevodorodlarni tahlil qilish va matematik hisoblash // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. Ilmiy–texnikaviy jurnal. – Buxoro: 2021. – №4, 75-82 b. [02.00.00; №14]

3. Бобокулов Ф. Б. и др. Обезвреживание (утилизация) кислых газов нетрадиционными способами // Universum: технические науки. – 2022. – №. 2-5 (95). – С. 28-31. [02.00.00; №01]

4. Boboqulov F. B., Fozilov S.F., Mavlonov B.A. Neutralization (utilization) of acid gases by nonconventional methods // "O'zbekiston neft va gaz". Ilmiy-texnika jurnali. – Toshkent: 2022. №1, 41-43 b. [02.00.00; №07]

5. Boboqulov F. B., Fozilov S.F., Sharipov B.Z. Texnologik gazlar tarkibidagi nordon komponentlarning miqdori va ularning atrof muhitga ta'siri // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. Ilmiy–texnikaviy jurnal. – Buxoro: 2023. – №2, 86-90 b. [02.00.00; №14]

II bo'lim (II часть; part II)

6. Boboqulov F. B. Neft va gaz sanoati nordon uglevodorodli gazlarni agressiv komponentlardan tozalash texnologiyasini takomillashtirish dasturi. Guvohnoma № DGU 24348.

7. Bobokulov F. et al. The content of acidic components in the technical gas and their impact on the environment // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 390. – С. 04030. Scopus.

8. Boboqulov F. B. Tabiiy gazni H₂S dan tozalash // Science and Education. – 2022. – Т. 3. – №. 2. – С. 132-135.

9. Бобокулов Ф. Б., Хужакулов А.Ф., Хужакулов К.Р., Мавланов Б.А. Технология экологически безопасного газохимического комплекса утилизации серосодержащих и факельных газов, сбрасываемых с технологических установок // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент: 2022. С. 682-684

10. Бобокулов Ф. Б., Алимов А.А., Хўжжиев М.Я. Факел газларини қайта ишлаш орқали жоҳон стандартларига жавоб берадиган маҳсулотлар ишлаб чиқариш // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент: 2022. С. 687-688

11.Бобокулов Ф. Б., Тошбоев С .У. Способы получения вторичных продуктов из атмосферных отходов. // От поиска-крещению.От опыта- к мастерству Материалы IV Международной студенческой научно-практической конференции Абакан: 2022. С.108-109

12.Boboqulov F. B., Fozilov H.S., Fozilov S.F. Analysis of the processes of hydrocarbon gas sulfur purification // Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқаришда илм-фан ва инновацион технологиялар мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференцияси тўплами.Бухоро.2022 й. 557-560 б.

13.Boboqulov F. B., Fozilov S.F.,Fazilov A.A. Tabiy gaz tarkibidagi H₂S ni utilizatsiya qilish va u asosida turli kimyoviy reagent olish // Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқаришда илм-фан ва инновацион технологиялар мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференцияси тўплами.Бухоро.2022 й. 552-556 б.

Avtoreferat “Durdona” nashriyotida taxrirdan o‘tkazildi
hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.



Bosishga ruxsat etildi: 8.07.2024 Bichimi: 60x84 1/16.
“Times New Roman” garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi 100. Buyurtma № 231.
Guvoxnoma AI №178.08.12.2010

“Sadriddin Salim Buxoriy” MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Buxoro shahri, M. Iqbol ko‘chasi, 11-uy. Tel.: 65 221-26-45