

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

---

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**OBIDOV HAMID OLIMOVICH**

**EKSPANZER GAZI TARKIBIDAGI NORDON KOMPONENTLARNI  
ISHQORIY TOZALASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**02.00.08 – Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi**

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

**Buxoro - 2025**

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

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

**Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy(PhD) on technical  
sciences**

**Obidov Hamid Olimovich**

Ekspanzer gazi tarkibidagi nordon komponentlarni ishqoriy tozalash  
texnologiyasini ishlab chiqish..... 3

**Обидов Хамид Олимович**

Разработка технологии щелочной очистки экспанзерных газов от кислых  
компонентов..... 21

**Obidov Hamid Olimovich**

Development of technology for alkaline purification of expansion gases from  
acidic components..... 39

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 42

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

---

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**OBIDOV HAMID OLIMOVICH**

**EKSPANZER GAZI TARKIBIDAGI NORDON KOMPONENTLARNI**  
**ISHQORIY TOZALASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**02.00.08 – Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi**

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

**Buxoro - 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.4.PhD/T3227 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Dissertatsiya Buxoro muhandislik-texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz) (rezyume) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) hamda “Ziyonet” Axborot-ta’lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Axmedov Voxid Nizomovich**  
texnika fanlari nomzodi, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Mahmudov Muxtor Jamolovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**O‘rinov Ulug‘bek Komiljonovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi**  
**Umumiy va noorganik kimyo instituti**

Dissertatsiya himoyasi Buxoro muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi DSc.03/28.02.2022.T.101.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil 20-iyun soat 12<sup>00</sup> dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q. Murtazoyev ko‘chasi, 15-uy. Tel.: (+99865) 223-78-84, Faks: (+99865)223-78-84, E-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz)).

Dissertatsiya bilan Buxoro muhandislik-texnologiya institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (368 raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q. Murtazoyev ko‘chasi, 15-uy. Tel.: (+99865) 223-78-84).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil 10-iyun kuni tarqatildi.

(2025-yil \_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ dagi № \_\_\_\_\_ raqamli reestr bayonnomasi).

**F.S. Fozilov**

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi,  
texnika fanlari doktori, professor

**A.T. Oltiyev**

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash kotibi,  
texnika fanlari doktori, dotsent

**H.B. Dustov**

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash  
qoshidagi Ilmiy seminar raisi, kimyo fanlari  
doktori, professor

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda neft va gazni qayta ishlash, gaz tarkibidagi nordon komponentlarni ajratib olish, import o'rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish sohalarida yuqori darajada o'sish kuzatilmoqda. Jumladan, sorbentlarning yangi nanostrukturaga ega bo'lgan kompozitsion turlarini sintez qilish, ularni neft va gazni qayta ishlash jarayonida hosil bo'luvchi gazlar tarkibidagi nordon aralashmalardan tozalashda qo'llash texnologiyalarini ishlab chiqish, sorbentlarning fizik-kimyoviy xossalarning barqarorligini oshirish va neft-gazni qayta ishlash sanoati korxonalarining ekologik sharoitlarini yaxshilash, ikkilamchi sorbentlarni qayta ishlash ustida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Shunga ko'ra, gazni qayta ishlash tizimida hosil bo'ladigan ekspanzer gazini ishqoriy tozalash, nordon komponentlarni ajratishda samarali, energiya tejankor texnika va texnologiyalarni yaratish muhim kasb etadi.

Jahonda neft va gazni qazib olish, ularni kompleksli qayta ishlash tizimida hosil bo'ladigan turli xil gazlarni qo'shimchalar asosida samarali tozalash qurilmalari va texnologiyalarini takomillashtirish, innovatsion texnologiyalar asosida zamon talabiga mos texnika va texnologiyalarni yaratish bo'yicha izlanishlar olib borilmoqda. Ayniqsa neft va gazni qayta ishlash sanoati korxonalarida tabiiy va ajralib chiquvchi gazlarni oltingugurt saqlovchi organik birikmalar, merkaptanlar, karbonilsulfid, uglerod (IV) oksidi, uglerod disulfidi va sulfid efirlaridan tozalash usullarini, hamda gazlarni tozalash uchun yuqori samarador yangi kompozitsion absorbentlarni yaratish va tozalash texnologiyalarini takomillashtirishda muayyan natijalarga erishilmoqda. Bu borada gazlarni birlamchi tozalash jarayonining texnologik tizimlarida qo'llanilayotgan qurilmalarning energiya tejankorligini oshirishga, gazlarni sifatli tozalash tizimida zamonaviy usullarni ishlab va texnologiyalarni yaratishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda so'nggi yillarda neft va gazkimyo sanoatiga alohida e'tibor qaratilib, Sho'rtan, Muborak va Gazli gazni qayta ishlash zavodlari va majmualarini qayta rekonstruksiya qilish va qo'shimcha tsexlar tashkil etilayotgan bo'lib, ularda yangi texnologiya bo'yicha neft va gaz mahsulotlarini yuqori samaradorlik bilan ishlab chiqarish jarayoni amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasida «Kimyo sanoati korxonalarini modernizatsiya qilish, texnik va texnologik qayta jihozlash» bo'yicha muhim vazifalari belgilab berilgan. Bu borada mahalliy xomashyo bo'lgan neft va gaz asosida organik va noorganik sintez mahsulotlari ishlab chiqarish usullarini yaratishga, olingan mahsulotlarni tuzilishini, fizik-kimyoviy, texnologik va ekspluatatsion xossalarni yaxshilashga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli «2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»<sup>1</sup> Farmoni, 2019-yil 23-oktyabrdagi PF-5853-sonli «O'zbekiston Respublikasi qishloq xo'jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo'ljallangan strategiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi, 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265-sonli «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi hamda 2018-yil 25-oktyabrdagi PQ-3983-sonli «O'zbekiston Respublikasida kimyo sanoatini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni, 28.01.2022 yildagi PF-60-son Farmoni //https://lex.uz/docs/5841063

Qarorlari, shuningdek mazkur faoliyatga tegishli me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari ravojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot ishi O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlanishining VII-«Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Turli xil adsorbent va absorbentlar bilan tabiiy hamda ikkilamchi gazlarni oltingugurt birikmalaridan tozalash texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha chet el mamlakatlarida bu yo'nalishda Yu.Akselrod, S.Blank, A.Koul, X.Man, A.Afanasev, D.Kemplbel, V.Rogozin, V.Mastek, A.Lunin, E.Dillon, Yu.G.Frolov kabi atoqli olimlarni ilmiy tadqiqot ishlari diqqatga sazovordir. Respublikamizda B.N.Xamidov, M.P.Yunusov, V.P.Guro, S.M.Turobjonov gazlarning nordon komponentlardan tozalash sohasida ilmiy izlanishlar olib borilgan va davom ettirilmoqda. Shuningdek bu borada aralash sorbentlarni olish va ishlatishning texnologik parametrlarining optimal yechimlarini topish, turli sorbentlarning tarkibi va aralash sorbentlarning o'zaro mutanosibliigi, hamda nordon komponentlarni tozalovchi yuqori samarador aralash sorbentlarni olish va texnologiyalari ishlab chiqilgan. Shu bilan birga, hozirgi kunda sanoat qurilmalarini korroziyadan saqlashni yaxshilovchi, yuqori absorbsiyalash hajmiga ega, absorbsiyalanish va desorbsiyalanish haroratlarini tushirish, katta miqdorda ko'pik hosil qilmasligi, absorbentlarni kam miqdorda sarflash, absorbentni ishlash muddatini oshirishni ta'minlovchi aralash sorbentlarni sintez qilish va ularda yangi faol qo'shimchalarni qo'llash, ularning texnologik, amaliy, ekologik va iqtisodiy jihatlarini o'rganish yo'nalishida ilmiy ishlar olib borilmoqda. Shu sababli bugungi kunda atrof-muhitni himoyalashga bo'lgan talabning ortishi bilan, fakel gazlarini va boshqa nordon komponentlarni atmosferaga chiqarib yubormaslik, tabiiy gazdan maksimal foydalanish dolzarb masala bo'lib bormoqda.

Ilmiy-texnik adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, tabiiy resurslardan foydalanib, samaradorligi yuqori bo'lgan arzon va ekologik zararsiz usullar asosida sanoat miqyosida ishlab chiqarishni va texnologiyalarini joriy etish kabi muammolar yetarli darajada o'rganilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya ilmiy tadqiqot ishi Buxoro muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining 18-18/2021 "Tabiiy gaz tarkibiga qo'shiluvchi odorant moddasini ishlab chiqarish texnologiyasini yo'lga qo'yish" (2021-2024 yy.) mavzusidagi xo'jalik shartnomasi doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** ekspanzer gazi tarkibidagi nordon komponentlarni ishqoriy va ishqoriy yer metall gidroksidlari yordamida aralash xemosorbsion tozalash jarayoni va texnologiyasini takomillashtirishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari** quyidagilardan iborat:

gaz muhitidan suv-aralash ishqoriy muhitda vodorod sulfid va uglerod (IV) oksidini birgalikda yutilishini o'rganish uchun eksperiment uslubiyotini ishlab chiqish, gazni suyuq fazali xemosorbsion tozalash jarayonida ular reaksiyalarining asosiy qonuniyatlarini aniqlash;

ekspanzer gazi nordon tarkiblarini aralash ishqoriy muhitlarda tozalash uchun jarayonning termodinamik parametrlarini hisoblash;

vodorod sulfidni yutishda hosil bo'ladigan eritmani regeneratsiyalash, almashtirish, hosil bo'lgan qo'shimcha mahsulotlarni ajratib olish;

ishlatilib bo'lgan ishqoriy eritmani utilizatsiya qilish imkoniyatini baholash;

aralash ishqoriy muhitda karbonat angidridning vodorod sulfid bilan birgalikda ta'sirini va xemosorbsiya jarayonini o'rganish;

nordon tarkiblarni aralash ishqoriy xemosorbsion tozalash texnologiyasini takomillashtirish.

**Tadqiqotning ob'yekti** sifatida Gazli gazni qayta ishlash zavodi ekspanzer gazi, natriy gidroksid, kaltsiy gidroksid eritmali olingan.

**Tadqiqotning predmetini** ekspanzer gazi nordon tarkibini aralash xemosorbsion usulda tozalash, aralash ishqor eritmalarining xemosorbsiyasi termodinamik parametrlarini hisoblashda xemosorbsiya mexanizmining umumiy qonuniyatlarini aniqlash tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda aralash xemosorbsion, gravimetriya, pH metrik analiz, gaz xromatografiyasi hamda jarayonni oldindan baholash uchun termodinamik parametrlarni hisoblash usullari qo'llanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ekspanzer gazidan vodorod sulfid va karbonat angidridni aralash xemosorbsion usulda tozalash jarayonining optimal muhitining maqbul chegaraviy qiymati pH 8 va undan yuqori bo'lishi natijasida ishqoriy muhit hosil bo'lishi ilmiy asoslangan;

ishqoriy va ishqoriy yer metall gidroksidlari ishtirokida aralash xemosorbsion jarayonning termodinamik parametrlari hisoblangan va aralashmalarining tegishli ulushlari kesimida reaksiya borishi uchun maqbul sharoit yaratilgan;

aralash xemosorbsion jarayonda vodorod sulfid va karbonat angidridning yutilish jarayonida bir-biriga ta'sirini o'rganish natijasida 10% li gidroksidlarning nisbatlari 9:1 ni tashkil etishi ilmiy asoslangan;

aralash xemosorbsiya uchun texnologik jarayonning optimal parametrlari aniqlangan va maqbul sharoitlar asosida ekspanzer gazini xemosorbsion tozalash texnologiyasi yaratilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

10% li NaOH bilan 10% li  $\text{Ca(OH)}_2$  eritmali asosida ekspanzer gazlarining nordon komponentlarini aralash xemosorbsiya usuli ishlab chiqilgan;

gazning nordon komponentlariga bog'liq holda aralash xemosorbsiya jarayoni uchun termodinamik parametrlarga asoslanib, ekspanzer gazini samarali tozalashning texnologik tizimi ishlab chiqilgan;

aralash xemosorbsiya jarayonida sodir bo'ladigan barcha kimyoviy reaksiyalarning yo'nalishi va unumi termodinamik parametrlar asosida aniqlangan;

aralash xemosorbsion usul asosida nordon komponentlardan tozalangan gazni isitish va fakel tizimlariga yuborish texnologiyasi takomillashtirilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Ekspanzer gazini tozalash jarayonida termodinamik qonuniyatlardan foydalanilganligi, xemosorbsiya jarayoni uchun maqbul rejimlar asoslanganligi, tajriba va yarim sanoat qurilmalarida olingan natijalarning

nazariy natijalarga mosligi, gidroksidlarning maqbul modulli nisbatlari asosida ekspanzer gazini samarali tozalash texnologiyasi takomillashtirilganligi hamda ishlab chiqarishga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

#### **Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqotdan olingan natijalarning ilmiy ahamiyati xemosorbsiya jarayoni ishqorlar konsentratsiyasiga, gazning nordon komponentlari bilan hosil qilgan eruvchanligiga bog'liqligi, ekspanzer gazini tozalash uchun NaOH va Ca(OH)<sub>2</sub> eritmalarining tegishli konsentratsiyalari asosida ekspanzer gazlarining nordon komponentlarini aralash xemosorbsiya usuli tanlab olinganligi hamda ishqorli tozalash usuli va texnologiyasi ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarning amaliy ahamiyati xemosorbsiya usuli, hosil bo'ladigan fakel gazlar miqdorini kamaytirishga, toza gaz ishlab chiqarish miqdorini oshirishga, quvurlarda hosil bo'ladigan korroziya darajasini kamaytirishga hamda gaz quvurlarining ishlash muddatini uzaytirishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Ekspanzer gazi tarkibidagi nordon komponentlarni ishqoriy va ishqoriy yer metall gidroksidlari yordamida aralash xemosorbsion tozalash jarayoni va texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

ekspanzer gazi tarkibidagi nordon komponentlarni ishqoriy tozalash texnologiyasi "Gazli gazni qayta ishlash zavodi"ning 2024-2026-yillarga amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati"ga kiritilgan (Gazli neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining 2023-yil 02-avgustdagi 01/1-24-1738-son ma'lumotnomasi). Natijada, NaOH va Ca(OH)<sub>2</sub> ning 10% li eritmaları asosida xemosorbsiya jarayoni tashkil etilib, gaz tarkibidagi vodorod sulfid va karbonat angidridlarni to'liq yutilishiga erishish imkonini beradi;

aralash xemosorbsiya usulida gazni tozalash qurilmasi "Gazli gazni qayta ishlash zavodi"ning 2024-2026-yillarga amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati"ga kiritilgan (Gazli neft va gaz qazib chiqarish boshqarmasining 2023-yil 02-avgustdagi №01/1-24-1738-son ma'lumotnomasi). Natijada, bir yil mobaynida fakelda yondiriladigan 1,9 mln.m<sup>3</sup> ekspanzer gazini kimyoviy nordon komponentlardan tozalash ba tovar gazga aylantirish imkonini beradi.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 8 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokama qilingan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 23 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta maqola, jumladan, 3 tasi Respublika, 3 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiya jami 114 betni tashkil etgan.

### **DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI**

**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslab berilgan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, shuningdek, tadqiqotning ob'ekti va predmeti

ifodalangan bo‘lib, O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi keltirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarni amaliyotga joriy etish hamda chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

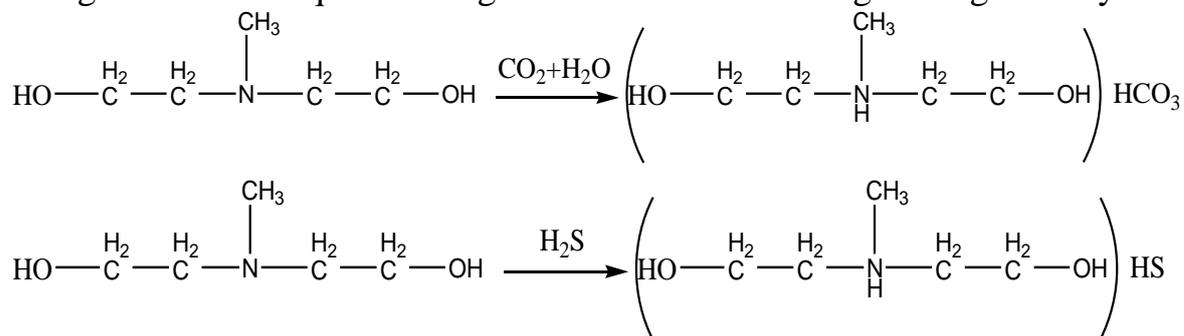
Dissertatsiyaning **“Gaz tarkibidagi nordon komponentlar tasnifi va tozalash usullarining rivojlanish tendensiyalari”** deb nomlangan birinchi bobida, tadqiqotga tegishli bo‘lgan xorijiy va mahalliy ilmiy texnik nashrlar va texnologik reglament ma‘lumotlari, neft va gaz sanoatida jahon va respublikamiz miqyosida olib borilgan tadqiqotlar to‘g‘risidagi ma‘lumotlar o‘rganilib bir qancha ilmiy manbaalar tahlil qilingan.

Dissertatsiyaning **“Ekspanzer gazining kimyoviy tarkibini, fizik-kimyoviy xossalarni aniqlash hamda tadqiqot usullarini tanlash”** deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot ob‘yektlarining xarakteristikalarini, tajribalarni o‘tkazish metodikasi, dastlabki moddalar, ularning tavsifi va ularning asosiy fizik-kimyoviy xossalari, tahlil qilingan. Dissertatsiyada qo‘llanilgan barcha usullar batafsil bayon etilgan.

Dissertatsiyaning **“Aralash ishqoriy komponentlarni nordon gazlarga ta’sirining termodinamik aspektlari”** deb nomlangan uchinchi bobida xemosorbsiya asoslangan. Bugungi kunda ekspanzer gazlarining kunlik chiqishi o‘rtacha 200 m<sup>3</sup> ni tashkil qiladi. Tarkibida 8-8,8% H<sub>2</sub>S, 3-3,7% CO<sub>2</sub>, 1-1,2% suv bug‘i, 0,2% gacha MDEA, qolgani esa CH<sub>4</sub> gazi hisoblanadi. Ekspanzer gazlarini tozalash jarayonida tanlangan absorpsion eritmalarda quyidagi kimyoviy reaksiyalar amalga oshadi:

- a)  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{CaS}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- c)  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- d)  $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{S} = \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

Ushbu jarayonlar bilan bir qatorda CO<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>S bilan MDEA ning o‘zaro reaksiyasi ham amalga oshadi. Biroq hosil bo‘lgan tuzsimon birikmalar gidrolizga uchraydi:



Absorbsiya jarayonida bo‘ladigan kimyoviy reaksiyalar asosida quyidagi natijalar olindi va tegishli xulosalar chiqarildi. CO<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>S ning Ca(OH)<sub>2</sub> bilan ta’sirlashishi natijasida cho‘kma hosil bo‘lishini bilgan holda, cho‘kmalarning qaysi biri nisbatan ko‘p hosil bo‘lishi aniqlandi. Bunda cho‘kmalarning eruvchanlik ko‘paytmasidan foydalanildi. Cho‘kmalarning eruvchanlik ko‘paytmalari quyidagicha:  $EK_{\text{CaCO}_3} = 3.8 \cdot 10^{-9}$ ,  $EK_{\text{CaS}} = 1.3 \cdot 10^{-8}$ . Eruvchanlik ko‘paytmalaridan ko‘rinib turibdiki, jarayonda yuqori unum bilan faqat CaCO<sub>3</sub> hosil bo‘ladi.

$$EK_{CaCO_3} = [Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = 3.8 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/l^2$$

Ushbu texnologik jarayonda parallel ravishda quyidagi reaksiya ham boradi:



Ushbu reaksiyaning Gibbs energiyasini hisoblandi.

$$\Delta H = H_{mah.} - H_{dast.}$$

$$\Delta H = (H_{Na_2S} + H_{2 \cdot H_2O}) - (H_{H_2S} + H_{2 \cdot NaOH})$$

$$\Delta H = (-374.47 - 2 \cdot 285.83) - (-20.9 - 2 \cdot 470.45) = 15.67 \text{ kJ}$$

Kimyoviy reaksiyaning entalpiyasi hisoblangandan keyin uning entropiyasi hisoblandi:

$$\Delta S = S_{mah.} - S_{dast.}$$

$$\Delta S = (S_{Na_2S} + S_{2 \cdot H_2O}) - (S_{H_2S} + S_{2 \cdot NaOH})$$

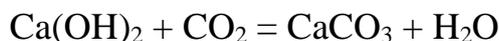
$$\Delta S = (79.5 + 2 \cdot 69.91) - (205.69 + 2 \cdot 48) = -82.37 \text{ J} = -0.08237 \text{ kJ}$$

Entalpiya va entropiya qiymatlari hisoblangandan so'ng ular orqali Gibbs energiyasi hisoblab olindi.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 15.67 - 298 \cdot (-0.08237) = 40.21 \text{ kJ}$$

Natijada reaksiyaga kirishmagan vodorod sulfid NaOH bilan Na<sub>2</sub>S hosil qiladi. Yuqoridagi ma'lumotlarga asoslanib, Gibbs energiyasi hisoblandi va CaCO<sub>3</sub> ning reaksiya yo'nalishi aniqlandi.



$$\Delta H = H_{mah.} - H_{dast.}$$

$$\Delta H = (-1206.8 - 285.83) - (-985.1 - 393.51) =$$

$$= (-1492.63) + (1378.61) = -114.02 \text{ kJ}$$

$$\Delta S = S_{mah.} - S_{dast.}$$

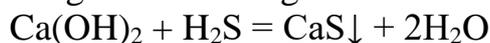
$$\Delta S = (91.7 + 69.91) - (83.4 + 213.67) = -135.46 \text{ J}$$

Termodinamik parametrlardan entalpiya va entropiyalar hisoblangandan so'ng ular asosida CaCO<sub>3</sub> hosil bo'lishidagi Gibbs energiyasi hisoblandi.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = -114.02 - 298 \cdot (-135.46 \cdot 10^{-3}) = -73.65 \text{ kJ}$$

Shunday qilib, Gibbs energiyasining qiymati -73.65 kJ tashkil etdi. Bu esa o'z-o'zidan boruvchi reaksiyalar sinfiga kirishini anglatadi.



Yuqoridagi hisoblashlar asosida CaS ning ham hosil bo'lishidagi Gibbs energiyasi aniqlandi.

$$\Delta H = (-476.98 - 2 \cdot 285.83) - (-985.1 - 20.9) =$$

$$= (-1048.64) + (1006) = -42.64 \text{ kJ}$$

$$\Delta S = (56.61 + 2 \cdot 69.91) - (83.4 + 205.69) = -92.66 \text{ J}$$

$$\Delta G = -42.64 - 298 \cdot (-92.66 \cdot 10^{-3}) = -15.03 \text{ kJ}$$

CaCO<sub>3</sub> va CaS cho'kmalarining Gibbs energiyasini taqqoslab, CaS ning energiyasi yuqori ekanligini aniqlandi. Bu esa CaS cho'kmasiga nisbatan CaCO<sub>3</sub> hosil bo'lish tezligi va unumi yuqori ekanligini bildiradi.

Neft va gaz konlari gazlarini tahlil qilish uchun ekspander gazlaridan vodorod sulfid va CO<sub>2</sub> ni chiqarib yuborishning oddiy, ishonchli texnologiyasini ishlab chiqish maqsadida vodorod sulfidning karbonat angidrid bilan aralashmalaridan uni suv - ishkor eritmasi orqali yutilishining tajribalari amalga oshiriladi.

1-jadval.

Gazli gazni qayta ishlash zavodi gazni oltingugurtdan tozalash  
qurilmasidagi ekspanzer gazlari tarkibi

Ekspanzer gaz tarkibidagi komponentlar	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	iC <sub>4</sub>	nC <sub>4</sub>	iC <sub>5</sub>	nC <sub>5</sub>	C <sub>6+v</sub>	∑ C <sub>5+v</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>
Gazlarning miqdori, %	86,80	3,39	0,74	0,08	0,13	0,04	0,04	0,35	0,43	0,77	7,32	0,34

Gazni qayta ishlash va tozalash sanoatida ajralib chiqadigan ekspanzer gazi eng muhim uglevodorod resurslaridan hisoblanadi. Bugungi kunda jahonda neft va tabiiy gaz iste'molining o'sishi, ular zaxiralarining kamayishi bilan birga, barcha turdagi uglevodorod resurslaridan maksimal darajada foydalanishni taqozo etmoqda.

Ekspanzer gazlarini CO<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>S dan tozalash NaOH-Ca(OH)<sub>2</sub> aralashmasi orqali tozalanganda, gazlarning miqдорiga qarab eritmada cho'kma, o'rta va nordon tuzlar aralashmasi hosil bo'ladi. Gazlidagi ekspanzer gazlarining kunlik chiqimi 25 °C va 5 atm bosimda 200 m<sup>3</sup> atrofida. Bu gazlarni normal sharoitga o'tkazilgandagi uning tarkibidagi komponentlarning miqdori 2-jadvalda berilgan.

$$PV=nRT$$

2-jadval.

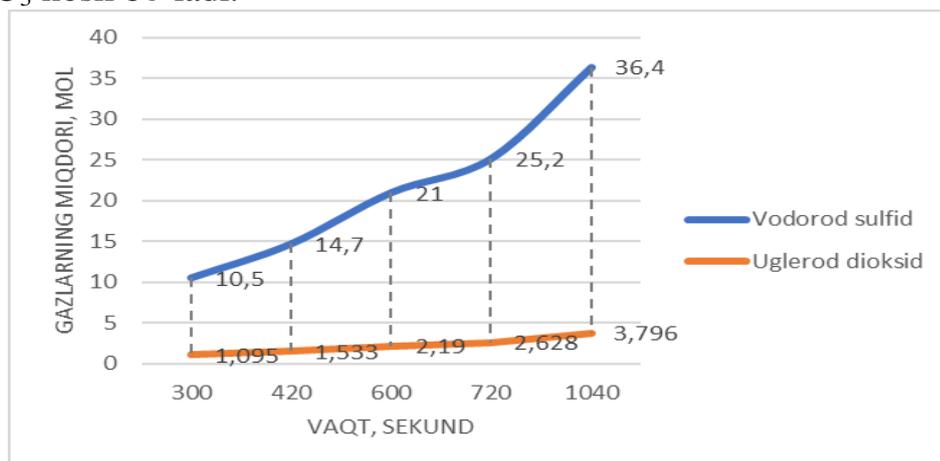
Ekspanzer gazlari tarkibidagi komponentlarning reaksiya davomida o'zgarish dinamikasi\*

Yutirish davomiyligi, sek	H <sub>2</sub> S miqdori, mol	CO <sub>2</sub> miqdori, mol	NaOH miqdori, % massa	Ca(OH) <sub>2</sub> miqdori, % massa	CaS miqdori, g	CaCO <sub>3</sub> miqdori, g	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> miqdori, massa	Na <sub>2</sub> S miqdori, massa	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> miqdori, massa	NaHS miqdori, massa	Yutuvchi eritmaning pH
-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-	13.3
300	10.5	1.095	10.5	1.48	756	109.5	-	-	-	-	13
420	14.7	1.533	8.18	-	861.62	153.3	-	2.23	-	-	12.5
600	21	2.19	2.78	-	-	-	0.71	5.02	-	-	12
720	25.2	2.628	-	-	-	-	1.17	8.77	-	1.15	8.3
1040	36.4	3.796	-	-	-	-	-	-	1.8	13.02	8
<b>Jami</b>	36.4	3.796	1 kg	1 kg	861.62	36.5	116.07	-	189.2	1368	

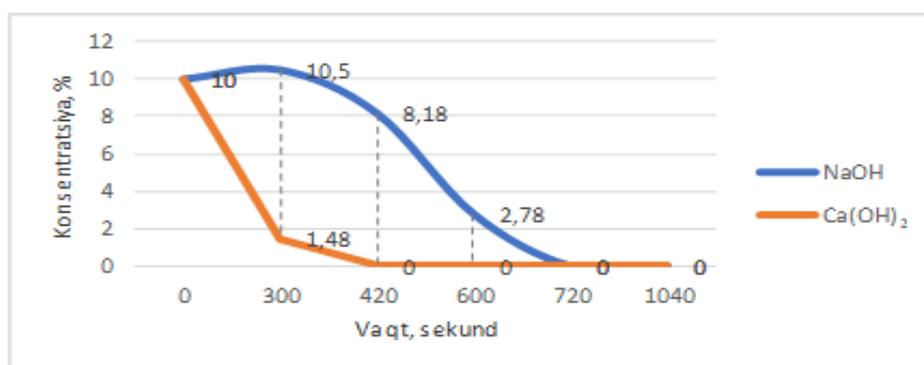
\*Yutuvchi eritma tarkibining vaqt ichida o'zgarishi, gaz yutilishi mol/sek hisobida. Yutirish uchun NaOH va Ca(OH)<sub>2</sub> eritmasi massasi 10 kg.

10 kg ishqor eritmasidan 1040 sekund davomida ekspanzer gazlari o'tkazilganda eritma to'yingan holatga keladi. Bunda jami 861.62 gr CaS cho'kmasi va 36.5 g CaCO<sub>3</sub> cho'kmasi hosil bo'ladi. Kalsiyning kislotali tuzidan eritmada 189.2 g hosil bo'ladi. Natriyning gidrosulfid tuzi esa eritmada 1368 gr hosil bo'ladi. 1040 sekunddan keyin eritma to'yingan bo'ladi, CO<sub>2</sub> yutilishi mumkin biroq H<sub>2</sub>S ning yutilishi keskin kamayib ketadi va H<sub>2</sub>S dan tozalab bo'lmaydi. Sutkalik ekspanzer gazlarini tozalash

uchun jami 830.7 kg ishqor eritmasi kerak bo‘ladi. Jarayon oxirida 71.574 kg CaS va 3.032 kg CaCO<sub>3</sub> hosil bo‘ladi.

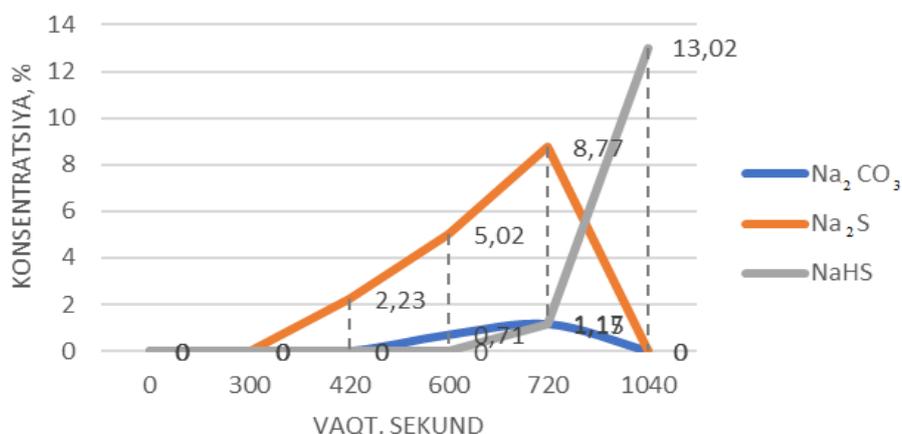


**1-rasm. Vaqt birligi ichida H<sub>2</sub>S va CO<sub>2</sub> ning ishqor eritmasiga yutilish dinamikasi**



**2-rasm. Yutilish jarayonida ishqorlar konsentratsiyasining vaqt birligi ichida o‘zgarishi**

Bunda NaOH miqdorining ma’lum bir vaqt ichida oshishi dastlab H<sub>2</sub>S va CO<sub>2</sub> gazlarining faqat Ca(OH)<sub>2</sub> bilan ta’sirlashganligini anglatadi. 10 kg ishqor eritmasidagi Ca(OH)<sub>2</sub> ning 420 sekundda tugaganligi sababli gazlar NaOH bilan ta’sirlashishni boshlaydi.



**3-rasm. Yutilish jarayonida natriy tuzlari konsentratsiyasining vaqt birligi ichida o‘zgarishi**

O'tkazilgan tajribalar vodorod sulfid va karbonat angidridni aralashmasini gaz aralashmalaridan suv-ishqor eritmasi tomonidan birgalikda yutishning murakkab bosqichli xarakterini ko'rsatdi va asosiy komponent –vodorod sulfidga nisbatan xemosorbsion jarayon darajasi va selektivligi bo'yicha chegaraviy shartlarni aniqlashga imkon beradi.

Shunday qilib, vodorod sulfid va karbonat angidridni NaOH-Ca(OH)<sub>2</sub> ning 10% li eritmasi tomonidan yutilish kinematikasini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida shu narsa aniqlandiki, yutuvchi eritma yuqori kimyoviy sig'imga va vodorod sulfidga nisbatan selektivlikka ega, bu NaOH faol komponentining to'liq bog'langanligiga qadar saqlanib qolinadi. Bu mazkur usulni tarkibiga vodorod sulfiddan tashqari karbonat angidrid kiradigan yo'ldosh va boshqa uglevodorod gazlarni tozalash uchun qo'llashga imkon beradi.

Dissertatsiyaning **“Aralash ishqoriy xemosorbsiya texnologik aspektlari”** deb nomlangan to'rtinchi bobida GGQIZ asosiy ish parametrlarining haqiqiy va me'yoriy qiymatlari ko'rsatilgan.

Gazli gazni qayta ishlash zavodining gazni qayta ishlash texnologik tizimidagi hosil bo'ladigan ekspanzer gazlari tarkib jihatidan metanga boy hisoblanib, bugungi kundagi mavjud texnologik tizimda ushbu gaz fakelga yuborilib yoqib atmosferaga chiqarib yuborilmoqda. Ushbu gazdan tovar gazi ishlab chiqarish uchun uni tarkibidagi yo'ldosh elementdan tozalash texnologiyasi va texnikasini ishlab chiqishni talab qiladi. Shu maqsadda ekspanzer gazini xemosorbsiyalab tovar gazi ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini tadqiq qilish uchun tajriba qurilmasi ishlab chiqildi.

Ushbu tajriba qurilmasi quyidagi asosiy jixozlardan tashkil topgan; ekspanzer gazi energiyasi bilan absorbent oqimini kichik tomchilarga ajratib, ularni to'liq aralashishini hisobidan kontak yuzalarini shakllantirib, qisman xemosorbsiyalashni amalga oshiruvchi ejektor tipidagi forsunka 1, aralashmani fazalarga ajratish sikloni 2, qisman to'yingan absorbentni yig'uvchi va qisman tozalangan gazni to'liq tozalanishini ta'minlovchi absorber 3, to'yingan ishqor eritmasi tarkibidagi qattiq faza cho'kmasini hosil qilish uskunasi 4, cho'kindidan tozalangan suyuqlikni yig'ish uskunasi 5 dan iborat. Yuqoridagilarga asoslanib texnologiya ishlab chiqildi. Ushbu tizimdagi har bir uskunani geometrik o'lchamlarini muhandislik hisoblashlar asosida aniqlangan.

Gazli gazni tozalash zavodi ekspanzer gazi tarkibiga asoslangan holda 50 kg model eritma tayyorlandi. Vodorod sulfidni gazlardan chiqarib yuborishning mavjud bo'lgan jarayonlari bir qator texnologik va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha ekspanzer gazini vodorod sulfiddan tozalash uchun tavsiya etilmaydi. Shuning uchun ekspanzer gazni maqbul qo'llash muammosiga va uni tayyorlash texnologiyalariga yangi yondoshuvlarni ishlab chiqish dolzarb masala bo'lib hisoblanadi. Gazlarni oltingugurtsizlantirish uchun eng oddiylaridan bo'lib suyuq yutuvchilar bilan bir qatorda qattiq yutuvchilarni ham qo'llash bilan xemosorbsion jarayonlar guruhi hisoblanadi.

## Absorberning ishlash parametrlari

Parametrlar	Haqiqiy qiymatlar	Reglament bo'yicha qiymat
Qurilmaga gazning kirish bosimi, kg/sm <sup>2</sup>	28 -29	46÷55
Qurilmaga gazning kirish harorati, °C	15-16	40 gacha
A – 101da tozalangan gazning harorati, °C 1,2 – chi bo'linma	-	56
4,5,6 – chi bo'linma	60-70	
A – 101da bir texnologik bo'linma uchun gaz sarfi, 1·10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /soat		62,5
1 – chi bo'linma	27	
2 – chi bo'linma	28	
4 – chi bo'linma	153	
5 – chi bo'linma	130	
6 – chi bo'linma	91	
D – 101da bir texnologik bo'linma uchun MDEA sarfi		
1 – chi bo'linma	45	50-55
2 – chi bo'linma	60	
4 – chi bo'linma	135	170,0
5 – chi bo'linma	160	170,0
6 – chi bo'linma	77	170,0
D – 101 pastidagi harorat, °C	115-120	120
D – 101yuqorisidagi harorat, °C	105-110	105
Xomashyo gazdagi H <sub>2</sub> S konsentratsiyasi, % hajm		-
1 – chi bo'linma	1,02	
2 – chi bo'linma		
4 – chi bo'linma		
5 – chi bo'linma		
6 – chi bo'linma		
Tozalangan gazda H <sub>2</sub> S konsentratsiyasi, mg / m <sup>3</sup>		
1 – chi bo'linma	8	
2 – chi bo'linma	10	
4 – chi bo'linma	8	
5 – chi bo'linma	8	
6 – chi bo'linma	11	

Sinov ishlarida quyidagilar amalga oshirildi:

- gaz muhitidan suv-ishqoriy eritma bilan vodorod sulfid va uglerod (IV) – oksidini birgalikda yutilishini o'rganish uchun eksperiment uslubiyoti ishlab chiqildi, gazni suyuq fazali xemosorbsion tozalash jarayonida ular reaksiyalarining asosiy qonuniyatlari aniqlandi;

- vodorod sulfidni yutishda hosil bo'ladigan eritmani regeneratsiyalash, almashtirish, hosil bo'lgan qo'shimcha mahsulotlarni ajratib olindi;

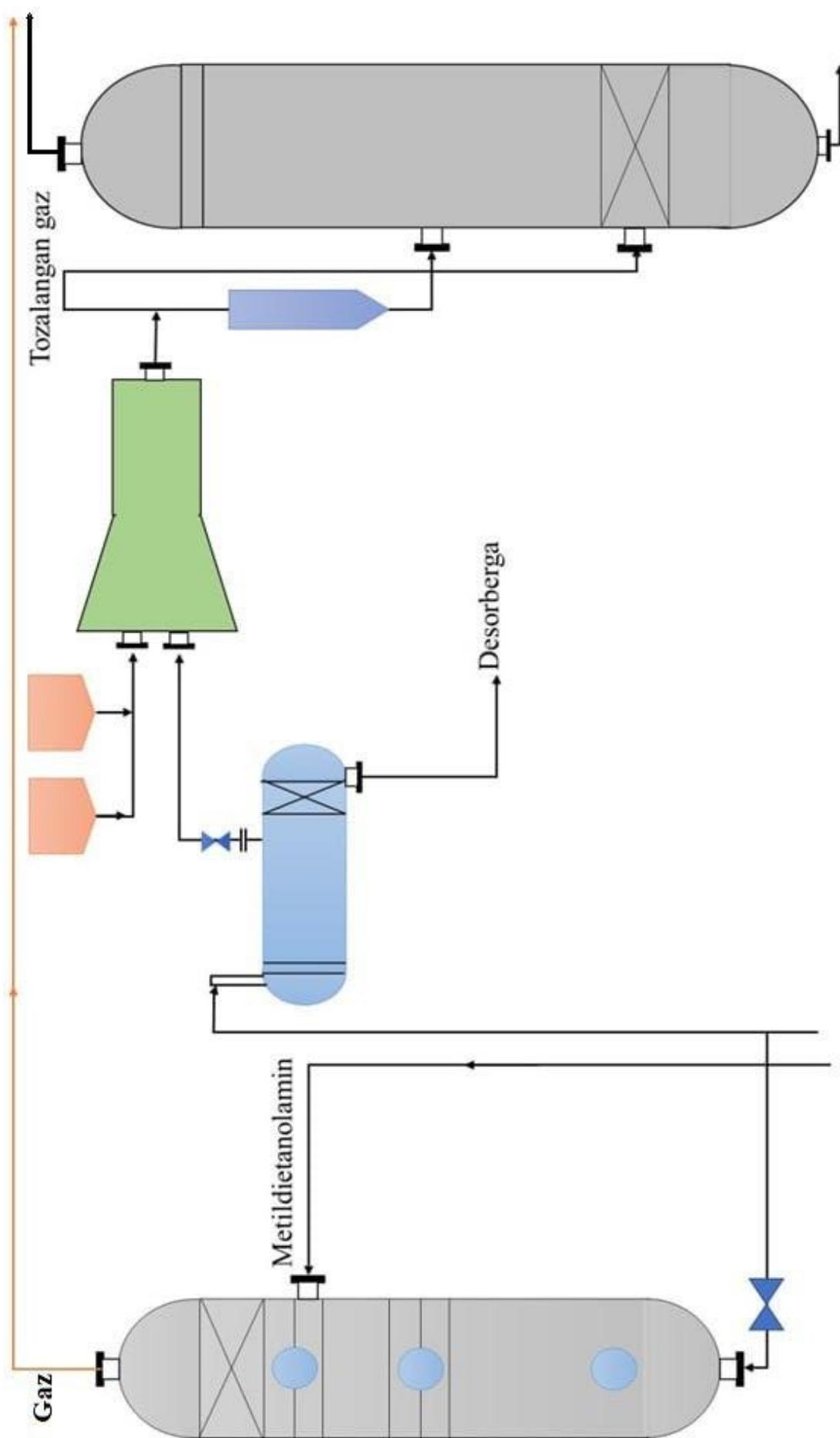
- ishlatib bo‘lingan ishqoriy eritmani utilizatsiya qilish imkoniyatini baholandi;
- aralash ishqoriy muhitda karbonat anhidridning vodorod sulfid bilan birgalikda ta’siri va xemosorbsiya jarayoni o‘rganildi.

Xemosorbsiya natijasida ekspanzer gazining oldingi va keyingi tarkiblari gaz xromatografiya usulida tahlil qilindi va 4-jadvalda keltirilgan natijalar olindi.

**4-jadval**

**Ekspanzer gazining xemosorbsiya natijalari**

Tozalashdan keyingi	Ekspanzer gaz	Namuna olingan joy	Sana		Ko‘rsatki chlar	Komponent tarkibi, % mol.											
			P, G/cm <sup>2</sup>	T, °C		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	iC <sub>4</sub>	nC <sub>4</sub>	iC <sub>5</sub>	nC <sub>5</sub>	C <sub>6+v</sub>	∑ C <sub>5+v</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>
12.07.2023	5,0	43,0	5,0	43,0	94,34	3,68	0,80	0,086	0,14	0,043	0,043	0,38	0,46	-	-	0,37	18,14
	86,80	3,39	0,74	0,08	0,13	0,04	0,04	0,35	0,43	0,77	7,32	0,34	18,681				



4-rasm. Ekspanzer gazlarini xemosorbsiyalash texnologiyasi tajriba qurilmasi

Olingan 4-jadval natijalardan ko‘rinib turibdiki, gaz tarkibidagi nordon komponentlar to‘liq yutilgan.

Mazkur dissertatsiyadagi qurilmalarning barcha kirish va chiqish parametrlari quyida siklonning hisoblash parametrlarini aniqlash ketma-ketligi hisoblab chiqilgan. Ekspanzer gazini xemosorbsiya jarayonini tadqiq qilish uchun ishlab chiqilgan tajriba uskunasidagi keyingi texnologik jarayon siklon uskunasida kechadi, bu yerda apparatga kirib kelayotgan suyuq va gaz fazalari aralashmasi ikkita suyuq va gaz fazalariga ajratilishi kerak.

Jarayonni texnologik rejimini topish uchun uyurmali ta’sir amalga oshadigan siklonning barcha parametrlari hisoblandi. Siklon uskunasiga  $163,2 \text{ kg/soat} = 0,163 \text{ m}^3/\text{sek}$  miqdordagi suyuq faza va aralashmasi kelib turadi. Aralashmadagi suyuq faza konsentratsiyasi  $y_b = 1,9 \%$ , tozalangan gaz aralashmasi oxirgi konsentratsiyasi  $y_0 = 0,001 \%$ , dispers faza tizimining zichligi  $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$ , dispers muhitning zichligi  $\rho_m = 1,2 \text{ kg/m}^3$ , dispers muhitning qovushqoqligi  $\mu = 2,01 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$ . Siklonda cho‘kayotgan zarrachalarining eng kichik diametri  $d = 30 \text{ mkm}$ .

Siklonni hisoblash uchun jarayonning moddiy balans tenglamasi asosida tozalangan gaz va suyuqlik zarrachalarining miqdorini aniqlandi:

$$G_0 = G_s \frac{100 - y_{\delta}}{100 - y_0}$$

bu yerda  $G_s$  – tozalanayotgan gaz aralashmasining miqdori  $G_s = 163,2 \text{ kg/s}$ .

$$G_0 = G_s \frac{100 - y_{\delta}}{100 - y_0} = 163,2 \frac{100 - 1,9}{100 - 0,001} = 160,1 \text{ kg/s}$$

Gaz aralashmasidan ajratilgan suyuq zarrachalarining miqdori.

$$G_r = G_s - G_0 = 163,2 - 160,1 = 3,1 \text{ kg/s}$$

$$G_s = G_0 + G_r = 160,1 + 3,1 = 163,2 \text{ kg/s}$$

Tizimning zichligi:

Siklonga kirayotgan gaz aralashmasining zichligi:

$$\rho_T = \frac{100}{\frac{y_{\delta}}{\rho_c} + \frac{100 - y_{\delta}}{\rho_{gm}}} = \frac{100}{\frac{1,9}{1000} + \frac{98,1}{1,2}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

Tozalangan gazning zichligi:

$$\rho_n = \frac{100}{\frac{y_0}{100} + \frac{100 - y_0}{\rho_{gm}}} = \frac{100}{\frac{0,001}{100} + \frac{100 - 0,001}{1,2}} = 1,18 \text{ kg/m}^3$$

Tizimning hajmi:

Kirayotgan tomchi gaz aralashmasining hajmi:

$$V_c = \frac{G_c}{\rho_k} = \frac{163,2}{1,2} = 136 \text{ m}^3$$

Tozalangan gaz aralashmasining hajmi:

$$V_m = \frac{G_0}{\rho_m} = \frac{160,1}{1,2} = 133,4 \text{ m}^3$$

Ajratilgan tomchili gaz zarrachalarining hajmi:

$$V_r = \frac{G_r}{\rho_c} = \frac{3,1}{1000} = 0,0031 \text{ m}^3$$

Qurilmaning unumdorligi.

$$V_c = \frac{G_c}{\rho_{gm}} = \frac{163,2}{1,2 \cdot 3600} = 0,0373 m^3$$

Konstruktiv hisob.

Markaziy chiqish quvurining radiusini aniqlandi:

$$r_T = \sqrt{\frac{V_c}{\pi w_T}} = \sqrt{\frac{0,037}{3,14 \cdot 2}} = 0,077 m$$

bu yerda  $w_T$  - quvurdagi gaz oqimining tezligi  $w_t = 2 \div 5$  bo'lgani uchun  $w_t = 2$  m/s deb qabul qilinadi.

Gaz aralashmasi kiradigan shtutserning o'lcham kattaliklarini aniqlandi. Bu holda uning balandligini eniga bo'lgan nisbatini 2 ga teng deb olib, shtutserdagi gaz oqimining tezligini  $w_{sht} = 21$  m/s deb olinadi.

Shtutserning kengligi:

$$e = \sqrt{\frac{V_c}{2 \cdot w_{sh}}} = \sqrt{\frac{0,037}{2 \cdot 21}} = 0,04 m$$

Shtutserning balandligi  $h = 0,7$  m.

Silindrsimon korpusning radiusini quyidagi tenglama orqali hisoblandi.

$$r_2 = r_1 + \delta_1 + \Delta r$$

bu yerda  $\delta_1$  - markaziy chiqish quvurining qalinligi. Uning qiymatini  $\delta_1 = 0,05$  m deb olindi.

$\Delta r$  - korpus silindr qismining yuzasi bilan markaziy chiqish quvuri orasidagi masofa. Uning qiymatini  $\Delta r = 0,395$  m deb qabul qilindi.

Bu holda

$$r_2 = r_1 + \delta_1 + \Delta r = 0,01 + 0,05 + 0,395 = 0,455 m$$

Siklondagi gaz oqimining aylanma tezligini aniqlandi:

$$w_{ts} = \frac{w_{sh}}{c} = \frac{2,1}{1,4} = 1,5 m/s$$

bu yerda  $c = 1,4$ .

Siklondagi gaz oqimining aylanish radiusi ikki xil usul bilan aniqlanadi.

o'rtacha logarifmik:

$$r_{o'rt} = \frac{r_2 - (r_1 + \delta_1)}{2,3 \cdot \lg \frac{r_2}{r_1 + \delta_1}} = \frac{0,455 - 0,06}{2,3 \cdot \lg \frac{0,455}{0,06}} = 0,195 m$$

o'rtacha arifmetik:

$$r_{o'rt.a} = \frac{r_2 + (r_1 + \delta_1)}{2} = \frac{0,455 + 0,06}{2} = 0,258 m$$

Siklondagi gaz oqimining aylanma burchak tezligi:

$$w_s = \frac{w_{ts}}{r_{o'rt.a}} = \frac{15}{0,258} = 58,1 m/s$$

O'tish rejimida chang zarrachalarining siklondagi markazdan qochma kuch ta'sirida harakat tezligini hisoblandi:

$$w = \frac{\mu \cdot g}{d \cdot \gamma} \cdot (\varepsilon \cdot Ar \cdot Fr) \frac{1}{r-n} = \frac{2,05 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-6} \cdot 1,06} \left( \frac{23,8}{13,9} \right)^{0,74} \cdot 0,77 = 0,71 \text{ m/s}$$

$$n = 0,6 \quad Ar \cdot Fr = \frac{\delta^3 \cdot \rho_1 \cdot \rho \cdot g}{\mu^3} \cdot \frac{w^2 \cdot r_c}{g}$$

Gazning siklonda bo'lish vaqtini topildi.

$$Q = \frac{\Delta r}{w} = \frac{0,395}{0,71} = 0,55 \text{ s}$$

Siklonning ishchi hajmini hisoblandi.

$$V_u = V_c \cdot \theta = 0,037 \cdot 0,55 = 0,021 \text{ m}^3$$

Siklon korpusining silindrik qismining balandligini ushbu formula yordamida hisoblab topish mumkin:

$$H = k \cdot \frac{V_u}{\pi \cdot [r_2^2 - (r_1 + \delta_1)^2]}$$

k- silindrik balandlik qismining zahira koeffitsienti, k = 1,25 deb olinadi.

$$H = 1,25 \cdot \frac{0,021}{3,14 \cdot [0,455^2 - 0,06^2]} = 0,1 \text{ m}$$

Siklon konus qismining balandligini topishda ushbu formula qo'llanilsa bo'ladi:

$$H_k = (r_2 - r_0) \cdot \text{tg} \alpha_0$$

bu yerda  $r_0$  - konusning pastki qismidagi chiqadigan moslamaning radiusi, m. Odatda uning qiymati  $r_0 = 0,2$  ga tengdir.

$\alpha_0$  - konus hosil qiluvchi qism bilan korpus radiusi orasidagi burchak,  $\text{tg} \alpha_0$  burchagining qiymatini  $60^\circ$  deb olindi.  $\text{tg} \alpha_0 = 60^\circ$ .

$$N_k = (1 - 0,2) \cdot \text{tg} 60^\circ = 0,1 \text{ m}$$

Siklondagi gaz oqimi o'ramlarining aylanishlar sonini hisoblandi.

$$n = \frac{\theta \cdot w_u}{2 \cdot \pi} = \frac{0,55 \cdot 18,2}{2 \cdot 3,14} = 1,59 \approx 1,6$$

Hisoblangan geometrik o'lchamlar asosida siklonni tayyorlandi.

Zavodda bir yilda 2189,6 ming  $\text{m}^3$  ekspanzer gazi fakelda yondirib yuboriladi. Uning komponentlar tarkibi 5-jadvalda keltirilgan.

**5-jadval.**

### Ekspanzer gazining tarkibi

Namuna olingan joy	Komponent tarkibi, % .			
	C <sub>1</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>
Ekspanzer gaz	86,80	0,77	7,32	0,34
Miqdori, ming $\text{m}^3$	1900,57	16,83	160,27	7,44

Yil davomida ekspanzer tarkibidagi nordon komponentlarni xemosorbsiyalash uchun 39 kmol ishqoriy aralashma sarflanadi va buning natijasida 375 t cho'ktirilgan bo'r ishlab chiqarish imkoniyati yaratiladi. Shuningdek, fakel gazlari bilan yondirib yuboriladigan 5 atm bosimga ega bo'lgan ekspanzer gazi aralash xemosorbtsion usulda tozalanganda 1,9 mln.  $\text{m}^3$  metan ishlab chiqarish ortishiga erishiladi.

Agar 1 t ohakning narxi 600 000 so‘m bo‘lsa, 1 t cho‘ktirilgan bo‘rning bozor narxi 700 000 so‘m atrofidadir. Bir yilda esa bu farq quyidagicha bo‘ladi:

$$(700\ 000-600\ 000)\cdot 365=36\ 500\ 000\ \text{so‘m.}$$

Hosil bo‘lgan natriy sulfid uchun esa 2857 kg kaustik soda sarflanadi va buning natijasida 2785 kg natriy sulfid olishga erishiladi.

Natriy sulfidning narx solishtirmasi esa sarflangan kaustik sodaning narxini to‘liq qoplaydi.

Shuningdek, aholiga beriladigan gazning 0,5 atm bosimda narxi 285 so‘m/ m<sup>3</sup>  
 $1\ 900\ 000\cdot 10\cdot 285=5\ 415\ 000\ 000\ \text{so‘m ya’ni, } 5\ 415\ \text{mln. so‘mni tashkil etadi.}$

### **XULOSALAR:**

1. Ekspanzer gazlarini nordon komponentlardan aralash ishqoriy xemosorbsion tozalashning termodinamik aspektlari asosida aralash xemosorbsiya jarayonining yo‘nalishi eritma muhiti pH=8 dan yuqori bo‘lganda samarali ekanligi aniqlandi.

2. Ekspanzer gazi tarkibidagi nordon komponentlar karbonat angidrid va vodorod sulfidlarni natriy gidroksid va kalsiy gidroksidning 10 % li eritmalari 9:1 nisbatdagi suvdagi model eritmasi bilan aralash xemosorbsiyalash selektivligi ancha yuqori bo‘lib, eruvchan kalsiy gidrokarbonatga o‘tishi aniqlandi.

3. Gaz tarkibidagi nordon komponentlarni aralash xemosorbsiya qilish natijasida natriy sulfid va kalsiy karbonat hosil bo‘lishi aniqlandi.

4. Tajriba - sanoat miqyosida ekspanzer gazidan vodorod sulfid va karbonat angidridni kompleks ishqoriy aralash xemosorbsiyasi hosil bo‘ladigan mahsulotlarga nisbatan selektivligi bilan ajralib turadi va xemosorbentning dinamik sig‘imi kichik miqdorlarda foydalanish mumkinligi ko‘rsatib berildi.

5. Iqtisodiy hisoblashlar, ekspanzer gazini istemol gaziga aylanishi hisobiga yiliga 5 mlrd. so‘m iqtisodiy foyda va 1,9 mln. m<sup>3</sup> toza tabiiy gaz ishlab chiqarish imkonini berishi bilan ekspanzer gazini suyuq fazali xemosorbsion tozalash texnologiyasi foydaliligini tasdiqladi.

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

---

**БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**ОБИДОВ ХАМИД ОЛИМОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЩЕЛОЧНОЙ ОЧИСТКИ  
ЭКСПАНЗЕРНЫХ ГАЗОВ ОТ КИСЛЫХ КОМПОНЕНТОВ**

**02.00.08 – Химия и технология нефти и газа**

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

**Бухара –2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером В.2022.4.PhD/T3227**

Диссертация выполнена в Бухарском инженерно-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) и информационно-образовательном портале Ziyonet ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Ахмедов Вохид Низомович</b> кандидат технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Махмудов Мухтор Жамолович</b> доктор химических наук, профессор <b>Уринов Улугбек Комилжонович</b> доктор технических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Институт общей и неорганической химии</b> <b>Академии наук Республики Узбекистан</b>

Защита диссертации состоится 20 июня 2025 г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/28.02.2022.T.101.01 при Бухарском инженерно-технологическом институте (Адрес: 200117, г.Бухара, ул.К. Муртазаева 15, тел.: (+99865) 223-78-84, факс: (+99865) 223-78-84, e-mail: [info\\_bmti@edu.uz](mailto:info_bmti@edu.uz))

Докторская диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Бухарского инженерно-технологического института (зарегистрировано за № 368) (Адрес: 200117, г.Бухара, ул. К. Муртазаева 15, тел. (+99865) 223-78-84

Автореферат диссертации разослан 10 июня 2025 года.

(Протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 года).

**Ф.С. Фозилов**

Председатель Научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

**А.Т.Олтиев**

Учёный секретарь Научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, доцент

**Х.Б. Дустов**

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению учёных степеней, доктор химических наук, профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мире наблюдается высокий рост в сферах переработки нефти и газа, выделения кислых компонентов из газа, а также в производстве импортозамещающей продукции. В частности, ведутся научные исследования по синтезу новых наноструктурированных композиционных типов сорбентов, разработке технологий их использования для очистки газов, образующихся при переработке нефти и газа, от кислых примесей, повышению стабильности физико-химических свойств сорбентов и улучшению экологической обстановки на предприятиях нефтегазопереработки, переработке вторичных сорбентов. В связи с этим актуальным является создание эффективных, энергосберегающих техники и технологий щелочной очистки экспанзерного газа, образующегося в системе газопереработки и при отделении кислых компонентов.

Во всем мире ведутся исследования по совершенствованию устройств и технологий эффективной очистки различных газов, образующихся в сложной системе добычи и переработки нефти и газа, а также по созданию современного оборудования и технологий на основе инновационных технологий. В частности, определенные результаты достигаются в совершенствовании методов очистки природных и отходящих газов от серосодержащих органических соединений, меркаптанов, карбонилсульфида, оксида углерода (IV), сероуглерода и сульфидных эфиров, а также в создании новых высокоэффективных композиционных абсорбентов для очистки газов и совершенствовании технологий очистки на предприятиях нефтегазопереработки. В связи с этим особое внимание уделяется повышению энергоэффективности аппаратов, используемых в технологических системах первичной очистки газа, разработке современных методов и созданию технологий в системе качественной очистки газа.

В республике в последние годы уделяется особое внимание нефтяной и газохимической промышленности, проводится реконструкция Шуртанского, Мубаракского и Газлинского газоперерабатывающих заводов и комплексов и создание дополнительных цехов, в которых осуществляется высокоэффективное производство нефтегазопродуктов по новой технологии. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи по «Модернизации, техническому и технологическому переоборудованию предприятий химической промышленности». В этой связи важное значение приобретают научные исследования, направленные на создание методов производства продуктов органического и неорганического синтеза на основе нефти и газа, местного сырья, улучшение структуры, физико-химических, технологических и эксплуатационных свойств получаемых продуктов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени послужат реализации задач, обозначенных указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022

— 2026 годы»<sup>1</sup>, от 23 октября 2019 года № УФ-5853 «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы», от 3 апреля 2019 года № ПП-4265 « О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности» и от 25 октября 2018 года № ПП-3983 «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», также задач, определенных нормативными правовыми актами, касающимися данной деятельности.

**Соответствие научных исследований приоритетным направлениям развития науки и техники в республике.** Данная научно-исследовательская работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением Государственной программы развития науки и технологий Республики Узбекистан VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В направлении совершенствования технологии очистки природных и вторичных газов от сернистых соединений различными адсорбентами и абсорбентами в зарубежных странах заслуживает внимания работы таких выдающихся ученых как Ю. Аксельрод, С.Бланк, А.Коул, Х.Ман, А.Афанасьев, Д.Кемпбелл, В.Рогозин, В.Мастек, А.Луни, Е.Диллон, Ю.Г.Фролов. В Нашей Республике Б.Н.Хамидов, М.Р.Юнусов, В.Р.Гуро, С.М.Туробжанов вели и продолжают научные исследования в области очистки газов от кислых компонентов. Также в этом направлении разработаны оптимальные решения технологических параметров получения и использования смешанных сорбентов, соотношения состава различных сорбентов и смешанных сорбентов, а также технологии получения высокоэффективных смешанных сорбентов, очищающих кислые компоненты. В то же время научная работа ведется по направлению синтеза смешанных сорбентов и применению в них новых активных добавок, улучшающих защиту промышленных установок от коррозии, обладающих высокой абсорбционной способностью, снижающих температуры абсорбции и десорбции, не образующих большого количества пены, меньшим расходом абсорбентов, обеспечивающих увеличение срока службы абсорбента, изучению их технологических, практических, экологических и экономических аспектов. Поэтому с ростом спроса на охрану окружающей среды сегодня становится все более актуальным не допускать выброса факельных газов и других кислых компонентов в атмосферу, максимальным использованием природного газа.

Анализ научно-технической литературы показал, что такие проблемы, как внедрение производства и технологий в промышленных масштабах на основе недорогих и экологически безвредных методов с использованием природных ресурсов с высокой эффективностью, изучены недостаточно.

**Связь исследования диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного заведения, где выполнена диссертация.**

Диссертационная работа выполнена в рамках хозяйственного договора плана НИР Бухарского инженерно-технологического института по теме 18-

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 // <https://lex.uz/docs/5841063>

18/2021 «Создание технологии производства одорирующих веществ, добавляемых в природный газ» (2021-2024 гг).

**Целью исследований** является совершенствование процесса и технологии смешанной хемосорбционной очистки кислых компонентов экспанзерного газа с использованием гидроксидов щелочных и щелочноземельных металлов.

**Задачи исследования:**

разработка методики эксперимента по изучению совместного поглощения сероводорода и оксида углерода (IV) из газовой среды в водно-смешанной щелочной среде, выявление основных закономерностей их реакций в процессе жидкофазной хемосорбционной очистки газа;

расчет термодинамических параметров процесса очистки кислого состава экспанзерного газа в смешанных щелочных средах;

регенерация раствора, образующегося при поглощении сероводорода, замещение, выделение образующихся побочных продуктов;

оценка возможности утилизации отработанного щелочного раствора;

изучение совместного действия углекислого газа с сероводородом в смешанной щелочной среде и процесса хемосорбции;

совершенствование технологии, смешанной щелочной хемосорбционной очистки кислых компонентов.

**Объектом исследования** являются экспанзерный газ Газлинского газоперерабатывающего завода, гидроксид натрия, гидроксид кальция.

**Предметом исследования** является очистка кислого содержимого экспанзерного газа методом смешанной хемосорбции, а также установление общих закономерностей механизма хемосорбции при расчете термодинамических параметров хемосорбции смешанных щелочных растворов.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы использованы методы смешанной хемосорбции, гравиметрии, рН-метрического анализа, газовой хроматографии, а также расчет термодинамических параметров для предварительной оценки процесса.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

научно обосновано оптимальное предельное значение среды для смешанного хемосорбционного метода очистки экспанзерного газа от сероводорода и диоксида углерода равно  $\text{pH}$  8 и выше, в результате образуется щелочная среда;

рассчитаны термодинамические параметры процесса смешанной хемосорбции в присутствии гидроксидов щелочных и щелочноземельных металлов, а также созданы оптимальные условия для протекания реакции в соответствующих соотношениях смесей;

в результате изучения взаимодействия сероводорода и диоксида углерода в процессе абсорбции в процессе смешанной хемосорбции установлено соотношение 10% гидроксидов составляет 9:1;

определены оптимальные параметры технологического процесса смешанной хемосорбции, а также на основе оптимальных условий научно обоснована технология хемосорбционной очистки экспанзерного газа.

### **Практические результаты исследования следующие:**

разработан метод смешанной хемосорбции кислых компонентов экспанзерных газов на основе 10% растворов NaOH и 10% Ca(OH)<sub>2</sub>;

разработана технологическая схема эффективной очистки экспанзерного газа на основе термодинамических параметров процесса смешанной хемосорбции в зависимости от кислых компонентов газа;

определены направление и выход всех химических реакций, протекающих в процессе смешанной хемосорбции на основе термодинамических параметров;

усовершенствована технология нагрева и направления очищенного от кислых компонентов газа на факельные системы на основе метода смешанной хемосорбции.

**Достоверность результатов** исследования объясняется использованием термодинамических закономерностей в процессе очистки газа экспанзера, обоснованием оптимальных режимов для процесса хемосорбции, соответствием результатов, полученных в лабораторных и полупромышленных установках, теоретическими данными, совершенствованием технологии эффективной очистки газа экспанзера на основе оптимальных модульных соотношений гидроксидов, а также внедрением данной технологии в производство.

### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость полученных результатов объясняется тем, что в ходе исследования установлена зависимость процесса хемосорбции от концентрации щелочей и растворимости кислотных компонентов газа, а также тем, что для очистки газа экспанзера был выбран метод смешанной хемосорбции на основе соответствующих концентраций растворов NaOH и Ca(OH)<sub>2</sub> и разработан щелочной метод и технология очистки.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что метод хемосорбции способствует снижению объема образующихся факельных газов, увеличению объема производства очищенного газа, снижению степени коррозии в трубопроводах и увеличению срока их службы.

### **Внедрение результатов исследования.**

На основе научных результатов по совершенствованию технологии очистки экспанзерного газа от кислых компонентов методом хемосорбции с использованием щелочей и щелочноземельных гидроксидов:

технология щелочной очистки газов была внедрена на Газлинском заводе по переработке газа (справка №01/1-24-1738 от 2 августа 2023 года Газлийского управления добычи нефти и газа). В результате был организован процесс хемосорбции на основе 10% растворов NaOH и Ca(OH)<sub>2</sub>, что обеспечило полное удаление сероводорода и углекислого газа из состава газа;

устройство очистки газа методом смешанной хемосорбции включено в «Перечень перспективных разработок для внедрения в практику газоперерабатывающего завода на 2024-2026 годы» (справка №01/1-24-1738 от 2 августа 2023 года Газлийского управления добычи нефти и газа). В результате появится возможность очистить 1,9 млн м<sup>3</sup> экспанзерного газа, ежегодно сжигаемого на факеле, от химических кислых компонентов и перевести его в

товарный газ.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были обсуждены на 8 международных и 2 республиканских научных конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 23 научных работ, в том числе 6 научных статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских (PhD) диссертаций, в том числе 3 зарубежных и 3 республиканских научных журналах.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 114 страниц.

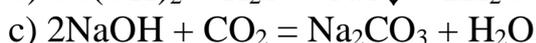
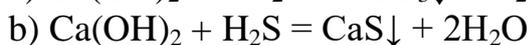
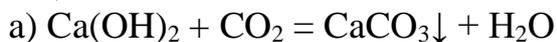
## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обосновывается актуальность и необходимость темы диссертации, излагаются цели и задачи исследования, а также объект и предмет исследования, приводится соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, проводится работа по внедрению результатов исследования в практику и публикации, приводятся данные о проделанной работе и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Классификация кислых компонентов в составе газа и тенденции развития методов очистки»**, были изучены данные зарубежных и отечественных научно-технических изданий и технологических регламентов, относящихся к исследованию, информация о мировых и республиканских исследованиях в нефтегазовой промышленности, проанализирован ряд научных источников.

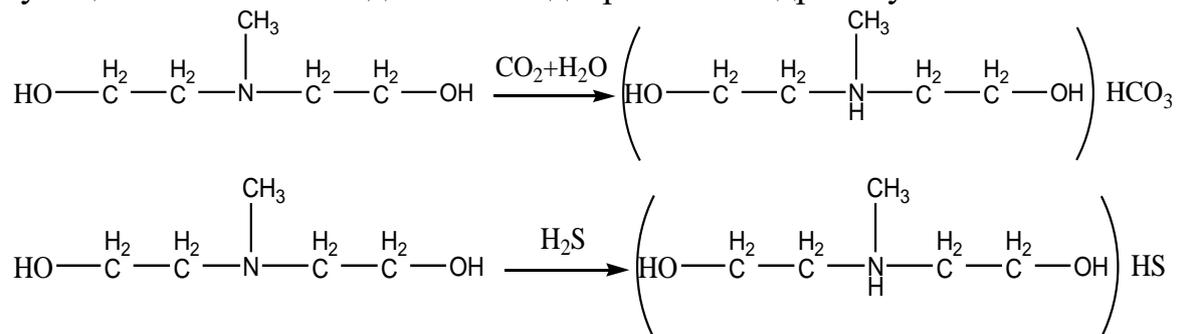
Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Определение химического состава, физико-химических свойств экспанзерного газа и выбор методов исследования»**, анализируются характеристики объектов исследования, методика проведения опытов, исходные вещества, их описание и их основные физико-химические свойства. В диссертации подробно описаны все применяемые методы.

В третьей главе диссертации, озаглавленной **«Термодинамические аспекты воздействия смешанных щелочных компонентов на кислые газы»** обоснована хемосорбция. На сегодняшний день суточный выброс экспанзерных газов составляет в среднем 200 м<sup>3</sup>. Он содержит 8-8,8% H<sub>2</sub>S, 3-3,7% CO<sub>2</sub>, 1-1,2% водяного пара, до 0,2% MDEA, а остальное – газ CH<sub>4</sub>. В процессе очистки экспансионных газов в выбранных абсорбционных растворах происходят следующие химические реакции:





Наряду с этими процессами происходит реакция МДЭА с  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . Однако образующиеся солевые соединения подвергаются гидролизу:



На основании химических реакций, происходящих в процессе абсорбции, были получены следующие результаты и сделаны соответствующие выводы. Зная, что при взаимодействии  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  образуется осадок, было установлено, какой из осадков образуется относительно больше. При этом использовалось произведение растворимости отложений. Кратные растворимости осадка:  $\text{PR}_{\text{CaCO}_3} = 3.8 \cdot 10^{-9}$ ,  $\text{PR}_{\text{CaS}} = 1.3 \cdot 10^{-8}$ . Как видно из произведения растворимости, в процессе образуется только  $\text{CaCO}_3$  с высоким выходом.

$$\text{PR}_{\text{CaCO}_3} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 3.8 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{l}^2$$

Параллельно в этом технологическом процессе идет и следующая реакция:



Вычислена энергия Гиббса этой реакции.

$$\Delta H = H_{\text{прод.}} - H_{\text{исх.}}$$

$$\Delta H = (H_{\text{Na}_2\text{S}} + H_{2 \cdot \text{H}_2\text{O}}) - (H_{\text{H}_2\text{S}} + H_{2 \cdot \text{NaOH}})$$

$$\Delta H = (-374.47 - 2 \cdot 285.83) - (-20.9 - 2 \cdot 470.45) = 15.67 \text{ kJ}$$

После вычисления энтальпии химической реакции вычисляется ее энтропия:

$$\Delta S = S_{\text{прод.}} - S_{\text{исх.}}$$

$$\Delta S = (S_{\text{Na}_2\text{S}} + S_{2 \cdot \text{H}_2\text{O}}) - (S_{\text{H}_2\text{S}} + S_{2 \cdot \text{NaOH}})$$

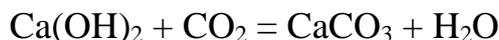
$$\Delta S = (79.5 + 2 \cdot 69.91) - (205.69 + 2 \cdot 48) = -82.37 \text{ J} = -0.08237 \text{ kJ}$$

После вычисления значений энтальпии и энтропии через них вычислялась энергия Гиббса.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 15.67 - 298 \cdot (-0.08237) = 40.21 \text{ kJ}$$

В результате непрореагировавший сероводород образует  $\text{Na}_2\text{S}$  с  $\text{NaOH}$ . На основании приведенных данных была рассчитана энергия Гиббса и определено направление реакции  $\text{CaCO}_3$ .



$$\Delta H = H_{\text{прод.}} - H_{\text{исх.}}$$

$$\Delta H = (-1206.8 - 285.83) - (-985.1 - 393.51) =$$

$$= (-1492.63) + (1378.61) = -114.02 \text{ kJ}$$

$$\Delta S = S_{\text{прод.}} - S_{\text{исх.}}$$

$$\Delta S = (91.7 + 69.91) - (83.4 + 213.67) = -135.46 \text{ J}$$

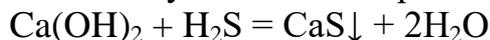
После вычисления энтальпий и энтропий по термодинамическим

параметрам на их основе рассчитывалась энергия Гиббса при образовании  $\text{CaCO}_3$ .

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = -114.02 - 298 \cdot (-135.46 \cdot 10^{-3}) = -73.65 \text{ кДж}$$

Таким образом, значение энергии Гиббса составило -73,65 кДж. Это означает, что он принадлежит к классу спонтанных реакций.



На основании приведенных выше расчетов была определена энергия Гиббса при образовании  $\text{CaS}$ .

$$\begin{aligned} \Delta H &= (-476,98 - 2 \cdot 285,83) - (-985,1 - 20,9) = \\ &= (-1048.64) + (1006) = -42.64 \text{ кДж} \end{aligned}$$

$$\Delta S = (56.61 + 2 \cdot 69.91) - (83.4 + 205.69) = -92.66 \text{ Дж}$$

$$\Delta G = -42.64 - 298 \cdot (-92.66 \cdot 10^{-3}) = -15,03 \text{ кДж}$$

Сравнивая энергию Гиббса осадков  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CaS}$ , было обнаружено, что энергия  $\text{CaS}$  высока. Это означает, что скорость образования и выход  $\text{CaCO}_3$  выше по сравнению с осадком  $\text{CaS}$ .

Для анализа газов месторождений нефти и газа проводятся опыты поглощения сероводорода из его смесей с углекислым газом через водно - щелочной раствор с целью разработки простой и надежной технологии удаления сероводорода и  $\text{CO}_2$  из экспанзерных газов.

**Таблица 1.**

**Состав экспанзерных газов на установке сероочистки газа  
Газлинского газоперерабатывающего завода**

<b>Компоненты состава экспанзерных газов</b>	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>3</sub></b>	<b>iC<sub>4</sub></b>	<b>nC<sub>4</sub></b>	<b>iC<sub>5</sub></b>	<b>nC<sub>5</sub></b>	<b>C<sub>6+v</sub></b>	<b>∑ C<sub>5+v</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>N<sub>2</sub></b>
Количество газов, %	86,80	3,39	0,74	0,08	0,13	0,04	0,04	0,35	0,43	0,77	7,32	0,34

Экспанзерный газ, выделяемый в газоперерабатывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, является одним из важнейших углеводородных ресурсов. Сегодня рост мирового потребления нефти и природного газа в сочетании с истощением их запасов диктует необходимость максимального использования всех видов углеводородных ресурсов.

При очистке экспанзерных газов от  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  смесью  $\text{NaOH-Ca(OH)}_2$  в зависимости от количества газов в растворе образуется смесь осадочных, средних и кислых солей. Суточный расход экспанзерных газов в Газли составляет около  $200 \text{ м}^3$  при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении 5 атм. Количество компонентов в нем при переводе этих газов в нормальные условия приведено в таблице 2.

$$PV=nRT$$

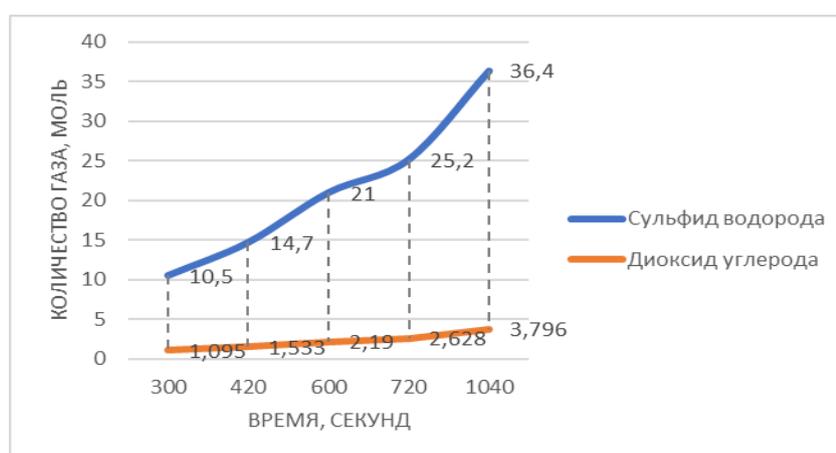
Таблица 2.

**Динамика изменения компонентов в экспанзерных газах в ходе реакции\***

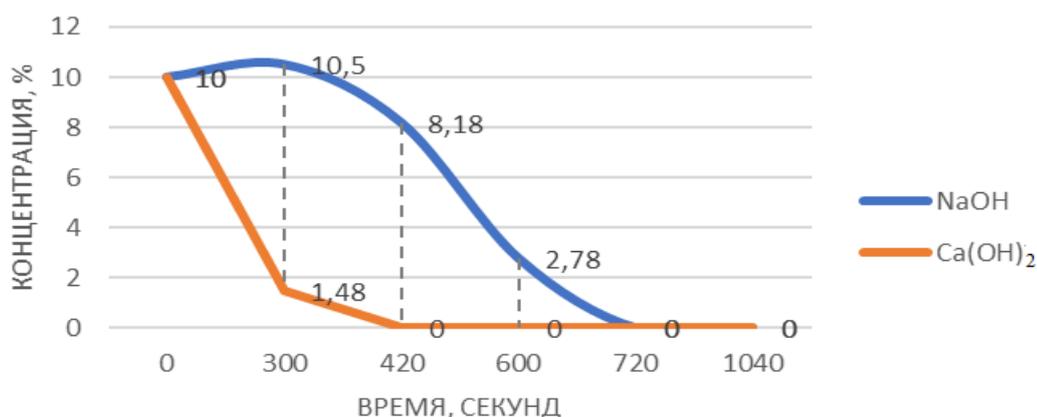
Продолжительность поглощения, с	Количество $H_2S$ , моль	Количество $CO_2$ , моль	Количество $NaOH$ , % масса	Количество $Ca(OH)_2$ , % масса	Количество $CaS$ , г	Количество $CaCO_3$ , г	Количество $Na_2CO_3$ , масса	Количество $Na_2S$ , масса	Количество $Ca(HCO_3)_2$ , масса	Количество $NaHS$ , масса	Изменение pH абсорбирующего
-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-	13.3
300	10.5	1.095	10.5	1.48	756	109.5	-	-	-	-	13
420	14.7	1.533	8.18	-	861.62	153.3	-	2.23	-	-	12.5
600	21	2.19	2.78	-	-	-	0.71	5.02	-	-	12
720	25.2	2.628	-	-	-	-	1.17	8.77	-	1.15	8.3
1040	36.4	3.796	-	-	-	-	-	-	1.8	13.02	8
<b>Всего</b>	36.4	3.796	1 kg	1 kg	861.62	36.5	116.07	-	189.2	1368	

\*Изменение состава абсорбирующего раствора за время, поглощение газа в расчете на моль/сек. Масса раствора  $NaOH$  и  $Ca(OH)_2$  для поглощения газа составляет 10 кг.

При пропускании экспанзерных газов через 10 кг раствора щелочи в течение 1040 с раствор переходит в насыщенное состояние. При этом образуется в общей сложности 861,62 г осадка  $CaS$  и 36,5 г осадка  $CaCO_3$ . Из кислой соли кальция в растворе образуется 189,2 г. С другой стороны, 1368 г гидросульфидной соли натрия образуется в растворе. Через 1040 секунд раствор насыщается,  $CO_2$  может быть поглощён однако поглощение  $H_2S$  резко снижается, и  $H_2S$  не может быть очищен. Для суточной очистки экспанзерных газов потребуется в общей сложности 830,7 кг раствора щелочи. В конце процесса образуется 71,574 кг  $CaS$  и 3,032 кг  $CaCO_3$ .

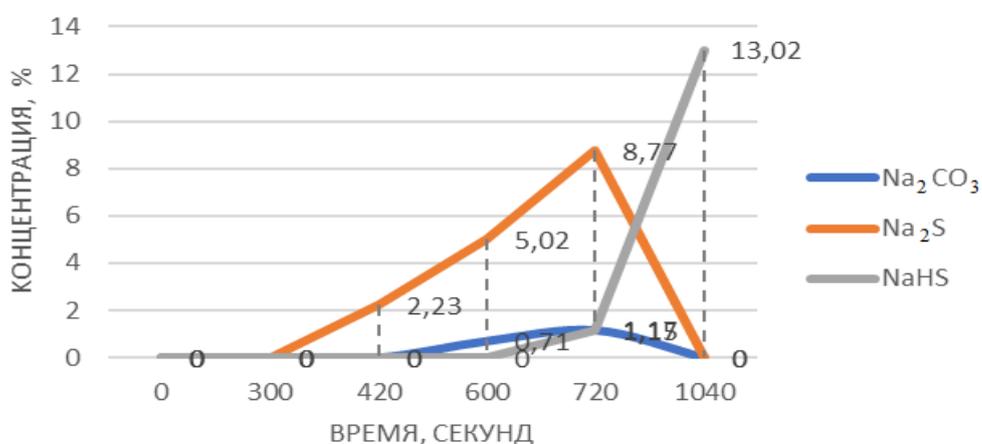


**Рисунок 1. Динамика поглощения  $H_2S$  и  $CO_2$  в растворе щелочи за единицу времени**



**Рисунок 2. Изменение концентрации щелочей в единицу времени в процессе поглощения**

При этом увеличение количества NaOH в течение определенного периода времени означает, что первоначально газы H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub> подвергались воздействию только Ca(OH)<sub>2</sub>. Поскольку Ca(OH)<sub>2</sub> в 10 кг раствора щелочи заканчивается через 420 секунд, газы начинают взаимодействовать с NaOH.



**Рисунок 3. Изменение концентрации солей натрия в единицу времени в процессе поглощения**

Проведенные опыты показали комплексный ступенчатый характер совместного поглощения сероводорода и углекислого газа из газовых смесей водно-щелочным раствором и позволяют определить предельные условия степени и селективности хемосорбционного процесса по отношению к основному компоненту – сероводороду. Так, исследования по изучению кинематики поглощения сероводорода и углекислого газа 10%-ным раствором NaOH-Ca(OH)<sub>2</sub> показали, что абсорбирующий раствор обладает высокой химической емкостью и селективностью по отношению к сероводороду, которая сохраняется до полного связывания активного компонента NaOH. Это позволяет применять данный метод для очистки спутниковых и других углеводородных газов, в состав которых кроме сероводорода входит углекислый газ.

В четвертой главе диссертации «**Технологические аспекты смешанной щелочной хемосорбции**» приведены фактические и нормативные значения основных рабочих параметров ГППЗ.

Таблица 3

## Рабочие параметры поглотителя

Параметры	Фактические значения	Нормативное значение
Давление газа на входе в устройство, кг/см <sup>2</sup>	28 -29	46÷55
Температура газа, поступающего в устройство, °С	15-16	До 40
А – 101 температура очищенного газа при, °С 1,2 – нитка	-	56
4,5,6 – нитка	60-70	
Расход газа на один технологический агрегат в А – 101, 1·10 <sup>3</sup> м <sup>3</sup> /часъ		62,5
1 – нитка	27	
2 – нитка	28	
4 – нитка	153	
5 – нитка	130	
6 – нитка	91	
Расход МДЭА на технологическую единицу в Д–101		
1 – нитка	45	50-55
2 – нитка	60	
4 – нитка	135	170,0
5 – нитка	160	170,0
6 – нитка	77	170,0
температура ниже Д – 101, °С	115-120	120
температура выше Д – 101, °С	105-110	105
Концентрация Н <sub>2</sub> S в сыром газе, % по объему		-
1 – нитка	1,02	
2 – нитка		
4 – нитка		
5 – нитка		
6 – нитка		
Концентрация Н <sub>2</sub> S в очищенном газе, мг/м <sup>3</sup>		
1 – нитка	8	
2 – нитка	10	
4 – нитка	8	
5 – нитка	8	
6 – нитка	11	

Образующиеся экспанзерные газы в технологической системе Газлинского газоперерабатывающего завода считаются богатыми метаном по составу, и в современной технологической системе этот газ направляется в факел, сжигается и выбрасывается в атмосферу. Получение товарного газа из этого газа требует разработки технологий и методов его очистки от содержащегося в нем сопутствующего элемента. С этой целью была разработана экспериментальная установка для исследования технологических процессов производства товарного

газа путем хемосорбции экспанзерного газа.

Это экспериментальная установка состоит из следующего основного оборудования; форсунка эжекторного типа 1, циклон разделения смеси на фазы 2, абсорбер 3, который собирает частично насыщенный абсорбент и обеспечивает полную очистку частично насыщенного газа, оборудование для осаждения твердой фазы в насыщенном растворе щелочи 4, оборудование для сбора очищенной от осадка жидкости 5. На основе вышесказанного была разработана технология. Геометрические размеры каждого оборудования в этой системе определяются на основе инженерных расчетов.

На основе состава экспанзерного газа газлинского газоочистительного завода изготовлено 50 кг модельного раствора. Существующие процессы удаления сероводорода из газов не рекомендуются для очистки экспанзерного газа от сероводорода по ряду технологических и технико-экономических показателей. Поэтому актуальным вопросом является разработка новых подходов к проблеме оптимального применения экспансивного газа и технологий его подготовки. Простейшими для обессеривания газов являются группа хемосорбционных процессов с применением как жидких абсорбентов, так и твердых абсорбентов.

В ходе испытательных работ были выполнены следующее:

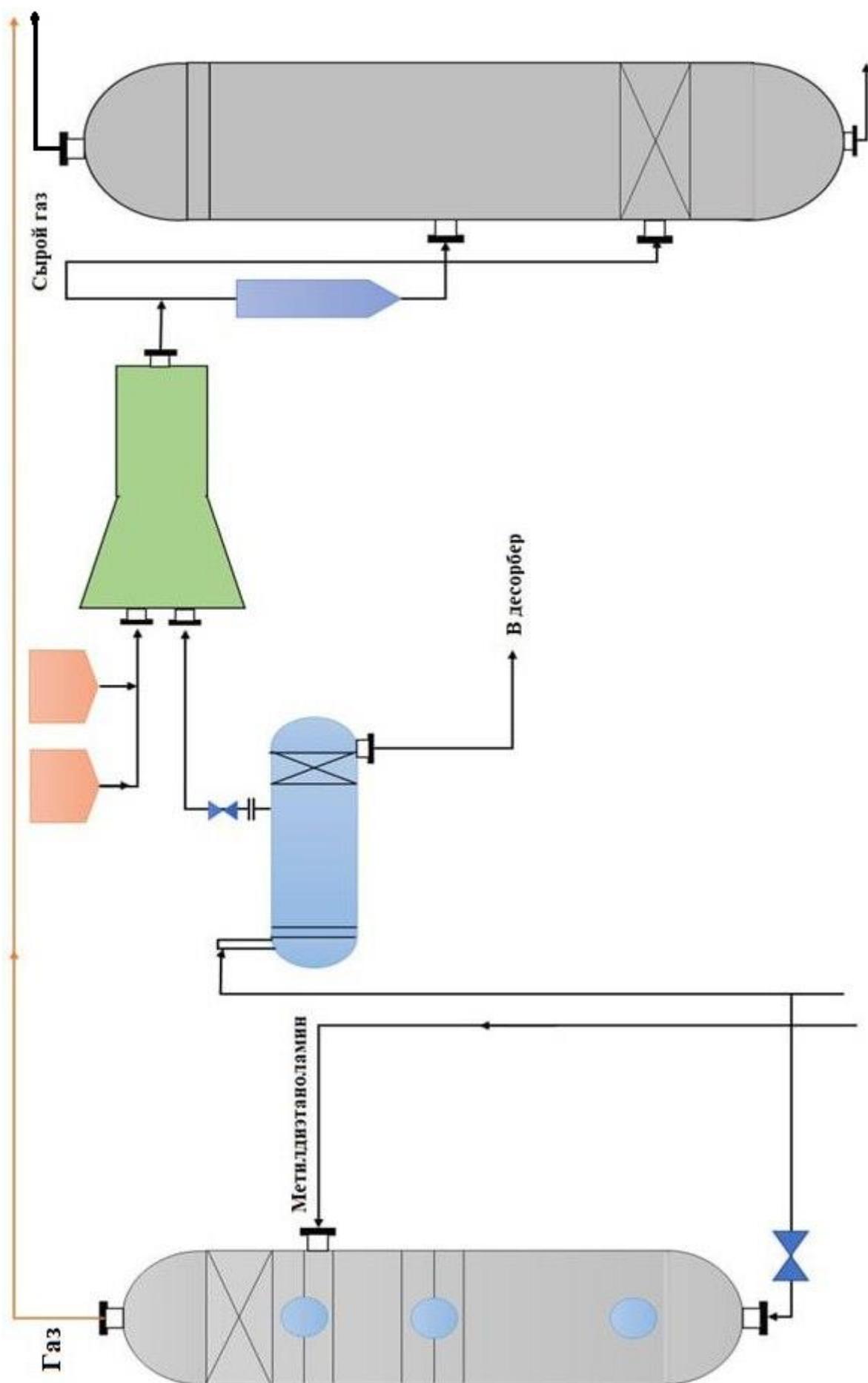
- разработана экспериментальная методика по изучению совместного поглощения сероводорода и оксида углерода (IV) водно-щелочным раствором из газовой среды, выявлены основные закономерности их реакций в процессе жидкофазной хемосорбционной очистки газа;
- регенерирован раствор, образующийся при поглощении сероводорода, произведена замена, выделение образующихся побочных продуктов;
- оценена возможность утилизации расщепленного щелочного раствора с использованием;
- изучено совместное действие углекислого газа с сероводородом в смешанной щелочной среде и процесс хемосорбции.

В результате хемосорбции предыдущий и последующий состав экспанзерного газа анализировали методом газовой хроматографии и получали результаты, представленные в таблице 4.

Таблица 4.

#### Результаты хемосорбции экспанзерного газа

Место отбора образца	Дата	Значение		Состав компонента, % моль.											Молярная масса	
		P, G/cm <sup>2</sup>	T, °C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	iC <sub>4</sub>	nC <sub>4</sub>	iC <sub>5</sub>	nC <sub>5</sub>	C <sub>6+v</sub>	∑ C <sub>5+v</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S		N <sub>2</sub>
Экспанзерного газа	12.07.2023	5,0	43,0	86,80	3,39	0,74	0,08	0,13	0,04	0,04	0,35	0,43	0,77	7,32	0,34	18,681
После очистки	12.07.2023	5,0	43,0	94,34	3,68	0,80	0,086	0,14	0,043	0,043	0,38	0,46	-	-	0,37	18,14



**Рисунок 4. Экспериментальная установка технологии хемосорбции  
эспанзерных газов**

Полученные результаты в табл. 4 показывает, что кислые компоненты газа были полностью поглощены.

Все входные и выходные параметры приборов в данной диссертации приведены ниже, где рассчитана последовательность определения расчетных параметров циклона. Дальнейший технологический процесс в экспериментальном оборудовании, предназначенном для исследования процесса хемосорбции экспанзерного газа, проходит в циклонном оборудовании, где поступающая в аппарат смесь жидкой и газовой фаз должна быть разделена на две жидкие и газовые фазы.

Для нахождения технологического режима процесса были рассчитаны все параметры циклона, в котором происходит вихревое воздействие. На оборудование циклона поступает жидкая фаза и смесь в количестве  $163,2 \text{ кг/ч} = 0,163 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Концентрация жидкой фазы в смеси  $y_b = 1,9 \%$ , конечная концентрация очищенной газовой смеси  $y_0 = 0,001 \%$ , плотность системы дисперсной фазы  $\rho_s = 1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность дисперсной среды  $\rho_m = 1,2 \text{ кг/м}^3$ , вязкость дисперсной среды  $\mu = 2,01 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$ . Наименьший диаметр осаждаемых частиц в циклоне  $d = 30 \text{ мкм}$ .

Для расчета циклона определили количество очищенных частиц газа и жидкости на основе уравнения материального баланса процесса:

$$G_0 = G_s \frac{100 - y_b}{100 - y_0}$$

где  $G_s$ -количество очищаемой газовой смеси  $G_s = 163,2 \text{ кг/с}$ .

$$G_0 = G_s \frac{100 - y_b}{100 - y_0} = 163,2 \frac{100 - 1,9}{100 - 0,001} = 160,1 \text{ кг/с}$$

Количество частиц жидкости, отделенных от газовой смеси.

$$G_r = G_s - G_0 = 163,2 - 160,1 = 3,1 \text{ кг/с}$$

$$G_s = G_0 + G_r = 160,1 + 3,1 = 163,2 \text{ кг/с}$$

Плотность системы:

Плотность газовой смеси, поступающей в циклон:

$$\rho_r = \frac{100}{\frac{y_b}{\rho_c} + \frac{100 - y_b}{\rho_{gm}}} = \frac{100}{\frac{1,9}{1000} + \frac{98,1}{1,2}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$$

Плотность очищенного газа:

$$\rho_n = \frac{100}{\frac{y_0}{100} + \frac{100 - y_0}{\rho_{gm}}} = \frac{100}{\frac{0,001}{100} + \frac{100 - 0,001}{1,2}} = 1,18 \text{ кг/м}^3$$

Объем системы:

Объем входящей капли газовой смеси:

$$V_c = \frac{G_c}{\rho_k} = \frac{163,2}{1,2} = 136 \text{ м}^3$$

Объем очищенной газовой смеси:

$$V_m = \frac{G_0}{\rho_m} = \frac{160,1}{1,2} = 133,4 \text{ м}^3$$

Объем отделившихся частиц капельного газа:

$$V_r = \frac{G_r}{\rho_c} = \frac{3,1}{1000} = 0,0031 m^3$$

Производительность устройства.

$$V_c = \frac{G_c}{\rho_{gm}} = \frac{163,2}{1,2 \cdot 3600} = 0,0373 m^3$$

Конструктивный расчет.

Определение радиуса центральной выхлопной трубы:

$$r_T = \sqrt{\frac{V_c}{\pi w_T}} = \sqrt{\frac{0,037}{3,14 \cdot 2}} = 0,077 m$$

здесь  $w_t$  - скорость потока газа в трубе  $w_t = 2 \div 5$ , принимается равной  $w_t = 2$  м/с.

Определены габаритные размеры штуцера, куда поступает газовая смесь. В этом случае, принимая отношение его высоты к ширине равным 2, скорость потока газа в штуцере принимают равной  $w_{sh} = 21$  м/с.

Ширина штуцера:

$$e = \sqrt{\frac{V_c}{2 \cdot w_{sh}}} = \sqrt{\frac{0,037}{2 \cdot 21}} = 0,04 m$$

Высота штуцера  $h = 0,7$  м.

Радиус цилиндрического корпуса был рассчитан по следующему уравнению.

$$r_2 = r_1 + \delta_1 + \Delta r$$

где,  $\delta_1$  - толщина центральной выпускной трубы. Его значение принято равным  $\delta_1 = 0,05$  м.

$\Delta r$  - расстояние между поверхностью детали цилиндра корпуса и центральной выпускной трубой. Его значение было принято как  $\Delta r = 0,395$  м.

В этом случае

$$r_2 = r_1 + \delta_1 + \Delta r = 0,01 + 0,05 + 0,395 = 0,455 m$$

Определена скорость вращения потока газа в циклоне:

$$w_{ts} = \frac{w_{sh}}{c} = \frac{2,1}{1,4} = 1,5 m/s$$

здесь  $c = 1,4$ .

Радиус вращения газового потока в циклоне определяется двумя разными способами.

среднее логарифмическое:

$$r_{o'rt} = \frac{r_2 - (r_1 + \delta_1)}{2,3 \cdot \lg \frac{r_2}{r_1 + \delta_1}} = \frac{0,455 - 0,06}{2,3 \cdot \lg \frac{0,455}{0,06}} = 0,195 m$$

среднее арифметическое:

$$r_{o'rt.a} = \frac{r_2 + (r_1 + \delta_1)}{2} = \frac{0,455 + 0,06}{2} = 0,258 m$$

Угловая скорость вращения потока газа в циклоне:

$$w_s = \frac{w_{ts}}{r_{o'rt.a}} = \frac{1,5}{0,258} = 58,1 m/s$$

Вычислена скорость движения частиц пыли в переходном режиме под действием центробежной силы в циклоне:

$$w = \frac{\mu \cdot g}{d \cdot \gamma} \cdot (\varepsilon \cdot Ar \cdot Fr)^{\frac{1}{r-n}} = \frac{2,05 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-6} \cdot 1,06} \left( \frac{23,8}{13,9} \right)^{0,74} \cdot 0,77 = 0,71 \text{ m/s}$$

$$n = 0,6 \quad Ar \cdot Fr = \frac{\delta^3 \cdot \rho_1 \cdot \rho \cdot g}{\mu^3} \cdot \frac{w^2 \cdot r_c}{g}$$

Найдено время нахождения газа в циклоне.

$$Q = \frac{\Delta r}{w} = \frac{0,395}{0,71} = 0,55 \text{ s}$$

Рассчитали рабочую мощность циклона.

$$V_u = V_c \cdot \theta = 0,037 \cdot 0,55 = 0,021 \text{ m}^3$$

Высоту цилиндрической части корпуса циклона можно рассчитать по этой формуле:

$$H = k \cdot \frac{V_u}{\pi \cdot [r_2^2 - (r_1 + \delta_1)^2]}$$

k - коэффициент запаса цилиндрической части по высоте, принимается равным k = 1,25.

$$H = 1,25 \cdot \frac{0,021}{3,14 \cdot [0,455^2 - 0,06^2]} = 0,1 \text{ m}$$

При нахождении высоты конической части циклона можно применить эту формулу:

$$H_k = (r_2 - r_0) \cdot \text{tg} \alpha_0$$

где r<sub>0</sub> - радиус выступающего устройства в нижней части конуса, m. Обычно его значение равно r<sub>0</sub> = 0,2.

α<sub>0</sub> - угол между конической частью и радиусом корпуса, принимаемый за значение угла tgα<sub>0</sub> 60°. tgα<sub>0</sub> - 60°.

$$N_k = (1 - 0,2) \cdot \text{tg} 60^\circ = 0,1 \text{ m}$$

Подсчитано число оборотов обмоток газового потока в цикле.

$$n = \frac{\theta \cdot w_u}{2 \cdot \pi} = \frac{0,55 \cdot 18,2}{2 \cdot 3,14} = 1,59 \approx 1,6$$

На основе расчетных геометрических размеров был подготовлен циклон.

За год на заводе сжигается на факеле 2189,6 тыс. м<sup>3</sup> экспанзерного газа. Его состав компонентов приведен в таблице 5.

**Таблица 5.**

**Состав экспанзерного газа**

Место отбора образца	Состав экспанзерного газа, % .			
	C <sub>1</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>
Эспанзерного газа	86,80	0,77	7,32	0,34
Количество, тыс.м <sup>3</sup>	1900,57	16,83	160,27	7,44

В течение года на хемосорбцию кислых компонентов в экспанзоре расходуется 39 кмоль щелочной смеси, в результате чего создается возможность

получения 375 т осадочного мела. Также увеличение добычи метана на 1,9 млн. м<sup>3</sup> достигается при очистке смешанным хемосорбционным способом экспанзерного газа с давлением 5 атм, сжигаемого факельными газами.

Если 1 т извести стоит 600 000 сум, то рыночная цена 1 т осадочного мела составляет около 700 000 сум. За год эта разница будет:

$$(700\ 000 - 600\ 000) \cdot 365 = 36\ 500\ 000 \text{ сум.}$$

А на полученный сульфид натрия расходуется 2857 кг каустической соды, в результате чего получается 2785 кг сульфида натрия.

С другой стороны, сравнение цен на сульфид натрия полностью компенсирует стоимость отработанной каустической соды.

Также стоимость газа, поставляемого населению при давлении 0,5 атм, составляет 285 сум / м<sup>3</sup>

$$1\ 900\ 000 \cdot 10 \cdot 285 = 5\ 415\ 000\ 000 \text{ сум, то есть } 5\ 415 \text{ млн. сум.}$$

### **ВЫВОДЫ:**

1. На основе термодинамических аспектов смешанной щелочной хемосорбционной очистки экспанзерных газов от кислых компонентов было установлено, что направление процесса смешанной хемосорбции эффективно при рН растворимой среды выше 8.

2. Селективность смешанной хемосорбции углекислого газа и сероводорода кислых компонентов экспанзерного газа 10% - ными растворами гидроксида натрия и гидроксида кальция с модельным раствором в воде в соотношении 9:1 была значительно выше, и было обнаружено, что он переходит в растворимый гидрокарбонат кальция.

3. Установлено, что смешанная хемосорбция кислых компонентов газа приводит к образованию сульфида натрия и карбоната кальция.

4. В экспериментально-промышленных масштабах комплексная щелочная смешанная хемосорбция сероводорода и углекислого газа из газораспределителя отличается избирательностью по отношению к образующимся продуктам, а динамическая емкость хемосорбента показана как пригодная для использования в небольших количествах.

5. Экономические расчеты показывают, что за счет преобразования экспанзерного газа в потребительский газ в год экономическая выгода составит 5 млрд. сум долларов в год и подтвердили полезность технологии жидкофазной хемосорбционной очистки экспансивного газа с возможностью получения 1,9 млн. м<sup>3</sup> чистого природного газа.

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

---

**BUKHARA ENGINEERING-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**OBIDOV HAMID OLIMOVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR ALKALINE PURIFICATION OF  
EXPANSION GASES FROM ACIDIC COMPONENTS**

**02.00.08 – Chemistry and technology of oil and gas**

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

**Bukhara – 2025**

**The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on the technical sciences was registered under No.B.2022.4.PhD/T3227 by the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan**

The dissertation has been accomplished at Bukhara Engineering-Technological Institute

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) has been placed on the website of the Scientific Council at Bukhara Engineering-Technological Institute ([www.bmti.uz](http://www.bmti.uz)) and on the Information-educational portal "ZiyoNET" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific advisor:</b>	<b>Akhmedov Vokhid Nizamovich</b> Candidate of Technical Sciences, Professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Mahmudov Muxtor Jamolovich</b> Doctor of Chemical Sciences, Professor <b>Urinov Ulugbek Komiljonovich</b> Doctor of Technical Sciences, Professor
<b>Lead organization:</b>	<b>Institute of General and Inorganic Chemistry of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan</b>

The dissertation defense will be held on June 20, 2025 at 12<sup>00</sup> o'clock at the meeting of Scientific Council DSc.03/28.02.2022.T.101.01 on awarding scientific degrees at Bukhara Engineering-Technological Institute (Address: 200117, 15. Q. Murtazoyev street, Bukhara. Phone: (998 65) 223-78-84, Fax: (998 65) 223-78-84. e-mail: [bmti\\_info@edu.uz](mailto:bmti_info@edu.uz))

The dissertation is available at the Information resource center of Bukhara Engineering Technological Institute (registered under number 363). (Address: 200117, 15. Q. Murtazaev street, Bukhara. Phone: (+99865) 223-78-84).

The dissertation abstract is distributed on June 10, 2025.

(Mailing report № \_\_\_\_ on \_\_\_\_\_, 20\_\_\_\_)

**F.S. Fozilov**  
Chairman of the Scientific Council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

**A.T. Oltiev**  
Scientific secretary of the Scientific Council on awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**I.I. Isabayev**  
Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific Council on awarding scientific degrees, Doctor of Chemical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (the abstract of PhD thesis)

**The aim of research work.** Investigate and improve the technology of the process of mixed chemisorption purification of acidic components in an expansion gas using alkaline and alkaline earth metal hydroxides

**The objects of research work.** Expansion gas of the Gazli gas processing plant, sodium hydroxide, calcium hydroxide.

**The scientific novelty of the research work is as follows:**

it was determined that the optimal medium for the purification of hydrogen sulfide and carbon dioxide from the expansion gas by the mixed chemisorption method is pH above 8 and their conditions;

the thermodynamic parameters of the mixed chemisorption process in the presence of alkaline and alkaline earth metal hydroxides were calculated and the optimal reaction direction was determined on its basis;

the effects of hydrogen sulfide and carbon dioxide on each other during absorption in a mixed chemisorption process were determined, which showed that the ratio of 10% hydroxides is 9:1;

the optimal parameters of the technological process of mixed chemisorption are determined and the technology based on optimal conditions is justified in practice.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results obtained, improvements in the technology of purification of acidic components in the expansion gas by chemisorption using alkaline and alkaline earth hydroxides:

The developed method of mixed chemisorption has been put into practice at the Gazli Gas Processing Plant. (Reference №01/1-24-1738 of August 2, 2023, Gazli Oil and Gas Production Department). At the same time, caustic soda (10% solution) and slaked lime (10% solution) are used as alkalis, which makes it possible to completely absorb hydrogen sulfide and carbon dioxide contained in the gas because of a mixed chemisorption process.

Gas purification by mixed chemisorption allows the Gazli Oil and Gas Production Department Gazli Gas Processing Plant division (division) 5 (Reference №01/1-24-1738 of August 2, 2023, Gazli Oil and Gas Production Department) to purify from chemically acidic components and convert 1,9 million m<sup>3</sup> of expansion gas flared into commercial gas in a year.

**The structure and volume of the dissertation.** The content of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a references and an appendix. The volume of the thesis is 114 pages.

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

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. H.O. Obidov, H.B. Do'stov, E.R. Panoev. "Uchqir" gazni oltingugurtdan tozalash qurilmasida korroziya tezligini pasaytirish tadbiri. "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" Ilmiy-texnikaviy jurnal. -2020. №4. 84-89 b. (02.00.00; №14)
2. V.N. Akhmedov, H.O. Obidov. Problems and solutions of natural gaz purification from acidic components International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). -2020. P.33-34. (Impact factor: 8.125)
3. X.O. Obidov. Tabiiy gazni xemosorbsion usulda tozalash jarayonini takomillashtirish. "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" Ilmiy-texnikaviy jurnal. -2021. №6. 70-76 b. (02.00.00; №14)
4. X.O. Обидов, В.Н. Ахмедов, Б.Б. Олимов. Cleaning expanser gazes from CO<sub>2</sub> and other additives. Universum: технические науки. -2022. -С.30-33. (02.00.00; №01).
5. H.O. Obidov V.N. Axmedov. Ekspanzer gazini CO<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>S dan tozalash jarayonidagi kimyoviy reaksiyalarning yo'nalishini hisoblash. "Fan va texnologiyalar taraqqiyoti" Ilmiy-texnikaviy jurnal. -2022. №7. 25-29 b. (02.00.00; №14)

**II bo'lim (II часть; part II)**

6. X.O. Обидов, М.О. Сатторов, Б.З. Адизов, О.Ф. Салихов. Исследование высокомолекулярных гетероорганических и бициклических. углеводов. Проблемы и перспективы развития химии, нефтехимии и нефтепереработки. Материалы международной научно-практической конференции. Том1. Нижнекамск, 2014. С. 143-144.
7. М.О. Сатторов, Б.З. Адизов, О.Ф. Салихов, X.O. Обидов. Исследование процесса очистки высокомолекулярных сернистых соединений. Проблемы и перспективы развития химии, нефтехимии и нефтепереработки. Материалы международной научно-практической конференции. Том-1. Нижнекамск, 2014. С.144-145.
8. I.A. Fattoev, X.O. Obidov. Oksidlovchilar ta'sirida neftni oltingugurtli organik birikmalardan tozalash. "Ilmiy tadqiqot va kadrlar tayyorlash tizimida innovatsion hamkolikni rivojlantirishning muammolari va istiqbollari" mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. Buxoro. 2017. 205-206 b.
9. X.O. Обидов, Г.О. Алланазаров. Очистка и осушка газов растворами гликолей. Журнал "Вопросы науки и образования". №6 (18). Москва, 2018. С. 20-21.
10. X.O. Obidov, Sh.H. Usaboyev. Gazlarni H<sub>2</sub>S va CO<sub>2</sub> tozalash usullari. «Oliy ta'lim innovatsion faoliyati va faol tadbirkorlik integratsiyasi rivojlanishining muammolari» mavzusida professor - o'qituvchilar, ilmiy izlanuvchilar, magistrilar va talabalarning ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Buxoro, II-tom. 2019. 51-53 b.

11. X.O. Obidov, S.S. Olimov. Uchqir gazni oltingugurtdan tozalash qurilmasida tabiiy gazni nordon komponentlardan ishqoriy tozalashning muammolari va yechimlari «Oziq-ovqat, neftgaz va kimyo sanoatini rivojlantirishning dolzarb muammolarini yechishning innovatsion yo‘llari» xalqaro ilmiy amaliy anjuman materiallari. Buxoro, 2020. 2-tom, 346-349 b.

12. H.O. Obidov, M.B. Shabonov, O‘.J. Egamova. Tabiiy gazni H<sub>2</sub>S tozalash va CO<sub>2</sub> dan ajratish texnologiyalarning sohadagi muhim yutuqlari. “Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar – yuqori molekular birikmalar kimyosi hamda organik moddalar va kompozitsion materiallar yo‘nalishidagi ilmiy tadqiqotlar – muammolar va yechimlar” mavzusidagi V - Xalqaro konferensiya – simpozium. Toshkent, 2021. 225-226 b.

13. Э.Р. Паноев, Х.Б. Дустов. Х.О. Обидов. Механизм сорбции кислых компонентов природного газа абсорбентами. Science and education. Scientific journal. Volume 2. Issue 4. 2021. P. 221-226.

14. Х.О. Обидов Э.Р. Паноев, Х.Б. Дустов. Анализ коррозионных характеристик различных алканоламинов при очистке газа. Science and education. Scientific journal. Volume 2. Issue 4. 2021. P 173-177.

15. H.O. Obidov, V.N. Axmedov. Calculation of thermodynamic parameters of chemical reactions in the process of cleaning expander gases from acid components. EPRA International Journal of Multidisciplinary Research Monthly Peer Reviewed & Indexed International Online Journal. Volume 11. -2022. -P.306-308.

16. H.O. Obidov, M.B. Kazakova. Tabiiy gazlarni quritish jarayonidagi seolitlarning fizik – mexanik xossalarini tadqiq qilish. «Neft va gaz sohasida Ta'lim- ishlab chiqarish klasterini rivojlantirishda innovatsion yondashuvlar» Xalqaro konferensiya materiallari. Toshkent, 2022. 276-278 b.

17. Х.О. Обидов, М.В. Шабонов. Проблемы и решения очистки природного газа от кислых компонентов. Science and education. Scientific journal. Volume 3, Issue 4. 2022. P. 569-574

18. H.O. Obidov, Sh.Sh. Toshev, M.B. Kazakova. Tabiiy gazlilarni adsorbtsion quritish jarayonida adsorbentlarning xossalarini tadqiq qilish . Science and education. Scientific journal. Volume 3, Issue 5. 2022. P.487-496

19. H.O. Obidov, H.N. Halimov, Q.Q. Sharipov, M.B. Shabonov. Gazli gazni qayta ishlash zavodida tabiiy gazni nordon komponentlardan ishqoriy tozalash jarayonini o‘rganish. Science and education. Scientific journal. Volume 3, Issue 5. 2022. p.515-521

20. H.O. Obidov, H.N. Halimov, Sh.Sh. Karimov. Gaz xomashyosini ishqoriy tozalashning hozirgi zamon usullari. Science and education. Scientific journal. Volume 4, Issue 2. 2023. P.612-620

21. Х.О. Обидов, С.Ш. Каримов, М.Б. Казакова, Х.Н. Халимов. Разработка технологии щелочной очистки природных газов от кислых компонентов. Наука. Техника. Инновации. Москва. Знание-М. 2023. Сборник статей по материалам XIII международной научно-практической конференции, посвященной году педагога и наставника в России, 25-летию филиала УГТУ в г. Усинске. Усинск, 2023. С. 295-299.

22. H.O. Obidov, B.N. Isoev. Ekspanzer gazi komponentlarini kimyoviy sanoatda qo‘llash. “Mahalliyashtirishda innovatsion yondashuvlar” xalqaro konferensiya materiallari. Qarshi, 2023. 418-419 b.

23. H.O. Obidov, S.R. Komilov. Gazrni nordon komponentlardan ajratishning zamonaviy usullari. «Neft, gaz va gazkondensatni qazib olish va tayyorlash jarayonidagi texnologik muammolarning innovatsion yechimlari» mavzusida Respublika miqyosidagi ilmiy–texnik anjuman to‘plami. Buxoro, 2024. 193-195 b.





**Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz tilidagi matnlari  
“IPAKYO‘LI” nashriyotida tahrirdan o‘tqizildi.**

**Bosishga ruxsat etildi: 30.05.2025.  
Qog‘oz bichimi 60x84 1/16.  
Times New Roman garniturasida chop etildi.  
Hajmi 3 bosma taboq. Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 369.**

**“West Media Express” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
Bosmaxona manzili: Buxoro shahri,  
Qayum Murtazoyev ko‘chasi 15A uy.  
Tel: +998 93 080 39 00**

