

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI

PO‘LATOV G‘OLIBJON MURODOVICH

**GAZNI QAYTA ISHLASH ZAVODINING NORDON GAZLAR
TARKIBIDAGI VODOROD SULFIDNI UTILIZATSIYA QILISH ORQALI
NATRIY SULFID OLIH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

02.00.08- Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi

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

Toshkent - 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Po‘latov G‘olibjon Murodovich

Gazni qayta ishlash zavodining nordon gazlar tarkibidagi vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid olish texnologiyasini ishlab chiqish3

Пулатов Голибжон Муродович

Разработка технологии получения сульфида натрия путем утилизации сероводорода из кислых газов газоперерабатывающего завода21

Pulatov Golibjon Murodovich

Development of a technology for obtaining sodium sulfide through the utilization of hydrogen sulfide from acid gases of a gas processing plant39

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works 43

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI

PO‘LATOV G‘OLIBJON MURODOVICH

**GAZNI QAYTA ISHLASH ZAVODINING NORDON GAZLAR
TARKIBIDAGI VODOROD SULFIDNI UTILIZATSIYA QILISH ORQALI
NATRIY SULFID OLIH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

02.00.08- Neft va gaz kimyosi va texnologiyasi

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

Toshkent - 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar Vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.3.PhD/T5819 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uchta tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.ionx.uz) va «ZiyoNET» axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Yusupov Farxod Maxkamovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Adizov Bobirjon Zamirovich
texnika fanlari doktori, professor

To'rayev Tolib Bozorovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot

Farg'ona davlat texnika universiteti

Dissertatsiya ishi himoyasi O'zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 raqamli Ilmiy kengashning «27» noyabr 2025 yil soat 15⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90; ye-mail: ionx@academy.uz).

Dissertatsiya ishi bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (20-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo-Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «14» noyabr kuni tarqatildi.

(2025 yil «14» noyabrdagi 20-raqamli reestr bayonnomasi).



B.S. Zakirov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi, k.f.d. prof.

D.S. Salixanova
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash kotibi, t.f.d. prof.

I.D. Eshmetov
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi ilmiy
seminar raisi, t.f.d., prof.

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda gazni qayta ishlash korxonalaridan ajralib chiqayotgan nordon gazlarni (asosan H_2S va CO_2) qayta ishlash masalasi ekologik xavfsizlik, iqlim o'zgarishi va resurslardan oqilona foydalanish bilan bog'liq dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Shu bilan birga vodorod sulfidni (H_2S) qayta ishlash natijasida natriy sulfid (Na_2S) olish texnologiyasi tobora dolzarb yo'nalishga aylanmoqda. H_2S dan to'g'ridan-to'g'ri Na_2S sintez qilish jarayoni energiya tejamkor, kam chiqindili va ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratish imkonini beradi. Ushbu zararli gazlarni qayta ishlash va undan foydali mahsulotlar olish texnologiyalarini ishlab chiqish ilmiy jihatdan ham, amaliy jihatdan ham katta ahamiyatga ega.

Dunyoda vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali ekologik xavfsizlikni oshirish va iqtisodiy samaradorlikka erishish uchun H_2S ni qayta ishlashning yangi katalitik va absorbsiya asosidagi usullari ishlab chiqilib, nordon gazlardan Na_2S olish texnologiyasini takomillashtirish bo'yicha fundamental va amaliy ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada natriy sulfid (Na_2S) olish texnologiyasining ishlab chiqilishi bu yo'nalishda mavjud bo'lgan ekologik muammolarni hal etish bilan birga, yangi mahsulot ishlab chiqarish orqali sanoatning iqtisodiy samaradorligini oshiradi. Natriy sulfid, ayniqsa, rudalarni boyitishda samarali flotoreagent sifatida qo'llanishi bilan mineral xomashyo qazib olish va qayta ishlashning texnologik imkoniyatlarini kengaytirish va iqtisodiy jihatdan mustahkamlash xususiyatlarini asoslashga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda ham neft-gaz va kimyo sanoatidagi chiqindilarni utilizatsiya qilish, ekologik xavfsizlikni ta'minlash va import o'rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish bo'yicha izchil ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasining uchinchi yo'nalishida "yuqori texnologik qayta ishlash tarmoqlarini, birinchi navbatda, mahalliy xomashyo va yirik sanoat chiqindilarini chuqur qayta ishlash asosida yuqori qo'shimcha qiymatga ega tayyor mahsulotlar ishlab chiqarishni jadal rivojlantirish"ga qaratilgan muhim vazifalar belgilangan¹. Bu borada, gazni qayta ishlash zavodlarida hosil bo'layotgan nordon gazlardagi vodorod sulfidni samarali utilizatsiya qilish texnologiyalarini yaratish orqali mahalliy sanoatni rivojlantirish va iqtisodiy barqarorlikni oshirish dolzarb ilmiy vazifa sifatida qaralmoqda. Vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid olish texnologiyasini ishlab chiqish hamda uni rudalarni boyitish jarayonlarida qo'llash amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi» to'g'risidagi, 2017 yil 23 avgustdagi PQ-3236-son «2017-2021 yillarda kimyo sanoatini rivojlantirish dasturi to'g'risida»gi, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi» to'g'risidagi Farmon

60 sonli “Yangi O‘zbekistonning 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Taraqqiyot Strategiyasi”, 2022 yil 7 iyuldagi PQ-307-son “2022-2026 yillarda O‘zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo‘yicha tashkiliy chora tadbirlar to‘g‘risida”, qarorlari xamda mazkur yo‘nalishga tegishli bo‘lgan boshqa meyoriy-huquqiy xujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertasiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga bog‘liqligi. Mazkur tadqiqot respublikada fan va texnologiyalarni rivojlanishining VII “Kimyoviy texnologiya va nanotexnologiya” va IV. «Atrof-muhit muhofazasi va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish» ustuvor yo‘nalishiga muvofiq holda bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Sanoat chiqindilari asosida natriy sulfid (Na_2S) ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish bo‘yicha dunyoda bir qator olimlar tomonidan ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, Jeyms Manganaro, Jianzhong Xia, Álvaro Peres Salado, Akiba Ivaio, Darril Mamrosh, Fatema Bashipour, P.A. Maschwitz, Bross G., Myers R.D., Fan Yongtao, Yue Yang, Baoping Niu, Zhe Liu, Jianming Dan va Jinyu Wang singari tadqiqotchilar o‘z ishlarida vodorod sulfid va boshqa oltingugurtli chiqindilarni qayta ishlash orqali natriy sulfid olishning kimyoviy va texnologik mexanizmlarini o‘rganganlar. Ularning ishlari asosan gaz fazasida H_2S ni absorbsiyalash, katalitik qaytarish va regeneratsion sikl tizimlarini yaratish, shuningdek energiya tejamkor va ekologik xavfsiz jarayonlarni ishlab chiqishga qaratilgan.

O‘zbekistonda neft va gaz kimyosi hamda texnologiyasi yo‘nalishida qator olimlar ilmiy izlanishlar olib borib, sohaning rivojlanishiga salmoqli hissa qo‘shganlar. Jumladan, K.S. Axmedov, A.A. Agzamxodjayev, M.P. Yunusov, F.M. Yusupov, S.E. Nurmonov, B.Z. Adizov, I.D. Eshmetov, D.J. Jumaeva va boshqa olimlarning tadqiqotlari neft va gazni qayta ishlash jarayonlarini takomillashtirish, yangi katalitik tizimlar va kimyoviy texnologiyalarni ishlab chiqishga qaratilgan. Neft-gaz sanoati korxonalarining ekologik holatini yaxshilash, chiqindi gazlarni zararsizlantirish hamda atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish masalalari bo‘yicha B.S. Zakirov, D.S. Salixanova, Z.A. Smanova, D.A. Gafurova, A.B. Ibragimov, Sh.M. Saydaxmedov, B.N. Xamidov va boshqa tadqiqotchilar tomonidan ilmiy tadqiqotlar olib borilgan.

Biroq, nordon gazlar tarkibidagi vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid olish texnologiyasi ekologik, iqtisodiy va texnologik afzal hisoblanib ushbu texnologiyani ishlab chiqish va olingan Na_2S metall rudalarini flotatsion boyitishda samarali reagent sifatida qo‘llanilib, ajratish jarayonlarining unumdorligini oshiradi, vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid olish bo‘yicha fundamental va amaliy tadqiqotlarni kengaytirish zarur bo‘ladi.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Umumiy va noorganik kimyo institutining ilmiy tadqiqot rejalariga muvofiq 13/09-2021/NS “MGQIZ da natriy sulfid ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish” mavzusidagi xo‘jalik shartnoma doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi gazni qayta ishlash zavodlarida hosil bo'ladigan nordon gazlar tarkibidagi vodorod sulfid (H_2S) ni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid (Na_2S) olishning samarali texnologiyasini ishlab chiqish va rudalarni boyitish jarayonida qo'llash imkoniyatlarini ilmiy asoslashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

gazni qayta ishlash zavodlarida hosil bo'ladigan nordon gazlar tarkibidagi vodorod sulfid (H_2S) ni fizik-kimyoviy xossalarini hamda tarkibiy ifloslantiruvchilarini aniqlash;

vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid (Na_2S) olishning reaksiya sharoitlarining (harorat, bosim, pH, konsentratsiya) maqbul sharoitlarini aniqlash;

vodorod sulfid va natriy gidroksid ishtirokidagi asosiy kimyoviy reaksiyalarni laboratoriya sharoitida tadqiq qilish va sinov natijalari asosida texnologik jarayonni hisoblash;

olingan natriy sulfidning tarkibi, kristall tuzilmasi va xossalarini zamonaviy analitik usullar (XRD, FTIR, AAS, SEM) yordamida tahlil qilish;

sanoat miqyosida qo'llanilishi mumkin bo'lgan Na_2S ishlab chiqarish texnologik sxemasini ishlab chiqish va iqtisodiy baholash;

Na_2S mahsulotining ruda boyitish jarayonida kollektor yoki flotatsiya faol modda sifatida qo'llanish samaradorligini eksperimental tadqiqodlar usulda aniqlash;

taklif etilayotgan texnologiyaning ekologik afzalliklarini va ishlab chiqarishda chiqindilar miqdorini kamaytirishdagi rolini baholash.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida mahalliy xomashyo komponentlari - nordon gaz, vodorod sulfid, natriy gidroksidi, kalsiy gidroksidi, natriy sulfid olingan.

Tadqiqotning predmeti nordon gazni karbonat angidrid va vodorod sulfidiga ajratishning kimyoviy va texnologik jarayonlari, vodorod sulfidining absorbsiyasi, kinetikasi, xom ashyo va tajriba namunalarning fizik-kimyoviy tavsiflarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishida zamonaviy fizik-kimyoviy (kimyoviy-analitik, rentgen-difraksiya, mikroskopik, IQ spektroskopik, elektron mikroskopik) tahlillar va an'anaviy tadqiqot usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

$Ca(OH)_2$ orqali CO_2 ni ajratish va $NaOH$ orqali H_2S ni yutib, Na_2S olish reaksiyasini o'z ichiga olgan sanoat sharoitida natriy sulfid olishning ikki bosqichli texnologik sxemasi ishlab chiqilgan;

30 % li $NaOH$ eritmasidan foydalangan holda $50^\circ C$ haroratda, $pH \approx 13-14$ oralig'ida 60 daqiqalik ishlov berish jarayoni natijasida Na_2S hosil bo'lishining maqbul sharoitlari aniqlanishi natijasida Na_2S hosil bo'lish darajasini 75,9 % gacha yetkazish ilmiy isbotlangan;

sintez qilingan Na_2S namunalarning kristall tuzilmasi (XRD), funksional guruhlari (FTIR) va molekulyar xususiyatlari (XRF, SEM-EDS) o'rganilib, Na_2S ning asosiy fazasi aniqlangan hamda eritmani bug'latish jarayonining issiqlik balansi ($Q \approx 1850-1900$ kJ/kg) va texnologik hisob-kitoblari ishlab chiqilgan;

flotatsiyada NS-14 markali Na₂S reagentining samaradorligi standart sanoat Na₂S namunasi bilan taqqoslanganda, mis (Cu) ajralish samaradorligi mos ravishda 93,01 % (NS-14) va 93,88 % (standart), qo‘rg‘oshin (Pb) uchun 92,08 % (NS-14) va 93,03 % (standart), rux (Zn) konsentratidagi miqdor esa 11,69 % (NS-14) va 10,41 % (standart) ni tashkil etishi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

nordon gazlar tarkibidagi vodorod sulfid (H₂S) va karbonat angidrid (CO₂) larini samarali ajratishda absorbentlardan foydalanishga asoslangan texnologik sxema ishlab chiqilgan;

natriy sulfid olish uchun texnologiya yaratilib u asosida pilot va sanoat qurilmasi ishlab chiqilgan;

jarayon bo‘yicha ilmiy-texnik hujjatlar jumladan, texnologik reglament va tashkilot standarti ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Kimyoviy va fizik-kimyoviy tadqiqotlar natijalari ishlab chiqilgan texnologiyalarni sanoat ishlab chiqarishi sharoitidagi qurilmalarda sinovdan o‘tkazilganligi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati Muborak gazni qayta ishlash zavodidan olingan tabiiy gazni tozalash chiqindilari bo‘lgan nordon gazlardan natriy sulfid olish uchun xom ashyo sifatida foydalanish orqali nordon gazlar tarkibidan vodorod sulfidining absorbsiyasi, jarayondagi kolloid xususiyatlari, komponentlarning o‘zaro ta’siri va jarayonda sodir bo‘ladigan reaksiyalar orqali natriy sulfid olish uchun ilmiy asos yaratganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati mahalliy xomashyodan import o‘rnini bosuvchi maxsulotini olish, tannarxni kamaytirish va natriy sulfidini sanoat tarmoqlarida qo‘llash, hududning ekologik holatini yaxshilash va tajriba namunalarini yaratish orqali sanoat ishlab chiqarishga tavsiya etilib, ularning olinish texnologiyasi va maqbul texnologik me‘yorlarini ishlab chiqishga asos bo‘lib xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Mahalliy xomashyo asosidagi noorganik sorbentlar bilan nordon gazlar va vodorod sulfidini absorbsiyasi bo‘yicha olingan ilmiy natijalarga asoslanib:

metallurgiya, yengil, kimyo sanoatlarida foydalaniladigan natriy sulfid uchun texnik shart “O‘zbekneftgaz” AJ Muborak GQIZ bilan kelishilgan va O‘zbekiston Respublikasi Sanitariya-epidemiologik osoyishtalik va jamoat salomatligi xizmati tomonidan tasdiqlangan (TU 23766064-13:2021). Mazkur texnik shart mahsulotning sifati va texnologik jarayonini nazorat qilish imkonini bergan;

gazni qayta ishlash zavodlarida hosil bo‘ladigan nordon gazlar tarkibidagi vodorod sulfid (H₂S)dan natriy sulfid olishning ishlab chiqarish texnologiyasi “Muborak GQIZ” unitar shu‘ba korxonasiining istiqbolli ishlanmalar ro‘yxatiga kiritilgan ("O‘zbekneftgaz" aksiyadorlik jamiyati ning 2025-yil 04-iyundagi №03-18-8-555 sonli ma'lumotnomasi) natijada, mazkur texnologiyani ishlab chiqarish sharoitida amaliyotga tatbiq etish imkonini bergan;

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 8 ta xalqaro va 7 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzuci bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish nashr etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya Komissiyasining doktorlik dissertatsiyaning asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan 2 ta xorijiy va 3 ta respublika ilmiy jurnallarda chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 117 betni tashkil qiladi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

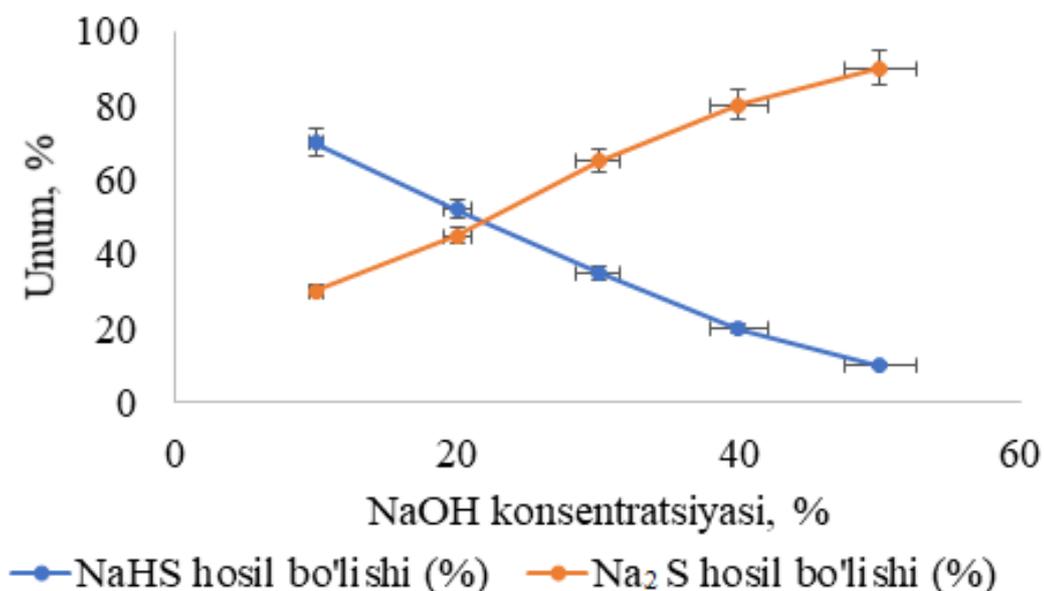
Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari O'zbekiston Respublikasi rivojlanishining ustivor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid olish texnologiyalarining hozirgi holati va ilmiy-tadqiqot yondashuvlari**» deb nomlangan birinchi bobida vodorod sulfid gazining atrof-muhitga salbiy ta'sirini kamaytirish, uni foydali mahsulotga aylantirish va ekologik xavfsiz texnologiyalarni yaratish bilan bog'liq dolzarb muammolarni yechishning amaliy yondashuvi va nazariy asoslari keltirilgan bo'lib, xususan natriy sulfid olishning mavjud sanoat usullari, ularning samaradorligi, iqtisodiy va ekologik ko'rsatkichlari borasidagi ilmiy-texnik adabiyotlar, patentlar sharhi va jahon amaliyoti tajribalari yoritilgan.

Dissertatsiyaning «**Xom ashyo bazasining tahlili va eksperimental tadqiqot usullari**» deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot ishida foydalanilgan Davlat Standartlariga muvofiq bo'lgan an'anaviy va zamonaviy tadqiqot usullari keltirilgan bo'lib, ular yordamida Na₂S namunalarning fizik, kimyoviy, mexanik, katalitik va adsorbsion xossalari, shuningdek, kimyoviy tarkibi aniqlangan. Ushbu bobda Na₂S namunalarni olish usullari va texnologiyasi, unda foydalanilgan xomashyo — vodorod sulfid gazi va tegishli yordamchi reagentlar haqida batafsil ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Nordon gazlardan natriy sulfid olish: sintez, strukturaviy va fizik-kimyoviy tahlil**» deb nomlangan uchinchi bobida vodorod sulfidni utilizatsiya qilish asosida Na₂S sintez qilish texnologiyasi, uni laboratoriya sharoitida olishning texnologik rejimlari, hamda sintez qilingan mahsulotning fizik-kimyoviy va morfologik xossalari to'g'risida batafsil ma'lumotlar keltirilgan.

Ilmiy tadqiqot ishida reaksiya mahsuloti sifatida aynan natriy sulfid (Na₂S) ustun hosil bo'lishi tajriba natijalari bilan asoslab berildi.



1-rasm. NaHS va Na₂S hosil bo'lishining ishqor konsentratsiyasiga bog'liqligi

Xususan, 30% li ishqoriy muhitda, 120°C haroratda 1,5 soat davomida olib borilgan bug'latish jarayonida NaHS molekulari qolgan NaOH bilan to'liq reaksiyaga kirishib, Na₂S ga aylangan (1-rasm). Bunday sharoitda pH > 12 bo'lib, yuqori ishqoriy muhit va harorat jarayonning kinetikasini tezlashtiradi hamda Na₂S ni asosiy mahsulot sifatida ajratib olish imkonini beradi.

Laboratoriya sharoitida Na₂S sintezi bo'yicha o'tkazilgan tajriba natijalari (1-jadval) shuni ko'rsatadiki, vodorod sulfid (H₂S) gazini rux sulfidi (ZnS) va kaltsiy karbonat (CaCO₃) aralashmasidan olish samaradorligi, an'anaviy CaSO₄ + koks (C) sistemasiga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'lgan.

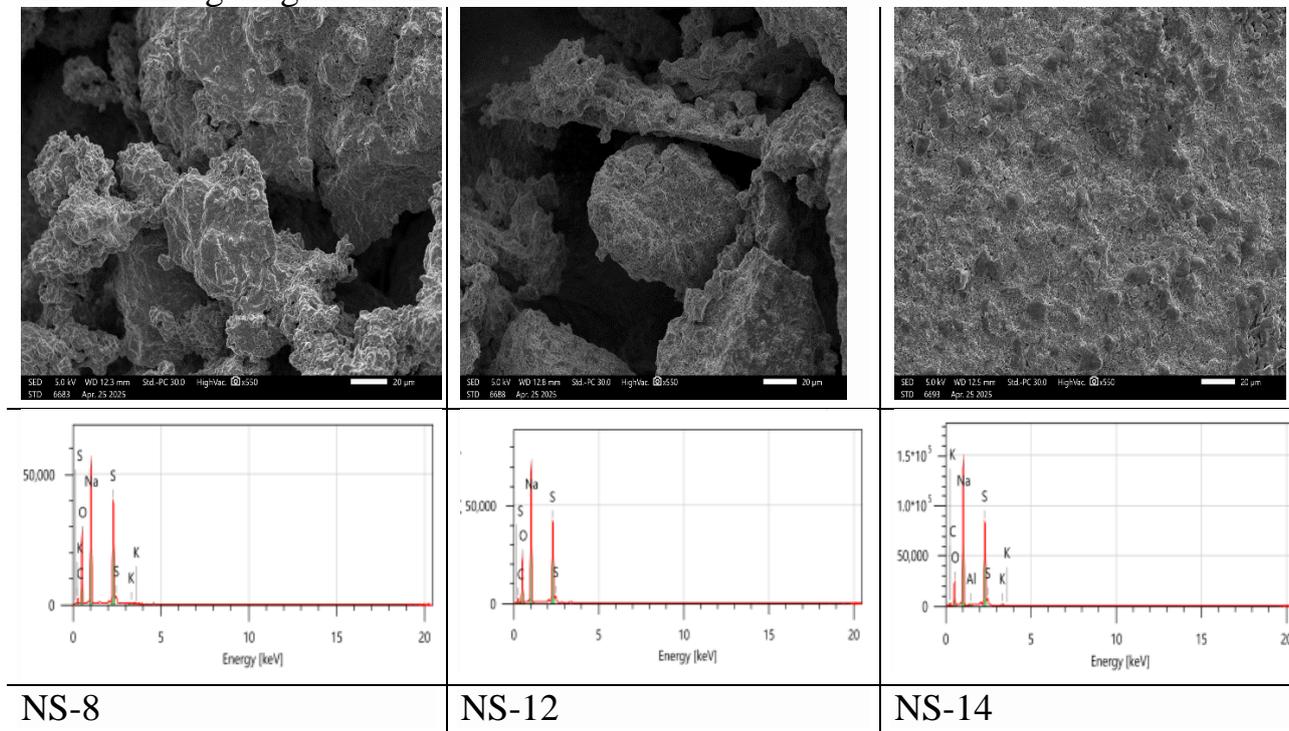
NaOH konsentratsiyasi 40% ga yetkazilgan holatda, ZnS manbali sistemada 90% gacha Na₂S unumi kuzatilgan, bu esa CaSO₄ + C asosidagi eng yuqori ko'rsatkichdan (70%) 20% ga yuqoridir (1-jadval). Ushbu farq ZnS + HCl reaksiyasida hosil bo'ladigan H₂S miqdorining ko'pligi bilan izohlanadi.

1-jadval

Laboratoriya sharoitida turli usullarda Na₂S olishning ilmiy tahlili

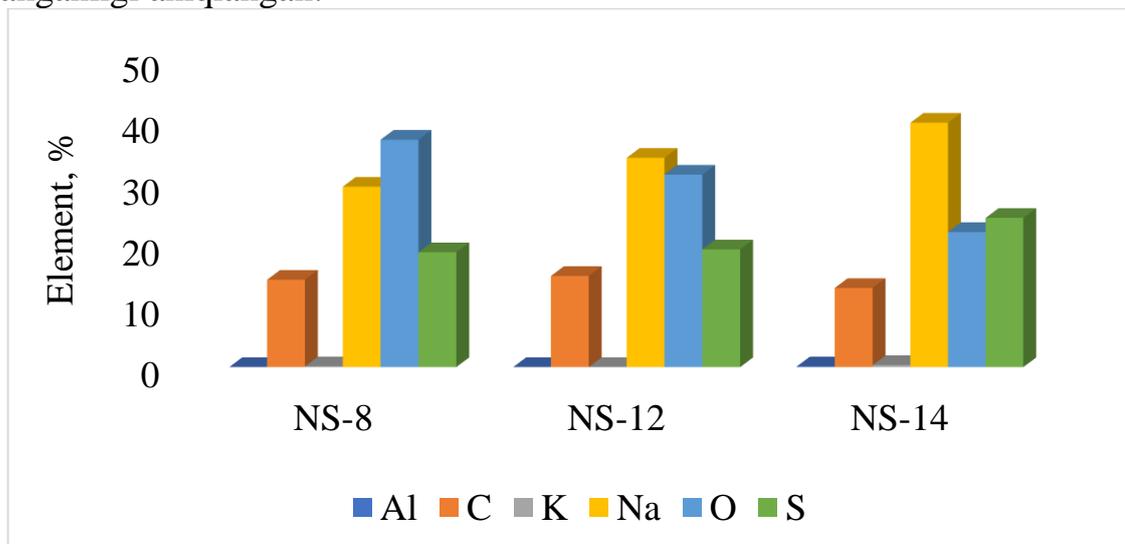
№	H ₂ S manbai	Qo'shimcha reagentlar	NaOH, C(%)	Ca(OH) ₂ miqdori (g)	HCl eritmasi (g, 25%)	Na ₂ S unumi (%)
1	CaSO ₄ + C	26 g koks, 25 g CaCO ₃	20	72.78	215	60
2	CaSO ₄ + C	26 g koks, 25 g CaCO ₃	25	72.78	215	70
3	ZnS + CaCO ₃	36 g CaCO ₃	30	135	316	80
4	ZnS + CaCO ₃	36 g CaCO ₃	35	135	316	85
5	ZnS + CaCO ₃	36 g CaCO ₃	40	135	316	90

NS-8, NS-12 va NS-14 namunalari yuzasining SEM (skanirlovchi elektron mikroskopiya) tahlili natijalari shuni ko'rsatdiki (2-rasm), sintez va quritish sharoitlari Na₂S kristallarining morfologiyasi va strukturaviy holatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. NS-8 namunasi yuzasi notekis va yuqori g'ovaklikka ega bo'lib, kristallanishning to'liq yakunlanmaganligi va quritish jarayonining yetarli darajada olib borilmaganligini bildiradi.



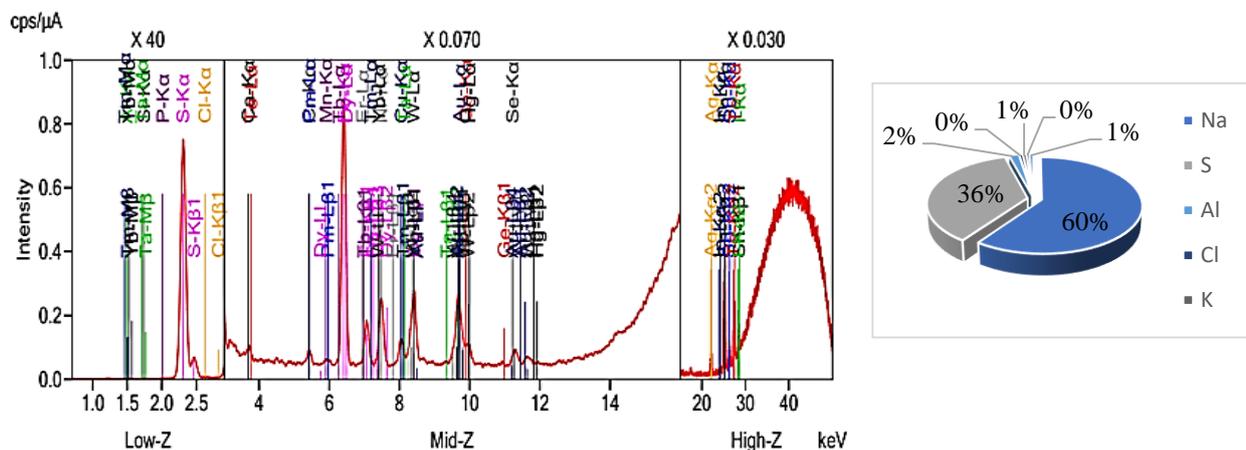
2-rasm. Namunalarning SEM-EDS tasviri

Element tarkibi bo'yicha ushbu namunada oltingugurt 18,81 mass %, natriy 29,54 mass % va kislorod 37,24 mass % ni tashkil etgan. Boshqa tomondan, NS-12 va ayniqsa NS-14 namunalarda silliq, zich va to'liq kristallangan yuzalar kuzatilib, NS-14 namunasi strukturasi yuqori sifatli sintez sharoitida shakllanganligi aniqlangan.



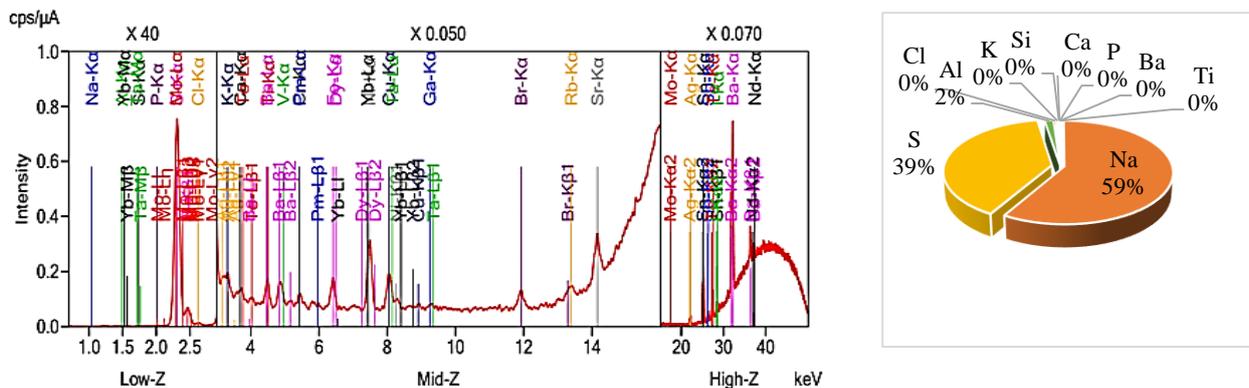
3-rasm. Na₂S namunalari massa ulushi bilan taqqoslash

Tadqiqot natijalariga ko'ra, NS-14 namunasi boshqa sintezlangan Na₂S namunalari orasida eng maqbul morfologik va tarkibiy xususiyatlarga ega bo'lib, uning yuzasi silliq, zich kristall struktura (~50–100 μm) va yuqori zarracha tartibiga ega. SEM tahliliga ko'ra (3-rasm), NS-14 tarkibida Na – 40,02 mass %, S – 24,43 mass %, O – 22,12 mass % aniqlangan bo'lib, bu yuqori natriy sulfid kontsentratsiyasi va past oksidlanish darajasini bildiradi. Optimal sharoitda – 120 °C haroratda 1 soat davomida bug'latish orqali olinishi bu namunaning strukturaviy yetuklik darajasini oshirgan. NS-14 namunasi tarkibi nazariy Na₂S qiymatlariga yaqin bo'lgani uchun u sanoat miqyosida flotatsiya reagentlari sifatida qo'llash uchun eng maqbul texnologik yechim hisoblanadi. NS-14 namunasi tarkibidagi past kislorod miqdori (22,12 mass %) uning oksidlanish darajasi pastligini ko'rsatadi, bu esa mahsulotning barqarorligi va uzoq muddatli saqlanishi uchun muhim omil hisoblanadi. Xususan, Na₂S·5H₂O namunasi yuzasida Na₂S·9H₂O fazasiga xos nozik kristallar ham aniqlangan bo'lib, bu 50 °C dan past haroratda qisman kristallanish natijasida ikki fazali struktura shakllanganini bildiradi.



4-rasm. NS-12 namunasini XRF (X-ray fluorescence) usulida tahlili

XRF (X-ray fluorescence) spektrining Mid-Z va High-Z sohalarida aniqlangan Ti, Fe, Cu, Zn, Pb va Hg kabi elementlarning cho'qqilari (4-rasm) sintez jarayonida qo'llanilgan kimyoviy aralashmalar yoki qurilma detektorida mavjud bo'lgan metall izlari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Bu elementlarning past darajadagi cho'qqilari ifloslanish yoki texnologik jarayondagi aralashmalar natijasi sifatida talqin qilinadi.



5-rasm. NS-14 namunasini XRF (X-ray fluorescence) usulida tahlili

Ilmiy asosda baholanganda, ~2.3 keV da qayd etilgan S-K α cho‘qqisi Na₂S tarkibidagi oltingugurtning mavjudligini ishonchli tasdiqlaydi. Natriy (Na) signalining sustligi atom raqamining kichikligi bilan bog‘liq bo‘lsa-da, S elementining spektrda yaqqol aks etishi Na₂S fazasining mavjudligini tahliliy jihatdan asoslaydi (7-rasm).XRF (X-ray fluorescence) tahlili natijalariga ko‘ra, namunada Na (natriy) va S (oltingugurt) elementlari spektrda kuchli va yaqqol cho‘qqilar bilan aniqlangan bo‘lib, bu holat sintez qilingan birikmaning aynan Na₂S ekanligini ishonchli tasdiqlaydi. Ushbu asosiy fazaviy tarkib XRF (X-ray fluorescence) natijalari bilan bir qatorda XRD va SEM tahlillari orqali ham o‘zaro mos va bir-birini to‘ldiruvchi tarzda aniqlangan. Spektrda yuqori atom raqamiga ega Fe, Mo, Ag, Ba va Nd kabi elementlarning mavjudligi esa, sinov muhiti yoki namunani tayyorlashda ishlatilgan uskunalar, substratlar yoki himoya qoplamalardan kelib chiqqan fon ifodasi sifatida baholanadi (6-rasm).



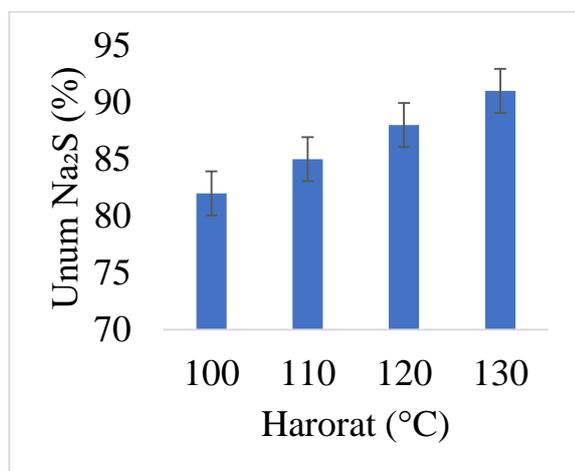
NS-12 marka

NS-08 marka

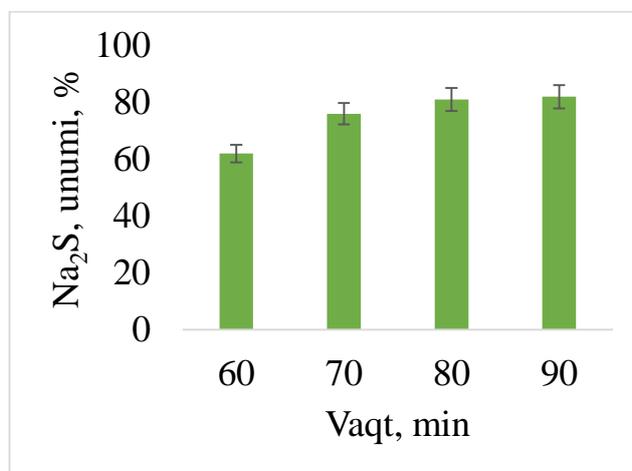
NS-14 marka

6-rasm. Na₂S namunalarining yorug‘lik mikroskopidan olingan tasviri

O‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natriy sulfid kristallarining morfologiyasi va geometrik xususiyatlarini aniqlash imkonini berdi. Yorug‘lik mikroskopiyasi orqali olingan tasvirlar asosida (6-rasm)



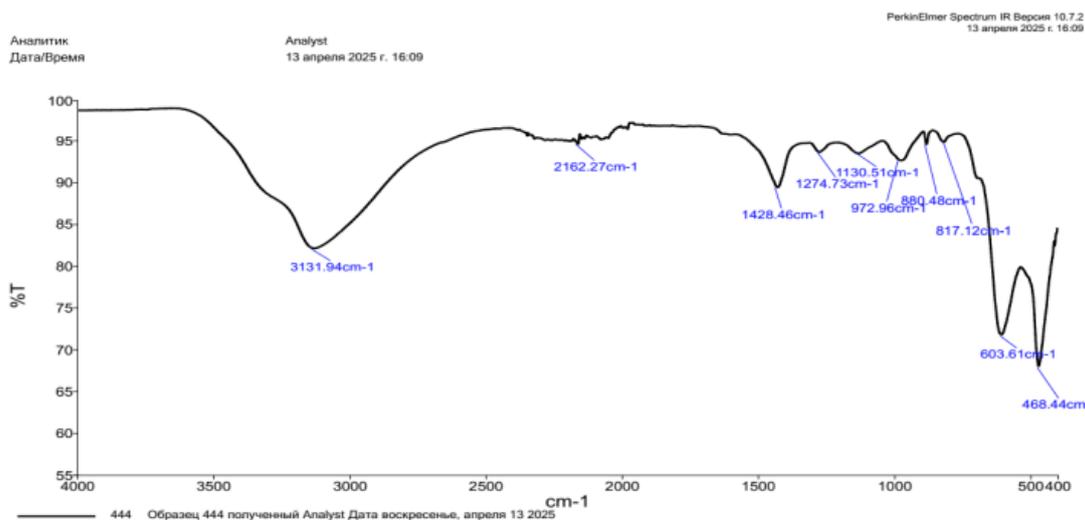
a. Reaksiya unumining haroratga bog‘liqligi



b. Reaksiya unumining vaqtga bog‘liqligi

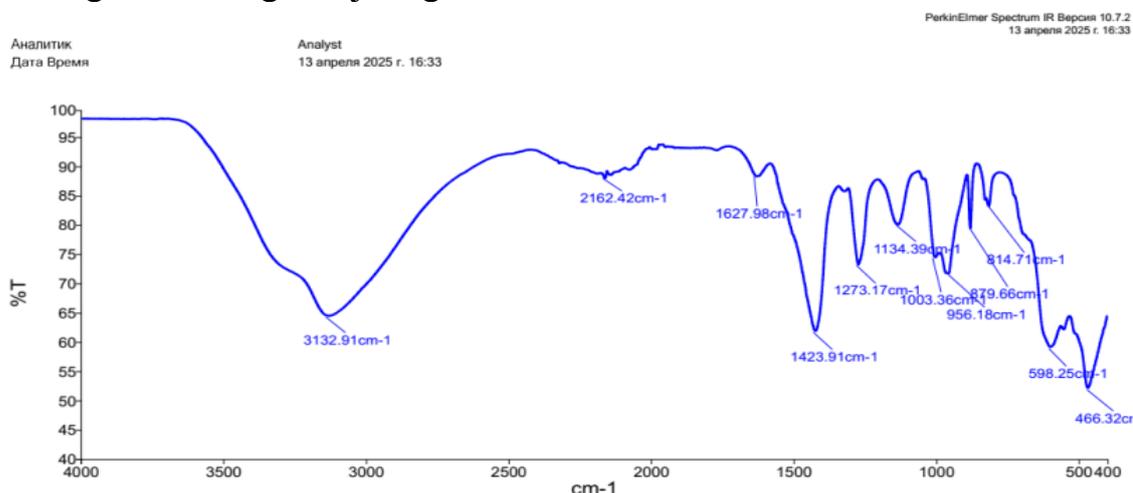
7-rasm. Na₂S kristallarining hosil bo‘lish unumining haroratga bog‘liqligi

Na₂S kristallari taxminan 1 mm o'lchamdagi, tartibli tuzilishga ega bo'lgan erkin oqadigan kristallar ko'rinishida shakllangani qayd etildi. Ularning burchakli va silliqshatirilgan qirralari, shuningdek, bir-biridan farq qiluvchi simmetrik geometrik shakllari kristallanish sharoitlariga sezgirlikni tasdiqlaydi. Olingan natijalarga binoan, kristallar namligi pasaygani sari Na₂S mahsulotining chiqishi oshgani kuzatiladi. Xususan, kristallar namligi 18% dan 10% gacha kamayganida, chiqish 82% dan 91% gacha ko'tarilgan (7a – 7.b-rasm). Bu esa mahsulotning tozaligi va konsentratsiyasi yaxshilanganini ko'rsatadi. Shu sababli, optimal bug'lantirish haroratini tanlash Na₂S kristallarini samarali olishda muhim ahamiyatga ega.



8-rasm. Na₂S namunalarining FTIR spektr olingan tasviri

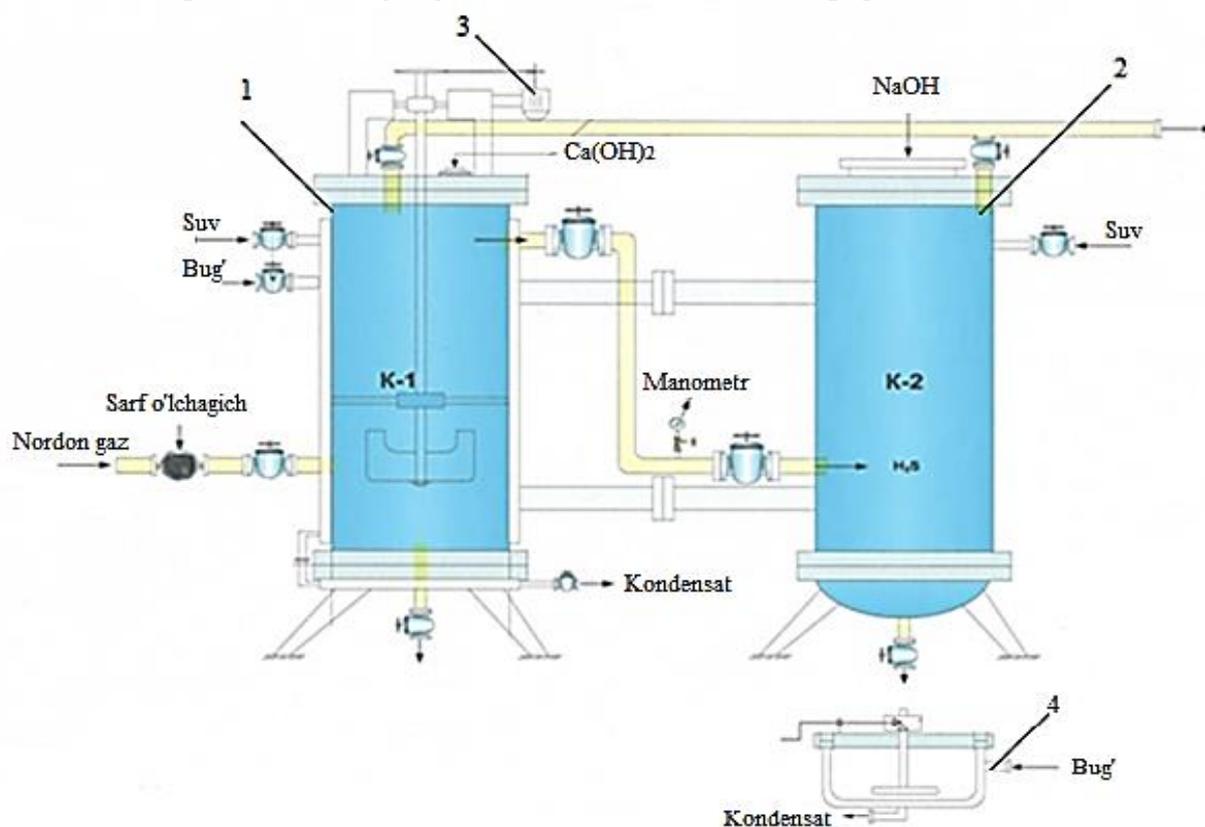
Sintez qilingan NS-12 va NS-14 markali natriy sulfid (Na₂S·xH₂O) namunalarining FTIR spektrlari ularning gidratlangan va murakkab funksional tarkibga ega tuzlar ekanini ishonchli tasdiqlaydi. Har ikkala namunada 3132 cm⁻¹ atrofidagi keng cho'qqining mavjudligi (NS-12: 3131.94 cm⁻¹; NS-14: 3132.91 cm⁻¹) ularning tarkibida –OH guruhlar mavjudligini va moddalarning suv bilan bog'langan holatda ekanini bildiradi. 2162 cm⁻¹ (C≡C yoki C≡N) va 1423–1428 cm⁻¹ (S=O, CH₂) atrofidagi chiziqlar esa tarkibda uchli bog'lar va oltingugurtli funksional guruhlarining mavjudligini ko'rsatadi.



9-rasm Na₂Sning IK tahlili (NS-14 markali Na₂S)

Shuningdek, 598–466 cm^{-1} diapazonida kuzatilgan past chastotali cho‘qqilar Na–S metall-sulfid bog‘larini tasdiqlaydi. Ushbu vibratsion chiziqlarning o‘xshashligi NS-12 va NS-14 namunalarning asosiy fazaviy va funksional tarkibi o‘xshash bo‘lgan, yuqori kristallanish darajasi bilan hosil bo‘lgan $\text{Na}_2\text{S}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ tuzlariga mansubligini bildiradi (8-9-rasm).

Dissertatsiyaning “**Vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali sanoat sharoitida natriy sulfid olish texnologiyasi va rudalarni boyitishda qo‘llashning ilmiy tadqiqi**” deb nomlangan to‘rtinchi bobi tarkibida sanoat sharoitida bosqichma-bosqich amalga oshiriladigan kimyoviy va fizik-texnologik jarayonlar hamda ularning tasnifi ilmiy jihatdan chuqur tahlil qilingan. Jumladan, vodorod sulfidi va karbonat anhidrid aralashmasini tarkibiy komponentlarga ajratish, asosiy mahsulot – natriy sulfidni sintez qilish hamda uni kristall holga keltirish bosqichlari amaliy tajribalar asosida ishlab chiqilgan.



10-rasm. Kislotali gazlardan natriy sulfid olishga mo‘ljallangan pilot qurilmaning texnologik sxemasi. 1 – 2 – absorber; 3 – elektrovigatel; 4 – bug‘latish qurilmasi.

Tajribada birinchi bosqichda CO_2 ning $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eritmasida cho‘ktirilishi orqali H_2S ajratib olindi. Keyingi bosqichda ajralgan H_2S gazi 30% li NaOH eritmasi bilan reaksiyaga kirishib, natriy sulfid hosil bo‘ldi (10-rasm). Yakuniy uchinchi bosqichda esa, hosil bo‘lgan Na_2S eritmasi 120°C haroratda 2 soat davomida bug‘latilib, kristall holga keltirildi. Mazkur texnologik yondashuv gazni chuqur tozalash, qayta ishlash va mahsulot sifatini nazorat qilish imkonini beradi hamda flotatsion boyitish texnologiyalarida qo‘llash uchun sifatli Na_2S olishga yo‘naltirilgan.



11-rasm. Muborak gazni qayta ishlash zavodida o‘rnatilgan pilot (yarim sanoat) usulida natriy sulfid olish uchun mo‘ljallangan tajriba qurilmasi

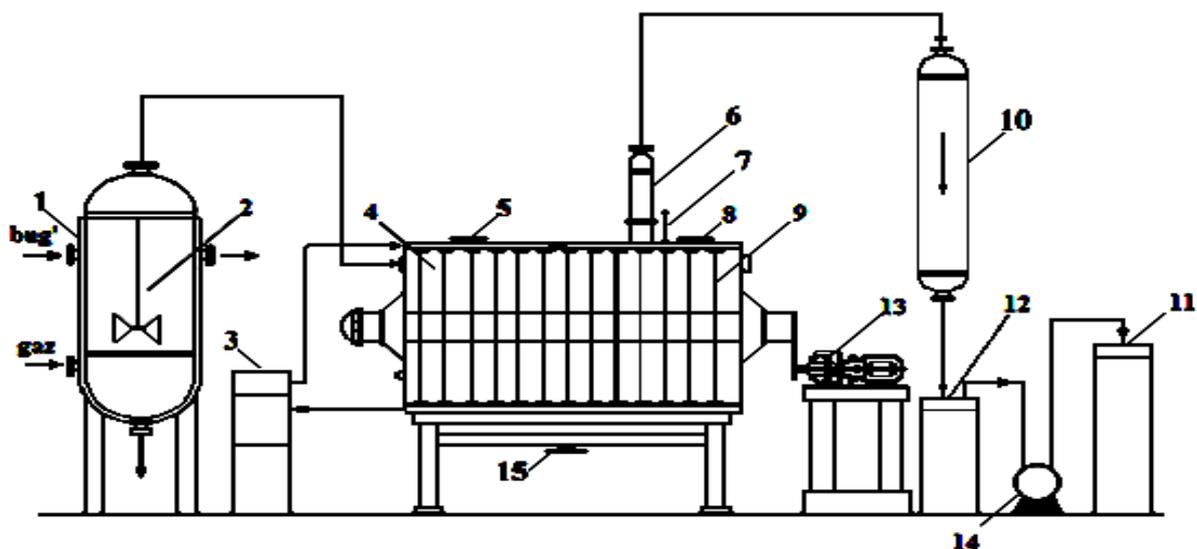
Bug‘latish bosqichida natriy sulfid eritmasidan suv ajralib chiqib, eritma bosqichma-bosqich zichlashadi va kristall Na_2S hosil bo‘ladi. Kristallashgan mahsulot $120\text{ }^\circ\text{C}$ haroratda 1 soat davomida quritilib, so‘ngra sovutiladi va maydalanadi (10-11-rasm). Tayyor mahsulot sanoat talablariga javob beradigan holatda yig‘iladi. Mazkur texnologik jarayonlarning aniq parametrlarini nazorat qilish 2-jadvalda aks ettirilgan bo‘lib, u yerda gazning sarfi ($10\text{ m}^3/\text{soat}$), harorat ($40\text{--}70\text{ }^\circ\text{C}$), eritma konsentratsiyasi (20%) va gazning oqim tezligi ($0,1\text{ m}^3/\text{s}$) kabi asosiy ko‘rsatkichlar keltirilgan. Ushbu parametrlar natriy sulfidning barqaror va sifatli sintezini ta'minlaydi.

2-jadval

Natriy sulfid olish uchun texnologik rejim

№	Jarayon bosqichi nomi	Nazorat qilinadigan parametrlar (birlik)	Min	Mak
1	Nordon gazni berish	Sarfi, m^3/soat	10	20
2	Kiruvchi gaz harorati	Harorat, $^\circ\text{C}$	40	50
3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ eritmasi konsentratsiyasi	%	30	30
4	NaOH eritmasi konsentratsiyasi	%	30	30
5	Nordon gazning tezligi	m^3/s		
6	To‘yintirilgan absorbent harorati	$^\circ\text{C}$	70	80

Ishlab chiqarish quvvati 10 tonna/kun bo‘lgan pilot qurilma Muborak gazni qayta ishlash zavodining 17-sexiga yaqin hududda joylashtirilgan bo‘lib, asosiy xomashyo – oltingugurtli nordon gaz 14-sexdan olinadi.



12-rasm. Sanoat sharoitida natriy sulfid ishlab chiqarish liniyasi sxemasi. 1– absorber; 2 – aralastirgich; 3 – moyni qizdirish uchun pech; 4 – absorber; 5 – lyuk; 6 – gazsimon mahsulotlar chiqarish moslamasi; 7 – monometr; 8 – lyuk; 9 – pichoqlar, 10-separator, 11-12 - suv rezeuarlari, 13- reduktor, 14- vakuum nasos, 15- lyuk..

12-13-rasmda keltirilgan sanoat sxemasi asosida gaz fazasi va suyuq fazaning samarali kontaktini ta'minlaydigan gorizontallik reaktor, vakuum nasosi, aralastirgich va nazorat-klapanlar tizimi ko'zda tutilgan. Bunday yondashuv texnologiyaniq iqtisodiy jihatdan arzon, ekologik xavfsiz va lokal xomashyoga asoslangan holda samarali ishlashiga imkon yaratadi.



13-rasm. Natriy sulfid ishlab chiqarishga mo'ljallangan sanoat qurilmasi

ZPG-3000 markali shnekli vakuumli quritgichdan foydalangan holda sintez qilingan NS-14 markali natriy sulfid namunasi oksidlangan qo'rg'oshin-rux rudalarini flotatsion boyitishda yuqori samaradorlik ko'rsatdi. Eksperimental reagent 61,11–64,76 % Na_2S tarkibiga ega bo'lib, Cu-Pb konsentratida ruxning ajralishi 64,76 %, misniki 93,01 % va qo'rg'oshinniki 92,08 % ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkichlar standart Na_2S bilan taqqoslanganda (mis uchun 93,88 %) deyarli teng natija bergan. Biroq NS-14 reagentidan foydalanganda konsentrat tarkibidagi mis miqdori 1,87 % bo'lib, bu standart Na_2S (1,69 %) ga nisbatan yuqoriroq natijani ko'rsatdi. Ushbu farq NS-14 reagentining misning ajralish darajasini

saqlagan holda, uning konsentratdagi nisbiy miqdorini oshirish qobiliyatiga ega ekanligini ilmiy jihatdan tasdiqlaydi.

3-jadval

"Xandiza" konining rudasi asosida NS-14 namunasi bilan ochiq siklda olib borilgan laboratoriya tajribasi natijalari

Mahsulot nomi	Chiqish, %	Tarkib, %			Ajralish, %			Tajriba sharoitlari
		Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	
Cu-Pb qora konsentrat	21,8	1,69	10,41	6,38	93,88	65,37	93,03	Standart (Na ₂ S)
Cu-Pb flotatsiya qoldig'i	78,62	0,03	1,50	0,13	6,12	34,63	6,97	
Asosiy ruda	100	0,39	3,41	1,47	100	100	100	
Cu-Pb qora konsentrat	20,93	1,87	11,69	7,06	93,01	65,08	92,08	NS-14 markali (Na ₂ S)
Cu-Pb flotatsiya qoldig'i	79,07	0,045	1,66	0,19	6,99	34,92	7,92	
Asosiy ruda	100	0,37	3,45	1,45	100	100	100	

NS-14 markali natriy sulfid reagentining Cu-Pb rudalarini flotatsiya yo'li bilan boyitishda qo'llanilishi mahsulot sifatini sezilarli darajada oshiradi. Jumladan, NS-14 reagentidan foydalangan holda olingan Cu-Pb konsentratida rux (Zn) miqdori 11,69 % bo'lib, bu standart Na₂S reagentiga (10,41 %) nisbatan yuqoriroqdir. Shunga qaramay, ruxning ajratish darajasi har ikki reagent uchun deyarli bir xil — 65,08 % (NS-14) va 65,37 % (standart) (3-jadval). Bu esa NS-14 reagentining konsentrat sifati bo'yicha afzalligi borligini bildiradi. Qo'rg'oshin (Pb) ajratishda esa NS-14 reagentining ajratish darajasi 92,08 % bo'lib, bu standart reagentga (93,03 %) nisbatan 0,95 % ga kam, ammo konsentrat tarkibidagi qo'rg'oshin miqdori NS-14 da yuqoriroq — 7,06 % (standartda esa 6,38 %). Mis (Cu) ajratilishida NS-14 93,01 % samaradorlik ko'rsatgan bo'lib, bu ko'rsatkich standart reagentga juda yaqin (93,88 %). Umuman olganda, NS-14 reagentining afzalligi sifatli konsentrat olishda namoyon bo'lib, u sanoat miqyosida samarali qo'llanilishi mumkinligini ko'rsatadi.

4-jadval

Issiqlik balansining taqqoslash tahlili

№	Issiqlik turi	Miqdori (kJ)	Ulush (%)	Izoh
1	Kiruvchi issiqlik (Q _k)	1 290 499,2	100%	Jami kiruvchi issiqlik.
2	Chiquvchi issiqlik (Q _{ch})	7 127 912,5	552,4%	Jami chiquvchi issiqlik.
3	Issiqlik balans farqi (ΔQ)	-5 837 413,3	-	Issiqlik farqi.
4	Samaradorlik koeffitsienti (η)	18,1%	-	$\eta = (Q_k/Q_{ch}) \times 100\%$.

Shuningdek, texnologik jarayonning issiqlik balansini tahlil qilish natijasida, kiruvchi issiqlik miqdori 1 290 499,2 kJ ni tashkil etgan bo'lsa, chiquvchi issiqlik 7 127 912,5 kJ ga yetgan va bu 552,4 % nisbatda ortiqcha issiqlik chiqishini

anglatadi. Issiqlik balansidagi farq $\Delta Q = -5\,837\,413,3$ kJ bo‘lib, bu energetik tizimdagi issiqlik yo‘qotishlarning yuqoriligini bildiradi (4-jadval). Issiqlik samaradorlik koeffitsienti atigi 18,1 % bo‘lib, bu texnologik qurilmalarda issiqlikni saqlash va qayta ishlatish imkoniyatlarini takomillashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

5-jadval

Issiqlik manbalarining taqsimlanishi

№	Issiqlik manbai	Hisoblash formulasi/ma'lumotlar	Miqdor (kJ)	Ulush (%)
1	Texnologik bug‘	$Q_0 = m \cdot r$	1 250 463	96,9%
2	Gaz aralashmalari issiqligi	$Q_1 = m \cdot C \cdot \Delta T$	505,2	0,04%
3	Kimyoviy reaksiyalar issiqligi	$Q_c = 39,25 \times 1020$	40 000	3,1%
	Jami	-	1 290 499,2	100%

Olib borilgan texnik-iqtisodiy tahlillar natriy sulfid ishlab chiqarish jarayonining energiya va moliyaviy samaradorligini aniq ko‘rsatmoqda. Umumiy issiqlik sarfi 1 290 499,2 kJ ni tashkil etib, uning 96,9 % (1 250 463 kJ) texnologik bug‘ga, 3,1 % (40 000 kJ) kimyoviy reaksiya issiqligiga va atigi 0,04 % (505,2 kJ) gaz aralashmalari issiqligiga to‘g‘ri keladi (5-jadval).

Moliyaviy jihatdan, O‘zbekiston bozorida natriy sulfidining 1 kg narxi 15 000 so‘m bo‘lib, 1 tonnadan olinadigan daromad 15 million so‘mni tashkil etadi. Rejalashtirilgan yillik ishlab chiqarish hajmi 2 000 tonna bo‘lsa, umumiy yillik daromad 30 milliard so‘mga teng. Tannarxi 18,82 milliard so‘mni tashkil etgan holda, sarmoyani qoplash muddati atigi 1,6 yilni tashkil qiladi.

Tadqiqotda olib borilgan izlanishlar asosida vodorod sulfidni qayta ishlash orqali natriy sulfid (Na_2S) olish texnologiyasi yaratish bo‘yicha dolzarb ilmiy-texnikaviy muammolar hal etilishi kuzatildi. Jumladan, kislotali sanoat chiqindilaridan foydali kimyoviy modda olish, ekologik xavfsizlikni ta‘minlash, energiya sarfi va xomashyo iste‘molini optimallashtirish, shuningdek, flotatsiya jarayonlari uchun samarali reagent tayyorlash kabi masalalarga ilmiy asosda yechim taklif etildi.

XULOSALAR

1. Muborak gazni qayta ishlash zavodining nordon gazlari asosida vodorod sulfidni utilizatsiya qilish orqali natriy sulfid (Na_2S) olishning ikki bosqichli laboratoriya qurilmasi ishlab chiqildi. NaOH eritmasining konsentratsiyasi, harorat va reaksiya vaqt kabi parametrlarning Na_2S hosildorligiga ta‘siri eksperimental ravishda o‘rganilib, optimal sharoitlar (30% NaOH, 50°C, 60 daqiqa) aniqlandi va Na_2S hosil bo‘lish unumdorligi 75,9% gacha yetdi.
2. Na_2S kristallarining namlik darajasi bug‘latish haroratiga bog‘liqligi aniqlanib, 100–120°C oralig‘ida mahsulotdagi namlik 18% dan 10% gacha kamaygani va kristall Na_2S chiqishi 82% dan 91% gacha oshgani ilmiy asosda isbotlandi.

- Absorbsiya jarayonining kinetikasi $\text{NaHS} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}$ o'tish yo'li bilan sintezning to'liq bosqichlari tushuntirildi. 30% li NaOH muhitida $\text{pH} \approx 13-14$ bo'lganda S^{2-} ionlarining dominant fazada to'planishi eksperimental tasdiqlandi.
3. Laboratoriyada olib borilgan tajribalar asosida sanoat darajasidagi ikki bosqichli texnologik sxema ishlab chiqildi va pilot qurilmada muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazildi.
 4. Sanoat darajasidagi sinovlarda ZPG-3000 markali vakuumli quritgichdan foydalanilib, issiqlik tejamkorligi oshirildi va mahsulot quritish jarayonida energiya sarfi 15–20% ga kamaytirildi. Na_2S sintezi jarayonida kiruvchi issiqlik 1 290 499,2 kJ, chiquvchi issiqlik esa 7 127 912,5 kJ ni tashkil etgani, jarayonning issiqlik samaradorligi 18,1% bo'lgani aniqlanib, tizimning energiya tejovchi ishlash rejimi asoslandi.
 5. NS-14 reagentining flotatsiya jarayonida qo'llanilishi standart sanoat Na_2S bilan taqqoslab baholandi. Mis ajralish darajasi 93,01%, qo'rg'oshin – 92,08%, rux esa konsentratda 11,69% ni tashkil etib, konsentrat sifati yuqoriligi bilan ajralib turgani isbotlandi. SEM va XRD tahlillari orqali sintez qilingan Na_2S kristallarining mikromorfologiyasi va fazaviy tarkibi aniqlanib, 1–3 μm o'lchamdagi zarrachalar va yuqori kristallanish darajasi qayd etildi.
 6. IQ spektrlari orqali Na_2S namunalari Na-S , S-S , O-H va C-S bog'lar mavjudligi isbotlandi. Bu namunalarni gidratlangan shaklda ($\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$) ekanini tasdiqlab, tozaligini baholash imkonini berdi. NS-14 reagentining mis boyitishdagi samaradorligi, mis konsentratdagi miqdorini 1,87% gacha oshirishga erishilgani bilan ifodalandi (standartda bu ko'rsatkich 1,69%), bu reagentning sifat jihatidan ustunligini tasdiqlaydi.
 7. Pilot qurilmada H_2S ni utilizatsiya qilish natijasida Na_2S ni sanoat sharoitida olish jarayonida optimal sharoitlar aniqlandi: 1,3–1,5 atm bosim, 30–120°C harorat, 1–1,5 soat bug'latish va 30% li NaOH va $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eritmalari qo'llanilishi.
 8. Muborak gazni qayta ishlash zavodida mavjud nordon gaz oqimlarida mazkur tavsiya etilgan texnologiyani amaliyotda joriy qilish uchun pilot qurilma ishlab chiqildi. Vodород sulfidni NaOH muhitida yutish va natriy sulfid olish uchun tajriba-sanoat sinovi o'tkazildi va texnologiya amaliyotga joriy etishga tavsiya etildi. Sanoat uskunalari (absorbsiya kolonnasi, bug'latgich, vakuum quritgich va nazorat-o'lchov tizimlari) olib kelinib, zavod miqyosida o'rnatildi va ishga tushirildi.
 9. Tadqiqot yakunida, ishlab chiqilgan texnologiya bilan yiliga 2 000 tonna Na_2S ishlab chiqarish rejalashtirilgan bo'lib, bu orqali \$300,000–\$2 million miqdorida importni qisqartirish va valyuta tejash imkoniyati yaratilishi ilmiy asosda isbotlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc 02/30.12.2019.К/Т.35.01 ПРИ ИНСТИТУТЕ
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ПУЛАТОВ ГОЛИБЖОН МУРОДОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФИДА НАТРИЯ
ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ СЕРОВОДОРОДА ИЗ КИСЛЫХ ГАЗОВ
ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА**

02.00.08 —Химия и технология нефти и газа

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)

Ташкент–2025

Тема диссертации доктора (PhD) философии по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером В2025.3.PhD/Г5819

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии АН РУз.
Автореферат диссертации размещен на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета по адресу www.ionx.uz и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziynet.uz

Научный руководитель:

Юсупов Фарход Махкамович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Адизов Бобиржон Замирович
доктор технических наук, профессор

Тураев Толиб Бозорович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ферганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «27» ноября 2025 года в «15⁰⁰» часов на заседании Научного совета 02/30.12.2019.К/Т.35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77а, Тел.: (99871)2625660; факс: (99871)2627990; e-mail ionxanuz@mail.ru

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за №20, с которой можно ознакомиться в информационно ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77а, тел: (+99871) 262-56-60).

Автореферат диссертации разослан «14» ноября 2025 года.
(реестр протокола рассылки №20 от «14» ноября 2025 года.)



Б.С. Закиров

Председатель научного совета по
присуждению ученой степени, д.х.н., проф.

Д.С. Салиханова

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученой степени, д.т.н., проф.

И.Д. Эшметов

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире проблема переработки кислых газов (в основном H_2S и CO_2), выделяемых газоперерабатывающими предприятиями, является одной из актуальных задач, связанных с экологической безопасностью, изменением климата и рациональным использованием ресурсов. В то же время технология получения сульфида натрия (Na_2S) в результате переработки сероводорода (H_2S) становится все более актуальным направлением. Процесс прямого синтеза Na_2S из H_2S позволяет создавать энергосберегающие, малоотходные и экологически безопасные технологии. Разработка технологий переработки этих вредных газов и получения из них полезных продуктов имеет большое научное и практическое значение.

В мире для повышения экологической безопасности и достижения экономической эффективности за счет утилизации сероводорода разрабатываются новые каталитические и абсорбционные методы переработки H_2S , проводятся фундаментальные и прикладные научные исследования по совершенствованию технологии получения Na_2S из кислых газов. В связи с этим разработка технологии получения сульфида натрия (Na_2S) не только решает существующие экологические проблемы в этом направлении, но и повышает экономическую эффективность промышленности за счет производства нового продукта. Особое внимание уделяется обоснованию особенностей расширения технологических возможностей и экономического укрепления добычи и переработки минерального сырья с использованием сульфида натрия, особенно в качестве эффективного флотореагента при обогащении руд.

В Республике также достигаются последовательные научно-практические результаты по утилизации отходов нефтегазовой и химической промышленности, обеспечению экологической безопасности и развитию производства импортозамещающей продукции. В третьем направлении Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены важные задачи, направленные на «ускоренное развитие высокотехнологичных перерабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местного сырья и крупных промышленных отходов»¹ В связи с этим, развитие местной промышленности и повышение экономической устойчивости за счет создания технологий эффективной утилизации сероводорода из кислых газов, образующихся на газоперерабатывающих заводах, рассматривается как актуальная научная задача. Разработка технологии получения сульфида натрия путем утилизации сероводорода и его применение в процессах обогащения руд имеет важное практическое значение.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах и Постановлениях Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № ПП-307 от 7 июля 2022 года «Об организационных мерах по реализации Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике: VII «Химические технологии и нанотехнологии» и IV «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Степень изученности проблемы.

Ряд ученых мира проводили научные исследования по совершенствованию технологии производства сульфида натрия (Na_2S) на основе промышленных отходов. В частности, такие исследователи, как Джеймс Манганаро, Цзяньчжун Ся, Альваро Перес Саладо, Акиба Ивао, Даррил Мамрош, Фатема Башипур, П.А. Машвиц, Бросс Дж., Майерс Р.Д., Фань Юнтао, Юэ Ян, Баопин Нью, Чжэ Лю, Цзяньмин Дань и Цзиньюй Ван в своих работах изучали химические и технологические механизмы получения сульфида натрия путем переработки сероводорода и других сернистых отходов. Их работы в основном направлены на создание систем абсорбции H_2S в газовой фазе, каталитического восстановления и регенерационного цикла, а также на разработку энергосберегающих и экологически безопасных процессов.

В Узбекистане ряд ученых проводили научные исследования в области нефтегазохимии и технологии и внесли значительный вклад в развитие отрасли. В частности, исследования К.С. Ахмедова, А.А. Агзамходжаева, М.П. Юнусова, Ф.М. Юсупова, С.Э. Нурмонова, Б.З. Адизова, И.Д. Эшметова, Д.Ж. Жумаевой и других ученых направлены на совершенствование процессов переработки нефти и газа, разработку новых каталитических систем и химических технологий. Научные исследования по вопросам улучшения экологического состояния предприятий нефтегазовой промышленности, обезвреживания выхлопных газов и снижения негативного воздействия на окружающую среду проводили Б.С. Закиров, Д.С. Салиханова, З.А. Сманова, Д.А. Гафурова, А.Б. Ибрагимов, Ш.М. Сайдахмедов, Б.Н. Хамидов и другие исследователи.

Однако технология получения сульфида натрия путем утилизации сероводорода из кислых газов считается экологически, экономически и технологически предпочтительной, и разработка этой технологии и

использование Na_2S в качестве эффективного реагента при флотационном обогащении металлических руд повышает производительность процессов разделения.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии в рамках хозяйственного договора 13/09-2021/НС «Разработка технологии производства сульфида натрия на МГПЗ».

Целью исследования является разработка эффективной технологии получения сульфида натрия (Na_2S) путем утилизации сероводорода (H_2S), содержащегося в кислых газах, образующихся на газоперерабатывающих заводах и научное обоснование возможности его использования в процессе обогащения руд.

Задачи исследования:

определение физико-химических свойств сероводорода (H_2S) в кислых газах, образующихся на газоперерабатывающих заводах и структурных примесей;

определение оптимальных условий реакции (температура, давление, pH, концентрация) для получения сульфида натрия (Na_2S) путем утилизации сероводорода;

исследование в лабораторных условиях основные химические реакции с участием сероводорода и гидроксида натрия и на основании результатов испытаний рассчитать технологический процесс;

анализ состава, кристаллической структуры и свойств полученного сульфида натрия с использованием современных аналитических методов (XRD, FTIR, AAS, SEM);

разработка и экономическое обоснование технологической схемы производства Na_2S , применимой в промышленных масштабах;

определение эффективности использования Na_2S в качестве депрессора или флотоактивного агента в процессе обогащения руд экспериментальными методами исследования;

оценка экологические преимущества предлагаемой технологии и ее роль в сокращении отходов производства.

Объектами исследования являются местные сырьевые компоненты – кислый газ, сероводород, гидроксид натрия, гидроксид кальция, сульфид натрия.

Предметом исследования являются определение химико-технологических процессов разделения кислого газа на диоксид углерода и сероводород, абсорбции и кинетики выделения сероводорода, физико-химических характеристик сырья и экспериментальных образцов.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы современные физико-химические (химико-аналитический, рентгеноструктурный, микроскопический, ИК-спектроскопический,

электронно-микроскопический) анализы и традиционные методы исследования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана двухстадийная технологическая схема получения сульфида натрия в промышленных условиях, включающая реакцию разделения CO_2 с помощью $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и поглощения H_2S с помощью NaOH с получением Na_2S ;

научно доказано, что в результате определения оптимальных условий образования Na_2S в течение 60 минут обработки при температуре 50°C с использованием 30% раствора NaOH в диапазоне $\text{pH} \approx 13-14$, степень образования Na_2S достигло 75,9%;

изучены кристаллическая структура (XRD), функциональные группы (ИК-Фурье), молекулярные свойства (XRF, SEM-EDS) синтезированных образцов Na_2S , определена основная фаза Na_2S , разработаны тепловой баланс ($Q \approx 1850-1900$ кДж/кг) и технологические расчеты процесса испарения раствора;

при сравнении эффективности реагента Na_2S марки NS-14 с стандартным промышленным образцом Na_2S установлено, что эффективность извлечения меди (Cu) составляет 93,01% (NS-14) и 93,88% (стандарт), свинца (Pb) - 92,08% (NS-14) и 93,03% (стандарт), а содержание цинка (Zn) в концентрате составляет 11,69% (NS-14) и 10,41% (стандарт) соответственно.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана технологическая схема, основанная на использовании абсорбентов для эффективного разделения сероводорода (H_2S) и углекислого газа (CO_2) из кислых газов;

создана технология получения сульфида натрия и на ее основе разработана пилотная и промышленная установка;

разработана научно-техническая документация по процессу, включая технологический регламент и организационный стандарт.

Достоверность результатов исследования. Результаты химических и физико-химических исследований подтверждаются апробацией разработанных технологий на установках в условиях промышленного производства.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в создании научных основ получения сульфида натрия из кислых газов отходов очистки природного газа, получаемого на Муборакском газоперерабатывающем заводе. В ходе работы изучены процессы абсорбции сероводорода из кислых газов, коллоидно-химические свойства системы, взаимное взаимодействие компонентов и реакции, происходящие в процессе получения сульфида натрия.

Практическая значимость исследования состоит в использовании местного сырья для получения импортозамещающей продукции, снижении себестоимости и расширении применения сульфида натрия в различных

отраслях промышленности. Результаты исследования способствуют улучшению экологического состояния региона, а также могут быть рекомендованы для промышленного внедрения, послужив основой для разработки технологии и оптимальных технологических параметров получения сульфида натрия.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по поглощению кислых газов и сероводорода неорганическими сорбентами на основе местного сырья:

Технические условия на сульфид натрия, применяемый в металлургии, лёгкой и химической промышленности, согласованы с «Мубарекский ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» и утверждены Службой санитарно-эпидемиологического благополучия населения и охраны общественного здоровья Республики Узбекистан (ТУ 23766064-13:2021). Данные технические условия позволяют осуществлять контроль качества продукции и технологического процесса;

производственная технология получения сульфида натрия из сероводорода (H_2S), содержащегося в кислых газах, образующихся на газоперерабатывающих заводах, включена в перечень перспективных разработок унитарного дочернего предприятия «Мубарекский ГПЗ» (справка АО «Узбекнефтегаз» № 03-18-8-555 от 4 июня 2025 г.);

Апробация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, из них 5 статьи опубликованы в научных изданиях, рекомендованных к публикации ВАК Республики Узбекистан в качестве основных научных результатов докторской диссертации, в том числе 2 в зарубежных и 3 в республиканских научных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обосновывается актуальность и необходимость темы диссертации, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследования, указывается на соответствие республиканских наук и технологий приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан, описывается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научно-практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах, структура диссертации.

В первой главе диссертации под названием «Современное состояние и подходы к исследованию технологий получения сульфида натрия путем утилизации сероводорода» изложены практический подход и теоретические основы решения современных проблем, связанных с уменьшением негативного воздействия сероводородного газа на окружающую среду, превращением его в полезный продукт и созданием экологически безопасных

технологий. В частности, освещены научно-техническая литература, патентные обзоры и мировая практика по существующим промышленным способам получения сульфида натрия, их эффективность, экономические и экологические показатели.

Во второй главе диссертации под названием «Анализ сырьевой базы и экспериментальные методы исследования» представлены традиционные и современные методы исследования в соответствии с ГОСТами, использованные в научно-исследовательской работе, с помощью которых определены физико-химические и механические свойства образцов Na_2S , а также химический состав. В данной главе даны подробные сведения о методах и технологии получения образцов Na_2S , используемом при этом сырье – сероводород и сопутствующих вспомогательных реагентах.

В третьей главе диссертации под названием «Получение сульфида натрия из кислых газов: синтез, структурный и физико-химический анализ» приведены подробные сведения о технологии синтеза Na_2S на основе использования сероводорода, технологических режимах его получения в лабораторных условиях, а также физико-химических и морфологических свойствах синтезированного продукта.

В научно-исследовательской работе экспериментальными результатами обосновано преимущественное образование сульфида натрия (Na_2S) в качестве продукта реакции.

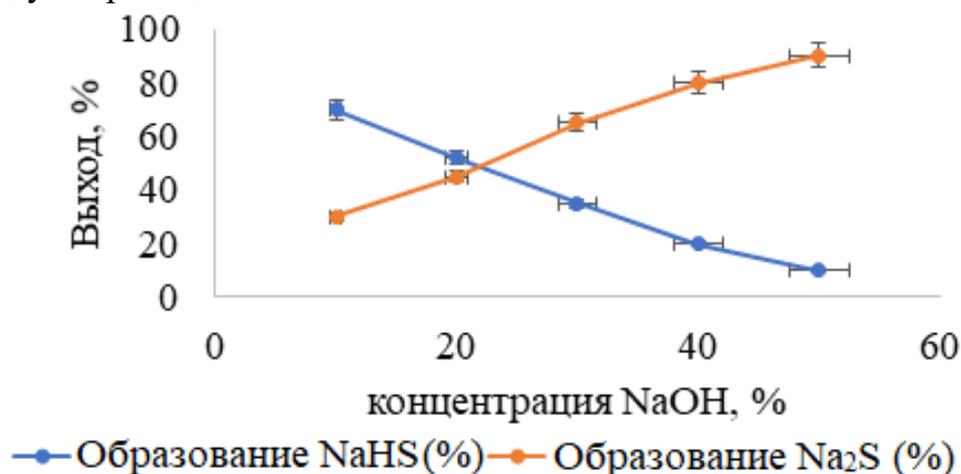


Рисунок 1. Зависимость образования NaHS и Na_2S от концентрации щелочи

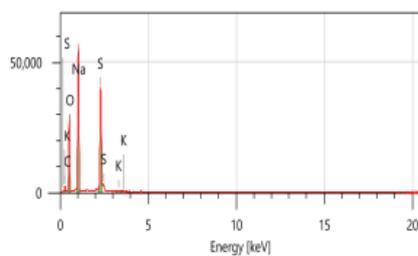
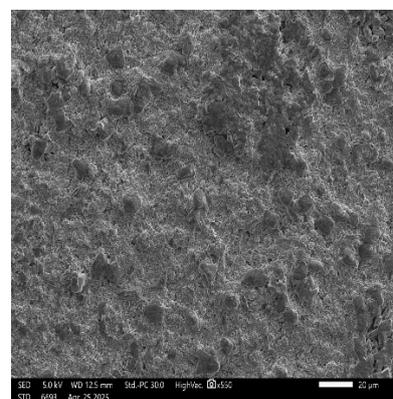
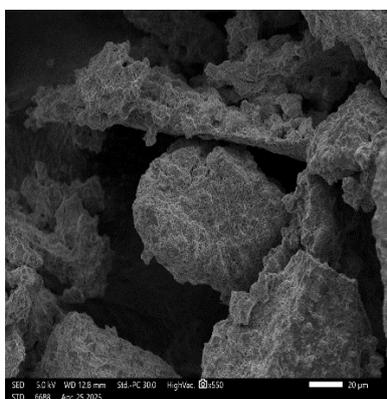
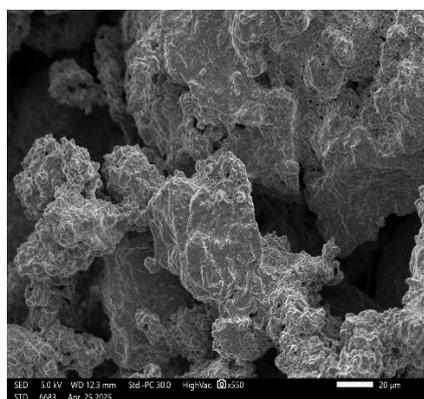
В частности, в процессе выпаривания в 30% щелочной среде при 120°C в течение 1,5 часов молекулы NaHS полностью прореагировали с оставшимся NaOH и превратились в Na_2S (рисунок 1). В этих условиях $\text{pH} > 12$, а высокая щелочная среда и температура ускоряют кинетику процесса и позволяют выделить Na_2S как основной продукт.

Результаты эксперимента, проведенного в лабораторных условиях по синтезу Na_2S (таблица 1), показывают, что эффективность получения сероводорода (H_2S) из смеси сульфида цинка (ZnS) и карбоната кальция (CaCO_3) существенно выше, чем из традиционной системы $\text{CaSO}_4 + \text{кокс}$ (С).

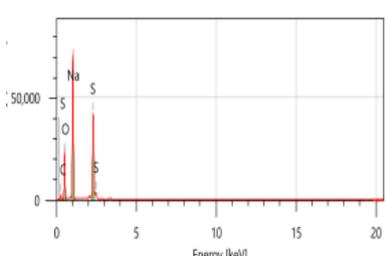
Таблица 1

Научный анализ производства Na_2S в различных лабораторных условиях

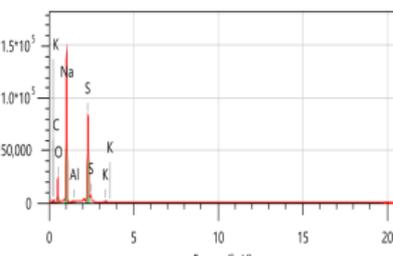
№	Источники H_2S	Дополнительные реагенты	NaO Н, С (%)	Количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (г)	Раствор NaOH (г)	Раствор HCl (г, 25%)	Температура выпаривания ($^{\circ}\text{C}$)	Выход Na_2S (%)
1	$\text{CaSO}_4 + \text{C}$	26 g koks, 25 g CaCO_3	20	72.78	215	215	120	60
2	$\text{CaSO}_4 + \text{C}$	26 g koks, 25 g CaCO_3	25	72.78	215	215	120	70
3	$\text{ZnS} + \text{CaCO}_3$	36 g CaCO_3	30	135	215	316	120	80
4	$\text{ZnS} + \text{CaCO}_3$	36 g CaCO_3	35	135	215	316	120	85
5	$\text{ZnS} + \text{CaCO}_3$	36 g CaCO_3	40	135	215	316	120	90



NS-8



NS-12



NS-14

Рисунок 2. Изображение образцов, полученное с помощью SEM-EDS

Результаты анализа поверхности образцов NS-8, NS-12 и NS-14 методом СЭМ (сканирующей электронной микроскопии) показали (рисунок 2), что условия синтеза и сушки напрямую влияют на морфологию и структурное состояние кристаллов Na_2S . Поверхность образца NS-8 была неровной и имела высокую пористость, что свидетельствует о том, что кристаллизация не была полностью завершена и процесс сушки не был проведен в достаточной степени. По элементному составу этот образец содержал 18,81 мас. % серы, 29,54 мас. % натрия и 37,24 мас. % кислорода. С другой стороны, в образцах NS-12 и особенно NS-14 наблюдались гладкие, плотные и полностью кристаллизованные поверхности, что свидетельствует о том, что структура образца NS-14 была сформирована в условиях

высококачественного синтеза.

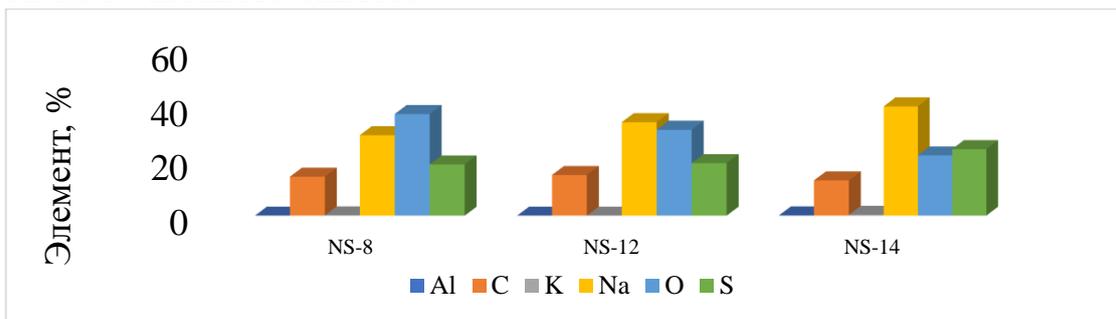


Рисунок 3. Сравнение образцов Na₂S по массовой доле

По результатам исследования образец NS-14 обладает наиболее благоприятными морфологическими и структурными свойствами среди других синтезированных образцов Na₂S, имеет гладкую поверхность, плотную кристаллическую структуру (~50–100 мкм) и высокую упорядоченность частиц. По данным анализа СЭМ (рисунок 3), состав NS-14 был определен следующим образом: Na – 40,02 масс.%, S – 24,43 масс.%, O – 22,12 масс.%, что указывает на высокую концентрацию сульфида натрия и низкую степень окисления. Экстракция в оптимальных условиях – выпариванием при температуре 130°C в течение 3 часов – увеличила структурную зрелость этого образца. Поскольку состав образца NS-14 близок к теоретическим значениям Na₂S, он является наиболее подходящим технологическим решением для использования в качестве флотореагентов в промышленных масштабах. Низкое содержание кислорода (22,12 мас.%) в образце NS-14 свидетельствует о его низкой степени окисления, что является важным фактором стабильности и длительного хранения продукта. В частности, на поверхности образца Na₂S·9H₂O также обнаружены мелкие кристаллы, характерные для фазы Na₂S·5H₂O, что свидетельствует об образовании двухфазной структуры в результате частичной кристаллизации при температурах ниже 50°C.

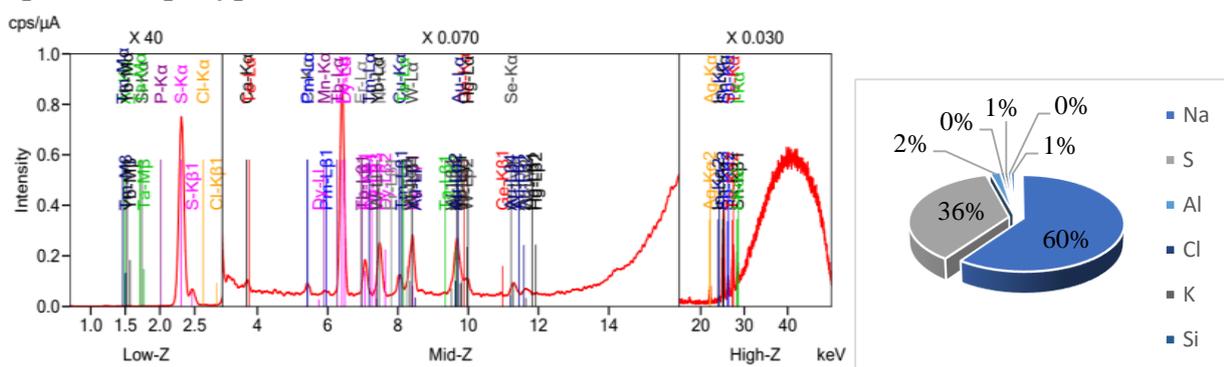


Рисунок 4. Анализ образца NS-12 методом XRF (X-ray fluorescence)

Пики таких элементов, как Ti, Fe, Cu, Zn, Pb и Hg, обнаруженные в областях Mid-Z и High-Z спектра XRF (рентгеновской флуоресценции), могут быть обусловлены химическими примесями, используемыми в процессе синтеза, или следами металлов, присутствующих в детекторе устройства. Низкоуровневые пики этих элементов интерпретируются как результат загрязнения или примесей в технологическом процессе. При

научной оценке пик S–K α , зарегистрированный при ~2,3 кэВ, надежно подтверждает наличие серы в Na₂S. Хотя слабый сигнал натрия (Na) связан с малым атомным номером, четкое отражение элемента S в спектре аналитически подтверждает наличие фазы Na₂S (рисунок 4).

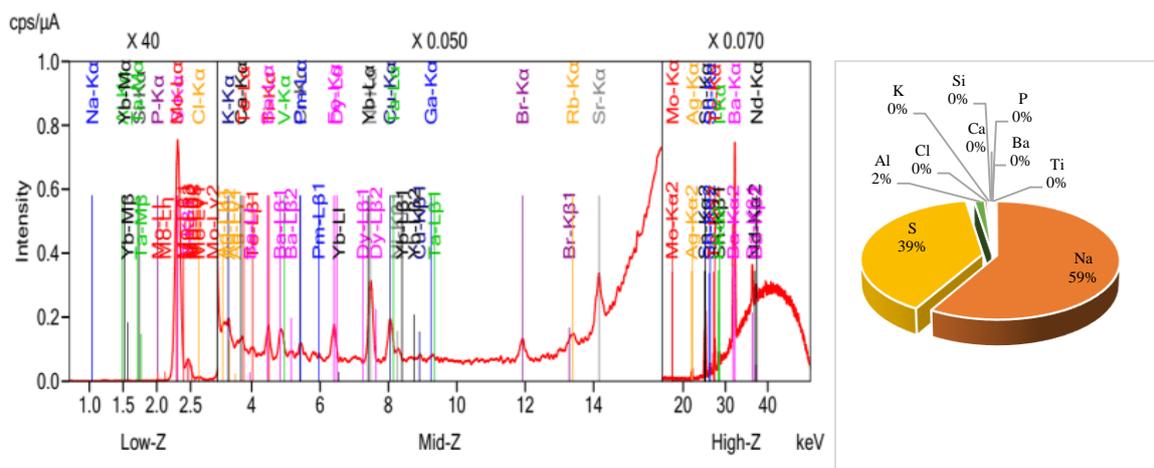
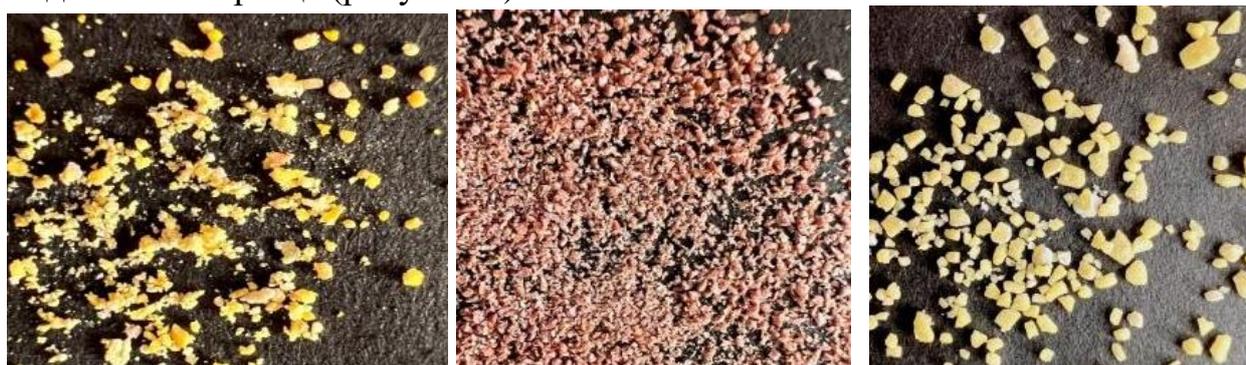


Рисунок 5. Анализ образца NS-14 методом XRF (X-ray fluorescence)

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа в образце обнаружены элементы Na (натрий) и S (сера), имеющие интенсивные и четкие пики в спектре, что надежно подтверждает, что синтезированное соединение представляет собой Na₂S. Этот основной фазовый состав был определен с помощью анализа XRD и SEM последовательным и взаимодополняющим образом, наряду с результатами XRF (рентгеновской флуоресценции). Присутствие элементов с высокими атомными номерами, таких как Fe, Mo, Ag, Ba и Nd, в спектре интерпретируется как фоновый эффект, возникающий в результате воздействия испытательной среды или оборудования, подложек или защитных покрытий, используемых при подготовке образца (рисунок 5).



Марка NS-12

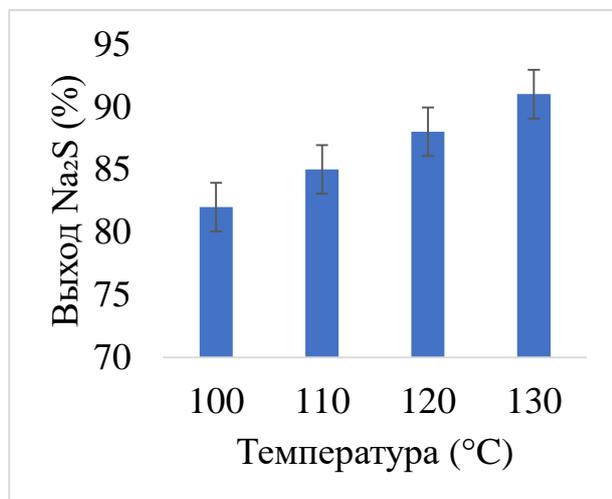
Марка NS-08

Марка NS-14

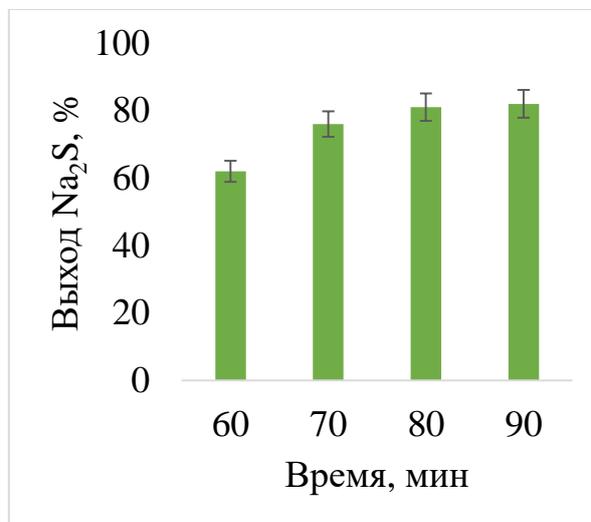
Рисунок 6. Изображение образцов Na₂S, полученное с помощью светового микроскопа

Экспериментальные исследования позволили определить морфологию и геометрические свойства кристаллов сульфида натрия. На основе изображений, полученных с помощью световой микроскопии (рис. 6), отмечено, что кристаллы Na₂S образуются в виде свободнотекучих кристаллов с упорядоченной структурой, размером около 1 мм. Их угловатые

и гладкие края, а также их различная симметричная геометрическая форма подтверждают чувствительность к условиям кристаллизации. Это связано с лучшим удалением влаги и ускорением процесса кристаллизации при высоких температурах.



7а. Зависимость выхода реакции от температуры



7б. Зависимость выхода реакции от времени

Рисунок 7. Температурная зависимость выхода кристаллов Na₂S

Согласно полученным результатам, наблюдается, что выход продукта Na₂S увеличивается по мере уменьшения влажности кристаллов. В частности, при уменьшении влажности кристаллов с 18% до 10% выход увеличивается с 82% до 91% (рисунки 7а – 7б). Это свидетельствует об улучшении чистоты и концентрации продукта. Поэтому выбор оптимальной температуры испарения важен для эффективного получения кристаллов Na₂S.

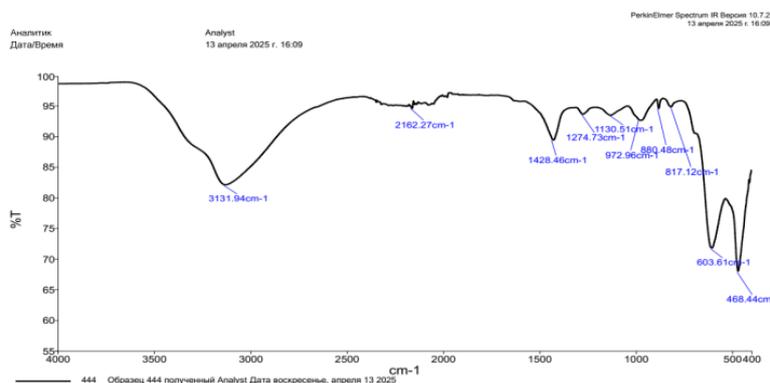


Рисунок 8. Спектр ИК-Фурье образцов Na₂S

Спектры ИК-Фурье синтезированных образцов сульфида натрия (Na₂S·xH₂O) NS-12 и NS-14 надежно подтверждают, что они представляют собой гидратированные соли со сложным функциональным составом. Наличие широкого пика около 3132 см⁻¹ в обоих образцах (NS-12: 3131,94 см⁻¹; NS-14: 3132,91 см⁻¹) свидетельствует о наличии в их составе групп –ОН и нахождении веществ в связанном с водой состоянии. Линии около 2162 см⁻¹ (C≡C или C≡N) и 1423–1428 см⁻¹ (S=O, CH₂) свидетельствуют о наличии в составе тройных связей и серосодержащих функциональных групп.

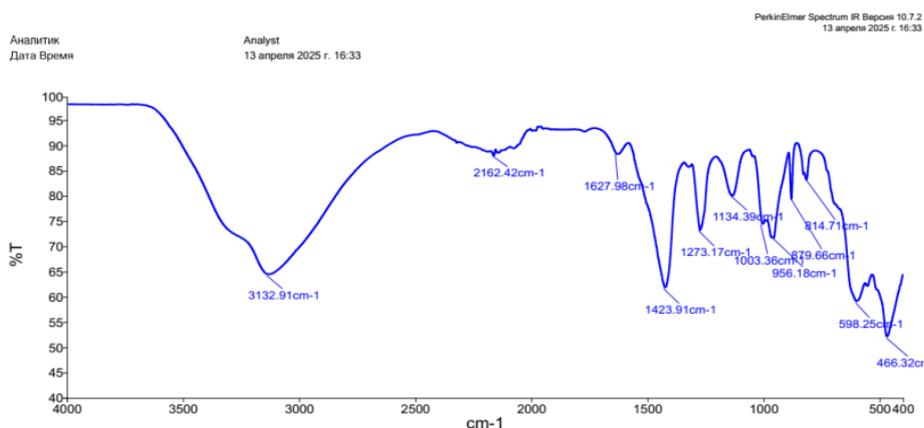


Рисунок 9. Анализ ИК Na_2S (Na_2S марки NS-14)

Также низкочастотные пики, наблюдаемые в диапазоне $598\text{--}466\text{ см}^{-1}$, подтверждают наличие связей металл-сульфид Na-S . Сходство этих колебательных линий указывает на то, что образцы NS-12 и NS-14 относятся к солям $\text{Na}_2\text{S} \cdot x\text{H}_2\text{O}$, образованным с высокой степенью кристаллизации, со схожим основным фазовым и функциональным составом (рисунки 18–9).

Четвертая глава диссертации под названием «**Технология получения сульфида натрия в промышленных условиях путем утилизации сероводорода и его применение в обогащении руд**» содержит научный глубокий анализ химических и физико-технологических процессов, осуществляемых пошагово в промышленных условиях, а также их классификацию. В частности, на основе практических экспериментов разработаны стадии разделения смеси сероводорода и диоксида углерода на структурные составляющие, синтеза основного продукта – сульфида натрия и кристаллизации.

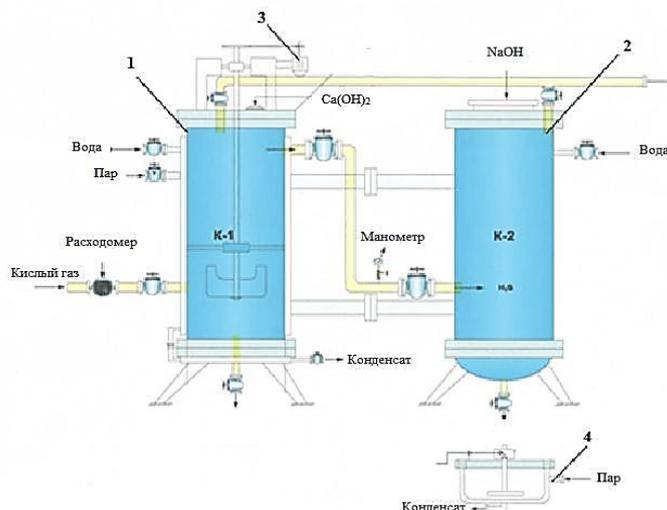


Рисунок 10. Технологическая схема пилотной установки по производству сульфида натрия из кислых газов. 1, 2 – абсорберы; 3 – электродвигатель; 4 – испаритель.

На первом этапе эксперимента H_2S был отделен осаждением CO_2 в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$. На следующем этапе отделенный газ H_2S реагировал с 30% раствором NaOH с образованием сульфида натрия (рисунок 10). На заключительном третьем этапе полученный раствор Na_2S выпаривался при

120°C в течение 2 часов и кристаллизовался. Данный технологический подход позволяет проводить глубокую очистку газа, его переработку и контроль качества продукции и направлен на получение качественного Na₂S для использования в технологиях флотационного обогащения.



Рисунок 11. Пилотная (полупромышленная) экспериментальная установка по производству сульфида натрия, установленная на Мубарекском газоперерабатывающем заводе

На стадии выпаривания из раствора сульфида натрия отделяется вода, раствор постепенно конденсируется и образуется кристаллический Na₂S. Кристаллизованный продукт сушат при температуре 120°C в течение 1 часа, затем охлаждают и измельчают (рис. 10-11). Готовый продукт собирают в состоянии, отвечающем промышленным требованиям. Контроль удельных параметров этих технологических процессов отражен в таблице 2, где приведены основные показатели, такие как расход газа (10 м³/ч), температура (40–70°C), концентрация раствора (30%) и скорость потока газа (0,1 м³/с). Эти параметры обеспечивают стабильный и качественный синтез сульфида натрия.

Таблица 2

Технологический режим получения сульфида натрия

№	Название этапа процесса	Параметры контроля	Нормы технологического режима,	
			мин	макс
1	Газоснабжение (H ₂ S-48%, CO ₂ -52%)	Расход, м ³ /час	10	20
2	На входе газа	Температура, °C	40	50
3	Концентрация растворов OH ₂ и NaOH		20	40
4	Скорость кислого газа	м/с	0,1	0,3
5	Насыщенный абсорбент	Температура, °C	70	80

Опытно-промышленная установка расположена вблизи цеха № 17 МГПЗ, а основное сырье – сернистый кислый газ – поступает из цеха № 14.

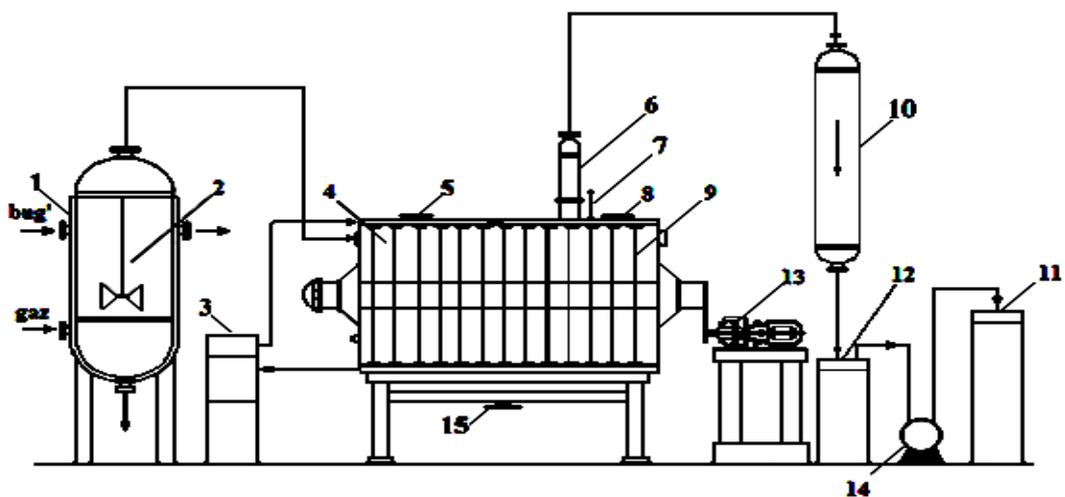


Рисунок 12. Схема линии производства сульфида натрия в промышленных условиях.

1 – абсорбер; 2 – смеситель; 3 – печь подогрева масла; 4 – абсорбер; 5 – люк; 6 – устройство выпуска газообразных продуктов; 7 – манометр; 8 – люк; 9 – ножи, 10-сепаратор, 11-12 – емкости для воды, 13- редуктор, 14- вакуумный насос, 15- люк.

Промышленная схема, представленная на рисунках 12-13, включает горизонтальный реактор, вакуумный насос, смеситель и систему регулирующих клапанов, которая обеспечивает эффективный контакт между газовой и жидкой фазами. Такой подход позволяет технологии работать экономично, экологически безопасно и эффективно на основе местного сырья.



Рисунок 13. Промышленная установка по производству сульфида натрия

Образец сернистого натрия NS-14, синтезированный с использованием шнековой вакуумной сушилки ZPG-3000, показал высокую эффективность при флотационном обогащении окисленных свинцово-цинковых руд.

Опытный реагент содержит Na_2S 61,11–64,76%, а разделение цинка в Cu-Pb концентрат составило 64,76%, меди – 93,01%, свинца – 92,08%. Эти показатели при сравнении со стандартным Na_2S (93,88% по меди) дали практически равные результаты.

Однако при использовании реагента NS-14 содержание меди в концентрате составило 1,87%, что выше стандартного Na_2S (1,69%). Данная разница научно подтверждает способность реагента NS-14 увеличивать

относительное содержание меди в концентрате при сохранении степени разделения меди.

Таблица 3

Результаты лабораторных экспериментов, проведенных в открытом цикле с образцом NS-14 на основе руды месторождения «Хандиза»

Название продукта	Выход, %	Содержание, %			Выделение, %			Условия эксперимента
		Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	
Cu-Pb черный концентрат	21,8	1,69	10,41	6,38	93,88	65,37	93,03	Standart (Na ₂ S)
Cu-Pb флотац. остаток	78,62	0,03	1,50	0,13	6,12	34,63	6,97	
Основная руда	100	0,39	3,41	1,47	100	100	100	
Cu-Pb черный концентрат	20,93	1,87	11,69	7,06	93,01	65,08	92,08	NS-14 (Na ₂ S)
Cu-Pb флотац. остаток	79,07	0,045	1,66	0,19	6,99	34,92	7,92	
Основная руда	100	0,37	3,45	1,45	100	100	100	

Применение реагента NS-14 сульфида натрия при флотационном обогащении Cu-Pb руд значительно повышает качество продукта. В частности, содержание цинка (Zn) в Cu-Pb концентрате, полученном с использованием реагента NS-14, составляет 11,69%, что выше, чем у стандартного реагента Na₂S (10,41%). Однако степень извлечения цинка у обоих реагентов практически одинакова — 65,08% (NS-14) и 65,37% (стандарт) (табл. 3). Это свидетельствует о преимуществе реагента NS-14 по качеству концентрата. При разделении свинца (Pb) эффективность разделения реагента NS-14 составляет 92,08%, что на 0,95% меньше стандартного реагента (93,03%), но содержание свинца в концентрате у NS-14 выше — 7,06% (стандарт 6,38%). При разделении меди (Cu) NS-14 показал эффективность 93,01%, что весьма близко к стандартному реагенту (93,88%). В целом преимущество реагента NS-14 проявляется в получении качественного концентрата, что свидетельствует о возможности его эффективного использования в промышленных масштабах.

Таблица 4

Сравнительный анализ теплового баланса

№	Тип тепла	Количество (кДж)	Доля (%)	Примечание
1	Входящее тепло (Q _в)	1 290 499,2	100%	Общий вход тепла
2	Выходящее тепло (Q _{вых})	7 127 912,5	552,4%	Общий выход тепла
3	Разница теплового баланса (ΔQ)	-5 837 413,3	-	Разница температур
4	Коэффициент эффективности (η)	18,1%	-	$\eta = (Q_k/Q_{ch}) \times 100\%$.

Проведенные технико-экономические анализы наглядно демонстрируют энергетическую и финансовую эффективность процесса производства сульфида натрия. Общий расход тепла составляет 1 290 499,2 кДж, из которых 96,9% (1 250 463 кДж) составляет технологический пар, 3,1% (40 000 кДж) – теплота химических реакций только 0,04% (505 кДж) – теплота газовой смеси (таблица 5).

Таблица 5

Распределение источников тепла

№	Источник тепла	Формула расчета/данные	Количество (кДж)	Доля (%)
1	Технологический пар	$Q_0 = m \cdot r$	1 250 463	96,9%
2	Теплота газовых смесей	$Q_1 = m \cdot C \cdot \Delta T$	505	0,04%
3	Теплота химических реакций	$Q_c = 39,25 \times 1020$	40 000	3,1%
	Итого	-	1 290 499,2	100%

В финансовом отношении цена 1 кг сульфида натрия на рынке Узбекистана составляет 15 000 сумов, а доход с 1 тонны — 15 млн сумов. При планируемом годовом объеме производства 2 000 тонн общий годовой доход составляет 30 млрд сумов. При себестоимости 18,82 млрд сумов срок окупаемости составляет всего 1,6 года.

На основании проведенных в работе исследований отмечено, что решены актуальные научно-технические проблемы по созданию технологии получения сульфида натрия (Na_2S) путем переработки сероводорода. В частности, предложены научные решения таких вопросов, как получение полезных химических веществ из кислых промышленных отходов, обеспечение экологической безопасности, оптимизация энергозатрат и расхода сырья, а также приготовление эффективного реагента для флотационных процессов.

ВЫВОДЫ

1. На основе кислых газов Мубарекского газоперерабатывающего завода была разработана двухступенчатая лабораторная установка для получения сульфида натрия (Na_2S) посредством утилизации сероводорода. Экспериментально изучено влияние параметров, таких как концентрация раствора NaOH, температура и время реакции, на выход Na_2S ; установлены оптимальные условия (30% NaOH, 50 °C, 60 минут), при которых выход Na_2S достигал 75,9 %.

2. Установлена зависимость влажности кристаллов Na_2S от температуры выпаривания: в диапазоне 100–120 °C влажность продукта снижалась с 18 % до 10 %, а выход кристаллического Na_2S возрастал с 82 % до 91 %, что подтверждено научными данными. Кинетика процесса абсорбции была объяснена через стадию перехода $NaHS \rightarrow Na_2S$. Экспериментально

подтверждено, что в 30%-ной среде NaOH при $pH \approx 13-14$ ионы S^{2-} концентрируются в доминирующей фазе.

3. На основе лабораторных экспериментов была разработана двухступенчатая технологическая схема промышленного уровня, успешно апробированная на пилотной установке.

4. В промышленных испытаниях использовалась вакуумная сушильная установка марки ZPG-3000, что позволило повысить тепловую эффективность и снизить энергозатраты на сушку продукта на 15–20 %. В ходе синтеза Na_2S установлено, что входящее тепловое количество составило 1 290 499,2 кДж, выходящее — 7 127 912,5 кДж, а тепловая эффективность процесса составила 18,1 %, что обосновало энергосберегающий режим работы системы.

5. Применение реагента NS-14 в процессе флотации было сопоставлено со стандартным промышленным Na_2S . Степень извлечения меди составила 93,01 %, свинца — 92,08 %, цинка в концентрате — 11,69 %, что свидетельствует о высоком качестве полученного концентрата. По данным SEM и XRD проанализирована микроморфология и фазовый состав синтезированного Na_2S , выявлены частицы размером 1–3 мкм и высокая степень кристалличности.

6. По инфракрасным спектрам в образцах Na_2S подтверждено наличие связей Na–S, S–S, O–H и C–S, что позволило идентифицировать гидратированную форму ($Na_2S \cdot xH_2O$) и оценить её чистоту. Эффективность реагента NS-14 при обогащении медных руд выражалась в увеличении содержания меди в концентрате до 1,87 % (по сравнению со стандартными 1,69 %), что подтверждает его качественное преимущество.

7. В ходе получения Na_2S в промышленных условиях с утилизацией H_2S на пилотной установке были определены оптимальные параметры: давление 1,3–1,5 атм, температура 30–120 °С, выпаривание в течение 1–1,5 часов, использование растворов 30%-ного NaOH и $Ca(OH)_2$.

8. Для внедрения предложенной технологии на практике в действующих кислых газовых потоках Мубарекского газоперерабатывающего завода была разработана пилотная установка. Проведены опытно-промышленные испытания по абсорбции сероводорода в среде NaOH с последующим получением сульфида натрия, технология рекомендована к практическому внедрению. Промышленное оборудование (абсорбционная колонна, выпарная установка, вакуумная сушильная установка и контрольно-измерительные системы) было поставлено, смонтировано и введено в эксплуатацию на уровне предприятия.

9. В заключение установлено, что с помощью разработанной технологии возможно организовать производство до 2000 тонн Na_2S в год, что позволит снизить импорт на сумму от 300 000 до 2 млн долларов США и обеспечить экономию валютных ресурсов, что подтверждено научными расчетами.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE
DSc 02/30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANIK CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIK CHEMISTRY

PULATOV GOLIBJON MURODOVICH

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR OBTAINING SODIUM
SULFIDE THROUGH THE UTILIZATION OF HYDROGEN SULFIDE
FROM ACID GASES OF A GAS PROCESSING PLANT**

02.00.08 –Chemistry and technology of oil and gas (technical science)

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

Tashkent-2025

The subject of the PhD thesis has been registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science, and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2025.3.PhD/T5819

Doctoral dissertation has been carried out at Institute of General and Inorganic Chemistry of the AScRuz.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific website www.ionx.uz and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal www.ziynet.uz.

Research supervisors:

Yusupov Farhod Mahkamovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official Opponents:

Adizov Bobirjon Zamirovich
Doctor of technical science, Professor

Turaev Tolib Bozorovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

Fergana State Technical University

The defense of the thesis will take place on 27 November 2025 at 15:00 o'clock at the meeting of scientific council DSc 02/30.12.2019.K/T.35.01 under Institute of General and Inorganic Chemistry. Address: 77-a, Mirzo Ulugbek Street, Mirzo Ulugbek District, 100170, Tashkent, tel.: (99871) 262-56-60, Fax: (99871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru.

Dissertation can be reviewed at the Information-resource Centre at the Institute of General and Inorganic Chemistry of AS RUz (is registered under №20). (Address: 100170, Tashkent citi, Mirzo Ulugbek Street 77-a. Tel/fax: (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «14» November 2025 y.
(mailing report №20 from «14» November 2025 y.)



B.S. Zakirov
Chairman of a scientific Council awarding scientific degrees,
doktor of chemical sciences, professor

D.S. Salikhanova
Scientific secretary of scientific Council
awarding scientific degrees,
doktor of technical sciences, professor

I.D. Eshmetov
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific
Council on the award of a scientific degree, doktor of
technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop an efficient technology for producing sodium sulfide (Na_2S) through the utilization of hydrogen sulfide (H_2S) present in acid gas streams generated at gas processing plants, and to provide a scientific basis for its application in ore beneficiation processes.

The subject of the research work are local raw material components were selected, including acid gas, hydrogen sulfide, sodium hydroxide, calcium hydroxide, and sodium sulfide.

The scientific novelty of the research work is the following:

A two-stage industrial process for the production of sodium sulfide has been developed, which involves the separation of CO_2 using $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and the absorption of H_2S with NaOH to obtain Na_2S ;

by employing a 30% NaOH solution at 50 °C and maintaining the pH within the range of approximately 13–14 for 60 minutes, the optimal conditions for Na_2S formation were determined, achieving a synthesis yield of up to 75.9%;

the crystalline structure (XRD), functional groups (FTIR), and molecular characteristics (XRF, SEM-EDS) of the synthesized Na_2S samples were investigated, identifying the main Na_2S phase. Additionally, the heat balance ($Q \approx 1850\text{--}1900$ kJ/kg) and technological calculations for the evaporation process were established;

in flotation experiments, the performance of the NS-14 grade Na_2S reagent was compared with that of a standard industrial Na_2S sample. The copper (Cu) recovery efficiency was found to be 93.01% for NS-14 and 93.88% for the standard sample, while for lead (Pb) the efficiencies were 92.08% (NS-14) and 93.03% (standard), and the zinc (Zn) content in the concentrate was 11.69% (NS-14) compared to 10.41% (standard).

Implementation of research results.

Based on the scientific results obtained from the absorption of acidic gases and hydrogen sulfide using locally sourced inorganic sorbents:

Technical specifications for sodium sulfide used in metallurgy, textile, and chemical industries were developed, agreed upon with “O‘zbekneftegaz” JSC Muborak Gas Processing Plant, and approved by the Sanitary and Epidemiological Well-Being and Public Health Service of the Republic of Uzbekistan (TU 23766064-13:2021). These specifications enabled effective quality control of the product and regulation of the technological process;

the industrial technology for producing sodium sulfide from hydrogen sulfide (H_2S) contained in acid gases generated at gas processing plants was included in the list of promising developments of the “Muborak GQIZ” unitary subsidiary enterprise (reference No. 03-18-8-555, dated June 4, 2025, issued by “O‘zbekneftegaz” JSC), thereby creating the basis for its practical implementation under industrial conditions;

the produced sodium sulfide was introduced into production at the beneficiation plant of the “Khandiza” Ore Administration of the “Almalyk Mining and Metallurgical Complex” JSC (implementation act dated September 11, 2024).

This allowed the application of the research results in the mining industry and contributed to improving the efficiency of ore beneficiation.

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

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

I бўлим (I часть; part I)

1. Юсупов.Ф.М., Бектурдиев Г.М., Пулатов Г.М. Получение сульфида натрия из сероводорода // Узбекский научно-технический и производственный журнал Композиционные материалы. Ташкент 2021. С.65-67. (05.00.00 №1,13).

2. Ф.М. Юсупов, Г.М. Пулатов, Ш.О. Эминов. Получение сульфида натрия и возможности его применения // Научно-технический журнал ФерПИ, 2024, Т.28. спец. выпуск №31). С.120-124. (05.00.00 №20).

3. F.M. Yusupov, G.M. Pulatov, Sh.O. Eminov. Possibilities of using sour gases in the production of sodium Sulfide // Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2024, Т.28. спец.выпуск №32). P. 229-232. (05.00.00 №20).

4. Golibjon Pulatov, Farxod Yusupov, Aleksey Nimchik. Technological plant for the production of sodium sulfide from hydrogen sulfide // AIP Publishing. March 11 2024. P. 030057-1-030057-5. (02.00.00 №1) *scopus*

5. Пулатов Г.М., Юсупов Ф. М., Нимчик А.Г., Камбаров А. Д. Применение сульфида натрия во флотационных процессах для обогащения руд // Universum: Химия и биология. 2025, № 3 (132) март. С. 57-60. (02.00.00 №2).

6. Технология вяжущих веществ. Учебное пособие. А.Г.Нимчик, Г.М.Пулатов, Н.Н. Маматкулов, М.М. Каримов. – Ташкент: Издательство “Dimal”, 2025 г. -179 с.

II бўлим (II часть; part II)

7. Alexey Nimchik, Golibjon Pulatov, Farkhod Yusupov, Bekzod Haydarov, Asadjon Kambarov. Use of acid gases in the production of sodium sulphide // E3S Web of Conferences. 2024. 494 *scopus*.

8. G. M. Pulatov, F. M. Yusupov, A. G. Nimchik. Obtaining sodium sulfide based on local resources. Сборник трудов молодёжной школы Инженерия-XXI на международной конференции ИТОН-2023, г. Новороссийск, Россия. 21-22 апрель. С.69-70.

9. Пулатов Г.М., Юсупов Ф.М., Нимчик А.Г. Изучение возможности использования кислых газов в производстве сульфида натрия // Молодёжный вестник НФ БГТУ. 2023. Том 03. № 02 (10). С.76-81.

10. Пулатов Г.М., Юсупов Ф.М., Кучкарова Н.Х. Промышленный процесс производства сульфида натрия абсорбционным способом. “Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami., O‘zbekiston Respublikasi, Olmaliq sh., 1-2 noyabr 2024, 123-124 b.

11. Бектурдиев Г.М., Юсупов Ф.М., Пулатов Г.М. Получение сульфида натрия и возможности его применения. “Mahalliy xomashyolar va ikkilanchi resurslar asosidagi innovatsion texnologiyalar” Respublika ilmiy- texnik anjuman materiallari to‘plami. Urganch.19-20 aprel 2021, 214-215 b.

12. Пулатов Г.М., Бектурдиев Г.М., Юсупов Ф.М., Шукуруллаев Б.А. Получение сульфида натрия. Сборник материалов республиканской научно-технической конференции “Инновационные разработки в сфере науки, образования и производства основа инвестиционной привлекательности нефтегазовой отрасли”, г. Ташкент, 2020 г. С. 382-383.

13. Юсупов Ф.М., Хасанов А.С., Пулатов Г.М. Разработка технологии синтеза сульфида натрия. “Konchilik va metallurgiya fanining dolzarb masalalari”, Respublika ilmiy-amaliy anjumani tezislari to‘plami., Toshkent sh. 23 sentyabr 2023, 84-86 b.

14. Пулатов Г.М., Юсупов Ф.М. Результаты научного анализа разработки сульфида натрия для обогащения руд из газов, выделяющихся при газопереработки. “Mahalliy lashtirishda innovatsion yondashuvlar” Xalqaro konferensiya materiallari to‘plami., Qarshi sh. 14 oktyabr 2023, 235-236 b.

15. Пулатов Г.М., Кучкарова Н.Х., Джуланова Д. Использование сульфида натрия в процессе флотации цветных металлов. “Mineral xomashyolar va texnogen chiqindilarni samarali qayta ishlashning muammolari, istiqbollari va innovatsion yondashuvlar” mavzusidagi —Olmaliq KMK AJ ning 75 yilligiga bag‘ishlangan Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari. Olmaliq sh. 15-16 may 2024, 217-219 b.

16. Po‘latov G‘.M., Ikromova M., Baxtiyorov O., Shokirova S. Yo‘ldosh neft gazini vodorod sulfididan tozalash uchun “Ilm-fan taraqqiyotida zamonaviy metodlarning qo‘llanishi” nomli respublika ilmiy-amaliy online konferensiyasi to‘plami., Toshkent. 27-aprel 2022. 113-116 b.

17. Po‘latov G‘.M., Yuldashev A. natriy sulfid olish. “Ilm-fan va ta’limda innovatsion yondashuvlar, muammolar, takliflar va yechimlar” mavzusidagi 8-son Respublika ilmiy-onlayn konferensiyasi materiallari to‘plami. Toshkent sh. 30 yanvar 2021. 129-130 b.

18. Пулатов Г.М., Юсупов Ф.М., Пулатов Ж. Применения сульфида натрия в отраслях промышленности. “Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami., O‘zbekiston Respublikasi, Olmaliq sh., 1-2 noyabr 2024, 135-136 b.

19. Пулатов Г.М., Юсупов Ф.М., Джуланова Д. Возможности локализации производства сульфида натрия “Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami., O‘zbekiston Respublikasi, Olmaliq sh., 1-2 noyabr 2024, 133-134 b.

20. Пулатов Г.М., Юсупов Ф.М., Нимчик А.Г. Возможности использования сульфида натрия во флотации цветных металлов. “Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami., O‘zbekiston Respublikasi, Olmaliq sh., 1-2 noyabr 2024, 140-141 b.

Avtoreferat «O‘zbekiston kimyo jurnali» tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib,
o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlari o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 39/25.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko‘chasi, 83-uy.