УДК 553.981

TABIIY GAZNI H_2S VA CO_2 DAN TOZALASH UCHUN YANGI ARZON ABSORBENTLARNING SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH

Mamurov Baxodir Arifjanovich

Namangan davlat texnika universiteti kimyo muhandisligi kafedrasi dotsenti

E-mail: bahodir8605@mail.ru

Annotatsiya: Tabiiy gaz bugungi kunda energetika, kimyo va texnologik sanoatning asosiy xomashyosi hisoblanadi. Ammo uning tarkibida uchraydigan kislotali gazlar — vodorod sulfid (H_2S) va karbonat angidrid (CO_2) inson salomatligiga zarar yetkazadi, uskuna va quvurlarni korroziyaga olib keladi hamda gaz sifatini pasaytiradi. Shu sababli tabiiy gazni ushbu zararli komponentlardan tozalash masalasi global darajada dolzarb hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Tabiiy gaz, H_2S, CO_2, di-etanolamin, kaltsiy gidroksid, absorbsiya, gibrid eritma, gazni tozalash, energiya tejamkorlik.

Аннотация: Природный газ в настоящее время является основным сырьем для энергетической, химической и технологической отраслей. Однако кислые газы, содержащиеся в его составе — сероводород (H_2S) и углекислый газ (CO_2) — представляют угрозу для здоровья человека, вызывают коррозию оборудования и трубопроводов, а также снижают качество газа. Поэтому задача удаления этих вредных компонентов из природного газа является глобально актуальной и важной.

Ключевые слова: Природный газ, H_2S, CO_2, диэтаноламин, гидроксид кальция, абсорбция, гибридный раствор, очистка газа, энергоэффективность.

Annotation: Natural gas is currently a primary raw material for the energy, chemical, and technological industries. However, the acidic gases found in its composition—hydrogen sulfide (H_2S) and carbon dioxide (CO_2)—pose a risk to human health, cause corrosion in equipment and pipelines, and reduce gas quality. Therefore, the issue of removing these harmful components from natural gas is globally relevant and critical.

Keywords: Natural gas, H_2S, CO_2, diethanolamine, calcium hydroxide, absorption, hybrid solution, gas purification, energy efficiency.

Kirish

Tabiiy gaz — hozirgi zamon iqtisodiyotining eng muhim energiya manbalaridan biri bo‘lib, sanoat, transport va maishiy sohalarda keng qo‘llaniladi. Biroq uning tabiiy holatda chiqadigan tarkibida ko‘plab zararli aralashmalar mavjud bo‘ladi. Ayniqsa, H_2S va CO_2 gazi tabiiy gazning sifat ko‘rsatkichlarini keskin pasaytiradi hamda uni tijorat maqsadlarida ishlatishni qiyinlashtiradi [1]. Vodorod sulfid (H_2S) nafas olish tizimi uchun zaharli gaz bo‘lib, juda kichik konsentratsiyada ham inson salomatligiga xavf tug‘diradi. U metall quvurlar va

ISSN 3030-3907

uskuna qismlarida korroziyani kuchaytiradi, natijada ishlab chiqarish tizimlarining ishonchliligini pasaytiradi. Karbonat angidrid (CO_2) esa gazning issiqlik qiymatini kamaytiradi, siqish va tashish jarayonlarida energiya sarfini oshiradi [2]. Shu sababli tabiiy gazni ushbu zararli komponentlardan tozalash — ya'ni desulfurizatsiya va dekarbonizatsiya jarayonlari - neft-gaz sanoatining eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi [2]. An'anaviy usullar orasida aminli absorbentlardan foydalanish keng tarqalgan bo'lsa-da, ularning iqtisodiy va ekologik kamchiliklari mavjud [2-3]. Tabiiy gazni tozalashda eng ko'p qo'llaniladigan usullar — bu absorbsiya, adsorbsiya, membranali ajratish va kriogen texnologiyalaridir [3]. Ularning ichida absorbsiya eng samarali va texnologik jihatdan qulay hisoblanadi. Absorbsiya jarayonida kislotali gazlar maxsus kimyoviy eritmalarda yutiladi, so'ngra tozalangan gaz ajratib olinadi [4]. Eng ko'p o'rganilgan absorbentlar qatoriga monoetanolamin (MEA), di-etanolamin (DEA), metildietanolamin (MDEA) va trietanolamin (TEA) kiradi. Ushbu aminli birikmalar CO_2 va H_2S bilan kimyoviy reaksiyaga kirishib, barqaror tuzlar hosil qiladi. Ammo amalda ularning bir qator jiddiy kamchiliklari mavjud:

1. Regeneratsiya (qayta tiklash) jarayonida yuqori energiya sarfi talab etiladi;
2. Yuqori haroratda termik parchalanish yuz beradi;
3. Korroziy ta'siri kuchli bo'lib, uskuna xizmat muddatini qisqartiradi;
4. Amindan chiqadigan chiqindilar ekologik muhitga zarar yetkazadi.

Shu sababli so'nggi yillarda gibrid absorbentlar — ya'ni kimyoviy va fizik yutilish xususiyatlariga ega aralashmalarni qo'llash bo'yicha tadqiqotlar kengaymoqda. Bunday aralashmalarda bir necha faol komponent birlashtiriladi, natijada gazni tozalash samaradorligi ortadi, energiya sarfi kamayadi va ekologik xavfsizlik yaxshilanadi [4].

Xususan, amin va gidroksid aralashmalari o'zining yuqori reaksion qobiliyati bilan ajralib turadi. Kaltsiy gidroksid ($Ca(OH)_2$) arzon, barqaror va ekologik xavfsiz modda bo'lib, uni di-etanolamin bilan birgalikda ishlatish H_2S va CO_2 ni yutish samaradorligini sezilarli oshiradi. Bu esa jarayonni energiyatejamkor va iqtisodiy jihatdan foydali qiladi. Shunday qilib, ushbu tadqiqotda tabiiy gazni H_2S va CO_2 dan tozalashda DEA–$Ca(OH)_2$ gibrid eritmasining samaradorligi o'rganildi. Maqsad — yangi, arzon va ekologik xavfsiz absorbent yordamida tabiiy gazni yuqori darajada tozalash sharoitlarini aniqlashdan iborat [5].

Tadqiqotning ilmiy yangiligi: Birinchi marotaba di-etanolamin (DEA) va kaltsiy gidroksid ($Ca(OH)_2$) asosidagi gibrid absorbent tizimi tabiiy gazni tozalash uchun qo'llandi. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, DEA–$Ca(OH)_2$ aralashmasi an'anaviy aminli absorbentlarga nisbatan yuqori tozalash samaradorligi (98–99%) hamda kam energiya sarfi bilan ajralib turadi. Simulyatsiya natijalariga ko'ra, 27,4–30% oralig'idagi aralashma eng maqbul texnologik diapazonni ta'minlaydi.

ISSN 3030-3907

Taklif etilgan usul tabiiy gazni qayta ishlashda energiya sarfini 10–15% gacha kamaytiradi. Arzon xomashyo ($Ca(OH)_2$) dan foydalanish ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartiradi. Jarayonning ekologik xavfsizligi oshib, korroziya darajasi pasayadi. Ushbu gibrid absorbent tabiiy gazni tayyorlash va qayta ishlash zavodlarida amaliy tatbiq etish uchun tavsiya etilishi mumkin.

Tadqiqot jarayonida asosiy absorbent sifatida di-etanolamin (DEA) va kaltsiy gidroksid ($Ca(OH)_2$) ishlatildi. Di-etanolamin ($C_4H_{11}NO_2$) 99,5% tozalikka ega bo‘lib, laboratoriya sinflaridagi kimyoviy modda sifatida qo‘llanildi. Kaltsiy gidroksid esa oq rangli chang holatidagi gidroksid bo‘lib, sanoat miqyosida keng qo‘llaniladigan arzon reagent hisoblanadi [6].

Gaz tarkibidagi asosiy komponentlar — metan (CH_4), etan (C_2H_6), karbonat angidrid (CO_2) va vodorod sulfid (H_2S) laboratoriya sharoitida maxsus gaz ballonlari orqali ta’minlandi. Har bir gazning boshlang‘ich konsentratsiyasi quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Tajribada ishlatilgan tabiiy gaz tarkibi.

Gaz komponenti	Dastlabki hajm ulushi (%)	Xavf darajasi	Izoh
Metan (CH_4)	80.0	Past	Asosiy gaz komponenti
Etan (C_2H_6)	5.5	Past	Yordamchi komponent
Karbonat angidrid (CO_2)	10.0	O‘rta	Kislotali gaz
Vodorod sulfid (H_2S)	4.5	Yuqori	Zaharli gaz

Tajriba ishlari laboratoriya o‘lchamdagi absorbsiya kolonnasi yordamida olib borildi. Kolonna zanglamaydigan po‘latdan tayyorlangan bo‘lib, balandligi 1,2 metr, diametri 0,15 metrni tashkil etdi. Uning ichida gaz va suyuqlik fazalari orasidagi aloqa maydoni oshirilishi uchun maxsus to‘ldirgich joylashtirilgan [7].

Kolonnaning yuqori qismidan tabiiy gaz aralashmasi yuborildi, pastki qismidan esa absorbent eritmasi berilib, qarama-qarshi oqimda yutish jarayoni amalga oshirildi. Haroratni nazorat qilish uchun termopara, bosimni o‘lchash uchun esa manometr o‘rnatildi.

Tajriba davomida chiqayotgan gaz tarkibi gaz xromatografi yordamida tahlil qilindi. Har bir tajriba kamida uch marta takrorlanib, o‘rtacha qiymatlar olingan [8].

ISSN 3030-3907

DEA va $Ca(OH)_2$ aralashmasi quyidagicha tayyorlandi: di-etanolaminning 10%, 20%, 30%, 40% va 50% li eritmalari tayyorlanib, ularga massaviy 5% miqdorda 0,1 M $Ca(OH)_2$ eritmasi qo‘shildi. Olingan eritmalar 60°C haroratda aralashtirildi va barqaror eritma hosil bo‘lishi ta’minlandi. Tayyorlangan gibrid eritma keyinchalik absorbsiya kolonnasiga yuborilib, tabiiy gaz namunalaridagi H_2S va CO_2 ni yutish uchun ishlatildi [9].

Tajriba jarayoni

Tajriba uch bosqichda olib borildi: (1) gaz tayyorlash, (2) absorbsiya jarayoni, va (3) gaz tarkibini tahlil qilish [10].

1. Gaz tayyorlash bosqichi: Laboratoriya kolonnasiga yuboriladigan tabiiy gaz aralashmasi maxsus ballonlardan o‘lchov tizimi orqali kiritildi. Gaz tarkibi oldindan belgilangan foizlarda H_2S va CO_2 bilan boyitildi.

2. Absorbsiya jarayoni: Har bir tajriba davomida absorbsiya kolonnasiga 10%, 20%, 30%, 40% va 50% li DEA eritmalari yuborildi. Ularga 0,1 M $Ca(OH)_2$ eritmasi 5% massaviy ulushda qo‘shilib, harorat 60°C da barqarorlashtirildi. Gaz va absorbent oqimi qarama-qarshi yo‘nalishda harakatlanib, reaksiya natijasida CO_2 va H_2S yutildi.

3. Gaz tarkibini tahlil qilish: Chiqqan gaz namunalarida CO_2 va H_2S miqdori gaz xromatografi yordamida aniqlandi. Tahlil natijalari uch marta o‘lchov natijalari asosida o‘rtachalashtirildi.

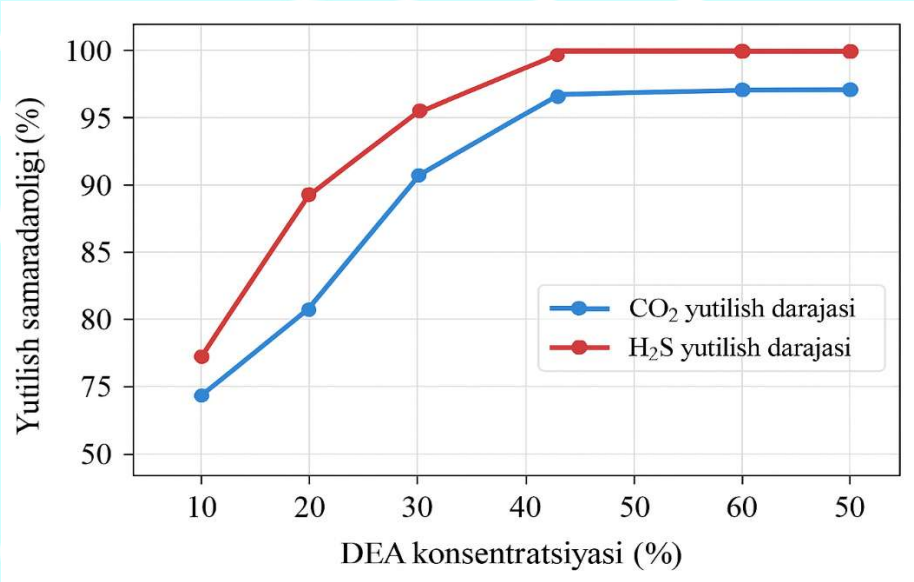
2-jadval.

Turli DEA konsentratsiyalarida gaz tozalash samaradorligi.

DEA konsentratsiyasi (%)	CO_2 tozalanish darajasi (%)	H_2S tozalanish darajasi (%)
10	78.4	81.2
20	86.7	90.3
30	97.8	99.0
40	97.6	99.1
50	97.4	99.0

Ko‘rinib turibdiki, DEA konsentratsiyasi 30% ga yetganda eng yuqori tozalash natijalari qayd etilgan. Konsentratsiya yanada oshirilganda natija deyarli o‘zgarmagan, bu esa 30% aralashma eng maqbul ekanini va natijalar shuni ko‘rsatdiki, 830 kscf/soat gaz oqim tezligi jarayon uchun optimal hisoblanadi. Bosim 2–2,7 bar oralig‘ida bo‘lganda H_2S va CO_2 ni yutish eng samarali kechadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. DEA konsentratsiyasining CO_2 va H_2S yutilish darajasiga ta'siri

Shuningdek, simulyatsiya jarayonida aniqlanishicha, gibrid absorbentning qo'llanilishi natijasida gazni tozalash uchun zarur bo'lgan bosim energiyasi 15–18% gacha kamayadi. Bu jarayonni sanoat miqyosida yanada tejamkor qilish imkonini beradi.

Natijalar

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, DEA–$Ca(OH)_2$ gibrid eritmasining konsentratsiyasi ortgan sari H_2S va CO_2 ni yutish samaradorligi sezilarli darajada oshadi. Past konsentratsiyalarda yutilish jarayoni sust kechgan bo'lsa, 30% li aralashmada gazlarni ajratish eng yuqori darajada amalga oshgan.

Ko'rinib turibdiki, 30% aralashma eng maqbul qiymatni ta'minlaydi. Shu konsentratsiyada H_2S yutilish darajasi 99%, CO_2 yutilish darajasi esa 97,8% ni tashkil etgan. Konsentratsiya 40–50% gacha oshirilganda samaradorlik deyarli o'zgarmagan, biroq energiya sarfi nisbatan ko'paygan. Bu esa jarayonning optimal nuqtasi 30% oralig'ida joylashganini anglatadi. Bunday holatda absorbsiya va regeneratsiya bosqichlari o'rtasida energiya balansi eng qulay holatga keladi.

3-jadval.

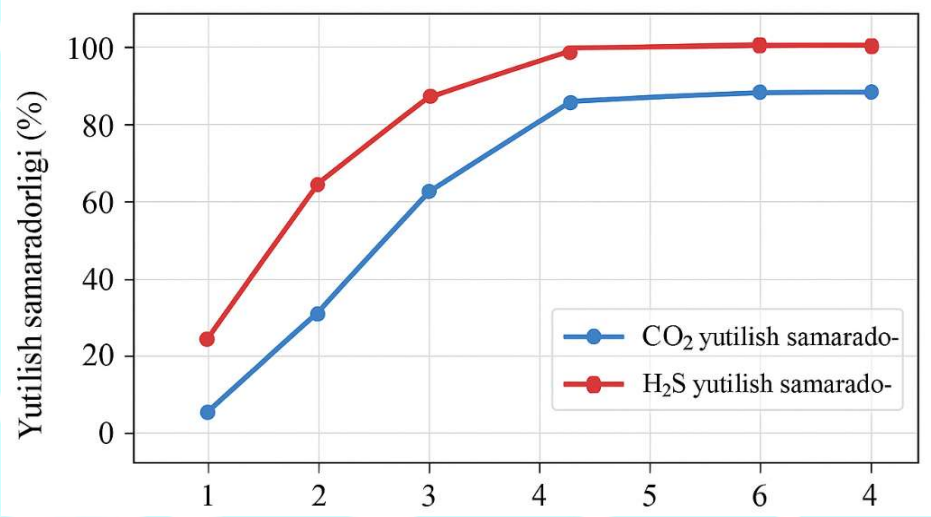
DEA-$Ca(OH)_2$ aralashmasining konsentratsiyasi bo'yicha tozalash samaradorligi

Aralashma konsentratsiyasi (%)	CO_2 yutilish darajasi (%)	H_2S yutilish darajasi (%)	Energiya sarfi (kJ/mol)
10	78.4	81.2	125
20	86.7	90.3	112
30	97.8	99.0	98
40	97.6	99.1	96
50	97.4	99.0	94

Haroratning ta'siri

ISSN 3030-3907

Haroratning absorbsiya samaradorligiga ta’siri ham o‘rganildi. 52–65°C oralig‘ida olib borilgan tajribalarda harorat oshgan sari yutilish samaradorligi pasaygani kuzatildi. Bu holat issiqlik ta’sirida amin va kislotali gazlar o‘rtasidagi reaksiyaning muvozanat holatiga tezroq yetishishi bilan izohlanadi.



2-rasm. 30% $Ca(OH)_2$-DEA gibrid eritmasining CO_2 va H_2S yutilish samaradorligiga ta’siri

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, optimal harorat 55–58°C oralig‘ida joylashgan. Aynan shu diapazonda H_2S va CO_2 yutilish reaksiyalari eng faol kechadi va aralashmaning kimyoviy barqarorligi saqlanib qoladi.

Bosimning ta’siri

Bosim o‘zgarishi ham jarayon samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatdi. Tajribalar 2–2,7 bar oralig‘ida o‘tkazildi. Natijalarga ko‘ra, bosim oshishi bilan gaz molekulalarining suyuqlik fazasida eruvchanligi ortadi, bu esa yutilish darajasining oshishiga olib keladi.

4-jadval.

Bosim o‘zgarishining tozalash samaradorligiga ta’siri.

Bosim (bar)	CO_2 yutilish darajasi (%)	H_2S yutilish darajasi (%)
2.0	94.2	97.5
2.3	96.5	98.4
2.5	97.6	98.9
2.7	97.8	99.0

Eng yuqori natijalar 2,5–2,7 bar bosim oralig‘ida qayd etilgan. Bu diapazonda H_2S deyarli to‘liq yutiladi, CO_2 esa 97% dan ortiq tozalanadi.

Gaz oqim tezligining ta’siri

Gaz oqim tezligi absorbsiya jarayonida muhim rol o‘ynaydi. Oqim tezligi juda past bo‘lsa, gaz bilan suyuqlik orasidagi aloqa vaqti ortadi, biroq umumiy ishlab chiqarish unumdorligi kamayadi. Aksincha, tezlik ortganda aloqa vaqti

ISSN 3030-3907

qisqaradi va yutilish samaradorligi pasayadi. Tajribalarda gaz oqim tezligi 600 dan 1025 kscf/soat oralig‘ida o‘zgartirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, 830 kscf/soat tezlikda absorbsiya jarayoni eng optimal natijani berdi.

5-jadval.

Gaz oqim tezligining tozalash samaradorligiga ta’siri.

Oqim tezligi (kscf/soat)	CO_2 yutilish darajasi (%)	H_2S yutilish darajasi (%)	Energiya sarfi (kJ/mol)
600	97.9	99.1	108
750	97.8	99.0	102
830	97.8	99.0	98
900	97.5	98.8	101
1025	97.3	98.7	106

Ko‘rinib turibdiki, 830 kscf/soat oqim tezligi jarayonni energiya sarfi nuqtayi nazaridan eng qulay holatga keltiradi. Shu sharoitda absorbentning gaz bilan aloqa vaqti yetarli bo‘lib, jarayon unumdorligi yuqori bo‘ladi.

Gibrid absorbentning afzalliklari

1. Yuqori samaradorlik: 30% DEA va 5% $Ca(OH)_2$ aralashmasi H_2S ni 99%, CO_2 ni 98% gacha yutadi.

2. Kam energiya sarfi: jarayonning umumiy energiya talabi 15–18% gacha kamaygan.

3. Ekologik xavfsizlik: chiqindilar toksik emas, $CaCO_3$ va CaS shaklida barqaror cho‘kma hosil bo‘ladi.

4. Korroziya xavfining kamayishi: kaltsiy gidroksid mavjudligi muhitni neytral saqlaydi, bu esa uskuna xizmat muddatini uzaytiradi.

5. Iqtisodiy tejamkorlik: absorbent tarkibi arzon va mahalliy xomashyolardan tayyorlanishi mumkin.

Kamchiliklari

Garchi natijalar yuqori samaradorlikni ko‘rsatsa ham, jarayonning ba’zi cheklovlari mavjud:

$Ca(OH)_2$ miqdori ortiqcha bo‘lganda cho‘kma hosil bo‘lishi kolonna ichida tiqilib qolish xavfini oshiradi;

Xulosa

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, di-etanolamin (DEA) va kaltsiy gidroksid ($Ca(OH)_2$) asosidagi gibrid absorbent tizimi tabiiy gazni H_2S va CO_2 dan samarali tozalashda yuqori natijalar beradi.

Tajriba va modellashtirish natijalariga ko‘ra quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

ISSN 3030-3907

1. Optimal aralashma tarkibi – 30% DEA va 5% $Ca(OH)_2$ bo‘lib, ushbu nisbatda H_2S 99%, CO_2 esa 97,8% gacha yutiladi.

2. Optimal bosim – 2,5–2,7 bar oralig‘ida aniqlanib, ushbu sharoitda jarayonning issiqlik va massa almashinuvi eng yuqori darajada kechadi.

3. Optimal harorat – 55–58°C diapazonida bo‘lib, bu issiqlik energiyasi sarfini kamaytiradi va absorbentning barqarorligini ta’minlaydi.

4. Gaz oqim tezligi – 830 kscf/soat qiymatida eng barqaror natijalar kuzatildi. Ushbu tezlikda bosim energiyasi 15–18% gacha tejab qolindi.

5. Gibrid absorbentning afzalliklari – iqtisodiy jihatdan arzon, ekologik xavfsiz, korroziyaga chidamli va regeneratsiya jarayoni soddalashgan.

Tadqiqot natijalari shuni isbotladiki, DEA–$Ca(OH)_2$ gibrid eritmasidan foydalanish tabiiy gazni tozalash texnologiyasining energiya tejamkorligini oshirish, jarayonni soddalashtirish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash imkonini beradi. Ushbu yondashuvni sanoat miqyosida joriy etish gazni qayta ishlash sohasida samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Tuymurodovna S. G., Sherzod og’li E. O. SANOAT GAZNI QAYTA ISHLASH KORXONALARIDAN AJRATIB OLINADIGAN KISLOTALI GAZLAR VA ULARNI TOZALASHNI SAMARALI USULLARI //Modern education and development. – 2025. – Т. 27. – №. 3. – С. 254-259.

2. А.И. Скобло, Ю.К. Молоканова, А.И. Иладимиров, В.А. Щелкунов – роцессы и аппараты нефтегазо-переработки и нефтехмии.–М.: Нефдра. 2000 год.

3. Xabibullayevich M. M. Uskanbekov Ortig`ali. Sintetik Parafin Uglevodorodlaridan Sintetik Yoqilg ‘Ilar Olish Jarayoni //International Congress on Biological, Physical And Chemical Studies (ITALY). – 2025. – Т. 10. – С. 11-14.

4. Halimov H. N., Karimov S. S., Obidov H. O. Gaz xomashyosini ishqoriy tozalashning hozirgi zamon usullari //Science and Education. – 2023. – Т. 4. – №. 2. – С. 612-619.

5. Xabibullayevich M. M. . Sho’rtan Neft Gaz Zavodida Tabiiy Gazni Qayta Ishlashga Tayyorlash Jarayoni //International Congress on Biological, Physical And Chemical Studies (ITALY). – 2025. – Т. 10. – С. 7-10.

6. Азимов О.Ғ., Агзамов Ш.К.-Табиий газни ва газоконденсатини қайта ишлаш машина ва жихозлари. Тошкент-2008 йил.

7. Bafoyev E. I., Tojiyev O. O. Neft va gazni tayyorlash asbob-uskunalari //Science and Education. – 2024. – Т. 5. – №. 8. – С. 50-59.

ISSN 3030-3907

8. Akramova Z. N. Q., Ochilov A. A. Gazlarni oltingugurt angidridi (SO2) dan absorbsion usulda tozalash //Science and Education. – 2022. – T. 3. – №. 10. – C. 173-178.
9. Akramova Z. N., Axmedova O. B. Gazni tayyorlash jarayonida ishlatiladigan past haroratli separator //Science and Education. – 2021. – T. 2. – №. 11. – C. 400-407.
10. Sanni S. E. et al. Optimization of natural gas treatment for the removal of CO2 and H2S in a novel alkaline-DEA hybrid scrubber //Egyptian Journal of Petroleum. – 2020. – T. 29. – №. 1. – C. 83-94.
11. Qayyum A., Ali U., Ramzan N. Acid gas removal techniques for syngas, natural gas, and biogas clean up–a review //Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2024. – T. 46. – №. 1. – C. 13136-13159.

ISSN 3030-3907