



KOMPOZITSION GLIKOLNI TABIIY GAZNI QURITISHDA QO'LLASH TEXNOLOGIYASI

Xamrokulova Gulnoza Odiljon qizi

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti

ANNOTATSIYA. Maqolada tabiiy gazni absorbsion quritish jarayonida kompozitsion glikolni qo'llashning texnologik asoslari ishlab chiqilgan. Kompozitsion glikol TEG asosidagi, issiqlikka chidamli pH-bufer va metall sirtini passivlovchi funksional paket bilan barqarorlashtirilgan absorbent sifatida qaraladi. Texnologik yechim absorber, flesh-separator, ikki bosqichli filtrlash, boy-lean glikol issiqlik almashinuvi, regeneratsiya, sovitish va nazoratli qo'ndirma dozasi konturlarini yagona tizimga birlashtiradi. Hisobiy misolda 100 000 Nm³/soat gaz uchun suv yuklamasi, glikol sirkulyatsiyasi va 5 foizli ekspluatatsion zaxira aniqlangan. Namlik yuklamasi o'zgaruvchan bo'lganda sirkulyatsiyani adaptiv boshqarish doimiy maksimal sarfga nisbatan o'rtacha 28,8 foizgacha glikol oqimini kamaytirishi mumkinligi ko'rsatilgan. Ushbu natija energiya tejallishi emas, balki keyingi issiqlik balansi va tajriba-sanoat sinovlari uchun hisobiy salohiyat sifatida talqin qilingan. Kompozitsion glikolni joriy etishda ko'piklanish, tuzlar to'planishi, BTEX yutilishi va termik degradatsiyani bir vaqtda nazorat qilish mezonlari taklif etilgan.

Kalit so'zlar: tabiiy gaz, kompozitsion glikol, trietilenglikol, absorbsion quritish, regeneratsiya, pH-bufer, passivator, ko'piklanish, BTEX, shudring nuqtasi, adaptiv sirkulyatsiya.

KIRISH

Tabiiy gaz tarkibidagi suv bug'i quvur transporti va qayta ishlash bosqichlarida gidrat hosil bo'lishi, ichki korroziya, sovuq nuqtalarda muzlash hamda mahsulot gazining shudring nuqtasi bo'yicha me'yorlardan chiqishiga sabab bo'ladi.



Gazni glikollar bilan absorbsion quritish sanoatda keng tarqalgan, chunki jarayon uzluksiz ishlaydi, bosimlar diapazoniga moslashadi va absorbent qayta regeneratsiya qilinadi. TEG suvga yuqori moyilligi, nisbatan past uchuvchanligi hamda regeneratsiya sharoitidagi barqarorligi tufayli asosiy ishchi suyuqlik sifatida qo'llanadi [1, 2].

An'anaviy sxemada quritish samaradorligi faqat absorberdagi massa almashinuvi bilan belgilanmaydi. Lean glikol konsentratsiyasi, uning gazga nisbatan harorati, sirkulyatsiya sarfi, kontakt qurilmasining gidravlik yuklanishi, regenerator harorati, flesh-separatorning ishlashi va filtrlash holati bir-biriga bog'langan. Tuzilmali nasadkali absorber va stripperlarda massa almashinuvi gazning F-faktori hamda suyuqlik yuklamasiga sezgir ekani sanoat ma'lumotlari asosida ko'rsatilgan [3]. Shuning uchun kompozitsion glikolni yangi suyuqlik sifatida emas, balki tarkib, apparat va boshqaruv rejimlari uyg'unlashtirilgan texnologik tizim sifatida baholash maqsadga muvofiq.

TEGning ish davomida kislotalanishi, korroziya mahsulotlari va qattiq zarrachalar bilan ifloslanishi, issiqlik ta'sirida parchalanishi hamda ko'piklanishi absorbent yo'qotilishini va absorberning gidravlik qarshiligini oshiradi. 2025-yilda o'tkazilgan tajribaviy tadqiqotda suvda eruvchi tuzlar, qattiq aralashmalar va ayrim kimyoviy qo'ndirmalar ko'piklanishga sezilarli ta'sir qilishi ko'rsatilgan [10]. Bu holat har qanday inhibitor yoki antifoamni doimiy ravishda ko'p miqdorda berish mumkin emasligini anglatadi. Qo'ndirma turi va dozasi glikolning haqiqiy ifloslanish profili, sirt tarangligi, ko'pik barqarorligi va filtratsiya samarasi bilan birgalikda tanlanishi lozim.

Adabiyotlarda TEGni takomillashtirishning uch asosiy yo'nalishi shakllangan. Birinchisi - lean TEG tozaligini stripping gazi, Stahl kolonnasi, Coldfinger yoki DRIZO konfiguratsiyasi orqali oshirish [6-8]. Ikkinchisi - erituvchining suv yutish qobiliyatini kimyoviy modifikatsiya qilish; jumladan, kaliy formiati bilan modifikatsiyalangan TEGning hisobiy absorbsiya sig'imi oshishi qayd etilgan [9]. Uchinchi yo'nalish - sirkulyatsiya, issiqlik rekuperatsiyasi va



emissiyalarni ko'p mezonli optimallashtirish [4, 5]. Biroq kimyoviy modifikatsiya BTEX yutilishini yoki xarajatni oshirishi mumkin; demak, texnologik samaradorlik suvni ajratish bilangina cheklanmasligi kerak.

Sanoatda issiqlikka chidamli pH-ingibitorli, temir sirtini passivlovchi va tuz eruvchanligini oshiruvchi tayyor TEG kompozitsiyalari mavjud. Ishlab chiqaruvchi ma'lumotiga ko'ra, bunday inhibited glycol oddiy TEG qurilmasiga apparatni o'zgartirmasdan kiritilishi va korroziv kislotalar to'planishiga qarshi zaxira ishqoriylik yaratishi mumkin [16]. Shu bilan birga, tijorat mahsuloti haqidagi ma'lumot mustaqil sanoat sinovi o'rnini bosmaydi. Mahalliy xom gaz tarkibi, uskunaning metallurgiyasi va regeneratsiya rejimi bo'yicha qabul sinovlari majburiy bo'lishi kerak.

Tadqiqot usuli: Tadqiqot obyekti sifatida absorber-regenerator yopiq konturida aylanadigan TEG asosidagi kompozitsion glikol va uning nam tabiiy gaz bilan massa almashinuvi qabul qilindi. Ish konseptual-texnologik tahlil, ochiq ilmiy manbalar ma'lumotlarini qiyoslash, moddiy balans va parametrik hisoblash usullariga tayandi. Keltirilgan sonli misol real konning tajriba protokoli emas; u taklif etilayotgan boshqaruv algoritmini tushuntirish uchun tanlangan hisobiy ssenariydir.

Kompozitsion glikol atamasi ushbu maqolada TEGning asosiy massasiga issiqlikka chidamli bufer-passivator paketi kiritilgan va qo'ndirma miqdori laboratoriya moslik sinovlari bilan boshqariladigan absorbentni anglatadi. Antifoam doimiy asosiy komponent sifatida emas, faqat ko'pik diagnostikasi bilan tasdiqlangan holatda minimal samarali dozada beriladi. Kaliy formiati suv yutish sig'imini oshiruvchi istiqbolli modifikator bo'lsa-da [9], BTEX yutilishi va tuz yuklamasi alohida tekshirilmasdan bazaviy formulaga kiritilmaydi.



1-jadval. Kompozitsion glikol konturini nazorat qilish uchun tavsiya etilgan tahlillar

Ko'rsatkich	Aniqlash usuli	Texnologik mazmuni
Suv miqdori	Karl Fisher titrlashi (lean va rich KG)	Absorber yuklamasi va regeneratsiya chuqurligini baholash
Zichlik va qovushoqlik	20/40 C da densimetriya va viskozimetriya	Nasos, issiqlik almashinuvi va massa uzatishga ta'sir
pH va zaxira ishqoriylik	Suvli ekstrakt/validatsiyalangan korporativ usul	Kislotalanish va bufer paketining sarflanishi
Ko'piklanish	ASTM D892 ga moslashtirilgan sinov, ko'pik balandligi va so'nish vaqti	Flooding va glikol olib ketilish xavfi
Temir va qattiq zarrachalar	ICP-OES hamda gravimetrik/filtr tahlili	Korroziya va filtr yuklamasi indikator
Sirt tarangligi	Tensiometriya	Uglevodorod va sirt-faol aralashmalar ta'siri
Chiqish gazi shudring nuqtasi	Onlayn namlik analizatori, davriy kalibrlash	Mahsulot gazi sifatining asosiy ko'rsatkichi

HISOBLASH MEZONLARI

Gaz oqimidan ajratilishi zarur bo'lgan suv massasi kirish va chiqish namliklari farqi orqali hisoblandi:

$$G_{suv} = Q_g \cdot (Y_{kir} - Y_{chiq}) / 1000, \text{ kg/soat.} \quad (1)$$

Bu yerda Q_g - normal sharoitdagi gaz sarfi, Nm³/soat; Y_{kir} va Y_{chiq} - gazdagi suv miqdori, g/Nm³. Glikolning hisobiy hajmiy sarfi maxsus sirkulyatsiya koeffitsiyenti k bo'yicha aniqlandi:

$$L_{KG} = k \cdot G_{suv} / 1000, \text{ m}^3/\text{soat.} \quad (2)$$

Hisobiy misolda $k = 25$ L/kg suv qabul qilindi; bu qiymat yakuniy loyiha normasi emas, balki 2-5 US gal/lb suv diapazonidagi amaliy qoida ichida tanlangan ssenariy koeffitsiyentidir [1, 2]. Haqiqiy k absorber bosqichlari, lean glikol tozaligi,



harorat va talab etilgan shudring nuqtasi bo'yicha model yoki zavod sinovi bilan aniqlashtiriladi.

Natijalar va ularning muxokamasi: Kompozitsion glikol formulasi faol moddalarning soni bilan emas, ularning vazifasi va o'zaro mosligi bilan belgilanadi. Bazaviy absorbentning asosiy ulushi yuqori tozalikdagi TEGdan iborat bo'ladi. Lean oqimdagi suv miqdori regeneratsiya imkoniyati bilan belgilanadi; konvensional atmosfera regeneratsiyasida reboiler harorati glikol parchalanishini cheklash uchun odatda 204-205 C atrofidan oshirilmaydi [2, 4, 13]. Tijorat inhibited glycol mahsulotlari yuqori haroratdagi barqarorlikni da'vo qilishi mumkin [16], biroq mavjud qurilmada metall harorati, lokal qizib ketish va uzoq muddatli parchalanish mahsulotlari tekshirilmasdan standart chegarani oshirish tavsiya etilmaydi.

2-jadval. Kompozitsion glikolning tavsiya etilgan funksional arxitekturasini

Funksional blok	Loyihaviy diapazon/holat	Vazifa va cheklov
TEG bazasi	Lean KG tarkibida 98,5-99,5 mass.%	Suv bug'ini yutuvchi asosiy faza; tozalik shudring nuqtasini belgilaydi
Suv	0,5-1,2 mass.%	Regeneratsiya natijasi; ortishi absorbsiya harakatlantiruvchi kuchini kamaytiradi
Issiqlikka chidamli pH-bufer/passivator	0,05-0,30 mass.% dizayn oynasi	Kislotalanishni buferlash va temir sirtini passivlash; doza kupon va ko'pik sinovi bilan belgilanadi
Antifoam	Bazaviy tarkibga doimiy kiritilmaydi	Faqat diagnostika tasdiqlaganda ishlab chiqaruvchining minimal samarali dozasi
Kaliy formiati	Ixtiyoriy tajriba modifikatori	Suv yutish sig'imini oshirish salohiyati [9]; tuz, BTEX va OPEX nazoratisiz joriy etilmaydi
Mexanik/ko'mir filtrlash	Kompozitsiya emas, majburiy texnologik modul	Qattiq zarracha, korroziya mahsuloti va sirt-faol iflosliklarni kamaytiradi

Bufer-passivator uchun asosiy tanlov mezonlari - TEGda to'liq erish, 204 C gacha issiqlik sikllarida cho'kma bermaslik, elastomerlar va rangli metallarga moslik, sirt tarangligini keskin pasaytirmaslik hamda absorberdan ko'pik bilan olib ketilishni oshirmaslikdir. Amin asosidagi neytrallovchilar yuqori haroratda barqaror



bo'lmasligi yoki ikkilamchi mahsulot hosil qilishi mumkin; shuning uchun issiqlikka chidamli paket afzal. Dow kompaniyasi ma'lumotida inhibited TEG uchun pH buferi va temirni passivlash funksiyalari aynan shu maqsadda ko'rsatilgan [16].

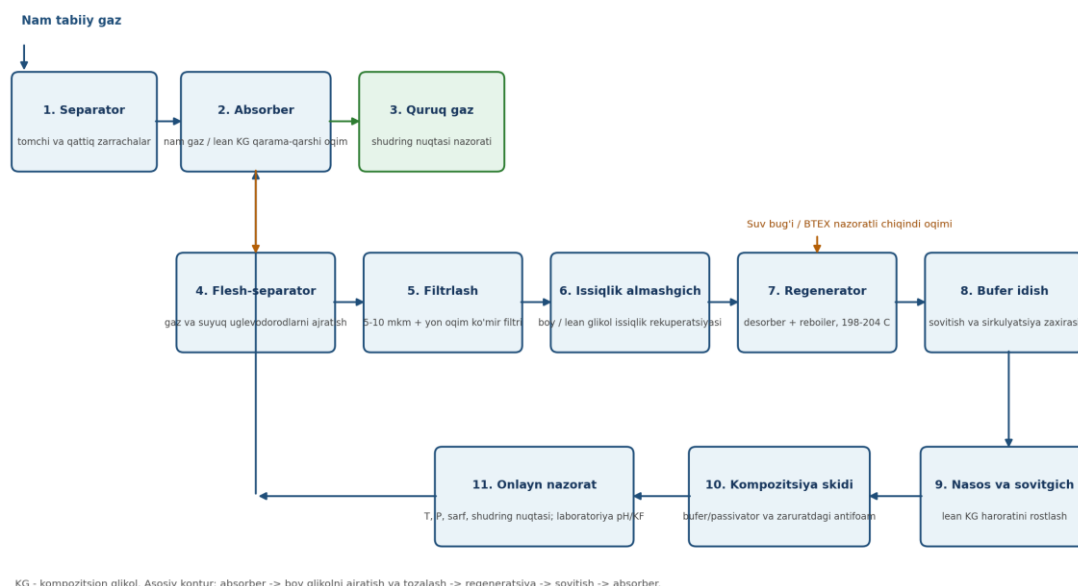
Kompozitsion absorbentni qabul qilishda yangi TEG, amaldagi ishlatilgan TEG va taklif etilayotgan KG kamida uch juft sinovda taqqoslanadi: (i) 24-72 soatlik issiqlik sikli; (ii) uglerod po'lati, zanglamas po'lat va muhr materiallari bilan moslik; (iii) ko'piklanish va sirt tarangligi. Har bir sinovda suv yutish qobiliyati, rang, cho'kma, kislota soni va temir miqdori boshlang'ich qiymatga nisbatan baholanadi. Faqat ko'p mezonli qabuldan o'tgan tarkib sanoat konturiga beriladi.

SIFATNI QABUL QILISH MANTIQUI

Qattiq universal limit o'rniga trendli nazorat qo'llanadi. Masalan, temir, rang yoki qovushoqlik bir martalik absolyut son bo'yicha emas, yangi KG bazasiga nisbatan og'ish va og'ish tezligi bo'yicha baholanadi. Bu turli konlardan keladigan uglevodorod, tuz va kislota gazlari ta'sirini hisobga olish imkonini beradi. Signal darajasi - og'ish aniqlanganda tahlilni takrorlash; harakat darajasi - filtratsiya, flesh-separator yoki dozalash rejimini tuzatish; to'xtatish darajasi - mahsulot gazi sifati yoki uskunaning butunligi xavf ostida bo'lganda konturga yangi glikol kiritish va nosozlik sababini bartaraf etishdir.

KOMPOZITSION GLIKOLNI QO'LLASH TEXNOLOGIK SXEMASI

Taklif etilgan texnologik sxema 1-rasmda keltirilgan. Uning farqli jihati qo'ndirma skidi alohida boshqariladigan yon konturga joylashtirilishi, filtrlash esa regenerator oldida mexanik va adsorbsion bosqichlarga ajratilishidir. Bunda qo'ndirma dozasini mahsulot gazi namligi bilan bevosita emas, avvalo glikol holati indikatorlari bilan bog'lash ko'zda tutiladi.



1-rasm. Kompozitsion glikol bilan tabiiy gazni absorbsion quritishning taklif etilgan texnologik sxemasi

Absorber harorati pasayganda suvning TEGdagi muvozanat yutilishi yaxshilanadi, ammo gazning uglevodorod shudring nuqtasidan past sovitish kondensatsiya va ko'piklanishni kuchaytiradi. Shu sabab lean KG harorati kirish gazidan odatda bir necha daraja yuqori ushlanadi. Bosimning oshishi gazning hajmiy sarfini kamaytirib kontakt apparati gidravlikasiga ijobiy ta'sir qilishi mumkin, lekin erigan uglevodorod va BTEXning glikolga o'tishiga ham ta'sir qiladi. Aniq ish nuqtasi gaz tarkibi va fazaviy muvozanat modeli bilan tanlanadi [2, 12, 13].

3-jadval. Kompozitsion glikol konturining tavsiya etilgan texnologik parametrlari

Kontur parametri	Tavsiya etilgan ish oynasi	Nazorat sababi
Absorberga kiruvchi gaz harorati	Odatda 30-45 C; kon sharoiti bo'yicha	Past harorat yutilishni yaxshilaydi, lekin kondensatsiya chegarasi tekshiriladi
Lean KGning gazga nisbatan harorati	Gazdan taxminan 3-8 C yuqori	Uglevodorod kondensatsiyasi va ko'pik xavfini kamaytirish
Lean KG tozaligi	98,5-99,5 mass.% TEG	Chiqish gazi shudring nuqtasi va sirkulyatsiya sarfiga bevosita ta'sir



Kontur parametri	Tavsiya etilgan ish oynasi	Nazorat sababi
Reboiler hajmiy harorati	198-204 C	Suvni haydash va TEG termik degradatsiyasi orasidagi muvozanat
Flesh-separator bosimi	Loyiha va yoqilg'i-gaz konturiga mos	Erigan gazni ajratish, BTEX va glikol yo'qotilishini boshqarish
Mexanik filtr	5-10 mkm nominal	Qattiq zarracha va korroziya mahsulotlarini ushlash
Ko'mir filtri yon oqimi	Asosiy oqimning nazoratli kichik ulushi	Og'ir organika va sirt-faol aralashmalarni kamaytirish
Sirkulyatsiya koeffitsiyenti k	Hisobiy 16,7-41,7 L/kg suv; model bilan aniqlashtiriladi	2-5 US gal/lb suv amaliy diapazonini SI tizimiga o'tkazish

Sirkulyatsiyani shunchaki oshirish har doim chiqish namligini mutanosib kamaytirmaydi. Yuqori suyuqlik yuklamasi kolonnada bosim yo'qotilishini, nasos sarfini va regeneratorga keladigan issiqlik yukini oshiradi. Chebbi va hammualliflar TEG tozaligi, sirkulyatsiya va stripping rejimini birgalikda optimallashtirish zarurligini ko'rsatgan [2]. Massa uzatish koeffitsiyentlari bo'yicha Filep va hammualliflar natijalari ham gaz F-faktori absorber samaradorligida ustun omil bo'lishi mumkinligini tasdiqlaydi [3]. Demak, KG sarfi absorberning gidravlik pasporti bilan cheklanishi kerak.

Regeneratsiyada asosiy maqsad faqat yuqori TEG foizini olish emas, balki absorbentni termik zararsiz qaytarishdir. Reboilerda issiqlik oqimi notekis bo'lsa, o'rtacha harorat me'yorda turgan holda isitish sirtida lokal degradatsiya yuz berishi mumkin. Shu sabab sirkulyatsiya to'xtaganda burner/interlok, past suyuqlik sathi blokirovkasi, reboiler tubi va chiqishidagi ikki nuqtali harorat nazorati kiritiladi. Issiqlik rekuperatsiyasi ko'payganda boy glikolning flashdan keyingi holati va ko'piklanish tendensiyasi qayta tekshiriladi.

Tayyor inhibited glycolning yuqori haroratga chidamliligi mavjud qurilmadagi barcha komponentlar uchun avtomatik ruxsat bermaydi. Muhrlar, bo'yoqlar, qistirmalar, uglerod po'lati va mis qotishmalarining harorat-kimyoviy



mosligi alohida tasdiqlanadi. Joriy etishning konservativ bosqichida reboilerning amaldagi xavfsiz harorat oynasi saqlanadi, keyin 500-1000 soatlik trend bo'yicha rang, kislota soni, temir va ko'pik ko'rsatkichlari tahlil qilinadi.

XULOSA

1. TEG asosidagi kompozitsion glikolni qo'llash texnologiyasi absorbent tarkibi, filtrlash, regeneratsiya va adaptiv sirkulyatsiyani yagona boshqaruv tizimida birlashtirishi lozim.

2. Issiqlikka chidamli pH-bufer/passivator kislotalanish va korroziya xavfini kamaytirish uchun istiqbolli, biroq uning dozasi metall mosligi, ko'pik va sirt tarangligi sinovlari bilan belgilanadi.

3. 100 000 Nm³/soat gaz uchun $Y_{kir} = 0,80$ g/Nm³ holatida 74 kg/soat suv ajratilishi va 5 foiz zaxira bilan 1,94 m³/soat KG sirkulyatsiyasi hisoblandi.

4. Namlik 0,50-1,10 g/Nm³ oralig'ida o'zgargan ssenariyda adaptiv boshqaruv maksimal yuklama bo'yicha doimiy sarfga nisbatan o'rtacha 28,8 foiz sirkulyatsiya hajmini kamaytirish salohiyatini ko'rsatdi; energiya samarasini alohida issiqlik balansi tasdiqlashi kerak.

5. Kompozitsion glikolning yakuniy samaradorligi shudring nuqtasi bilan birga glikol yo'qotilishi, ko'piklanish, korroziya, filtr resursi va BTEX emissiyasi bo'yicha baholanishi zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mokhatab S., Poe W.A., Mak J.Y. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. 4th ed. Gulf Professional Publishing, 2019.
2. Chebbi R., Qasim M., Jabbar N.A. Optimization of triethylene glycol dehydration of natural gas. Energy Reports. 2019;5:723-732. doi:10.1016/j.egyr.2019.06.014.
3. Filep A.-D., Todinca T., Dumitrel G.-A. Triethylene Glycol Dehydration of Natural Gas: Evaluation of Mass and Heat Transfer Coefficients in the Case of Absorption and Stripping Structured Packing Towers. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly. 2022;36(1):25-38. doi:10.15255/CABEQ.2021.1998.



4. Liu G., Zhu L., Hong J., Liu H. Technical, Economical, and Environmental Performance Assessment of an Improved Triethylene Glycol Dehydration Process for Shale Gas. ACS Omega. 2022;7(2):1861-1873. doi:10.1021/acsomega.1c05236.
5. Al Ani Z., Gujarathi A.M., Vakili-Nezhaad G.R. Simultaneous energy and environment-based optimization and retrofit of TEG dehydration process: An industrial case study. Process Safety and Environmental Protection. 2021;147:972-984. doi:10.1016/j.psep.2021.01.018.
6. Kong Z.Y., Mahmoud A., Liu S., Sunarso J. Revamping existing glycol technologies in natural gas dehydration to improve the purity and absorption efficiency: Available methods and recent developments. Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2018;56:486-503. doi:10.1016/j.jngse.2018.06.008.
7. Kong Z.Y., Melvin Wee X.J., Mahmoud A., Yu A., Liu S., Sunarso J. Development of a techno-economic framework for natural gas dehydration via absorption using tri-ethylene glycol: A comparative study between DRIZO and other dehydration processes. South African Journal of Chemical Engineering. 2020;31:17-24. doi:10.1016/j.sajce.2019.11.001.
8. Neagu M., Cursaru D.L. Technical and economic evaluations of the triethylene glycol regeneration processes in natural gas dehydration plants. Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2017;37:327-340. doi:10.1016/j.jngse.2016.11.052.
9. Isa M.A., Eldemerdash U., Nasrifar K. Evaluation of potassium formate as a potential modifier of TEG for high performance natural gas dehydration process. Chemical Engineering Research and Design. 2013;91(9):1731-1738. doi:10.1016/j.cherd.2013.03.014.
10. Liang H., Huang Q., Li X., Wu Q., Yan H., Meng J. Investigation of the Factors and Mechanisms Affecting the Foaming of Triethylene Glycol in Natural Gas Purification. Processes. 2025;13(5):1261. doi:10.3390/pr13051261.