

**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

MURATOV MIRTOXIR MIRXALIL O'G'LI

**OLEIN KISLOTA VA ALKANOLAMINLAR ASOSIDA OLINGAN
SFMLARNING KOLLOID-KIMYOVIY HAMDA DEEMULGIRLASH
XOSSALARI**

02.00.11 – Kolloid va membrana kimyosi

**KIMYO FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent-2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of the dissertation abstract of doctor of filosofy (PhD)

Muratov Mirtoxir Mirxalil O'g'li

Olein kislota va alkanolaminlar asosida olingan SFMlarning kolloid-kimyoviy hamda deemulgirlash xossalari 3

Муратов Миртохир Мирхалил Угли

Коллоидно-химические и деэмульгирующие свойства ПАВ, полученных на основе олеиновой кислоты и алканоламинов..... 21

Muratov Mirtokhir

Colloid-chemical and demulsifying properties of surfactants obtained on the basis of oleic acid and alkanolamines 39

E'lon qilingan ilmiy ishlar ro'uxati

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

MURATOV MIRTOXIR MIRXALIL O'G'LI

**OLEIN KISLOTA VA ALKANOLAMINLAR ASOSIDA OLINGAN
SFMLARNING KOLLOID-KIMYOVIY HAMDA DEEMULGIRLASH
XOSSALARI**

02.00.11 – Kolloid va membrana kimyosi

**KIMYO FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent -2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar Vazirligi huzuridagi Oliy Attestatsiya Komissiyasida B2025.1.PHD/K948 raqam bilan ro'yxatga olingan

Dissertatsiya Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.ionx.uz) va «Zionet» axborot-ta'lim portalida (www.zionet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Eshmetov Rasulbek Jumyazovich
texnika fanlari doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Kuldasheva Shaxnoza Abdulazizovna
kimyo fanlari doktori, professor

Buxorov Shuxrat Bo'riyevich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Namangan davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.02.30.12.2019.K/T.35.01 raqamli Ilmiy kengashning «15» avgust 2025 yil soat 10⁰⁰ 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, e-mail: ionxanruz@mail.ru.

Dissertatsiya bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (9-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 «1» avgust kuni tarqatildi.
(2025 yil «1» avgustdagi № 9- 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 daraja beruvchi ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, t.f.d., prof.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda bugungi kunda neft sanoatining barqaror rivojlanishini ta'minlash, ayniqsa uzoq yillardan buyon foydalanib kelinayotgan yirik quduqlarda qazib olinayotgan neftning emulsiyaviy holati bilan bog'liq muammolarni bartaraf etish, dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Qazib olinayotgan neft emulsiyalari tarkibida suv miqdorining ortib borishi ushbu emulsiyalarning fizik-kimyoviy murakkabligini oshirishi, shu bilan birga, deemulgirlash bosqichlarini yanada murakkablashtirishi bilan tavsiflanadi. Bunday sharoitda fazalarni ajratishning zarur samaradorligini ta'minlaydigan yuqori samarali sirt faol moddalardan foydalanish alohida ahamiyatga ega.

Dunyoda ekologik va iqtisodiy talablarni inobatga olgan holda bioyangilanuvchi manbaalardan olinadigan, iqtisodiy jihatdan samarali va turli xil jarayonlarda foydalanish imkoniyatiga ega bo'lgan sirt faol moddalarni ishlab chiqarish borasida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada sirt faol moddalarni ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratishda nafaqat atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan, balki energiya va resurs sarfini kamaytiruvchi innovatsion yondashuvlarni joriy etish, shuningdek, ularning keng ko'lamli qo'llanilishi va yuqori ta'sir doirasini ta'minlash orqali mahsulot sifati va rentabelligini oshirish, hamda ishlab chiqarishning uzoq muddatli istiqbollarni mustahkamlash imkoniyatlariga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikada mahalliy xomashyolar va chiqindilar asosida turg'un neft emulsiyalarini deemulgirlash uchun deemulgatorlar, ya'ni SFM lar olinishi va qo'llanilishi bo'yicha keng ko'lamli ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasining uchinchi yo'nalishida, "Milliy iqtisodiyot barqarorligini ta'minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga oshirish"¹ vazifalari belgilab berilgan. Bu borada, bioasosli va yuqori samarali sirt faol moddalarni sintez qilish, ularning deemulgirlovchi, kolloid-kimyoviy va ekologik xossalarni chuqur o'rganish, shuningdek, reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning tuzilishi, sintez sharoitlari va mahsulot xossalari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi «Yangi O'zbekistonning 2022-2026 yillarga mo'ljallangan taraqqiyot strategiyasi» to'g'risidagi PF-60-son Farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025 yil 30 yanvardagi PF-16-son «“O'zbekiston – 2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “Yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi» to'g'risidagi, 2024 yil 26 senyabrda PF-149-son “Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohalarida ochiqlikni ta'minlash hamda boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari” to'g'risidagi Farmonlari hamda mazkur faoliyatga tegishli me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiyaning tadqiqot mavzusi doirasida amalga oshirilgan ishlar ma'lum darajada muayyan darajada xizmat qiladi.

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28-yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida» gi Farmoni

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishi ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublikada fan va texnologiyalar rivojlantirishning VII «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiya» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Dunyoda deemulgatorlarning sintezi va ulardan foydalanish bo'yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Xususan, xorijiy mamlakatlarda turli polimer asosidagi deemulgatorlar va ularning emulsiyalarni ajratishdagi samaradorligi bo'yicha keng ko'lamli izlanishlar mavjud. Mazkur tadqiqot bo'yicha bir qator xorijiy davlatlarning olimlari jumladan: J.A.Pollard, A.G.Heggem, K.F.Gray, H.W.Percins, I.P.Weichert, E.G.Agabalyans, N.N.Kruglitskim, S.A.Kapustinom, N.D.Ryabovoy, P.P.Dmitriyev va boshqa olimlarning ilmiy ishlari bag'ishlangan.

Respublikamiz olimlaridan sirt faol moddalar borasidagi ilmiy izlanishlar Axmedov K.S., Hamraev S.S., Agzamxodjaev A.A., Aminov S.N., Alimov A.A., Narmetova G.R., Abdurahimov S.A., Axmedov U.K., Xamidov B.N., Yusupov F.M., Eshmetov I.D., Salixanova D.S., Adizov B.Z., Eshmetov R.J., Abdikamalova A.B. va boshqa bir qancha yetuk olimlarimiz tamonidan olib borilgan.

Lekin, turli xil tashqi omillar, shuningdek ekologik xavfsiz bo'lgan samarali deemulgirlash xossasini namoyon etuvchi sirt faol moddalarni ishlab chiqarish muammolarini chuqur o'rganish va ushbu moddalarni amaliyotga tadbiiq etish bo'yicha tadqiqotlar yetarlicha rivojlanmagan. Shu sababli, ushbu mavzuni o'rganish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi va milliy fan taraqqiyoti uchun yangi yo'nalishlarni ochib beradi.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ilmiy tadqiqot ishi O'zR FA Umumiy va noorganik kimyo institutining ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq «Maxalliy xomashyolar asosida yuqori qovushqoq neftlarni tuzsizlantirish va suvsizlantirish uchun deemulgatorlar ishlab chiqarish» mavzusidagi davlat dasturi doirasida amalga oshirilgan.

Tadqiqotning maqsadi olein kislota va alkanolaminlar asosida olingan SFMlarning kolloid-kimyoviy hamda deemulgirlash xossalari aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

9-oktodeken kislota va alkanolaminlar asosida SFMlar sintez qilishning maqbul sharoitlari: harorat va katalizator miqdorini aniqlash;

sintez qilib olingan SFMlarning fizik-kimyoviy (IQ, GX-MS) tahlillarini olib borish;

sintez qilib olingan SFMlarning sirt tarangligi, shuning asosida, mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasini, suyuqlik sirtiga adsorbsiyasi samaradorligi, erituvchi sirt tarangligini kamaytirish samaradorligi, SFMning eritma sirtidagi maksimal konsentratsiyasini, SFMning eritma sirtida egalagan minimal sirt maydoni kabi ko'rsatkichlari aniqlanish;

sirt faol moddalar eritmalarining qovushqoqligini aniqlash hamda shu asosida mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyalarini aniqlash va asoslash;

sintezlangan SFMlarning gidrofil-liofil balansini aniqlash;

olingan SFMning ko'piklanish kuchi va ko'pik barqarorligini turli konsentratsiyalarda o'rganish;

sintez qilingan namunalarni turli miqdorlaridan foydalanib emulgirlovchi xossalarni o'rganish;

sintezlab olingan SFMning deemulgirash xossalarni turli sarflarda, turli haroratlarda va turli neft emulsiyalaridan foydalanib o'rganish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida sifatida "Ko'kdumaloq" va "Shimoliy O'rtabuloq" suv-neftli emulsiyalari, olein kislota va alkanolaminlar, xususan, monoetanolamin va dietanolamin, ular asosida olingan SFMlar va "Deklavi-OR-16-26" import deemulgatori tanlab olingan.

Tadqiqotning predmeti olein kislota va alkanolaminlar asosida olingan SFMlarning kolloid-kimyoviy hamda deemulgirash xossalarni o'rganishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiyada sirt faol moddalarning fizik-kimyoviy (Infraqizil spektroskopiya, mikroskopiya, konduktometriya, Gaz xromatografiya-Mass spektroskopiya) hamda kolloid-kimyoviy (tensiometriya, Ross-Miles) xossalarni o'rganishning zamonaviy usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

KU-2-8 katalizatori miqdori va reaksiya haroratini kondensatsiya reaksiyasi selektivligiga ta'siri aniqlanib, 0,15 % katalizator miqdorida va reaksiya harorati 403–423 K da konversiya 97,3% ni minimal darajada ko'shimcha efirlarni hosil bo'lishi, 1710 sm^{-1} sohalaridagi karbonil cho'qqilarining yo'qolishi, hamda 1650, 3300 va 1750 sm^{-1} dagi amid va efir cho'qqilari kuzatilishi bilan isbotlangan;

qutbli guruhni vodorod bilan gidratatsiyasi va pH ga bog'liq ionlanishi natijasida Griffin usuli orqali hisoblangan qiymatlarga nisbatan haqiqiy GLB ko'rsatkichi 17–78 % ga ortishi, sintez qilingan sirt faol moddalarning emulgirash xossalarni oldindan boshqarish va maqbullashtirish uchun tadqiqot sinovlaridan foydalanish zarurligi isbotlangan;

0,1 % konsentratsiyali (NK-1) dietanolamin asosidagi sintez qilingan sirt faol modda maksimal emulsiya barqarorligini (138 daqiqa) ta'minlaydi, konsentratsiyani 0,15 % gacha oshirish esa ajratish vaqtining statistik jihatdan sezilarli o'sishiga (<1 %) olib kelmaydi, bu esa fazalararo chegara qatlaminin to'yinganligini va samarali qo'llash uchun chegaraviy konsentratsiyani belgilash zarurligi asoslangan;

Shimoliy O'rtabuloq og'ir neft emulsiyalarida MK-1 ning deemulgirash samaradorligi $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ da 100 g/t da 83 % dan 200 g/t da 89 % gacha oshadi, shu sharoitda esa NK-1 namunasida deemulgirash samaradorligi 95 % ga yetadi, bu emulsiyaning qovushqoqligini kamayishi va tomchilarning Braun harakatini tezlashishi, shuningdek, neft–suv chegarasida molekularning adsorbsiyasining kuchayishi hisobiga suv tomchilarining koalesensiyasini tezlashishi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilar iborat:

9-oktodeken kislotasi va alkanolaminlar, xususan monoetanolamin hamda dietanolaminlar asosida SFMlar sintez qilishning maqbul sharoitlari aniqlangan;

sintez qilingan deemulgatorlarning kolloid-kimyoviy xossalarni ularning deemulgirash xususiyatlariga bog'liqligi isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalari bo'yicha ilmiy xulosalar zamonaviy va an'anaviy fizik-kimyoviy hamda analitik usullar yordamida

olingan ilmiy ma'lumotlar bilan tasdiqlangan, ilmiy yangiliklarning amaliy natijalari esa "Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi" MChJ laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitlarida o'tkazilgan sinov dalolatnomalari orqali tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati 9-oktodeken kislotasini monoetanolamin, dietanolaminlar bilan amidlash jarayonini o'rganish va SFMlar sintez qilib olish, shuningdek, olingan SFMlarning kolloid-kimyoviy xossalarini o'rganish ularning ishlatish uchun muhim bo'lgan ma'lumotlarni berishiga asos bo'ladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati barqaror suv-neft emulsiyalarini suvdan va tuzlardan tozalash uchun SFM olish, deemulgirash jarayonlarini ulardan foydalanish yordamida jadallashtirish hamda oliy ta'lim muassasalarida neftni tayyorlash va qayta ishlash texnologiyasi yo'nalishida bakalavr va magistrnlarni tayyorlashda o'quv jarayonlarida foydalanishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Olein kislotasi va alkanolaminlar asosidagi sirt faol moddalarni sintez qilish, ularning deemulgirash va tuzsizlantirish xususiyatlari bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Olein kislota va alkanolaminlar asosida SFMlar sintez qilish usuli «Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning «2030-2040 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati»ga kiritilgan («Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning 2025 yil 6 maydagi 01-02/25a-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, MK-1 deemulgatoridan 150 g/t foydalanilganda qoldiq suv miqdorini minimal 0.15% gacha kamaytiradi hamda NK-1 deemulgatorlari suvsizlantirish darajasi 30 daqiqa davomida 95 % yuqori natijani beradi;

sintez qilingan SFM larni neftlarni tezsizlantirish jarayonlarida qo'llash usuli «Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning «2030-2040 yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati»ga kiritilgan («Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi» MChJning 2025 yil 6 maydagi 01-02/25a-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, MK-1 asosidagi deemulgatorlardan foydalanganda qoldiq tuz miqdorini 88 mg/dm³ gacha kamaytiradi hamda NK-1 deemulgatoridan 150 g/t qo'llanilganda tuzsizlantirish darajasi 91 % ga yetadi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Ushbu tadqiqot natijalari 9 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan. Jumladan, dissertatsiyaning asosiy ilmiy natijalari bo'yicha 1 ta monografiya, 7 ta ilmiy maqola, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya Komissiyasi tomonidan chop etishga tavsiya etilgan jurnallarda 2 ta respublika va 5 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 114 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida ishning dolzarbligi va o'tkazilgan tadqiqotning ehtiyojdorligi asoslab berilgan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari yoritilgan, ishning O'zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, tadqiqot natijalarining ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati

ochib berilgan, tadqiqot davomida erishilgan ilmiy va amaliy natijalar, sanoat sinovlari, e'lon qilingan ilmiy ishlar hamda dissertatsiyaning tuzilmasi haqida ma'lumot berilgan.

Dissertatsiyaning **“Sirt faol moddalar, ularning toifalanishi va ishlab chiqarish hamda qo'llash asoslarini zamonaviy adabiyotlar sharhi orqali baholash”** deb nomlangan birinchi bobida sirt faol moddalar (SFM)ning tuzilishi, sinflanishi, fizik-kimyoviy va kolloid-kimyoviy xossalari, ularning ishlab chiqarish texnologiyalari va qo'llanilish sohalari keng ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilingan. SFMlarning o'zaro agregatlanib, mitsella hosil qilishi, sirt tarangligini kamaytirish xususiyati, ko'piklanish va deemulgirlash jarayonlaridagi ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, biologik parchalanadigan, biosirt faol moddalar va magnit sezuvchan SFMlarning afzalliklari va qo'llanish imkoniyatlari muhokama qilingan. Neft emulsiyalarining barqarorligi va ularni parchalashda sirt faol moddalar ishtirokidagi mexanizmlar ochib berilgan.

Dissertatsiyaning **“Alkanolaminlar va 9-oktodeken kislota asosida sirt faol moddalar sintez qilish va olingan sirt faol moddalarning tadqiq etish usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobida olein kislotasi (ya'ni 9-oktodeken kislotasi) va alkanolaminlar – monoetanolamin (MEA) va dietanolamin (DEA) ishtirokida yangi sirt faol moddalarni (SFMlar) sintez qilish jarayonlari, sintezga ta'sir etuvchi omillar va optimal sharoitlarni aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar yoritilgan. Ushbu bobning asosiy maqsadi – mahalliy manbalardan olingan, ekologik xavfsiz va biologik parchalanishga moyil bo'lgan SFMlarni olish hamda ularning fizik-kimyoviy va kolloid-kimyoviy xossalarni chuqur tahlil qilishdir.

Tadqiqot ob'ektlari sifatida texnik tozalikka ega olein kislotasi va alkanolaminlar tanlab olindi. Ushbu komponentlar asosida turli nisbatlarda, har xil harorat va vaqt oralig'ida sintez reaksiyalari olib borildi. Sintez jarayonining borishini nazorat qilish, reaksiyaga kirishgan moddalarning konversiyasini baholash, mahsulotlarning tarkibi va strukturaviy o'zgarishlarini aniqlash uchun zamonaviy instrumental metodlardan foydalanildi. Jumladan, Infraqizil (IQ) spektroskopiyasi, gaz xromatografiyasi-mass spektrometriyasi (GX-MS), tensiometriya, viskozimetrik o'lchovlar, mitsella hosil qilish konsentratsiyasini aniqlash (MKK) usullari tadbiq etildi.

Reaksiya sharoitlarining sintezga ta'siri sinchiklab o'rganilib, harorat, katalizator miqdori va reaksiya vaqt kabi parametrlarning mahsulot hosildorligi va sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatuvchi omillar ekani aniqlangan. O'rganilgan reaksiya tizimlarida amidlanish reaksiyasi ketishi orqali yangi SFMlar hosil bo'lgan. Infraqizil spektroskopik tahlillar bu moddalar tarkibida amid guruhlarining mavjudligini tasdiqlagan. Ayniqsa, $1638-1642\text{ cm}^{-1}$ atrofidagi cho'qchilar amid guruhiga xos bo'lib, sintezning muvaffaqiyatli amalga oshganligini ko'rsatgan.

Tahlil natijalariga ko'ra, monoetanolamin va dietanolaminlar bilan olein kislotasining amidlanishi orqali mos ravishda MK-1, MK-2, MK-3 va NK-1, NK-2, NK-3 deb nomlangan namunalar olingan. Sintezlangan SFMlarning fizik-kimyoviy xossalari, jumladan, erish harorati, suyuqlanish nuqtasi, zichlik, qovushqoqlik va eritmalardagi xatti-harakatlari aniqlangan. Ularning gidrofil-lipofil balans (GLB) ko'rsatkichlari hamda eritmadagi diffuziya tezligi kabi parametrlar SFMlarning amaliy ahamiyatini belgilashda muhim rol o'ynagan.

Tadqiqotda sirt tarangligini kamaytirish xususiyatini baholash uchun tensiometrik usullar orqali turli konsentratsiyalarda sirt faol modda eritmalarining sirt tarangligi o'Ichandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, sintez qilingan barcha SFMLar suvli eritmalarining sirt tarangligini sezilarli darajada kamaytira olgan, bu esa ularning kuchli sirt faol modda ekanligidan dalolat beradi. Jumladan, MK-1, MK-2, MK-3, NK-1, NK-2 va NK-3 namunalarining MKK qiymatlari mos ravishda 0,0023; 0,0030; 0,0038; 0,00266; 0,00243 va 0,00257 mol/l bo'lib, bu qiymatlar molekulalarning sirtga adsorbsiyalanish qobiliyatining yuqoriligini ko'rsatadi.

SFMLarning termodinamik xususiyatlari ham o'rganilib, ularning erkin energiya o'zgarishlari – ΔG°_{ads} (adsorbsiyalanish bo'yicha) va ΔG°_{mic} (mitsella hosil qilish bo'yicha) qiymatlari aniqlangan. Har ikkala parametrning manfiy qiymatga ega bo'lishi jarayonlarning o'z-o'zidan sodir bo'lishini bildiradi. Shuningdek, $\Delta G^{\circ}_{ads} > \Delta G^{\circ}_{mic}$ tengsizligi molekulalarning avval sirtga adsorbsiyalanishini, so'ngra mitsella hosil qilishini ko'rsatgan.

SFMLarning mitsella hosil qilish xatti-harakati ham chuqur tahlil qilingan. Suvli eritmalarda molekulalarning MKK gacha bo'lgan konsentratsiyada sirtga adsorbsiyalanishi, undan ortiq konsentratsiyada esa mitsella hosil qilishi aniqlangan. Shuningdek, adsorbsiyaning maksimal zichligi, sirt maydoni va mitsella shakli bo'yicha baholashlar olib borilgan.

Ko'pik hosil qilish qobiliyati va ko'pikning barqarorligi sintez qilingan SFMLarning muhim texnologik xossalaridan biri sifatida o'rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, MK va NK turkumidagi namunalar suvli eritmalarida turli konsentratsiyalarda barqaror ko'piklar hosil qilgan. Bu xususiyat ularni yuvish vositalari, emulsifikatorlar va deemulgatorlar sifatida qo'llash imkoniyatini kengaytiradi.

Emulgirlash va deemulgirlash xossalarini aniqlash maqsadida model emulsiyalar tayyorlanib, SFMLarning turli sarflardagi emulsiyalar barqarorligiga ta'siri o'rganilgan. Model emulsiyalar tarkibi, disperslik darajasi va zarralar taqsimoti nazorat qilingan. Natijalar sintez qilingan moddalar emulsiyalarni ajratishda yuqori samaradorlik ko'rsatishini namoyon etdi. Ayniqsa, deemulgatsiya samaradorligi 120 g/t sarf va 60 °C haroratda maksimal natijalarga erishilganini ko'rsatgan.

Bundan tashqari, real sanoat emulsiyalari, jumladan "Shimoliy O'rtabuloq", "Ko'kdumaloq" va Farg'ona neft konlariga oid suv-neft emulsiyalarida ham sintez qilingan SFMLarning deemulgirlash samaradorligi tekshirilgan. Tadqiqotda harorat, SFM sarfi, emulsiyadagi suv miqdori va qovushqoqlik kabi omillarning ta'siri chuqur tahlil qilingan. Misol uchun, "Shimoliy O'rtabuloq" emulsiyasida MEA asosidagi MK-1 namunasi 75 °C haroratda va 120 g/t sarfda 89 % samaradorlikni ko'rsatgan bo'lsa, DEA asosidagi NK-1 namunasi 75 °C da 94,5 % gacha yuqori deemulgirlash darajasiga ega bo'lgan. Bu esa MK-1 va NK-1 namunalarining yuqori haroratda fazalararo chegara sirtida tez va faol adsorbsiyalanishini, diffuziya kuchayishini, natijada emulsiyani tezroq parchalay olishini tasdiqlaydi.

Tarkibida 30 % suv saqlagan model emulsiyalarda MK-1 uchun 60 °C da 120 g/t sarfda tuzsizlantirish samaradorligi 84,6 % ni tashkil qilgan bo'lsa, DEA asosidagi NK-1 namunasi 75 °C da 120 g/t sarfda 94,5 % gacha yetgan. Shuningdek, sintez qilingan sirt faol moddalarining gidrofil-lipofil balans (GLB) ko'rsatkichlari aniqlangan.

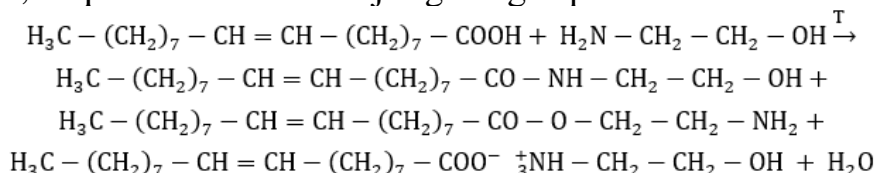
Tajribaviy usulga ko‘ra MK-1 namunasida GLB qiymati 6,9, NK-1 namunasida esa 12,8 bo‘lib, bu ko‘rsatkichlar ular suv fazasi va neft fazasi bilan o‘zaro ta’sir darajasini belgilaydi. GLB qiymatlari shuni ko‘rsatadiki, MK-1 emulsiyalarning suv fazasiga yaqin bo‘lgan deemulgator sifatida, NK-1 esa yuqori disperslikdagi neft emulsiyalarini ajratishda faol modda sifatida samarali ishlatiladi.

Tadqiqotning muhim jihatlaridan biri shuki, sintez qilingan sirt faol moddalar nafaqat yuqori samaradorlikka ega, balki biologik parchalanishga moyilligi sababli ekologik xavfsizlik talablariga ham javob beradi. Ularning termik va gidrolitik barqarorligi, shuningdek, sanoat sharoitida qo‘llash uchun kerakli viskozimetrik va sirt-taramgilik parametrlari aniqlangan.

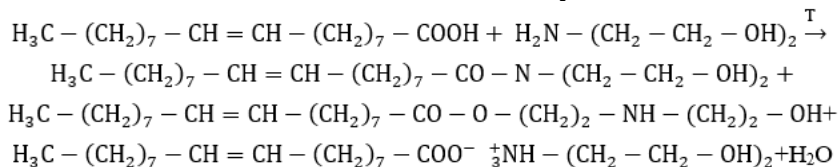
Dissertatsiyaning “**Sintezlab olingan sirt faol moddalarning fizik-kimyoviy va kolloid-kimyoviy xossalari tadqiqi**” deb nomlangan uchinchi bobida olein kislota va alkanolaminlar asosida sintez qilingan sirt faol moddalarning tarkibi, tuzilishi, sirt faolligi, gidrofil-lipofil balans, mitsella hosil qilish, ko‘pik hosil qilish va uning barqarorligi kabi asosiy fizik-kimyoviy hamda kolloid-kimyoviy xossalari chuqur o‘rganilgan. SFMlarning molekulyar strukturasi aniqlashda infraqizil spektroskopiya, gaz xromatografiyasi-mass spektrometriya (GX-MS), shuningdek, tensiometriya va viskozimetrik o‘lchovlar qo‘llanilgan.

Olein kislotasi va alkanolaminlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir murakkab reaksiya jarayonini tashkil etadi. Reaksiya ikki bosqichda kechib, dastlab karboksil va amin guruhlar o‘rtasida ionli tuzlar hosil bo‘ladi, so‘ngra yuqori haroratda amid kondensatsiyasi sodir bo‘ladi. Bu bosqichda alkanolaminlar nukleofil xususiyat ko‘rsatib, amid guruhlar shakllantiradi.

Shuningdek, alkanolamin tarkibidagi gidroksil guruhlar ishtirokida eterifikatsiya ham kuzatilishi mumkin. Natijada tuz, amid va efir turlarini o‘z ichiga olgan mahsulotlar aralashmasi hosil bo‘ladi. Mahsulotlarning shakllanishi komponentlar nisbati, harorat, vaqt va reaktivlik darajasiga bog‘liq.



1-rasm. Olein kislota va MEA reaksiya mahsulotlari.



2-rasm. Olein kislota va DEA reaksiya mahsulotlari.

9-oktodeken kislotaning monoetanolamin va dietanolaminlar bilan aminlash reaksiyalari KU-2-8 katalizatori ishtirokida olib borildi. Reaksiya borishini baholashda olein kislotaning konversiyasi ajralgan suv miqdori asosida aniqlandi. Tadqiqotda katalizator miqdori (0,1–0,2%) va harorat (100–140 °C) ko‘rsatkichlarining reaksiyaga ta’siri tahlil qilindi.

Olein kislota konversiyasiga turli omillarning ta'siri

KU-2-8, %	T, K	K ₀	K ₁	A ₀	A ₁	Olein kislota konversiyasi
		OK + MEA				
0.1	393	140	30	120	70	78,5
	403	140	26	120	74	82,1
0.15	393	140	18	120	60	88,0
	403	140	14	120	66	90,3
0.2	393	140	22	120	68	81,7
	403	140	18	120	72	84,2
KU-2-8, %	T, K	K ₀	K ₁	A ₀	A ₁	Olein kislota konversiyasi
		OK + DEA				
0.1	413	140	35	120	75	73,3
	423	140	31	120	79	77,1
0.15	413	140	20	120	62	86,6
	423	140	17	120	66	89,0
0.2	413	140	25	120	80	66,3
	423	140	22	120	84	70,1

1-jadvalda olein kislotasining monoetanolamin va dietanolamin bilan reaksiyalaridagi konversiyasi bo'yicha turli KU-2-8 katalizator konsentratsiyalari va harorat sharoitlarida o'tkazilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Ma'lumotlar reaksiyaga ta'sir etuvchi asosiy qonuniyatlarni aniqlash imkonini beradi.

KU-2-8 katalizatori olein kislotaning $-\text{COOH}$ guruhini deprotonatsiyalab, uni reaktiv karboksilat anioniga aylantiradi. Bu holat amin guruhlari bilan samarali kondensatsiyani ta'minlab, amidlarning selektiv hosil bo'lishiga yordam beradi.

Tadqiqotlarga ko'ra, 0,1–0,15% KU-2-8 konsentratsiyasi konversiyaning yuqori natijalarini ta'minlaydi. Ayniqsa, 0,15% darajasida maksimal samaradorlik kuzatiladi. 0,2% konsentratsiyada esa reaksiya samaradorligi ortmaydi, bu esa aktiv markazlarning to'yinganligi yoki nojo'ya reaksiyalar bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Eksperimental natijalar KU-2-8 konsentratsiyasining 0,1% dan 0,15% gacha oshirilishi olein kislotasining konversiyasini sezilarli oshirganini ko'rsatdi. Masalan, MEA uchun 393 K haroratda konversiya 78,5% dan 88% gacha oshdi, ammo 0,2% da 81,7% gacha pasaydi. Bu aktiv markazlarning to'yinganligi yoki yon reaksiyalar bilan bog'liq. Dietanolamin bilan esa 413 K dan 423 K gacha bo'lgan haroratda konversiya 73,3% dan 89,0% gacha ortdi.

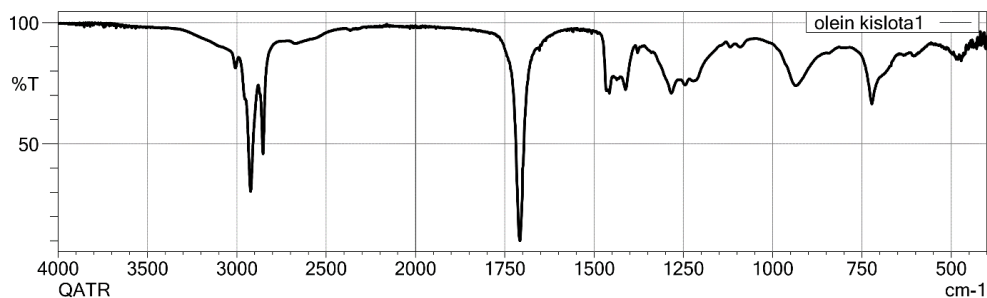
Harorat reaksiyaning kinetikasini oshirib, konversiyaga sezilarli ta'sir ko'rsatdi. MEA ishtirokidagi reaksiyada 0,15% KU-2-8 konsentratsiyasida 403 K da maksimal konversiya 90,3% ga yetdi. DEA uchun esa 423 K da 89,0% konversiya kuzatildi. Bunda MEA tarkibidagi birlamchi amin guruhi DEA dagi ikkilamchi aminga nisbatan kamroq sterik to'siqqa ega bo'lib, reaksiyani osonlashtirgan.

Sterik va elektron omillar, xususan, DEAdagi ikki gidroksil guruhining vodorod bog'lari hosil qilishi, uning nukleofilligini pasaytirgan. Natijada MEA asosidagi reaksiyalar nisbatan yuqoriroq samaradorlik ko'rsatdi. Optimal sharoitlarda olingan

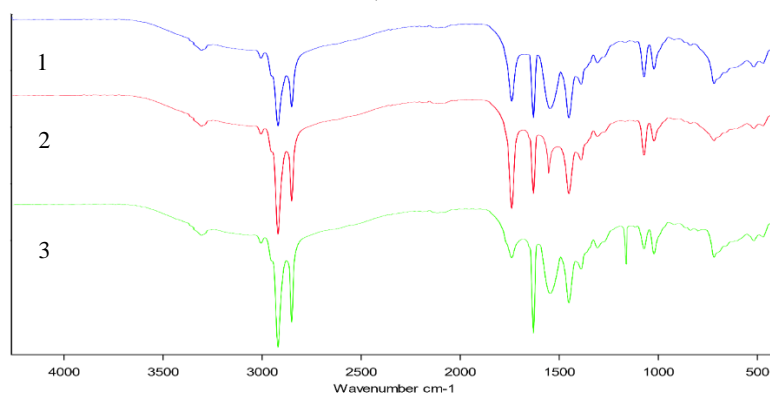
mahsulotlar MK-1, MK-2, MK-3 (MEA asosida) va NK-1, NK-2, NK-3 (DEA asosida) deb nomlandi.

MEA asosida sintezlangan mahsulotlar tarkibi 2-aminoetil (9Z)-oktadek-9-enoat, (9Z)-N-(2-gidroksietil)oktadek-9-enamid va monoetanolamin tuzi aralashmasidan iborat. DEA asosidagi mahsulotlar esa 2-[(2-gidroksietil)amino]etil (9Z)-oktadek-9-enoat, (9Z)-N,N-bis(2-gidroksietil)oktadek-9-enamid va dietanolamin tuzidan tashkil topgan. Farqlar amidlanish va eterifikatsiya darajasining o'zgarishida aks etgan.

Hosil bo'lgan mahsulot tarkibi va tuzilishi aniqlash maqsadida IQ-spektroskopiya metodidan foydalanilib, olingan namunalarning tarkibi va strukturasi o'rganildi. Olingan mahsulot IQ spektri 3-rasmda keltirilgan.



a)



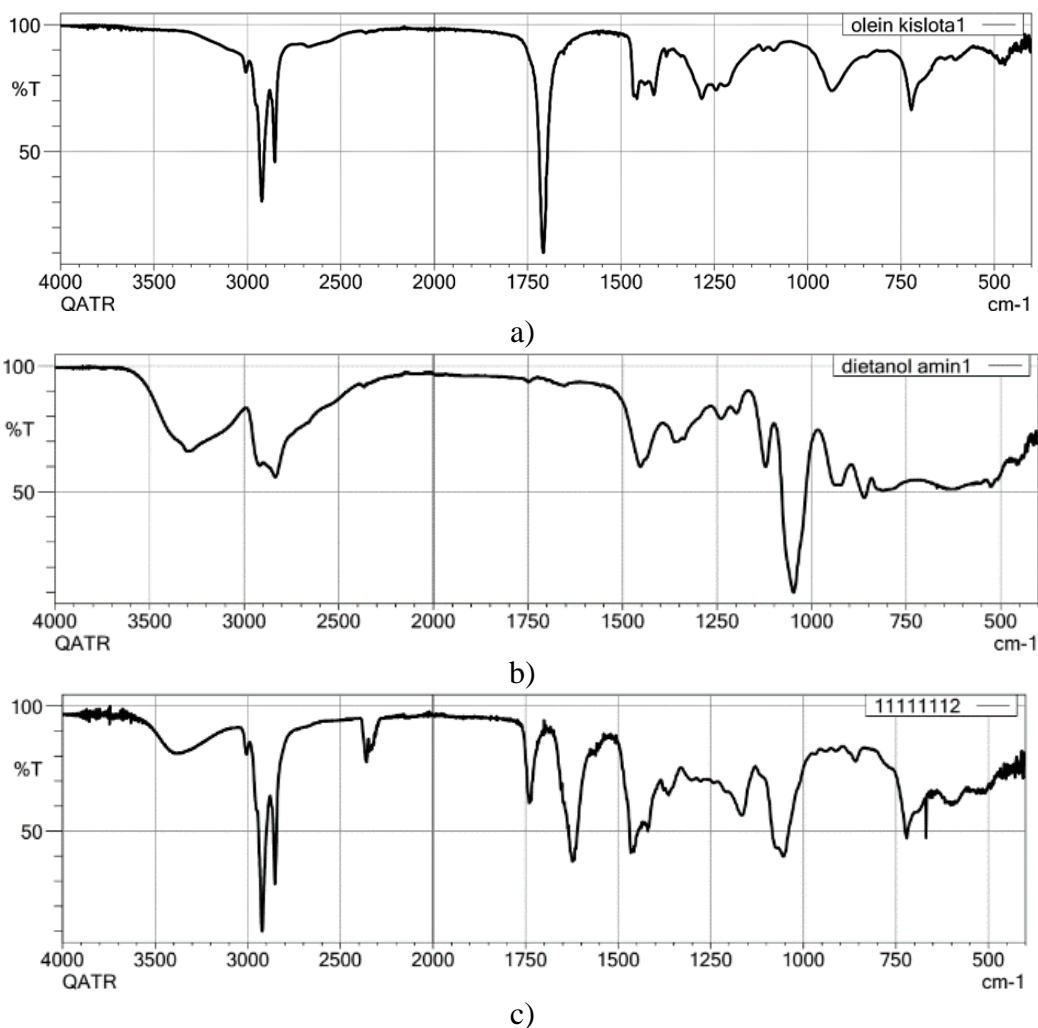
b)

3-rasm. a) olein kislota; b) SFMLar: 1- MK-3, 2-MK-2 , 3-MK-1 namunalarning IQ spektrlari.

Namunalarning IQ-spektral tahlili olein kislota va monoetanolamin o'rtasidagi reaksiyani tasdiqladi. 1735 cm^{-1} dagi cho'qqi $-\text{COOH}$ va $-\text{OH}$ guruhlari o'rtasida eterifikatsiya sodir bo'lganini, 3300 cm^{-1} va 1650 cm^{-1} dagi cho'qqilar esa amid $-\text{NH}-\text{CO}-$ bog'larining shakllanganini ko'rsatdi. Olein kislota ning 1710 cm^{-1} dagi karbonil cho'qqisi mahsulot spektrida yo'qolgan, bu uning to'liq reaksiyaga kirishganini bildiradi.

MEA ning O-H va N-H tebranishlaridagi siljishlar reaksiyadagi ishtirokini, $2850-2950\text{ cm}^{-1}$ dagi cho'qqilar esa alkil zanjirlar tebranishlarini bildiradi. 1628 cm^{-1} va 1118 cm^{-1} dagi absorbsiya chiziqlari amid tebranishlariga to'g'ri keladi. 3298 cm^{-1} , 1548 cm^{-1} va 1458 cm^{-1} dagi cho'qqilar esa mos ravishda N-H va C-N amid bog'larining mavjudligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, olein kislota hamda dietanolamin asosida sintezlangan sirt faol moddalarning ham struktura va tarkibi IQ spektroskopiya usulida o'rganildi (4-rasm).



4-rasm. a) olein kislota; b) DEA; c) olein kislota dietnolamidi namunalarining IQ spektrlari.

IQ-spektr tahlili olein kislotasi va DEA o'rtasida reaksiyaning yuz berganligini tasdiqladi. 1750 cm^{-1} dagi cho'qqi eterifikatsiyani, 3300 cm^{-1} dagi yangi cho'qqi esa amid bog'ining hosil bo'lganini bildiradi. 1710 cm^{-1} dagi C=O cho'qqisining yo'qligi asosiy reaksiyaning sodir bo'lganligini ko'rsatadi, 1350 cm^{-1} dagi cho'qqi esa reaksiyaga kirmagan olein kislotasiga tegishlidir.

DEA tarkibidagi O–H va N–H tebranishlaridagi siljishlar yangi bog'larning shakllanganini ko'rsatadi. $2850\text{--}2950\text{ cm}^{-1}$ dagi cho'qqilar alkil zanjirlarning C–H tebranishlariga, $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ oraliqidagi keng cho'qqi esa gidroksil va amin guruhlariga mos keladi. 1628 cm^{-1} va 1118 cm^{-1} dagi cho'qqilar amid guruhlarini tasdiqlaydi.

SFM eritmalarining sirt tarangligini o'lchash ularning fizik-kimyoviy xossalarini baholashda muhimdir. Sirt tarangligi molekulararo kuchlanishni ifodalaydi, SFM esa uni kamaytirib, ho'llanish, deemulgirash va ko'piklanish jarayonlarini yaxshilaydi. Shu bois, sirt tarangligini o'lchash ularning fazalararo chegaralardagi samaradorligini aniqlashga xizmat qiladi.

Bu o'lchovlar orqali mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi (MKK) aniqlanadi. MKK qiymatida molekular mitsellalar hosil qiladi, sirt tarangligi esa barqarorlashadi. Bu qiymat SFMning optimal sarfini belgilash va ortiqcha miqdordan qochish imkonini beradi.

SFM eritmalarining sirt tarangligi turli konsentratsiyalarda va doimiy haroratda o'lchandi. MKKgacha sirt taranglik keskin kamayib, so'ng barqarorlashdi. MK-1

uchun MKK 0,001543 mol/l, unga mos γ_{CMC} 33,1 mN/m ni tashkil etdi. U MK-2 va MK-3 ga nisbatan past konsentratsiyada mitsella hosil qilgan. Izotermalar asosida har bir SFM uchun MKKgacha va undan keyingi sirt taranglik kamayish qiyaliklari aniqlangan.

3-jadval.

MEA asosida sintez qilingan SFMlarning sirt taranglik o'lovlariga asoslangan kolloid-kimyoviy xususiyatlari

Namuna	MKK (mol/l)	C_{20} (mol/l)	pC_{20} (mol/l)	γ_{CMC} (mN/m)	π_{CMC} (mN/m)	Γ_{max} , (mol/m ² 10 ⁻⁶)	A_{MIN} (nm ²)
MK-1	0,0023	0,001230	2,91	35,1	37,1	1,28	0,1295
MK-2	0,0030	0,001445	2,84	36,2	36,9	1,16	0,1430
MK-3	0,0038	0,001543	2,81	33,1	39,1	1,12	0,1480

3-jadvalda keltirilgan natijalar quyidagi adsorbsion parametrlarni o'z ichiga oladi: γ_{CMC} (sirt taranglikni kamaytirish samaradorligi) va pC_{20} (sirt adsorbsiyasining samaradorligi, ya'ni suvning sirt tarangligini 20 mN/m ga kamaytirish uchun zarur bo'lgan hajmiy sirt faol modda konsentratsiyasining manfiy logaritmi). γ_{CMC} va pC_{20} qiymatlaridan xulosa qilinishicha, MK-3 sirt taranglikni kamaytirishda eng samarali bo'lgan. MK-1 esa MK-2 va MK-3 ga qaraganda sirt adsorbsiyasida yaxshiroq samaradorlik ko'rsatdi.

4-jadval.

DEA asosida sintez qilingan SFMlarning sirt taranglik o'lovlariga asoslangan kolloid-kimyoviy xususiyatlari

Namuna	MKK (mol/l)	C_{20} (mol/l)	pC_{20} (mol/l)	γ_{CMC} (mN/m)	π_{CMC} (mN/m)	Γ_{max} , (mol/m ² 10 ⁻⁶)	A_{MIN} (nm ²)
NK-1	0,00243	0,00135	2,87	32,7	39,3	1,18	0,146
NK-2	0,00257	0,00144	2,84	36,6	35,4	1,15	0,141
NK-3	0,00266	0,00152	2,82	37,4	34,6	1,14	0,144

NK-1, NK-2 va NK-3 sirt faol moddalarning MKK qiymatlari mitsellalanish samaradorligida sezilarli farqlarni ko'rsatdi. NK-2 eng past MKK ga ega bo'lib, mitsella hosil qilishga yuqori moyillik ko'rsatgan, NK-1 esa eng yuqori MKK bilan ajralib turgan. NK-3 esa o'rtacha natijalarni namoyon etgan. Bu farqlar amid tarkibi va olein kislotasi konversiyasi bilan bog'liq bo'lib, suvli eritmada o'z-o'zini yig'ilish xossalari ta'sir qilgan.

Barcha namunalar $\Gamma_{max} = 11,5 \times 10^{-6}$ mol/m² qiymatiga ega bo'lib, sirtga adsorbsiyaning o'xshash zichligini ko'rsatdi. NK-1 sirt tarangligini kamaytirishda yuqori samaradorlik namoyon etdi. NK-2 past MKK bilan mitsellalanishda ustunlik qildi, NK-3 esa nisbatan past sirt faollik ko'rsatdi, bu uning tarkibiy farqlari bilan bog'liq.

Tahlillar MKK, sirt faollik va adsorbsiyaning o'zaro bog'liqligini ochib berdi. MK va NK turkumidagi noionogen SFMlarning mitsellalanish va adsorbsiyalanish jarayonlari termodinamik jihatdan baholandi. Gibbs energiyasi hisoblari bu jarayonlarning o'z-o'zidan amalga oshishini ko'rsatdi.

5-jadval.

MEA asosidagi sirt faol moddalarning mitsella hosil qilish va havo/suv chegarasidagi adsorbsiyasining termodinamikasi

Namunalar	ΔG°_{mic} , (kJ/mol)	(kJ/mol)
MK-1	-14,22	-19,97
MK-2	-13,51	-18,63
MK-3	-12,88	-17,66

6-jadval.

DEA asosidagi sirt faol moddalarning mitsella hosil qilish va havo/suv chegarasidagi adsorbsiyasining termodinamikasi

Namunalar	ΔG°_{mic} , (kJ/mol)	ΔG°_{ads} , (kJ/mol)
NK-1	-13,98	-19,64
NK-2	-14,20	-19,19
NK-3	-14,08	-19,13

Ikki xil alkanolaminlarga asoslangan namunalarning mitsellanish Gibbs erkin energiyasi ΔG°_{mic} -12,88 dan -14,22 kJ/mol gacha oraliqlarda ekanliklarni aniqlandi.

Adsorbsiyalanish Gibbs erkin energiyasi esa ΔG°_{ads} -17,66 dan -19,97 kJ/mol gacha oraliqda ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu natijalar ikki jarayon ham tashqi muhit sharoitida o'z-o'zidan, ya'ni termodinamik jihatdan qulay tarzda kechishini, ammo adsorbsiyalanish mitsellanishga nisbatan afzalroq ekanini ko'rsatadi.

NK turkumidagi sirt faol moddalar MK turkumidagilarga nisbatan biroz kuchliroq mitsellanish va adsorbsiyalanish xususiyatlariga ega ekanini ko'rsatdi. NK namunalarda yuqoriroq sirt bosimi π_{CMC} va kichikroq molekula yuzasi A_{min} qayd etildi, bu esa ularning havo-suv chegarasida zichroq joylashishini va yuqori sirt faolligini tasdiqlaydi.

Sirt faol moddalar maishiy, kosmetik va sanoat sohalarida muhim komponent bo'lib, ularning ko'pik hosil qilish qobiliyati ba'zida foydali, ba'zida esa oldini olish zarur bo'lgan hodisa sifatida namoyon bo'ladi. Ko'piklanishni boshqarish fizik-kimyoviy va gidrodinamik omillar orqali amalga oshiriladi.

Ko'pik hajmi havo ushlanishi va pufakchalarning qo'shilish jarayoni o'rtasidagi muvozanatga bog'liq. SFM adsorbsiyasi tez bo'lsa, pufakchalar barqaror bo'ladi, aks holda ular birlashadi. Suyuqlik plyonkasining yupqalashish vaqti ham ko'pik barqarorligiga ta'sir qiladi.

Olein kislota va alkanolaminlar asosidagi SFMlarning ko'piklanish xossalari turli konsentratsiyalarda o'rganilib, har bir tajriba uch martadan takrorlangan.

Hosil qilingan ko'pik hajmi ikki marotaba qayd qilindi. Aralastirilgan paytda darhol va 10 daqiqadan keyingi ko'pik balandligi 7-jadvalda taqdim etildi.

7-jadval.

SFMlarning ko'pik hosil qilish qobiliyati va barqarorligi

SFMning konsentratsiyasi, %	Ko'pik balandligi (ml)			Ko'pik barqarorligi (ml)		
	MK-1	MK-2	MK-3	MK-1	MK-2	MK-3
0,1	48	43	39	35	27	22
0,2	56	48	42	47	37	30
0,3	60	57	51	52	44	32
0,4	62	58	52	54	45	34
	NK-1	NK-2	NK-3	NK-1	NK-2	NK-3
0,1	46	14	19	40	13	12
0,2	52	18	37	48	11	27
0,3	64	54	49	60	32	38
0,4	66	55	52	61	34	39

7-jadvalda ko'rsatilganidek, sirt-faol moddalarning ko'piklanish qobiliyati va barqarorligi sirt tarangligi hamda fazalararo plyonkasning xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Xuddi shu umumiy sirt maydoniga ega bo'lgan ko'pikni hosil qilishda, pastroq

sirt tarangligiga ega tizim kamroq ish talab qiladi. Past sirt tarangligi ko'pik hosil qilish uchun foydali bo'lsa-da, u ko'pik beqarorligiga (ko'pikning parchalanishiga) ham olib kelishi mumkin.

Ko'pikning barqarorligi suyuqlik plyonkasining oqim tezligi va eritmaning qovushqoqligiga bog'liq. Yuqori qovushqoqlik plyonkani mustahkamlab, ko'pikni barqaror qiladi. SFMlarning gidrofil guruhlari suyuqlikda gidratatsiya qatlami hosil qiladi. Aralashma tarkibidagi efir va amid birikmalari sinergetik ta'sir ko'rsatib, ko'piklanish va barqarorlikni oshiradi.

SFM konsentratsiyasi oshgani sayin ko'pik balandligi va barqarorligi ortadi. MEA asosidagi MK-1 namunasi eng barqaror ko'pikni hosil qilgan: 0,3% konsentratsiyada 60 ml balandlik va 52 ml barqarorlik. DEA asosidagi NK-1 0,3% da 64 ml balandlik va 60 ml barqarorlikni ko'rsatdi.

MEAdagi birlamchi etanolamin suyuqlik plyonkasini tezroq yo'qotadi, bu ko'pikning tez parchalanishiga olib keladi. DEAdagi ikkita gidrofil guruh esa zich vodorod bog'lanishlar hosil qilib, sirt elastikligini va ko'pikning barqarorligini oshiradi. DEA asosidagi SFMlar shuningdek, mitsellalarning sirtlarda zich joylashuvini ta'minlab, gaz diffuziyasini kamaytiradi.

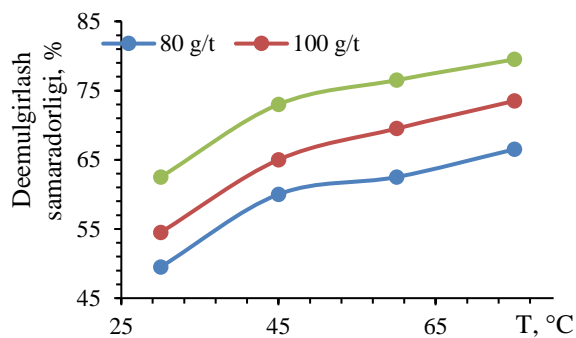
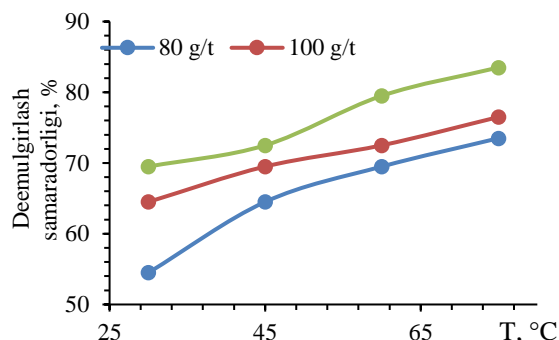
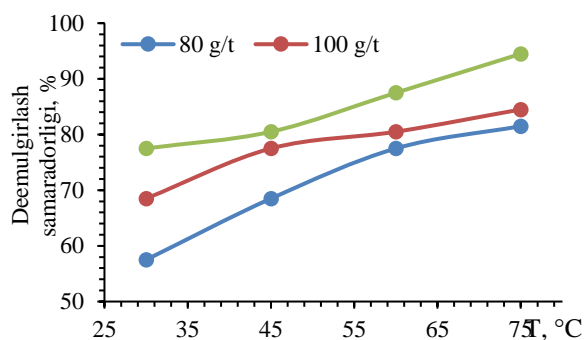
Sirt faol moddalar emulsiyalar hosil bo'lishida muhim rol o'ynab, gidrofil va gidrofob guruhlari orqali ikki suyuqlikni bir-birida tarqatishni ta'minlaydi. Sintez qilingan SFMlarning emulsiyalash xossalari 25 °C da kungaboqar moyi yordamida baholandi. Tajribalar 0,05–0,15% konsentratsiyali eritmalarda amalga oshirilib, emulsiyaning ajralishiga ketgan vaqt qayd etildi.

SFM konsentratsiyasi oshgani sayin emulsiya barqarorligi ortgan. Ammo 0,1% va 0,15% oralig'ida farq katta bo'lmagan. DEA asosidagi namunalar, ayniqsa NK-1, eng barqaror emulsiyalarni hosil qilgan (138 daqiqa). MEA asosida esa MK-1 namunasi eng yuqori emulgirlesh xossasini ko'rsatgan. NK-3 esa eng kam barqarorlikka ega bo'lgan (120 daqiqa). Ushbu natijalar SFMlarning tuzilishi va olein kislotasi konversiyasi bilan bog'liq.

Dissertatsiyaning **“Sintez qilingan sirt faol moddalarning deemulgirlesh samaradorligini baholash”** deb nomlangan to'rtinchi bobida laboratoriya va real sanoat sharoitida sinovdan o'tkazilgan MK va NK turkumiga mansub sirt faol moddalarning deemulgirlesh xossalari, ularning samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar va sanoat emulsiyalaridagi amaliy qo'llanish imkoniyatlari tahlil qilingan.

Model emulsiyalar asosida sirt faol moddalarning deemulgirlesh samaradorligini baholash, tabiiy neft emulsiyalariga nisbatan afzal bo'lib, suv miqdorini boshqarish, standart sharoitda tajriba o'tkazish va natijalarni takror olish imkonini beradi. Bu yondashuv tajriba xavfsizligi va ishonchliligini ta'minlaydi.

Sintez qilingan sirt faol moddalarning deemulgirlesh xossalari 30% va 50% suvli model emulsiyalar misolida o'rganildi. 25 ml emulsiyaga 80–120 g/t sarfdagi sirt faol modda eritmasi qo'shib, ajralgan suv hajmi asosida samaradorlik 4.1-tenglama yordamida hisoblandi. Dastlab 30% suvli emulsiyalar bilan o'tkazilgan sinovlarda samaradorlikka moddaning sarfi va emulsiyadagi suv miqdori ta'siri tahlil qilindi.



5-rasm. MEA asosidagi a) MK-1; b) MK-2; c) MK-3 sirt faol moddalarining turli sarfida temperatura o'zgarishiga ko'ra deemulgirash samaradorligining o'zgarishi.

Model emulsiyalar bilan olib borilgan tadqiqotlarda harorat, deemulgator sarfi va emulsiya tarkibidagi suv miqdorining deemulgirash jarayoniga ta'siri chuqur o'rganildi. Deemulgirash samaradorligi ajralgan suv miqdori bo'yicha hisoblangan. Harorat oshishi emulsiyaning qovushqoqligini pasaytirib, tomchilarning koalesensiyasini osonlashtirgan va sirt faol moddalarning fazalararo chegaraga diffuziyasini tezlashtirgan. 75 °C harorat va 120 g/t sarfda MEA asosidagi MK-1 namunasining samaradorligi 95% gacha yetgan. MK-2 va MK-3 namunalarida mos ravishda 93% va 90% samaradorlik qayd etilgan.

DEA asosidagi NK-1, NK-2 va NK-3 namunalarida ham harorat va konsentratsiyaning ijobiy ta'siri kuzatilgan. NK-1 75 °C da va 120 g/t sarfda 94.5% samaradorlik ko'rsatgan bo'lib, MK turkumiga nisbatan biroz yuqori natijalarni bergan. NK-2 haroratga nisbatan yuqori sezuvchanlik bilan ajralib turgan. NK-3 esa eng past samaradorlikka ega bo'lib, faqat yuqori konsentratsiyada sezilarli natijalar bergan.

Tuzsizlantirish samaradorligi ham barcha sinovlarda baholandi. NK-1 75 °C va 250 g/t da eng past qoldiq tuz miqdori (62 mg/l) ni ta'minlagan bo'lsa, MK-3 ning ayni sharoitdagi qoldiq tuz miqdori 155–210 mg/l oralig'ida qolgan. Suv miqdori oshgan sari (50% gacha) deemulgirash va tuzsizlantirish samaradorligi oshgan, bu suv tomchilarining koalesensiya darajasi va harakatchanligining kuchayishi bilan izohlangan.

Shimoliy O'rtabuloq konidan olingan tabiiy og'ir neft emulsiyalarida olib borilgan tadqiqotlar MEA va DEA asosidagi moddalarning amaliy samaradorligini ko'rsatdi. Harorat oshishi va deemulgator sarfi ortishi bilan barcha namunalar samaradorlikni namoyon etgan. MK-1 75 °C da 200 g/t sarfda 89% deemulgirash samaradorligiga erishgan. NK-1 esa xuddi sharoitda 95% ga yaqin natija ko'rsatib, eng samarali deemulgator sifatida ajralib chiqqan.

Bundan tashqari, sintez qilingan deemulgatorlarning 100 va 150 g/t sarflarda sanoat emulsiyalaridagi suv va tuz ajratish samaradorligi ham baholandi. MK-1 namunasi eng past qoldiq suv (0,15%) va tuz (88 mg/dm^3) miqdorini ko'rsatdi. NK-1 esa 30 daqiqada 94% suv ajratish, 90% dan ortiq tuzsizlantirish samaradorligiga erishdi.

Deemulgirlash samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillar tahlil qilinarkan, sirt faol moddalarning fizik-kimyoviy xossalari bilan ularning faoliyati o'rtasidagi korrelyatsiya aniqlangan. Jumladan:

γ_{CMC} – mitsella hosil bo'lish kritik konsentratsiyasidagi sirt taranglik qancha past bo'lsa, emulsiyani barqarorlashtiruvchi fazalararo qavat shuncha tez buziladi;

pC_{20} – yuqori qiymatlar sirtga kuchli adsorbsiyani bildiradi;

π_{CMC} – erituvchining sirt tarangligini kamaytirish qobiliyati yuqori bo'lsa, deemulgirlash kuchliroq kechadi;

Γ_{max} – sirt bo'yicha maksimal adsorbsiyalanish darajasi yuqori bo'lsa, molekulalar zich joylashadi va stabil qavatni buzadi;

A_{min} – minimal sirt maydoni kichik bo'lsa, sirt faol modda zich joylashadi, bu esa deemulgirlashni kuchaytiradi.

DEA asosidagi NK turkumidagi moddalarning yuqori samaradorligi ularning GLB ko'rsatkichlari, gidrofil guruhlarning hajmi va strukturaviy moslashuvchanligi bilan izohlangan. Bu moddalarning fazalararo chegaraga tez va barqaror joylashish xossasi, tabiiy emulgatorlarni (asfalten, qatron va b.) siqib chiqarishi va sirt taranglikni samarali kamaytirishi ularni sanoat darajasida foydalanish uchun istiqbolli qiladi.

Olib borilgan tajriba natijalari sintez qilingan sirt faol moddalarning strukturaviy xususiyatlari, konsentratsiyasi va termodinamik parametrlariga asoslangan holda ularning deemulgirlash va tuzsizlantirish samaradorligini tahlil qilishga imkon berdi. NK-1 sintez mahsuloti eng yuqori samaradorlik ko'rsatib, amaliy qo'llash uchun eng istiqbolli deemulgator sifatida tavsiya etildi.

XULOSALAR

1. Olein kislotasi va mono-/dietanolaminlar o'rtasidagi KU-2-8 katalizatori ishtirokida o'tkazilgan sintez reaksiyalarida optimal sharoitlar aniqlanib, MEA uchun 0,15 % KU-2-8 va 403 K haroratda reaksiya 97,3 % konversiya bilan yakunlandi, DEA uchun esa 0,15 % KU-2-8 va 423 K sharoitida 95,7 % konversiyaga erishildi. IR-spektrda 1710 cm^{-1} dagi C=O cho'qqisining yo'qligi to'liq karboksil guruhining amid va efir hosil qilishini, yangi 1650 cm^{-1} va 3300 cm^{-1} cho'qqilari esa amidlarning, 1750 cm^{-1} cho'qqisi esa efirlar hosil bo'lganini tasdiqlaydi.

2. Eksperimental aniqlangan ma'lumotlarga ko'ra, sintez qilingan SFMning gidrofil-lipofil balans qiymatlari MK turkumi uchun 6,3–6,9 ni (hisoblangan 5,4 qiymatdan 17–28 % ga yuqori) NK turkumida esa 11,6–12,8 (hisoblangan 7,2 qiymatdan 61–78 % ga yuqori) tashkil etgan. Ushbu farq ularning emulgatsiyalash faolligi bilan aniq uyg'unlashadi: GLB $\approx 11,6\text{--}12,8$ bo'lgan NK-modifikatsiyalar 50:50 nisbatdagi "suv-yog'" emulsiyalarini barqarorlashtirgan, GLB $\approx 6,3\text{--}6,9$ bo'lgan MK-modifikatsiyalar esa kuchli lipofillik va past emulgirlash qobiliyatni namoyon etadi.

3. Sintez qilingan SFMning suvli eritmalardagi konsentratsiyasi 0,1 dan 0,4 % gacha oshirilganda ko‘pik hajmi va uning barqarorligi statistik jihatdan sezilarli darajada oshgani aniqlangan: MK-1 namunasi uchun ko‘pik hajmi 48 dan 62 ml gacha, barqarorligi esa 35 dan 54 ml gacha oshgan; NK-1 namunasi uchun hajm 46 dan 66 ml gacha, barqarorlik esa 40 dan 61 ml gacha oshgan. Bu holat konsentratsiya oshishi bilan SFM molekulalarining gaz–suyuqlik chegarasidagi adsorbsiyasi tezlashishi, gidrofil fragmentlar orasidagi vodorod bog‘lari kuchayishi hisobiga mustahkamroq gidratlangan parda hosil bo‘lishi, bu esa suyuqlikning drenajini sekinlashtirib, pufakchalar birlashuvining oldini olishi bilan izohlanadi.

4. Sintez qilingan SFMning deemulgirlash samaradorligi harorat va sarfi ortishi bilan keskin oshishi: MK-1 uchun 30 % suvli model emulsiyada sarf 80 g/t dan 120 g/t gacha va harorat 30 °C dan 75 °C gacha oshirilganda samaradorlik 68,8 % dan 95,0 % gacha; NK-1 uchun 50 % suvli modelda shu sharoitlarda samaradorlik 83,0 % dan 95,8 % gacha ko‘tarilib, bu faollikning oshishi emulsiyaning qovushqoqligining kamayishi, tomchilar Braun harakatining kuchayishi va SFM molekulalarining fazalar chegarasidagi adsorbsiyasi jadallashishi bilan bog‘liqligi aniqlangan.

5. Deemulgator sarfi 100 g/t dan 150 g/t gacha oshirilganda emulsiyadagi qoldiq suv miqdori MK-1 uchun 0,32 dan 0,15 % gacha, mineral tuzlar miqdori esa 112 mg/dm³ dan 88 mg/dm³ gacha; MK-2 uchun bu ko‘rsatkichlar mos ravishda 0,38 dan 0,22 % gacha va 131 dan 92 mg/dm³ gacha; MK-3 uchun esa 0,41 dan 0,35 % gacha va 145 dan 91 mg/dm³ gacha kamayishi aniqlangan. Bunda eng yuqori samaradorlik MK-1 namunasi uchun kuzatilgan bo‘lib, bu amid fragmentlarining barqaror fazalararo to‘siq hosil qiluvchi «neft–suv» chegarasida mustahkam adsorbsiyalanishi bilan izohlanadi.

6. Olein kislotasi va alkanolaminlar asosida sintez qilingan sirt faol moddalarning (MK va NK seriyalari) kolloid-kimyoviy xususiyatlarining optimal majmuasiga (MKK $1,2 \cdot 10^{-4}$ – $3,8 \cdot 10^{-4}$ mol/l, pC₂₀ 2,81–2,91, γ_{CMC} 33,1–37,4 mN/m, GLB 6,3–12,8) ega ekani aniqlanib, bu ularning yuqori ko‘pik hosil qilish qobiliyati va barqarorligi (0,4 % da 66 ml gacha), samarali emulsiyalovchi faolligi (ajralish vaqti 139 minutgacha) hamda deemulgirlash qobiliyati (>95 %, 75 °C va 120–150 g/t da) model va tabiiy neft emulsiyalarida minimal qoldiq suv ($\leq 0,15$ %) va tuzlar (≤ 62 mg/dm³) miqdori bilan ta‘minlanishini ko‘rsatadi. Bu esa ularning neftni qayta ishlash hamda emulgirlovchi tizimlar tarkibida istiqbolli qo‘llanilishini asoslab beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02.30.12.2019.К/Т35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

МУРАТОВ МИРТОХИР МИРХАЛИЛ УГЛИ

**КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ И ДЕЭМУЛЬГИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА
ПАВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ И
АЛКАНОЛАМИНОВ**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

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

Ташкент -2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистана под номером B2025.1.PhD/K948.

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу www.ionx.uz и Информационно-образовательном портале «Ziyounet» по адресу www.ziyounet.uz.

Научный руководитель:

Эшметов Расулбек Джумязович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Кулдашева Шахноза Абдулазизовна
доктор химических наук, профессор

Бухоров Шухрат Буриевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

**Наманганский государственный
технический университет**

Защита состоится «15» августа 2025 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionxanuz@mail.ru

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 9, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан « 1 » августа 2025 года.
(Реестр за № 9 от « 1 » июля 2025 года).



Закиров Б.С.

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

Салиханова Д.С.

Ученый секретар научного совета по присуждению
ученой степени, д.т.н., профессор

Эшметов И.Д.

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всём мире обеспечение устойчивого развития нефтяной промышленности, в частности устранение проблем, связанных с эмульсионным состоянием нефти, добываемой на протяжении длительного времени из крупных скважин, остаётся одной из приоритетных научно-практических задач. Повышенное содержание воды в составе нефтяных эмульсий приводит к усложнению их физико-химических характеристик и значительно затрудняет процессы деэмульгирования. В этих условиях особое значение приобретает применение высокоэффективных поверхностно-активных веществ, способных обеспечить необходимую эффективность разделения фаз.

Во всём мире ведутся научные исследования, направленные на получение экономически доступных, биологически возобновляемых и многофункциональных поверхностно-активных веществ, пригодных для использования в различных технологических процессах. В этой связи особое внимание уделяется разработке инновационных подходов, ориентированных на снижение энергетических и сырьевых затрат, а также минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, а также остаются обеспечение высокого качества и рентабельности продукции, расширение области её применения и повышение эксплуатационных характеристик синтезируемых соединений.

В республике проводятся широкие научные исследования по получению и применению деэмульгаторов, те ПАВ для разрушения стойких нефтяных эмульсий на основе местного сырья и отходов. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана определены задачи по «обеспечению устойчивости национальной экономики и увеличению доли промышленного сектора в структуре валового внутреннего продукта, включая рост объёмов промышленного производства в 1,4 раза...».¹ В этой связи особую актуальность приобретают научные исследования, направленные на синтез биоосновных и высокоэффективных поверхностно-активных веществ, всестороннее изучение их деэмульгирующих, коллоидно-химических и экологических свойств, а также на установление взаимосвязей между строением исходных компонентов, условиями синтеза и характеристиками конечных продуктов, с целью соответствия требованиям современных технологических процессов.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № PF-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Указ Президента Республики Узбекистан от 30 января 2025 года № PF-16 «О государственной программе по реализации стратегии “Узбекистан – 2030” в Год охраны окружающей среды и “зелёной” экономики», а также Указ Президента Республики Узбекистан от 26 сентября 2024 года № PF-149 «О мерах по обеспечению открытости и совершенствованию системы управления в области экологии и охраны окружающей среды».

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В мире проведён ряд научных исследований, посвящённых синтезу деэмульгаторов и их применению. В частности, в зарубежных странах ведутся широкомасштабные исследования по созданию деэмульгаторов на основе различных полимеров и изучению их эффективности в разделении эмульсий. Настоящая тема нашла отражение в научных трудах ряда зарубежных учёных, в том числе: J.A. Pollard, A.G. Heggem, K.F. Gray, H.W. Percins, I.P. Weichert, Е.Г. Агабальянс, Н.Н. Круглицкий, С.А. Капустин, Н.Д. Рябов, П.П. Дмитриев и других.

Среди учёных нашей республики значительный вклад в исследования в области поверхностно-активных веществ внесли такие учёные, как Ахмедов К.С., Хамраев С.С., Агзамходжаев А.А., Аминов С.Н., Алимов А.А., Нарметова Г.Р., Абдурахимов С.А., Ахмедов У.К., Хамидов Б.Н., Юсупов Ф.М., Эшметов И.Д., Салиханова Д.С., Адизов Б.З., Эшметов Р.Ж., Абдикамалова А.Б. и ряд других видных исследователей.

Однако, несмотря на имеющиеся достижения, исследования, направленные на всестороннее изучение проблем производства экологически безопасных, эффективных поверхностно-активных веществ с деэмульгирующими свойствами, а также на внедрение этих веществ в практику, пока недостаточно развиты. В связи с этим изучение данной темы является актуальным как с научной, так и с прикладной точки зрения и открывает новые направления в развитии национальной науки.

Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках государственной программы по теме «Разработка деэмульгаторов на основе местного сырья для обезвоживания и обессоливания нефтей с высокой вязкостью» в соответствии с научно-исследовательскими планами Института общей и неорганической химии.

Целью исследования данной работы является изучение коллоидно-химических и деэмульгирующих свойств ПАВ на основе олеиновой кислоты и алканоламинов.

Задачи исследования:

определение оптимальных условий синтеза ПАВ на основе 9-октодеценовой кислоты и алканоламинов: температуры реакции и количества катализатора;

проведение физико-химического анализа (ИК-спектроскопия, ГХ-МС) синтезированных ПАВ;

определение показателей синтезированных ПАВ, таких как поверхностное натяжение, критическая концентрация мицеллообразования, эффективность адсорбции на границе раздела фаз, эффективность снижения поверхностного натяжения растворителя, максимальная концентрация ПАВ на поверхности раствора и минимальная занимаемая ими площадь;

изучение вязкости растворов ПАВ и, на этой основе, определение и обоснование критических концентраций мицеллообразования;

определение гидрофильно-лиофильного баланса синтезированных ПАВ;

исследование пенообразующей способности и устойчивости пены синтезированных ПАВ при различных концентрациях;

изучение эмульгирующих свойств синтезированных образцов при использовании различных количеств вещества;

исследование деэмульгирующих свойств синтезированных ПАВ при различных дозировках, температурах и с использованием различных нефтяных эмульсий.

Объектами исследования являются водонефтяные эмульсии месторождений «Кўкдумалок» и «Шимолий Ўртабўлок», олеиновая кислота и алканолламины, в частности моноэтаноламин и диэтаноламин, синтезированные на их основе поверхностно-активные вещества, а также импортный деэмульгатор «Deklavi-OR-16-26».

Предметом исследования являются изучение коллоидно-химических и деэмульгирующих свойств ПАВ, полученных на основе олеиновой кислоты и алканолламинов.

Методы исследования. В данной научной работе использованы современные методы изучения физико-химических (ИК - спектроскопия, микроскопия, кондуктометрия, газовая хроматография–масс-спектрометрия) и коллоидно-химических (тензиометрия, метод Росс-Майлса) свойств поверхностно-активных веществ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлено количественное влияние КУ-2-8 и температуры на селективность конденсационной реакции олеиновой кислоты с моно- и диэтаноламином и при 0,15 % катализатора и 403–423 К достигается конверсия более 97,3 % с минимальным образованием побочных эфиров, что подтверждено исчезновением карбонильной полосы 1710 см^{-1} и детектированием характерных амидных ($1650, 3300\text{ см}^{-1}$) и эфирных (1750 см^{-1}) колебаний;

доказано, что гидратация водородом полярной группы и рН-зависимая ионизация приводят к систематическому увеличению реального ГЛБ на 17–78 % по сравнению с расчётами по методу Гриффина, что свидетельствует о необходимости применения экспериментальных эмульсионных тестов для корректного прогнозирования и оптимизации эмульгирующих свойств синтезированных поверхностно-активных веществ;

обосновано, что при концентрации 0,1 % синтезированный ПАВ на основе диэтаноламина (НК-1) обеспечивает максимум эмульгирующей стабильности (138 мин), а дальнейшее повышение до 0,15 % не приводит к статистически значимому увеличению времени разделения (<1 %), что свидетельствует о насыщении интерфейсного слоя и определяет пороговую концентрацию для эффективного применения;

установлено, что в тяжелой эмульсии Шимолий Ўртабўлок эффективность деэмульгирующего действия МК-1 нарастает с 83 % при 100 г/т до 89 % при 200 г/т при 75 °С, в то время как НК-1 в тех же условиях достигает 95 %, что ускоряет коалесценцию капель воды за счет снижения вязкости эмульсии и ускорения броуновского движения капель, а также усилению адсорбции молекул на границе нефть–вода.

Практические результаты исследования следующее состоит из :

определены оптимальные условия синтеза ПАВ на основе 9-октадеценовой кислоты и алканолламинов, в частности моноэтаноламина и диэтаноламина;

исследована взаимосвязь между коллоидно-химическими свойствами синтезированных деэмульгаторов и их деэмульгирующей эффективностью.

Достоверность результатов исследования. Научные выводы, полученные в ходе исследования, подтверждены экспериментальными данными, полученными с применением современных и традиционных физико-химических и аналитических методов, практическая значимость научной новизны подтверждена протоколами испытаний, проведённых в лабораторных и производственных условиях ООО «Ферганский нефтеперерабатывающий завод».

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов заключается в исследовании процесса аминирования 9-октадеценовой кислоты моно- и диэтаноламинами с последующим синтезом ПАВ, а также в изучении их коллоидно-химических свойств, что позволяет получить важные данные, необходимые для практического применения этих веществ.

Практическая значимость исследования состоит в разработке ПАВ, предназначенных для очистки устойчивых водо-нефтяных эмульсий от воды и солей, ускорении процессов деэмульгирования с использованием полученных веществ, а также в возможности их применения в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению технологии подготовки и переработки нефти в высших учебных заведениях.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов, полученных по синтезу поверхностно-активных веществ на основе олеиновой кислоты и алканоламинов, а также по их деэмульгирующим и обессоливающим свойствам:

Метод синтеза ПАВ на основе олеиновой кислоты и алканоламинов включён в «Перспективный список разработок для внедрения в 2030–2040 годах» на практике ООО «Ферганский нефтеперерабатывающий завод» (справка № 01-02/25а от 6 мая 2025 года). В результате, при применении деэмульгатора МК-1 в дозировке 150 г/т содержание остаточной воды снижается до минимального уровня 0,15 %, а использование деэмульгатора НК-1 обеспечивает степень обезвоживания нефти до 95 % в течение 30 минут;

Метод применения синтезированных ПАВ в процессах обессоливания нефти включён в «Перспективный список разработок для внедрения в 2030–2040 годах» на практике ООО «Ферганский нефтеперерабатывающий завод» (справка № 01-02/25а от 6 мая 2025 года). В результате, при использовании деэмульгаторов на основе МК-1 содержание остаточных солей снижается до 88 мг/дм³, а при дозировке деэмульгатора НК-1 в 150 г/т достигается степень обессоливания до 91 %.

Апробация результатов исследования. Основные результаты данного исследования обсуждались на 9 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликование результатов исследования. По теме и материалам диссертации опубликовано 20 научных работ, в том числе 1 монографии, 7 научных статей, 2 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность проведённого исследования, раскрыты цель и задачи работы, показано соответствие темы диссертации приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан. Также освещена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены достигнутые научные и прикладные итоги, сведения о промышленных испытаниях, опубликованных научных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Поверхностно-активные вещества, их классификация, основы производства и применения на основе анализа современной литературы**» приведён подробный анализ структуры, классификации, физико-химических и коллоидно-химических свойств поверхностно-активных веществ (ПАВ), технологий их получения и областей применения на основе широкого круга научных источников. Раскрыты особенности самопроизвольной агрегации ПАВ, образования мицелл, способности к снижению поверхностного натяжения, их роли в процессах пенообразования и демульгирования. Обсуждены преимущества и возможности применения биodeградируемых, биологических и магнитоочувствительных ПАВ. Освещены механизмы участия ПАВ в стабилизации и разрушении нефтяных эмульсий.

Во второй главе диссертации «**Синтез поверхностно-активных веществ на основе алканоламинов и 9-октадеценовой кислоты, методы исследования полученных ПАВ**» изложены процессы синтеза новых ПАВ с участием олеиновой кислоты (9-октадеценовой кислоты) и алканоламинов — моноэтаноламина (МЭА) и диэтаноламина (ДЭА), а также исследования, направленные на выявление факторов, влияющих на синтез, и оптимальных условий. Основной целью главы является получение экологически безопасных, биodeградируемых ПАВ из местного сырья и углублённый анализ их физико-химических и коллоидно-химических характеристик.

В качестве объектов исследования были выбраны олеиновая кислота технической чистоты и алканоламины. Реакции синтеза проводились при различных мольных соотношениях компонентов, температурах и временах. Для контроля протекания синтеза, оценки конверсии реагентов, состава и структурных изменений продуктов использовались современные инструментальные методы: инфракрасная спектроскопия (ИК), газовая хроматография–масс-спектрометрия (ГХ-МС), тензиометрия, вискозиметрические измерения и определение критической мицеллообразующей концентрации (ККМ).

Выявлено, что параметры, такие как температура, количество катализатора и продолжительность реакции, существенно влияют на выход и качество продукта. Установлено, что в реакционных системах происходит реакция амидации, приводящая к образованию новых ПАВ. ИК-спектры подтвердили наличие амидных групп в структуре продуктов (характерные пики в области $1638\text{--}1642\text{ см}^{-1}$), что свидетельствует об успешности синтеза.

По результатам анализа получены образцы ПАВ, обозначенные как МК-1, МК-2, МК-3 (на основе МЭА) и НК-1, НК-2, НК-3 (на основе ДЭА). Были определены физико-химические свойства синтезированных ПАВ, включая температуру плавления, плотность, вязкость и поведение в растворах.

Показатели гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) и скорость диффузии в растворе играют важную роль в определении их практической значимости.

Снижение поверхностного натяжения оценивалось тензиометрическими методами. Результаты показали, что все синтезированные ПАВ значительно снижают поверхностное натяжение водных растворов, что свидетельствует об их высокой поверхностной активности. Значения ККМ для образцов МК-1, МК-2, МК-3, НК-1, НК-2 и НК-3 составили соответственно 0,0023; 0,0030; 0,0038; 0,00266; 0,00243 и 0,00257 моль/л, что указывает на их высокую способность к адсорбции на границе фаз.

Также были рассчитаны термодинамические параметры — изменение стандартной свободной энергии адсорбции ($\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$) и мицеллообразования ($\Delta G^{\circ}_{\text{mic}}$). Отрицательные значения обоих параметров свидетельствуют о самопроизвольности процессов. Неравенство $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}} > \Delta G^{\circ}_{\text{mic}}$ указывает на преимущественную адсорбцию молекул на границе фаз до образования мицелл.

Изучено поведение ПАВ в процессе мицеллообразования. Установлено, что при концентрации до ККМ молекулы преимущественно адсорбируются на поверхности, а при её превышении — формируют мицеллы. Также оценивалась максимальная плотность адсорбции, удельная площадь поверхности и форма мицелл.

Одним из ключевых технологических свойств синтезированных ПАВ была изучена способность к пенообразованию и стабильность пены. Образцы МК и НК при различных концентрациях образовывали устойчивую пену, что расширяет возможности их применения в качестве моющих средств, эмульгаторов и демульгаторов.

Для оценки эмульгирующих и демульгирующих свойств были приготовлены модельные эмульсии и исследовано влияние ПАВ на их стабильность при разных дозировках. Контролировались состав, дисперсность и распределение частиц. Установлено, что полученные ПАВ эффективно разрушают эмульсии. Наилучшие результаты по демульгированию достигнуты при температуре 60 °С и дозировке 120 г/т.

Дополнительно была проверена эффективность ПАВ на реальных нефтеводных эмульсиях из месторождений «Шимолий Ўртабўлок», «Кўкдумалок» и Ферганской нефтяной области. Проанализированы влияния температуры, расхода ПАВ, содержания воды и вязкости эмульсий. Например, образец МК-1 (на основе МЭА) показал 89 % эффективности при 75 °С и 120 г/т, а НК-1 (на основе ДЭА) — до 94,5 %, что указывает на высокую скорость и активность адсорбции на межфазной границе.

В модельных эмульсиях с содержанием воды 30 % эффективность десаливации с использованием МК-1 при 60 °С и 120 г/т составила 84,6 %, в то время как НК-1 при 75 °С и 120 г/т достигала 94,5 %. Определены показатели ГЛБ: у МК-1 — 6,9, у НК-1 — 12,8, что отражает их различную степень взаимодействия с водной и нефтяной фазами. МК-1 проявил эффективность как водофазный демульгатор, а НК-1 — как активный агент для разрушения высокодисперсных нефтяных эмульсий.

Одним из важных аспектов исследования является то, что синтезированные ПАВ являются не только эффективными, но и экологически безопасными благодаря своей биodeградельности. Установлены их термическая и

гидролитическая стабильность, а также необходимые параметры поверхностного натяжения и вязкости для промышленного применения.

В третьей главе диссертации «Исследование физико-химических и коллоидно-химических свойств синтезированных поверхностно-активных веществ» глубоко изучены состав, структура, поверхностная активность, гидрофильно-липофильный баланс, поведение при мицеллообразовании, пенообразование и стабильность пены ПАВ, полученных на основе олеиновой кислоты и алканоламинов. Для установления молекулярной структуры использовались методы ИК-спектроскопии, ГХ-МС, тензиометрии и вискозиметрии.

Взаимодействие между олеиновой кислотой и алканоламинами представляет собой сложный реакционный процесс, включающий два этапа: сначала образование ионных солей между карбоксильной и аминогруппами, затем — конденсация с образованием амидов при повышенной температуре. При этом гидроксильные группы алканоламинов могут участвовать в этерификации, приводя к образованию смеси солей, амидов и эфиров. Формирование продуктов зависит от мольного соотношения компонентов, температуры, времени и их реакционной способности.

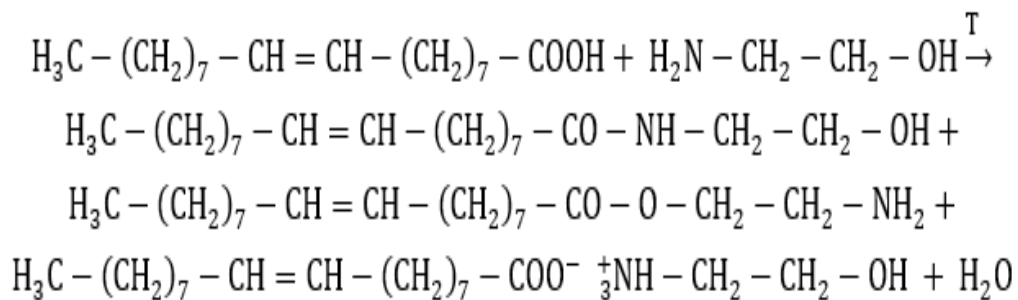


Рис. 1 . Олеиновая кислота и реакция МЭА продукты.

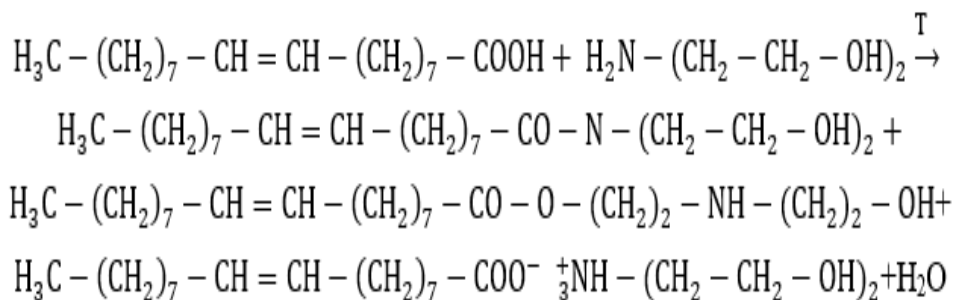


Рис. 2 . Олеиновая кислота и реакция ДЭА продукты.

9-октодеценная кислота моноэтаноламин и диэтаноламины с обеспечить реакции КУ-2-8 катализатор в присутствии братель шел. Реакция идти олеиновая кислота в оценке конверсия разделенный вода количество основано на определенный. В исследовании катализатор количество (0,1–0,2%) и температурные параметры (100–140 °С) реагировать влияние анализ было сделано.

В Таблице 1 приведены результаты исследований по конверсии олеиновой кислоты в реакциях с моноэтаноламином и диэтаноламином при различных концентрациях катализатора КУ-2-8 и температурных условиях. Полученные данные позволяют выявить основные закономерности, влияющие на ход реакции.

Таблица 1.

Олеиновая кислота к преобразованию другой факторов влияние

КУ-2-8, %	Т, К	К ₀	К ₁	А ₀	А ₁	Олеиновая кислота конверсия
		ОК + МЭА				
0.10	393	140	30	120	70	88,5
	403	140	26	120	74	92.1
0,15	393	140	18	120	60	93
	403	140	14	120	66	97.3
0.20	393	140	22	120	68	91,7
	403	140	18	120	72	94.2
КУ-2-8, %	Т, К	К ₀	К ₁	А ₀	А ₁	Олеиновая кислота конверсия
		ОК + ДЭА				
0.10	413	140	35	120	75	83.3
	423	140	31	120	79	87.1
0,15	413	140	20	120	62	92,6
	423	140	17	120	66	95,7
0.20	413	140	25	120	80	76.3
	423	140	22	120	84	80.1

Катализатор КУ-2-8 способствует депротонированию карбоксильной группы (–COOH) олеиновой кислоты с образованием реакционноспособного карбоксилат-аниона. Это облегчает эффективную конденсацию с аминогруппами, способствуя селективному образованию амидов.

Согласно результатам исследований, оптимальная конверсия достигается при концентрации КУ-2-8 в диапазоне 0,1–0,15%. Особенно высокая эффективность наблюдается при концентрации 0,15%. При дальнейшем повышении концентрации до 0,2% эффективность реакции не увеличивается, что может быть связано с насыщением активных центров катализатора или с побочными реакциями.

Экспериментальные данные показывают, что повышение концентрации КУ-2-8 с 0,1% до 0,15% существенно увеличивает конверсию олеиновой кислоты. Например, для моноэтаноламина при температуре 393 К конверсия увеличилась с 78,5% до 88%, однако при 0,2% концентрации снизилась до 81,7%. Это, вероятно, обусловлено насыщением активных центров или активизацией побочных процессов. В случае с диэтаноломином при повышении температуры от 413 К до 423 К конверсия возросла с 73,3% до 89,0%.

Температура оказала значительное влияние на кинетику реакции и уровень конверсии. В реакции с моноэтаноламином при 0,15% КУ-2-8 максимальная конверсия 90,3% была достигнута при 403 К. Для диэтанололамина максимальная конверсия — 89,0% — наблюдалась при 423 К. Это связано с тем, что первичная аминогруппа в составе МЭА имеет меньшие стерические препятствия по сравнению с вторичной аминогруппой в ДЭА, что способствует более легкому протеканию реакции.

Стерические и электронные факторы также играют важную роль. В частности, наличие двух гидроксильных групп в молекуле ДЭА способствует образованию водородных связей, что снижает её нуклеофильность. В результате

реакции с участием МЭА протекают с несколько более высокой эффективностью. При оптимальных условиях были получены продукты, обозначенные как МК-1, МК-2, МК-3 (на основе МЭА) и НК-1, НК-2, НК-3 (на основе ДЭА).

Синтезированные продукты на основе МЭА представляют собой смесь 2-аминоэтил (9Z)-октадец-9-еноата, (9Z)-N-(2-гидроксиэтил)октадец-9-енамида и соли моноэтаноламина. В свою очередь, продукты на основе ДЭА включают 2-[(2-гидроксиэтил)амино]этил (9Z)-октадец-9-еноат, (9Z)-N,N-бис(2-гидроксиэтил)октадец-9-енамид и соль диэтаноламина. Различия между ними обусловлены разной степенью амидирования и этерификации.

Для установления состава и структуры полученных продуктов был применён метод ИК-спектроскопии. Результаты спектрального анализа приведены на Рисунке 3.

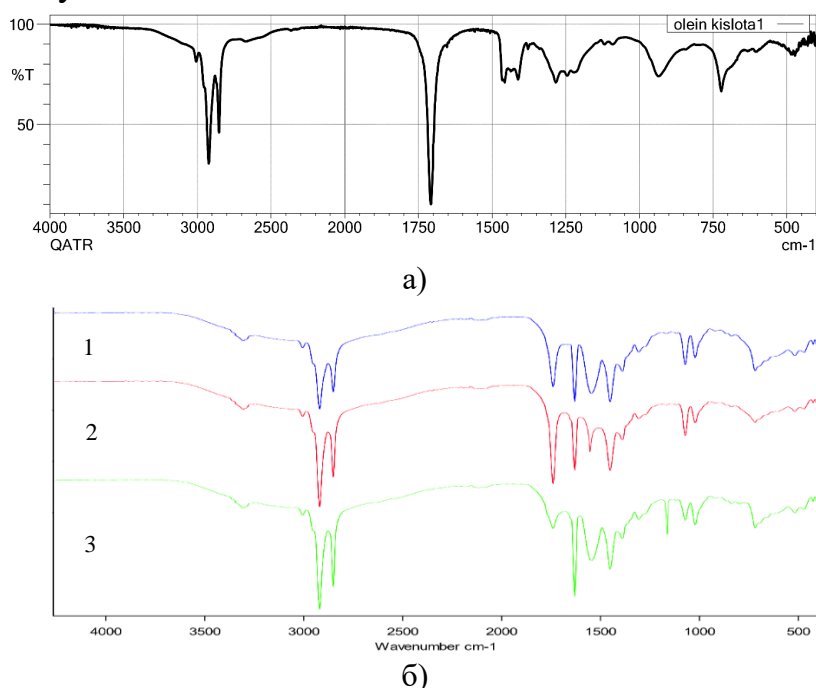


Рис. 3. ИК-спектры образцов: а) олеиновой кислоты; б) ПАВ: 1 - МК-3; 2 - МК-2; 3 - МК-1.

ИК-спектральный анализ образцов подтвердил протекание реакции между олеиновой кислотой и моноэтаноламином. Пик при 1735 см^{-1} свидетельствует о происходящей этерификации между группами $-\text{COOH}$ и $-\text{OH}$, а пики при 3300 см^{-1} и 1650 см^{-1} указывают на формирование амидных связей $-\text{NH}-\text{CO}-$. Отсутствие характерного карбонильного пика олеиновой кислоты при 1710 см^{-1} в спектре продукта говорит о её полном превращении.

Смещения колебаний $\text{O}-\text{H}$ и $\text{N}-\text{H}$ в молекуле МЭА подтверждают её участие в реакции, а пики в области $2850-2950\text{ см}^{-1}$ соответствуют колебаниям алкильных цепей. Поглощения при 1628 см^{-1} и 1118 см^{-1} соответствуют амидным колебаниям. Пики при 3298 см^{-1} , 1548 см^{-1} и 1458 см^{-1} также подтверждают наличие амидных связей $-\text{N}-\text{H}$ и $\text{C}-\text{N}$.

Структура и состав ПАВ, синтезированных на основе олеиновой кислоты и диэтаноламина, были также исследованы методом ИК-спектроскопии (рис. 4).

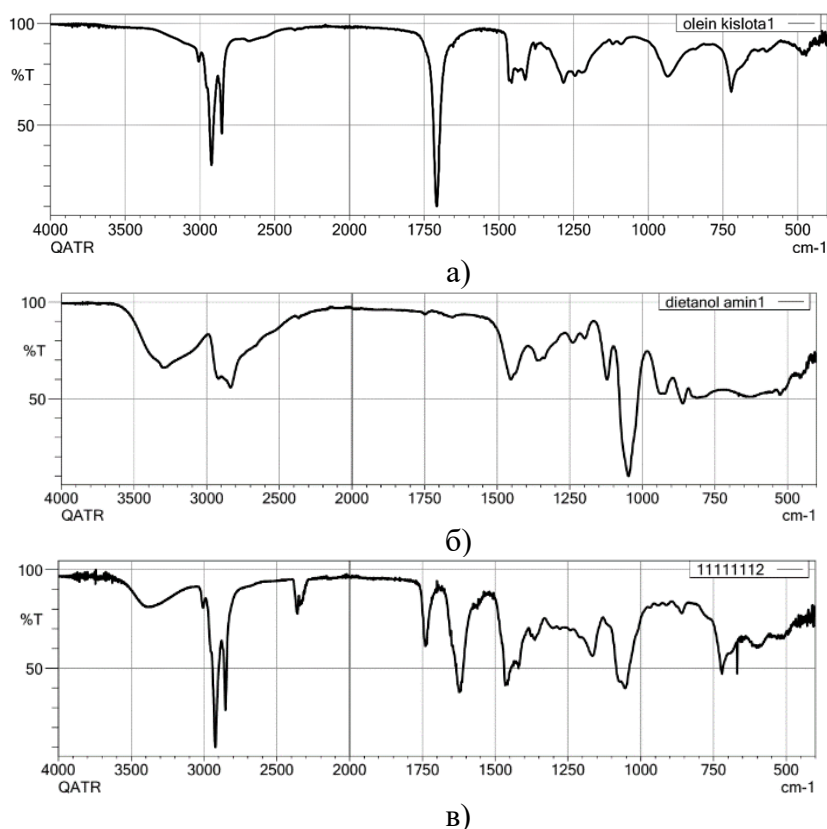


Рис. 4. ИК-спектры образцов: а) олеиновой кислоты; б) ДЭА; в) диэтаноламида олеиновой кислоты.

ИК-спектральный анализ подтвердил протекание реакции между олеиновой кислотой и ДЭА. Пик при 1750 см⁻¹ свидетельствует об этерификации, а новый пик при 3300 см⁻¹ — о формировании амидной связи. Отсутствие пика С=О при 1710 см⁻¹ говорит о протекании основной реакции, а пик при 1350 см⁻¹ может быть отнесён к непрореагировавшей олеиновой кислоте.

Смещения колебаний О–Н и N–Н в ДЭА указывают на образование новых связей. Пики при 2850–2950 см⁻¹ соответствуют колебаниям С–Н в алкильных цепях, а широкий пик в диапазоне 3200–3600 см⁻¹ соответствует гидроксильным и аминогруппам. Пики при 1628 см⁻¹ и 1118 см⁻¹ подтверждают присутствие амидных групп.

Измерение поверхностного натяжения растворов ПАВ является важным этапом в оценке их физико-химических свойств. Поверхностное натяжение отражает межмолекулярные силы, тогда как ПАВ снижают его, улучшая процессы смачивания, деэмульгирования и пенообразования. Поэтому определение поверхностного натяжения служит показателем эффективности ПАВ на межфазных границах.

Посредством этих измерений определяется критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). При достижении этой концентрации молекулы формируют мицеллы, и поверхностное натяжение стабилизируется. Это значение позволяет оптимизировать расход ПАВ и избежать его избыточного ввода.

Поверхностное натяжение растворов ПАВ измерялось при различных концентрациях и постоянной температуре. До достижения ККМ наблюдалось резкое снижение поверхностного натяжения, после чего оно стабилизировалось. Для МК-1 ККМ составила 0,001543 моль/л, а соответствующее значение $\gamma_{СМС}$

— 33,1 мН/м. Это означает, что МК-1 формирует мицеллы при более низкой концентрации по сравнению с МК-2 и МК-3. На основе изотерм были определены углы наклона кривых снижения поверхностного натяжения до и после ККМ для каждого ПАВ.

Таблица 3.

Коллоидно-химические свойства ПАВ, синтезированных на основе МЭА, на основе измерений поверхностного натяжения

Образец	KKM (мол/л)	C_{20} (Молл)	pC_{20} (Молл)	γ_{KKM} (мН/м)	π_{KKM} (мН/м)	Γ_{\max} , (мол/м ² * 10 ⁻⁶)	A_{\min} (нм ²)
МК-1	0,0023	0,001230	2,91	35,1	37,1	1,28	0,1295
МК-2	0,0030	0,001445	2,84	36,2	36,9	1,16	0,1430
МК-3	0,0038	0,001543	2,81	33,1	39,1	1,12	0,1480

Результаты, приведённые в таблице 3, включают следующие адсорбционные параметры: $\gamma_{СМС}$ (эффективность снижения поверхностного натяжения) и pC_{20} (эффективность поверхностной адсорбции, то есть отрицательный логарифм концентрации ПАВ, необходимой для снижения поверхностного натяжения воды на 20 мН/м). Из значений $\gamma_{СМС}$ и pC_{20} следует, что МК-3 показал наибольшую эффективность в снижении поверхностного натяжения. В то же время МК-1 проявил лучшую адсорбционную эффективность по сравнению с МК-2 и МК-3.

Таблица 4.

Коллоидно-химические свойства ПАВ, синтезированных на основе ДЭА, на основе измерений поверхностного натяжения

Образец	KKM (мол/л)	C_{20} (Молл)	pC_{20} (Молл)	γ_{KKM} (мН/м)	π_{KKM} (мН/м)	Γ_{\max} , (мол/м ² * 10 ⁻⁶)	A_{\min} (нм ²)
НК-1	0,00243	0,00135	2,87	32,7	39,3	1,18	0,146
НК-2	0,00257	0,00144	2,84	36,6	35,4	1,15	0,141
НК-3	0,00266	0,00152	2,82	37,4	34,6	1,14	0,144

Значения ККМ для ПАВ НК-1, НК-2 и НК-3 продемонстрировали существенные различия в эффективности мицеллообразования. НК-2 обладал наименьшей ККМ, что свидетельствует о высокой склонности к мицеллообразованию, тогда как НК-1 характеризовался наибольшей ККМ. НК-3 показал промежуточные значения. Эти различия связаны с составом амидных структур и степенью конверсии олеиновой кислоты, что влияет на самоорганизацию молекул в водной среде.

Все образцы имели значение $\Gamma_{\max} = 11,5 \times 10^{-6}$ моль/м², что указывает на сходную плотность адсорбции на поверхности. НК-1 показал наибольшую эффективность в снижении поверхностного натяжения, НК-2 отличался высоким потенциалом мицеллообразования благодаря низкой ККМ, а НК-3 проявил несколько более низкую поверхностную активность, что связано с его структурными особенностями.

Анализ показал взаимосвязь между ККМ, поверхностной активностью и адсорбционными характеристиками. Процессы мицеллообразования и адсорбции неионогенных ПАВ серий МК и НК были оценены с термодинамической точки зрения. Расчёты энергии Гиббса показали, что эти процессы протекают самопроизвольно.

Таблица 5.

**Термодинамика мицеллообразования и адсорбции на границе воздух/вода
поверхностно-активных веществ на основе МЭА**

Образцы	$\Delta G^{\circ}_{\text{миц}}$ (кДж / мол)	$\Delta G^{\circ}_{\text{адс}}$ (кДж / мол)
МК-1	-14,22	-19,97
МК-2	-13,51	-18,63
МК-3	-12,88	-17,66

Таблица 6.

**Термодинамика мицеллообразования и адсорбции на границе воздух/вода
поверхностно-активных веществ на основе ДЭА**

Образцы	$\Delta G^{\circ}_{\text{миц}}$ (кДж / мол)	$\Delta G^{\circ}_{\text{адс}}$ (кДж / мол)
НК-1	-13,98	-19,64
НК-2	-14,20	-19,19
НК-3	-14,08	-19,13

Для образцов, синтезированных на основе двух различных алканоламинов, стандартная энергия Гиббса мицеллообразования $\Delta G^{\circ}_{\text{миц}}$ была определена в пределах от -12,88 до -14,22 кДж/моль. Энергия Гиббса адсорбции $\Delta G^{\circ}_{\text{адс}}$ варьировалась в интервале от -17,66 до -19,97 кДж/моль. Эти результаты свидетельствуют о том, что оба процесса термодинамически выгодны и протекают самопроизвольно, однако адсорбция является более предпочтительной по сравнению с мицеллообразованием.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) серии НК показали несколько более выраженные свойства мицеллообразования и адсорбции по сравнению с серией МК. Для образцов НК были зафиксированы более высокие значения поверхностного давления $\pi_{\text{СМС}}$ и меньшая минимальная площадь на одну молекулу $A_{\text{мин}}$, что указывает на их более плотную упаковку на границе воздух-вода и более высокую поверхностную активность.

ПАВ являются важными компонентами в бытовой, косметической и промышленной сферах, при этом их способность к пенообразованию может рассматриваться как полезное или, наоборот, нежелательное явление. Управление пенообразованием осуществляется посредством физико-химических и гидродинамических факторов.

Объём пены зависит от равновесия между захватом воздуха и коалесценцией пузырьков. Быстрая адсорбция ПАВ стабилизирует пузырьки, в противном случае они сливаются. Время истончения жидкой плёнки также влияет на стабильность пены.

Пенообразующие свойства ПАВ на основе олеиновой кислоты и алканоламинов исследовались при различных концентрациях, при этом каждый эксперимент повторялся трижды. Объём полученной пены регистрировался дважды: непосредственно после перемешивания и спустя 10 минут. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Пенообразующая способность и стабильность ПАВ

ПАВ концентрация, %	Пена высота (мл)			Пена стабильность (мл)		
	МК-1	МК-2	МК-3	МК-1	МК-2	МК-3
0,1	48	43	39	35	27	22
0,2	56	48	42	47	37	30
0,3	60	57	51	52	44	32
0,4	62	58	52	54	45	34
	НК-1	НК-2	НК-3	НК-1	НК-2	НК-3
0,1	46	14	19	40	13	12
0,2	52	18	37	48	11	27
0,3	64	54	49	60	32	38
0,4	66	55	52	61	34	39

Как видно из таблицы 7, пенообразование и стабильность пены зависят от поверхностного натяжения и свойств межфазной плёнки. При одинаковой общей площади пены система с более низким поверхностным натяжением требует меньше работы для её образования. Однако, несмотря на положительное влияние низкого поверхностного натяжения на образование пены, оно может также способствовать её нестабильности и разрушению.

Стабильность пены зависит от скорости течения жидкой плёнки и вязкости раствора. Высокая вязкость укрепляет плёнку и повышает стабильность пены. Гидрофильные группы ПАВ способствуют образованию гидратных оболочек в растворе. Синергетическое взаимодействие эфирных и амидных фрагментов в смеси способствует увеличению как пенообразования, так и устойчивости.

С повышением концентрации ПАВ увеличивались высота и стабильность пены. Образец МК-1 на основе моноэтаноламина при концентрации 0,3% обеспечил наиболее стабильную пену: высота 60 мл и устойчивость 52 мл. Образец НК-1 на основе диэтаноламина при той же концентрации показал значения 64 мл и 60 мл соответственно.

Первичный этаноламин в МЭА способствует более быстрому истончению жидкой плёнки, что ускоряет разрушение пены. Два гидрофильных фрагмента в ДЭА способствуют формированию прочных водородных связей, увеличивают эластичность поверхности и стабильность пены. Кроме того, ПАВ на основе ДЭА способствуют плотной упаковке мицелл на поверхности, снижая газовую диффузию.

ПАВ играют важную роль в образовании эмульсий, благодаря своим гидрофильным и гидрофобным группам, обеспечивая диспергирование двух несмешивающихся жидкостей. Эмульгирующие свойства синтезированных ПАВ оценивались при температуре 25 °С с использованием подсолнечного масла. Эксперименты проводились при концентрации растворов 0,05–0,15%, фиксировалось время расслоения эмульсий.

С повышением концентрации ПАВ устойчивость эмульсий возрастала, однако различия между 0,1% и 0,15% были незначительными. Среди образцов на основе ДЭА наиболее устойчивую эмульсию (138 минут) образовал НК-1. В серии на основе МЭА наилучший результат показал МК-1. Образец НК-3 показал наименьшую устойчивость (120 минут). Эти результаты обусловлены структурой ПАВ и степенью конверсии олеиновой кислоты.

В четвёртой главе диссертации «Оценка эффективности демульгирующих свойств синтезированных поверхностно-активных веществ» проанализированы свойства демульгирования ПАВ серий МК и НК в лабораторных и промышленных условиях, определены влияющие факторы и возможности их применения для разрушения промышленных эмульсий.

Оценка эффективности ПАВ проводилась на модельных эмульсиях, что предпочтительнее по сравнению с природными нефтяными эмульсиями, так как обеспечивает контроль содержания воды, возможность проведения стандартизированных экспериментов и воспроизводимость результатов. Такой подход гарантирует безопасность и надёжность исследований.

Демульгирующие свойства ПАВ исследовались на примере модельных эмульсий с содержанием воды 30% и 50%. В 25 мл эмульсии добавляли раствор ПАВ в дозировке 80–120 г/т и рассчитывали эффективность по уравнению 4.1 на основе объёма отделившейся воды. На первом этапе изучено влияние дозировки и содержания воды на эффективность при 30%-ных эмульсиях.

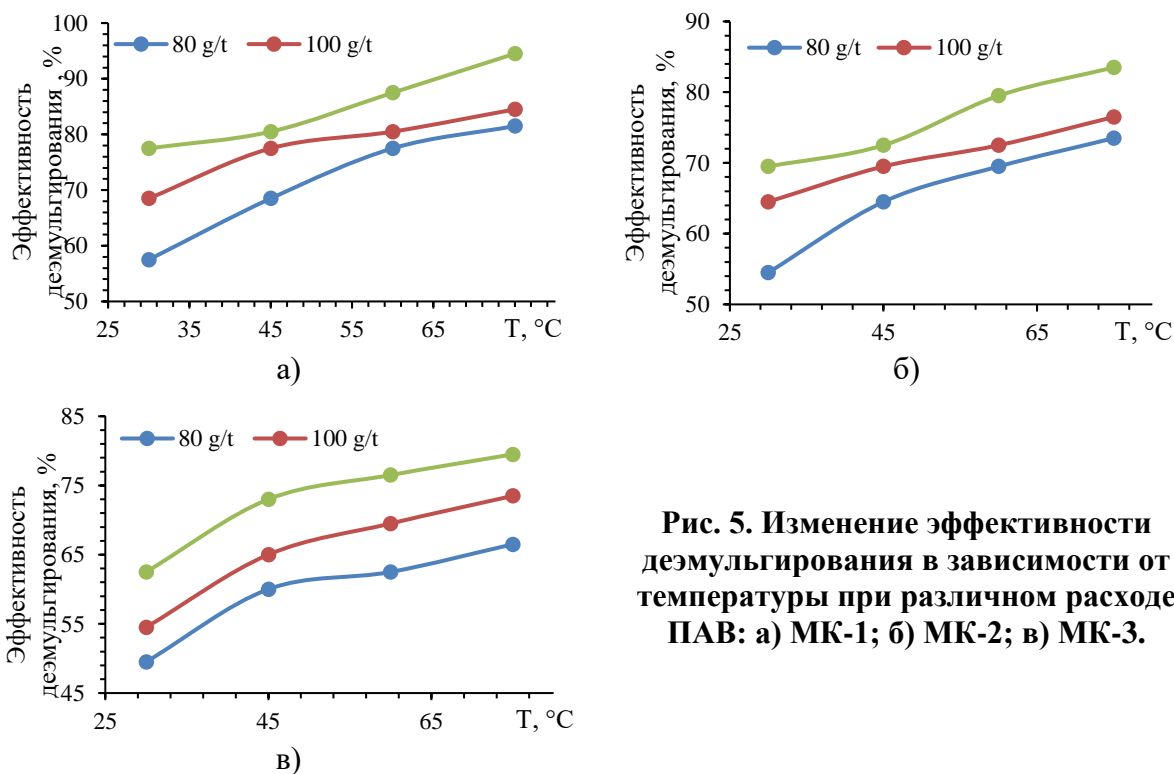


Рис. 5. Изменение эффективности демульгирования в зависимости от температуры при различном расходе ПАВ: а) МК-1; б) МК-2; в) МК-3.

В исследованиях с модельными эмульсиями подробно изучено влияние температуры, дозировки и содержания воды на процесс демульгирования. Эффективность оценивалась по объёму отделившейся воды. Повышение температуры снижает вязкость эмульсии, облегчает коалесценцию капель и ускоряет диффузию ПАВ на межфазную границу. При 75 °С и дозировке 120 г/т эффективность образца МК-1 достигла 95%. Для МК-2 и МК-3 зафиксированы значения 93% и 90% соответственно.

Для образцов НК-1, НК-2 и НК-3 также отмечено положительное влияние температуры и концентрации. НК-1 при 75 °С и дозировке 120 г/т показал эффективность 94,5%, превысив показатели серии МК. НК-2 отличался повышенной чувствительностью к температуре. НК-3 показал наименьшую эффективность, значимые результаты достигнуты лишь при высоких концентрациях.

Во всех испытаниях также оценивалась эффективность обессоливания. При 75 °С и 250 г/т НК-1 обеспечил наименьшее остаточное содержание солей (62 мг/л), в то время как МК-3 в аналогичных условиях — от 155 до 210 мг/л. С увеличением содержания воды (до 50%) эффективность как демульгирования, так и обессоливания возрастала, что связано с улучшенной коалесценцией капель и их подвижностью.

Эксперименты с природными тяжёлыми нефтяными эмульсиями из месторождения Северный Уртбулок подтвердили практическую эффективность ПАВ на основе МЭА и ДЭА. Повышение температуры и дозировки усиливало эффективность всех образцов. МК-1 при 75 °С и 200 г/т обеспечил 89% демульгирования, а НК-1 — около 95%, что делает его наиболее эффективным демульгатором.

Дополнительно была оценена эффективность отделения воды и солей при дозировках 100 и 150 г/т. Образец МК-1 показал наименьшее остаточное содержание воды (0,15%) и солей (88 мг/дм³). Образец НК-1 обеспечил отделение 94% воды и более 90% солей за 30 минут.

При анализе факторов, влияющих на эффективность демульгирования, выявлена корреляция между физико-химическими свойствами ПАВ и их активностью. В частности:

$\gamma_{\text{СМС}}$ — чем ниже поверхностное натяжение при критической концентрации мицеллообразования, тем быстрее разрушается стабилизирующий межфазный слой;

$\rho_{\text{С}20}$ — высокие значения указывают на сильную адсорбцию на поверхности;

$\pi_{\text{СМС}}$ — чем выше способность снижать поверхностное натяжение растворителя, тем эффективнее проходит демульгирование;

Γ_{max} — высокая степень адсорбции на поверхности способствует разрушению стабильного слоя;

A_{min} — меньшая минимальная площадь поверхности указывает на плотную упаковку ПАВ, усиливающую демульгирование.

Высокая эффективность веществ серии НК на основе ДЭА объясняется их значениями ГЛБ, размерами гидрофильных групп и структурной гибкостью. Быстрая и стабильная адсорбция на межфазной границе, вытеснение природных эмульгаторов (асфальтенов, смол и др.) и эффективное снижение поверхностного натяжения делают эти ПАВ перспективными для промышленного применения.

Полученные экспериментальные данные позволяют оценить эффективность демульгирования и обессоливания синтезированных ПАВ на основе их структурных особенностей, концентрации и термодинамических параметров. Продукт НК-1 показал наивысшую эффективность и рекомендован в качестве перспективного демульгатора для практического применения.

ВЫВОДЫ

1. В результате синтеза с участием катализатора КУ-2-8 между олеиновой кислотой и моно-/диэтаноламинами были определены оптимальные условия реакции: для МЭА при 0,15 % КУ-2-8 и температуре 403 К конверсия достигла 90,3 %, а для ДЭА 89,0 % при 0,15 % КУ-2-8 и температуре 423 К.

Отсутствие пика $C=O$ при 1710 см^{-1} в ИК-спектре свидетельствует о полном превращении карбоксильной группы в амидные и эфирные производные, при этом наличие новых пиков при 1650 см^{-1} и 3300 см^{-1} подтверждает образование амидов, а пик при 1750 см^{-1} формирует эфиры.

2. Установлено, что экспериментально определённые значения гидрофиль-липофильного баланса синтезированных ПАВ для МК-серии составляют 6,3–6,9 (превышение расчётных 5,4 на 17–28 %), а для НК-серии 11,6–12,8 (превышение расчётных 7,2 на 61–78 %). Это расхождение чётко коррелирует с их эмульгирующей активностью: при ГЛБ \approx 6,3–6,9 МК-модификации стабилизировали 50:50 «вода–масло» эмульсии, тогда как при ГЛБ \approx 11,6–12,8 НК-модификации проявили выраженную липофильность и слабую эмульгирующую способность.

3. Установлено, что при повышении концентрации синтезированных ПАВ в водных растворах с 0,1 до 0,4 % объём пены и её устойчивость статистически значимо возрастали: у образца МК-1 объём пены вырос с 48 до 62 мл, а устойчивость с 35 до 54 мл; у НК-1 объём увеличился с 46 до 66 мл, устойчивость с 40 до 61 мл. Это обусловлено тем, что при росте концентрации адсорбция молекул ПАВ на границе газ–жидкость ускоряется, образуется более прочная гидратированная плёнка за счёт усиления водородных связей гидрофильных фрагментов, что замедляет дренаж жидкости и предотвращает коалесценцию пузырьков.

4. Установлено, что эффективность деэмульгирования синтезированных ПАВ резко возрастает с повышением температуры и расхода: так, для МК-1 в модели эмульсии с 30 % воды при увеличении расхода с 80 до 120 г/т и температуре с 30 °С до 75 °С деэмульгирующая эффективность возрастает с 68,8 % до 95,0 %, а для НК-1 в 50 % модели при тех же условиях с 83,0 % до 95,8 %; такое усиление активности обусловлено снижением вязкости эмульсии, ростом броуновского движения капель и ускоренной адсорбцией молекул ПАВ на границе фаз.

5. Установлено, что при повышении расхода деэмульгатора с 100 до 150 г/т остаточное содержание воды в эмульсии для МК-1 снижается с 0,32 до 0,15 %, а минеральных солей – с 112 до 88 мг/дм³; для МК-2 – с 0,38 до 0,22 % и с 131 до 92 мг/дм³; для МК-3 – с 0,41 % до 0,35 % и с 145 до 91 мг/дм³ соответственно. При этом МК-1 демонстрирует наивысшую эффективность, что обусловлено более прочной адсорбцией амидных фрагментов на границе «нефть–вода», формирующих устойчивый разрывной барьер фаз.

6. Установлено, что синтезированные на основе олеиновой кислоты и алканоламинов поверхностно-активные вещества (МК- и НК-серий) обладают комплексом оптимальных коллоидно-химических характеристик (ККМ $1,2 \cdot 10^{-4}$ – $3,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $p_{C_{20}}$ 2,81–2,91, $\gamma_{C_{MC}}$ 33,1–37,4 мН/м, ГЛБ 6,3–12,8), что обеспечивает высокую ёмкость и устойчивость пены (до 66 мл при 0,4 %), эффективную эмульгирующую активность (время разделения до 139 мин) и деэмульгирующую способность (>95 % при 75 °С и 120–150 г/т) в модельных и природных нефтяных эмульсиях с минимальным остаточным содержанием воды ($\leq 0,15$ %) и солей (≤ 62 мг/дм³). Это обосновывает их перспективное применение в нефтепереработке и в формулировках моющих и эмульгирующих систем.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND
INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

MURATOV MIRTOKHIR

**COLLOID-CHEMICAL AND DEMULSIFICATION PROPERTIES OF SURFACTANTS
BASED ON OLEIC ACID AND ALKANOLAMINES**

02.00.11 – Colloid and membrane chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY(PhD) ON
CHEMICAL 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 B2025.1.PhD/K948.

Dissertation work completed at the Institute of General and Inorganic Chemistry.

Abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) posted on the web site of «ZiyoNet» to the address www.ziynet.uz.

Academic Supervisor: **Eshmetov Rasulbek Jumyazovich**
doctor of technical sciences, associate professor

Official opponents: **Kuldasheva Shaxnoza Abdulazizovna**
doctor of chemical sciences, professor

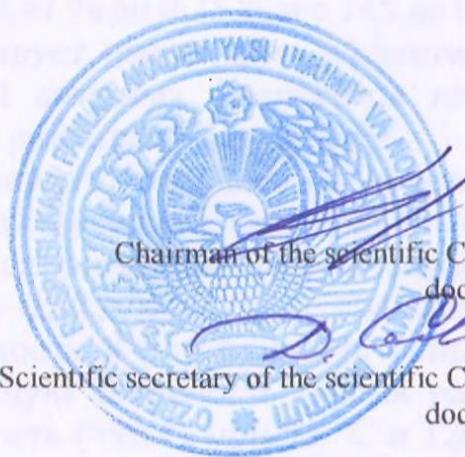
Bukharov Shukhrat Burievich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Namangan state technical university**

The defense will take place «15» August 2025 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of on-time scientific Council No.DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99 871) 262-56-60, fax: (+99 871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 9). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «1» August 2025 y.
(mailing report №9 from «1» August 2025 y.)



B.S.Zakirov

Chairman of the scientific Council awarding scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

D.S.Salikhanova

Scientific secretary of the scientific Council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

I.D.Eshmetov

Chairman of the scientific seminar at the Scientific Council
for the award of an academic degree,
Doctor of Technical Sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work: is to study the colloidal-chemical and demulsification properties of surfactants based on oleic acid and alkanolamines.

The object of the research work: the water-oil emulsions from the “Ko‘kdumaloq” and “Shimoliy O‘rtabuloq” fields, oleic acid and alkanolamines, specifically monoethanolamine and diethanolamine, and the surfactants synthesized on their basis, as well as the imported demulsifier “Deklavi-OR-16-26”.

The scientific novelty of the dissertation research consists is as follows:

It has been established that at a KU-2-8 catalyst concentration of 0.15% and a reaction temperature of 403–423 K, the condensation reaction proceeds with 97.3% conversion, accompanied by minimal formation of side esters. This was confirmed by the disappearance of carbonyl absorption bands at 1710 cm^{-1} and the appearance of amide and ester peaks at 1650, 3300, and 1750 cm^{-1} ;

It has been demonstrated that, due to the hydrogen hydration of polar groups and their pH-dependent ionization, the actual HLB values exceeded the theoretical values calculated by the Griffin method by 17–78%, thereby confirming the necessity of experimental trials for the preliminary control and optimization of the emulsifying properties of the synthesized surfactants;

It has been found that a 0.1% concentration of the synthesized diethanolamine-based surfactant (NK-1) provided the highest emulsion stability (138 minutes), while increasing the concentration to 0.15% did not result in a statistically significant increase (<1%) in phase separation time, indicating saturation of the interfacial boundary layer and justifying the need to define a threshold concentration for efficient application;

It has been shown that in heavy oil emulsions from the Northern O‘rtabo‘loq field, the demulsification efficiency of MK-1 increases from 83% at 100 g/t to 89% at 200 g/t at 75 °C, while NK-1 demonstrates up to 95% efficiency under the same conditions. This was attributed to a decrease in emulsion viscosity, enhanced Brownian motion of water droplets, and intensified molecular adsorption at the oil–water interface, which promotes coalescence.

Implementation of research results. Based on the scientific outcomes concerning the synthesis of surfactants from oleic acid and alkanolamines, as well as their demulsification and desalting properties:

The method for synthesizing surfactants based on oleic acid and alkanolamines has been included in the “Prospective List of Developments for Practical Implementation in 2030–2040” at the LLC “Fergana Oil Refinery” (reference № 01-02/25a dated 06.05.2025). As a result, the application of the MK-1 demulsifier at a dosage of 150 g/t reduces the residual water content to as low as 0.15%, while the use of NK-1 demulsifiers ensures up to 95% dehydration efficiency within 30 minutes;

The method for applying the synthesized surfactants in crude oil desalting processes has been included in the “Prospective List of Developments for Practical Implementation in 2030–2040” at the LLC “Fergana Oil Refinery” (reference № 01-02/25a dated 06.05.2025). As a result, the use of MK-1-based demulsifiers reduces the

residual salt content to 88 mg/dm³, and the application of NK-1 demulsifier at 150 g/t achieves up to 91% desalting efficiency..

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 114 pages.

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

I bo'lim (I част; part I)

1. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Salixanova D.S., Adizov B.Z., Eshmetov I.D. Ultratovush ta'siridan foydalanib suvsizlantirish va tuzsizlantirish jarayonlarini jadallashtirish // Monografiya. – T.: «Fast support and result», 2024. 138 b.

2. Muratov M.M., Kosnazarov K.K., Eshmetov R.J., Adizov B.Z. Sintez qilingan sirt-faol moddalar asosida deemulgatorlar kompozitsiyalarini yaratish // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. №4. 2023, 94-98 b. (02.00.00. №14)

3. Eshmetov R.J., Salixanova D.S., Abdurahimov A.A., Adizov B.Z., Sagdullayeva D.S., Muratov M.M., Abdurahimov S.S. Synthesis of the surfactants for demulsification of high-viscosity oils and study of their colloidal-chemical properties // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 24, №3. 2023, pp. 479-490. (Impact factor: 0.2)

4. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Salixanova D.S., Eshmetov I.D., Adizov B.Z. Olein kislotasi va monoetanol amin asosida SFM sintezi hamda olingan mahsulotning kolloid-kimyoviy xossalari tadqiqi Qo'qon DPI. Ilmiy xabarlar 2024-yil 1-son. 56-66 b. (O'zR OAK Rayosatining 31.03.2021 dagi №01-07/1368 qarori)

5. Muratov M.M., Kurniawan T.A., Eshmetov R.J., Salixanova D.S., Eshmetov I.D., Adizov B.Z., Khandamov D.X., Madaminov B., Choo W.O. Promoting sustainability: Micellization and surface dynamics of recycled monoethanolamine surfactants // Journal of Molecular Liquids. 414 (2024) 126010 (Impact factor: 5.3)

6. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Salixanova D.S., Adizov B.Z., Eshmetov I.D., Kosnazarov K.K., Begjanova G.B. Investigation of the colloidal-chemical characteristics of the surfactant derived from oleic acid and monoethanolamine // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 25, №3. 2024, pp. 885-894. (Impact factor: 0.2)

7. Муратов М.М., Эшметов Р.Ж., Салиханова Д.С., Адизов Б.З., Султанов А.А., Усмоналиев Ж.И. Синтез и анализ неионогенного поверхностно-активного вещества // Universum: технические науки:электрон. научн. журн. 2024. 10(124) <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/18337> (02.00.00. № 1)

8. Болтаева Г.Х., Муратов М.М. Исследование пенообразующих свойств синтезированного неионогенного поверхностно-активного вещества // Universum: технические науки:электрон. научн. журн. 2024. 11(125) <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/18565> (02.00.00. № 1)

II bo'lim (II част; part II)

9. Adizov B.Z., Kosnazarov K.K., Muratov M.M. Mahalliy xomashyolar asosida deemulgatorlar ishlab chiqish // “Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi: bugungi holati, muammolari va istiqbollari” mavzusida Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami, 2023. Termiz. 2-qism. 168 b.

10. Muratov M.M., Kosnazarov K.K., Eshmetov R.J. Deemulgirlash jarayonlari mexanizmlari va deemulgatorlar // “Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi:

bugungi holati, muammolari va istiqbollari” mavzusida Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami, 2023. Termiz. 2-qism. 199–201 b.

11. Muratov M.M., Kosnazarov K.K., Eshmetov R.J., Xoliqov A.S. Neft xomashyosi tarkibidagi emulsiyalarni parchalash uchun deemulgatorlar sintezi // “Mahalliyashtirishda innovatsion yondashuvlar” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami, 2023. Qarshi. 366–368 b.

12. Muratov M.M., Kosnazarov K.K., Eshmetov R.J., Adizov B.Z. Mahalliy xomashyolar asosida deemulgatorlar sintez qilish // “Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов” mavzusida xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari to‘plami, 2023. Toshkent. 128–129 b.

13. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Adizov B.Z. Sintezlab olingan sirt faol moddaning havo/suv chegarasida adsorbsiyasi tadqiqi // “Kimyo ta’limi, fan va ishlab chiqarish integratsiyalari” mavzusidagi I xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami, 2024. Qo‘qon. 48–50 b.

14. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Salixanova D.S. Yog‘ kislotasi asosida sintezlangan sirt faol moddaning kolloid-kimyoviy xossalari // “Kimyo ta’limi, fan va ishlab chiqarish integratsiyalari” mavzusidagi I xalqaro konferensiya materiallari to‘plami, 2024. Qo‘qon. 22-may. 51–52 b.

15. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Adizov B.Z. Olein kislota va monoetanolamin asosida sirt faol modda sintezi // “Uchinchi renessans yosh olimlari: zamonaviy vazifalar, innovatsiya va istiqbol” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami, 2024. Toshkent. 3-may. 219–221 b.

16. Muratov M.M., Adizov B.Z., Eshmetov R.J. Olein kislota va monoetanolamin asosida sirt faol modda sintezi // “Uchinchi renessans yosh olimlari: zamonaviy vazifalar, innovatsiya va istiqbol” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami, 2024. Toshkent. 3-may. 408–410 b.

17. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Adizov B.Z., Usmanov R.M. Sirt faol moddalar mitsella hosil qilish termodinamikasini o‘rganish // “Kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami, 2024. Urganch. 21–22-iyun. 127–128 b.

18. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Usmanov R.M., Ismaylov V.M. Noionogen sirt faol modda sintezi va tahlili // “Рол коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии” mavzusidagi konferensiya materiallari to‘plami, 2024. 10–11 oktyabr. 472–474 b.

19. Muratov M.M., Eshmetov R.J., Salikhanova D.S., Ismailova M.A., Sagdullayeva D.S., Adashev B.Sh. Sustainable recovery and purification of waste monoethanolamine // “Monomers and modern problems of petrochemistry”, 2024. Boku. 19–20 dekabr. Pp. 223–224

20. Муратов М.М., Эшметов Р.Ж., Усмоналиев Ж.И. Виды биоповерхностно-активных веществ и способы их получения // Материалы международной научно-технической конференции, “Коллоидная химия: инновации и решения для химической технологии, экологии и промышленности”, 2025. Термез. 7–8 февраля. с. 569–571

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

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturasini.
Raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 2.75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 28/25.

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

