

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI DSc.05/2025.27.12.K/T.19.01 RAQAMLI ILMIY  
KENGASH**

---

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**SAIDKULOV FAYZULLO RAVSHAN O'G'LI**

**AROMATIK BIRIKMALAR ASOSIDA YANGI SIRT-FAOL MODDALAR  
SINTEZI VA KOLLOID-KIMYOVIIY XOSSALARI**

**02.00.11 - Kolloid va membrana kimyosi**

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

**Toshkent – 2026**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD)**

**Saidkulov Fayzullo Ravshan o‘g‘li**

Aromatik birikmalar asosida yangi sirt-faol moddalar sintezi va kolloid-kimyoviy xossalari ..... 3

**Саидкулов Файзулло Равшан угли**

Синтез новых поверхностно-активных веществ на основе ароматических соединений и их коллоидно-химические свойства..... 21

**Saidkulov Fayzullo Ravshan ogli**

Synthesis of new surfactants based on aromatic compounds and their colloid-chemical propertie ..... 41

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

**Список опубликованных работ**

List of published works ..... 45

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY  
DARAJALAR BERUVCHI DSc.05/2025.27.12.K/T.19.01 RAQAMLI ILMIY  
KENGASH**

---

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI**

**SAIDKULOV FAYZULLO RAVSHAN O'G'LI**

**AROMATIK BIRIKMALAR ASOSIDA YANGI SIRT-FAOL MODDALAR  
SINTEZI VA KOLLOID-KIMYOVIIY XOSSALARI**

**02.00.11 - Kolloid va membrana kimyosi**

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

**Toshkent – 2026**

**Kimyo fanlari falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/K1010 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) va «Ziyonet» axborot-ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Maxkamov Ravshan Raximovich**  
kimyo fanlari doktori, katta ilmiy xodim

**Rasmiy oponentlar:**

**Abdikamalova Aziza Baxtiyarovna**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Sidiqov Abdujalil Sidiqovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Toshket kimyo-texnologiya instituti**

Dissertatsiya himoyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi DSc.05/2025.27.12.K/T.19.01 raqamli Ilmiy kengashning «7» aprel 2026 yil soat 10<sup>00</sup> 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: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

Dissertatsiya bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (7- 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 e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz)).

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil «24» mart kuni tarqatildi.  
(2026 yil «24» martdagi 7-raqamli reestri bayonnomasi).



**A.B. Ibragimov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash raisi, k.f.d., professor

**B.Z. Adizov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash kotibi, t.f.d., professor

**Y.Y. Yakubov**  
ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi o'rinbosari, k.f.d., professor

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Bugungi kunda dunyo miqyosida turli sanoat tarmoqlarining tez suratlar bilan rivojlanishi sirt-faol moddalarga (SFM) bo'lgan ehtiyojni sezilarli darajada oshirmoqda. Buning natijasida sirt-faol moddalar ishlab chiqarish va iste'mol qilish hajmi keskin ortib bormoqda. O'zbekistonda ham turli ishlab chiqarish sohalarining jadal rivojlanishi natijasida yuqori samarali emulgirlash, stabillash, ho'llash va sirt faollik xususiyatiga ega bo'lgan sirt-faol moddalar uchun talab yuqori bo'lib qolmoqda. Hozirgi kunda vatanimizda ishlatilayotgan sirt-faol moddalarning ko'p qismi aromatik birikmalarning hosilalari bo'lib ular asosan chet ellardan sotib olib kelinmoqda. Shuning uchun aromatik birikmalar asosida yangi samarali sirt-faol moddalar sintez qilish, xossalarini o'rganish va sanoatda ishlatish usullarini topish bugungi kunda muhim ahamiyatga ega.

Jahonda yangi SFMLar sintez qilish, ularning xususiyatlarini o'rganish, sanoatning turli tarmoqlarida qo'llash va ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish bo'yicha faol ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Mamlakatimizda ham yangi SFMLar olish, ularning suvli eritmalarining ko'pik hosil qilish qobiliyatini, emusiyalarning barqarorligiga ta'sirini va sirt faollik xossalarini o'rganish, xalq xo'jaligida qo'llash sohalarini aniqlash bo'yicha ilmiy ishlar olib borishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda mavjud bo'lgan mahalliy xomashyolardan yangi sirt-faol moddalar olish bo'yicha ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. 2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasining uchinchi yo'nalishida «Milliy iqtisodiyot barqarorligini ta'minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga oshirish»<sup>1</sup> bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada mahalliy hom ashyolarimiz bazasidan kelib chiqqan holda, aromatik birikmalar asosida biologik yumshoq, tabiatda oson bioparchalanuvchan va atrof-muhit uchun zararsiz yangi yuqori samarali sirt-faol moddalar sintez qilish va kolloid kimyoviy xossalarini o'rganish asosida sanoatda ishlatish yo'llarini topish bugungi kunda juda dolzarb va zarurdir.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 31-oktyabrdagi PF-5863-son «2030-yilgacha bo'lgan davrda O'zbekiston Respublikasining atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi Farmoni, 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265-sonli «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Qarori, hamda 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805 “Kimyo va biologiya yo'nalishlarida uzluksiz ta'lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida” Qarori va mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

---

<sup>1</sup>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 rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. «Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalari» ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq holda bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.**

Aromatik birikmalar asosida yangi sirt-faol hosilalarini olish, xossalarini o‘rganish va sanoatda qo‘llash hozirgi kunda juda ham dolzarb bo‘lib, bunday birikmalar o‘zining biologik yumshoqligi va oson bioparchalanishi bilan turli mamlakatlar olimlarini ilmiy ishlar olib borishga undamoqda. Bunday ilmiy ishlarni ayniqsa Xitoy, AQSH, Yaponiya, Hindiston, Buyuk Britaniya, Ispaniya, Germaniya, Shvedsiya, Rossiya davlatlari universitetlarining olimlari va ilmiy laboratoriyalarning yetakchi mutaxassislari bajarib jurnallarda chop etishmoqda. Ulardan T. Paul, J. Robert, A.V. Protopopov, S.G. Ivanova, S.A. Kuznetsov, U.N. Zaynutdinov, G.G. Lutfullina, K.S. Gusayeva, K.E. Martinov, A.P. Dremuk, X. Kong, Y. Li, X. Zhao, X. Zhang, J. Wang, L. Zhang, V. Sharma, P. Kumar, V. Bansal, K. Singh, J.M. Sandeauxlar fenolsulfokislotalarining tuzlari va murakkab efirlari asosida sirt-faol moddalar sintez qilish, kolloid-kimyoviy xossalarini o‘rganish, sanoatda ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish va ularning sirt faollik xossalarini yaxshilash ustida ilmiy ishlar olib borishmoqda.

O‘zbekistonda aromatik birikmalar asosida yangi sirt-faol moddalarni sintez qilish bo‘yicha ko‘pgina ilmiy ishlar olib borilgan, jumladan akademik K.S. Axmedov va S.N. Aminovlar rahbarligida sirt-faol moddalar sintez qilish, kolloid-kimyoviy xossalari o‘rganish bo‘yicha ilmiy maktab yaratilgan bo‘lib, hozirgi kunda ularning vakillari: I.D. Eshmetov, R.R. Maxkamov, F.M. Yusupov, A.B. Abdikamalova, D.S. Salixanova, D.J. Jumayeva, Sh.A. Kuldasheva, B.Z. Adizov, Sh.B. Buxorov, R.J. Eshmetov va boshqa olimlar sirt-faol moddalar sohasida ilmiy tadqiqot ishlarini faol olib bormoqdalar. Bu sohada aromatik birikmalar asosida atrof muhit uchun zararsiz yangi sirt-faol moddalar sintez qilish, kolloid kimyoviy xossalarini o‘rganish va xalq xo‘jaligida qo‘llash bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari hali yetarli emasligini qayd etish lozim. Shuning uchun aromatik birikmalar asosida yangi sirt-faol moddalar sintez qilish, kolloid kimyoviy xossalarini o‘rganish va sanoatda ishlatish yo‘llarini topish bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishlarini olib borishni yanada rivojlantirish kerak.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasining ilmiy-tadqiqot rejalari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya Umumiy va Noorganik kimyo institutining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq «Dispers tizimlarning texnologik xususiyatlarini yaxshilaydigan sirt-faol moddalar yaratishning ilmiy asoslarini ishlab chiqish» mavzusidagi loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** aromatik birikmalar asosida har xil uzunlikdagi uglevodorod zanjiriga ega bo‘lgan sirt-faol moddalar qatorini sintez qilish va ularning kolloid-kimyoviy xossalari asosida sanoatning turli sohalarida ishlatilish yo‘llarini aniqlashdan iborat.

### **Tadqiqotning vazifalari:**

fenol va konsentrlangan sulfat kislotasining o'zaro reaksiyasi asosida p-fenolsulfokislotani sintez qilish va uni bir atomli spirtlar bilan eterifikatsiya qilish natijasida p-fenolsulfokislotasining murakkab efirlarini olish. Sintez qilingan p-fenolsulfokislotasining murakkab efirlarini etanolli muhitda natriy gidroksidi va trietanolamin bilan neytrallab tuzlarini olish;

naftalin bilan konsentrlangan sulfat kislotasining o'zaro reaksiyasi asosida  $\beta$ -naftalinsulfokislotani sintez qilish va uni bir atomli spirtlar bilan eterifikatsiya qilish natijasida  $\beta$ -naftalinsulfokislotasining murakkab efirlarini olish;

sintez qilingan sirt-faol moddalarni reaksiya muhitidan ajratib olish va turli usullar yordamida tozalash. Tozalab olingan birikmalarning kimyoviy tuzilishini va fizik xossalarini zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqoq usullar yordamida ko'rsatib berish;

sintez qilingan sirt-faol moddalarning suvli eritmalarda va dispers tizimlardagi kolloid-kimyoviy xossalarini o'rganish;

olingan sirt-faol moddalarni turli dispers tizimlarning barqarorligi va samaradorligiga ta'sirini o'rganish;

sintez qilingan sirt-faol moddalarning kolloid-kimyoviy xossalarini o'rganish asosida ularni sanoatning turli sohalarida amaliyotda foydalanish yo'llarini topish va samaradorligini aniqlash.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida aromatik birikmalar bo'lgan fenol va naftalin asosida sintez qilingan har xil uzunlikdagi uglevodorod zanjiriga ega bo'lgan sirt-faol moddalar qatori, jumladan p-fenolsulfokislota va  $\beta$ -naftalinsulfokislotalarining bir atomli spirtlar bilan murakkab efirlari va ularning natriyli va trietanolaminli tuzlari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** aromatik birikmalar bo'lgan fenol va naftalin asosida p-fenolsulfokislota va  $\beta$ -naftalinsulfokislotalarini olish, ularning bir atomli spirtlar bilan murakkab efirlarini va turli tuzlarini sintez qilish, olingan har-xil uzunlikdagi uglevodorod zanjiriga ega bo'lgan sirt-faol moddalar qatorining kolloid-kimyoviy xossalarini o'rganish va sanoatning turli sohalarida foydalanish yo'llarini aniqlashni tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda zamonaviy va an'anaviy fizik-kimyoviy (IQ-spektroskopiya, xromotografiya, modda elementlari tahlili) va kolloid-kimyoviy (tenziometriya, konduktometriya, refraktometriya) tahlil usullaridan foydalanilgan.

### **Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:**

aromatik birikmalar bo'lgan fenol va naftalinni konsentrlangan sulfat kislotasi bilan reaksiyasi natijasida olingan p-fenolsulfokislotasi va  $\beta$ -naftalinsulfokislotasini bir atomli spirtlar bilan eterifikatsiya qilish va mahsulotni neytrallash asosida har xil uzunlikdagi uglevodorod zanjiriga va qarama-qarshi ionlarga ega bo'lgan p-fenolsulfokislotasi va  $\beta$ -naftalinsulfokislotasining sirt-faol hosilalari qatori sintez qilingan;

yangi sintez qilingan sirt-faol moddalarning kimyoviy tuzilishi bilan xossalari orasida o'zaro bog'liqlik aniqlangan, bunda p-fenolsulfokislotasi va  $\beta$ -

naftalinsulfokislotasining murakkab efirlarining molekulasi tarkibida uglevodorod zanjiri uzunligining ortishi bilan birikmalar sirt faolligining, ko‘pik hosil qilish va ho‘llash qobiliyatining ortishi aniqlangan va bu natijalarni o‘rganilgan sirt-faol moddalar eritmalarida gidrofob o‘zaro ta’sirlarning kuchayib borishi bilan isbotlangan;

o‘rganilgan sirt-faol moddalarning kolloid-kimyoviy xossalari orasida bog‘liqlik mavjudligi aniqlangan, bunda birikmalarning sirt faolligining ortishi bilan mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasining kamayishi, emulgirlash xususiyati, ko‘pik hosil qilish va ho‘llash qobiliyatining ortib borishi aniqlangan;

p-fenolsulfokislota va  $\beta$ -naftalinsulfokislotasining murakkab efirlarining suvli eritmalarida konsentratsiyaning ortib borishi bilan eritmalarda kritik opolesensiya hosil bo‘lishi aniqlangan va bu natija o‘rganilgan sirt-faol moddalarning sferik mitsellalar, silindrik va plastinkali tuzilishlar hosil qilishi bilan isbotlangan;

p-fenolsulfokislota va  $\beta$ -naftalinsulfokislotasining bir atomli spirtlar bilan murakkab efiri tuzlarining suvli eritmaları gidrofob yuzalarni gidrofillash xususiyatiga egaligi aniqlangan va bu natijani birikmalar molekularining yuzada monoqavatlar hosil qilishi bilan isbotlangan;

fenol va naftalin asosida sintez qilingan sirt-faol moddalarni rangli metallarni flotatsiya usulida boyitish uchun samarali ko‘pirtiruvchi kompozitsiyalar tarkibida, sement dispers tizimlarining barqarorligi va mustahkamligini oshirish va qotish vaqtini boshqarishda hamda tog‘-kon yo‘llarida changni bostiruvchi eritmalar tarkibida samarali qo‘llash imkoniyatlari aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

fenol va naftalin asosida turli uzunlikdagi uglevodorod zanjiriga ega bo‘lgan sirt-faol moddalar qatorlari sintez qilib olingan;

olingan SFMlarni rangli metallarni flotatsiya usulida boyitishda ko‘pirtiruvchi kompozitsiyalar tarkibida qo‘llash orqali samaradorlikni oshirish imkonini beradi;

kon-metallurgiya sanoati uchun sirt-faol moddalar asosida changni bostiruvchi kompozitsiyalar yaratilgan va ularning kon yo‘llaridagi changlarni bostirishda yuqori samara beradi;

sintez qilingan SFMlar qatorini amaliyotda beton aralashmalarida plastifikator sifatida foydalanish natijasida beton qotishmasining mustahkamligini 10-14 % gacha oshirish imkonini beradi.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi ilmiy ishda qo‘llanilgan zamonaviy fizik va kolloid-kimyoviy usullar bo‘lgan IQ spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya, modda elementlari tahlili, xromotografiya, tenziometriya, refraktometriya va boshqa tahlil usullaridan foydalanilgani, tajriba sinovlari laboratoriya va ishlab chiqarish sharoitlarida o‘tkazilganligi, hamda O‘zR FA O‘simlik moddalari kimyosi instituti, “Jizzax sement zavodi” AJ, Navoiy viloyati ekologiya, atrof-muhit muhofaza qilish boshqarmasi, Mineral resurslar institutining sinov laboratoriyasida, “Sinov sertifikat servis” MChJ, “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJning misni boyitish fabrikasi sinov laboratoriyalarining dalolatnomalari bilan tasdiqlangan.

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

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundaki, aromatik birikmalar asosida turli uzunlikdagi uglevodorod zanjiriga ega bo'lgan SFMLar qatorini sintez qilish va optimal sharoitlarini aniqlash, birikmalarning tuzilishi bilan kolloid kimyoviy xossalari orasidagi bog'liqliklarni topish natijalaridan yanada samarali yangi SFMLarni sintez qilish va kompozitsiyalar yaratish uchun asos bo'ladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundaki, aromatik birikmalar asosida sintez qilingan sirt-faol moddalar olish texnologiyasini ishlab chiqish va sanoatda ishlatish yo'llarini topish yangi birikmalarni amaliyotga qo'llashda, kimyo va kimyoviy-texnologiya sohasida bakalavrlar, magistrlar va doktorantlar tayyorlashda, oliy va maxsus ta'lim jarayonlarida foydalanish uchun xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Aromatik birikmalar asosida yangi sirt-faol moddalar sintezi va kolloid kimyoviy xossalari bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

aromatik birikmalar asosida sintez qilingan SFMLar yordamida ko'pirtiruvchi kompozitsiyalar olish usuli «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ ning «2025-2026-yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati»ga kiritilgan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2024-yil 17-sentyabrdagi 09-24/42-00026-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, sintez qilingan sirt-faol moddalar va ular asosida olingan ko'pirtiruvchi kompozitsiyalar ruda tarkibidagi mis konsentratini 88,6% dan 93,5% gacha boyitish imkonini beradi;

ko'pirtiruvchi AFS-2, FAB-9, BN-0,25 kompozitsiyalarni rudalarni boyitishda qo'llash usuli «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ ning «2025-2026-yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati»ga kiritilgan («Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJning 2024-yil 17-sentyabrdagi 09-24/42-00026-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, olingan ko'pirtiruvchi kompozitsiyasini 40 g/t miqdorida qo'llanilganda ruda tarkibidagi mis konsentratini hozirda amalda ishlatilayotgan T-92 preparatiga nisbatan 91,1% dan 93,5% ga qadar boyitish imkonini beradi.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiya ishining natijalari 7 ta, jumladan, 3 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, jumladan, 5 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 113 betni tashkil etadi.

## **DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI**

Dissertatsiyaning **kirish** qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, maqsad va vazifalari belgilab olingan, tadqiqot obyektlari va

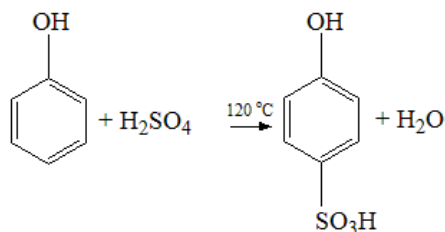
predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fani va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mos kelishi ko‘rsatilgan, tadqiqot natijalarining ilmiy yangiligi, ilmiy va amaliy ahamiyati bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati, olingan natijalarning amaliyotga joriy etilish holati, chop etilgan ilmiy ishlar hamda dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Aromatik birikmalar asosida sirt-faol moddalar sintez qilish usullari, xossalari va qo‘llanilishi**” deb nomlangan birinchi bobida ilmiy-texnik adabiyotlarda va patent nashrlarida chop etilgan ishlarning tahlili keltirilgan bo‘lib, unda aromatik birikmalar asosida sirt-faol moddalar sintez qilish, kimyoviy tuzilishi va xossalari, ishlatilish sohalari hamda istiqbollari haqidagi izlanishlarning hozirgi holati berilgan.

Ilmiy adabiyotlarning tahlili aromatik birikmalar asosida yangi sirt-faol moddalar sintez qilish yo‘llarini topish uchun yordam berdi. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuningdek, mazkur ishda qo‘yilgan maqsad va vazifalarni shakllantirishga yordam bergan.

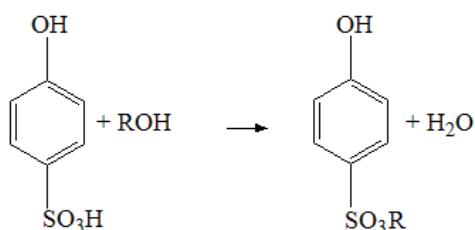
Ikkinchi bob “**Tadqiqot obyektlari va usullari**” deb nomlanib unda yangi sintez qilingan sirt-faol moddallarning tuzilishini va kolloid-kimyoviy xossalarini tadqiq qilishda qo‘llanilgan tadqiqot usullari, shuningdek, qo‘llanilgan moddalar va reaktivlarning tavsifi keltirilgan.

Dissertatsiyaning « **Aromatik birikmalar asosida sirt-faol moddalar sintezi va maqbul sharoitlari** » deb nomlangan uchinchi bobida, sirt-faol moddalarni sintez qilish yo‘llari keltirilgan. P-fenolsulfokislotasining murakkab efirlarini olish uchun birinchi bosqichda fenol va konsentrlangan sulfat kislotasini 1:1 nisbatda 120 °C haroratda 4 soat davomida doimiy aralashtirish natijasida fenolsulfokislota olindi. Fenolsulfokislota olishning reaksiya tenglamasi quyidagicha ifodalandi:



Fenolni temperatura ostida konsentrlangan sulfat kislotasi bilan reaksiyasi natijasida orto- va para-sulfofenollar aralashmasi hosil bo‘ladi. Bunda reaksiyani 120 °C haroratda olib borilganda termodinamik omil natijasida sulfoguruh aromatik halqaning para holati tomon siljiydi va bu reaksiya natijasida 96 foizgacha p-fenolsulfokislota hosil bo‘lishiga olib keladi. Reaksiya 4 soat davom etganidan so‘ng hosil bo‘lgan p-fenolsulfokislota va oz miqdordagi o-fenolsulfokislota aralashmasi xona haroratigacha (20°C) sovutildi. Reaksiya mahsulotini atsetonli eritmasidan geksan yordamida cho‘ktirish orqali p-fenolsulfokislota ajratib olindi. Reaksiyadan sintez qilib olingan p-fenolsulfokislota unumi 91,6% ni tashkil etdi.

Ikkinchi bosqichda, sintez qilingan p-fenolsulfokislotasini bir atomli spirtlar bilan eterifikatsiya qilindi. Ushbu p-fenolsulfokislotasini bir atomli spirtlar bilan eterifikatsiya qilish jarayonini quyidagi kimyoviy reaksiya tenglamasi orqali ifodalandi:

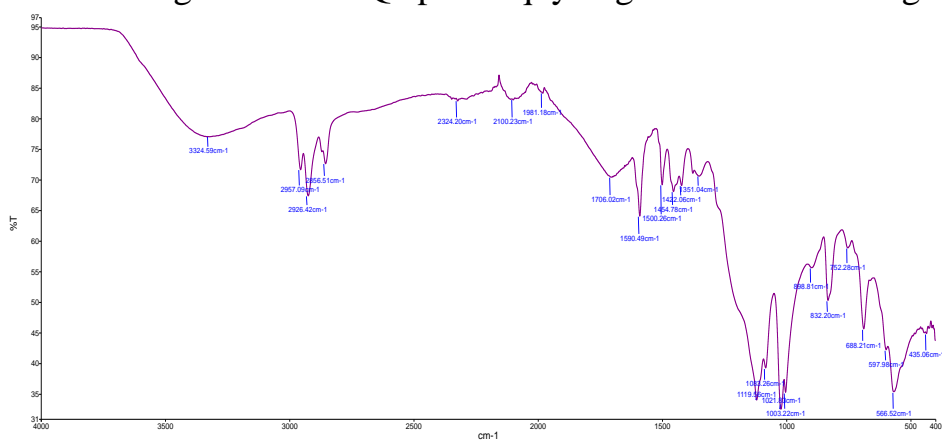


bu yerda R = -C<sub>7</sub>H<sub>15</sub> (AFS-2), -C<sub>8</sub>H<sub>17</sub> (AFS-3), -C<sub>10</sub>H<sub>21</sub> (AFS-4), -C<sub>12</sub>H<sub>25</sub> (AFS-5).

Ushbu bosqichda p-fenolsulfokislotasining bir atomli spirtlar bilan murakkab efirlarini olish uchun p-fenolsulfokislotasini bir atomli spirtlar bilan turli nisbatlarda 80°C dan 160°C gacha bo'lgan haroratda, minutiga 450 ayl/min tezligida magnitli aralastirgichda 4 soat davomida aralastirib eterifikatsiya qilindi. Murakkab efirlarini olish uchun katalizator sifatida konsentrlangan sulfat kislotasidan foydalanildi. Eterifikatsiya reaksiyasi natijasida chiqqan suvni Dina-Starka qurilmasi yordamida ajratildi.

Reaksiya mahsulotini etanol va benzol yordamida uch marta cho'ktirish orqali ajratib tozalab olindi. So'ngra tozalab olingan reaksiya mahsulotidan etanol va benzol qoldiqlarini vakuum ostida 60 °C haroratda vakuum nasos yordamida haydab ajratib olindi. Tozalab olingan sirt-faol moddani quritish uchun uni tubiga suvsiz CaCl<sub>2</sub> solingan eksikatorida past bosim ostida saqlandi.

Sintez qilingan yangi SFMLarning kimyoviy tuzilishini aniqlash maqsadida birikmalarning elementlari tahlili va IQ-spektrlari olindi. Sintez qilingan p-fenolsulfokislotasining oktil efiri IQ-spektri quyidagi 1-rasmda keltirilgan.

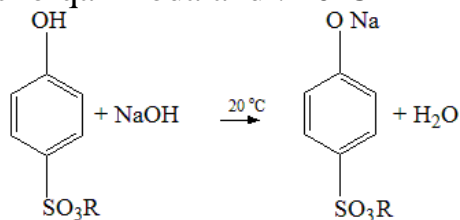


**1-rasm. p-fenolsulfokislotasi oktil efirining IQ-spektri.**

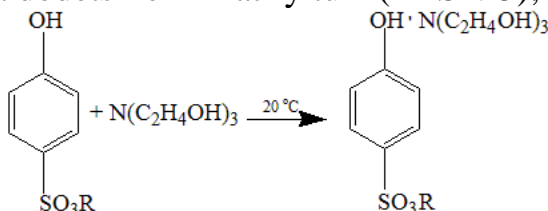
Yuqoridagi 1-rasmdagi IQ spektri tahlil qilinganda 1500-1590 sm<sup>-1</sup> sohadagi cho'qqilar aromatik halqadagi CH va CH<sub>2</sub> bog'lariga, 2926-2958 dagi cho'qqilar murakkab efir bog'lariga, 1200-1100 sm<sup>-1</sup> va 1050-1000 sm<sup>-1</sup> dagi cho'qqilar sulfo guruhiga tegishli ekanligi aniqlandi. Yuqorida keltirilgan IQ-spektrni tahlili ushbu sintez qilingan birikma p-fenolsulfokislotasining oktil efiriga hosligini ko'rsatdi. Shuningdek ushbu birikmaning element tahlili natijalari asosida uning kimyoviy tuzilishi aniqlandi.

Yuqorida sintez qilingan p-fenolsulfokislotasining bir atomli spirtlar bilan murakkab efirlarini etanoli muhitda NaOH va trietanolaminlar bilan neytrallash reaksiyasi orqali ularning tuzlari ham olindi. Ushbu p-fenolsulfokislotasini bir atomli spirtlar bilan efirlarining tuzlarini sintez qilish jarayonini quyidagi

kimyoviy reaksiya tenglamasi orqali ifodalandi: 20°C

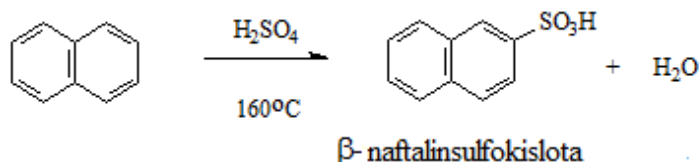


bunda: R= C<sub>7</sub>H<sub>15</sub> p-fenolsulfokislota geptil efiri natriy tuzi (AFSN-2); R= C<sub>12</sub>H<sub>25</sub> p-fenolsulfokislota dodetsil efiri natriy tuzi (AFSN-5);

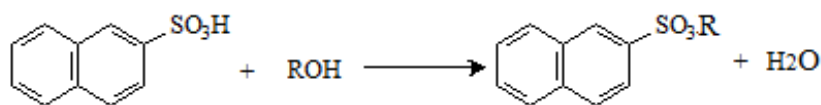


bunda: R= C<sub>7</sub>H<sub>15</sub> p-fenolsulfokislota geptil efiri trietanolamin tuzi (AFST-2); R= C<sub>12</sub>H<sub>25</sub> p-fenolsulfokislota dodetsil efiri trietanolamin tuzi (AFST-5).

Naftalin asosida sirt faol moddalar olish uchun birinchi bosqichda naftalin va konsentrlangan sulfat kislotasini 1:1,1 nisbatda 160<sup>0</sup> C haroratda 4 soat mobaynida doimiy aralashtirish natijasida β-naftalinsulfokislota olindi.



Ikkinchi bosqichda, sintez qilingan β-naftalinsulfokislota bir atomli spirtlar bilan eterifikatsiya qilindi. Buning uchun β-naftalinsulfokislota bir atomli spirtlar bilan turli nisbatlarda 125°C dan 150°C gacha bo'lgan haroratda, magnitli aralashtirgichda 4 soat davomida aralashtirib eterifikatsiya qilindi. Katalizator sifatida konsentrlangan sulfat kislotasidan foydalanildi. Reaksiya natijasida chiqqan suvni Dina-Starka qurilmasi yordamida ajratildi. Eterifikatsiya qilish jarayonini quyidagi kimyoviy reaksiya tenglamasi orqali ifodalandi:



Bu yerda R = C<sub>7</sub>H<sub>15</sub> β-naftalinsulfokislota geptil efiri (ANS-3), R= C<sub>10</sub>H<sub>21</sub> β-naftalinsulfokislota detsil efiri (ANS-5)

Dissertatsiyaning «**Aromatik birikmalar asosida olingan sirt-faol moddalarining kolloid-kimyoviy xossalari**» deb nomlangan to'rtinchi bobida, sintez qilingan SFMlarning kolloid-kimyoviy xossalari o'rganilgan va olingan natijalar tahlil qilingan. Jumladan, bu bobda sintez qilingan birikmalarning suvli eritmalarining sirt tarangligi, ko'pik hosil qilish qobiliyati, mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi (MHKK), dinamik aloqa burchagi va emulsiyalarni barqarorlashtirish qobiliyati va optik xossalari aniqlangan. Sintez qilingan yangi SFMlarning suvli eritmalarining sirt tarangligi turli konsentratsiyalarda temperaturaga bog'liq holda o'rganildi. Olingan natijalar quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

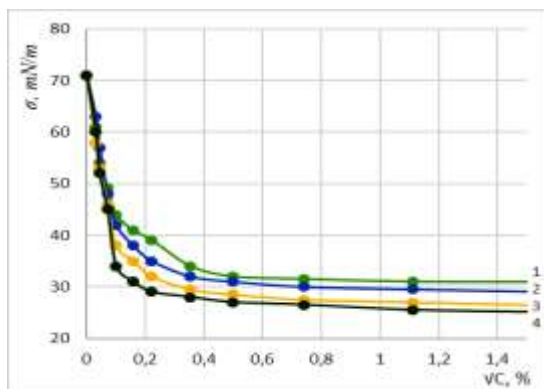
## SFMLarning suvli eritmalarining sirt tarangligi

SFM nomi	T, K	SFMLarning turli konsentratsiyali (C, %) suvli eritmalarining sirt tarangligi ( $\sigma$ , mN/m)									
		5	2,5	1,25	0,62	0,31	0,08	0,02	0,005	0,001	0,0001
AFS-2	293	29,6	30,7	30,9	31,1	31,7	34,4	39,9	49,2	68,1	72,4
	303	28,7	29,8	30,5	30,8	30,9	33,8	39,0	48,6	67,5	71,9
	313	27,6	29,4	29,9	30,2	30,4	33,1	38,4	47,1	66,8	71,1
	323	26,8	28,2	29,1	29,8	29,9	32,5	37,6	46,2	66,1	70,5
	333	26,1	27,1	28,5	29,2	29,3	32,0	36,9	46,0	65,5	69,8
AFS-3	293	28,1	28,2	28,3	28,8	29,7	31,2	33,9	47,7	67,3	72,2
	303	27,6	29,4	27,9	28,2	29,4	30,1	32,4	47,1	66,8	71,8
	313	26,8	28,2	27,1	27,8	28,9	29,5	31,6	46,2	65,1	71,0
	323	26,1	27,1	26,5	27,2	28,3	29,0	30,9	45,0	64,5	70,2
	333	25,7	26,3	26,0	26,4	27,7	28,2	30,1	44,5	64,0	69,6
AFS-4	293	26,3	26,6	26,7	26,9	27,3	28,7	30,5	45,6	66,2	72,1
	303	25,7	26,3	26,0	26,4	26,7	28,2	30,1	45,1	66,0	71,7
	313	25,0	25,9	25,7	26,0	26,3	27,6	29,3	44,4	65,3	71,0
	323	24,9	25,5	25,5	25,8	26,0	26,9	28,9	44,0	64,0	70,1
	333	24,9	25,2	25,3	25,5	25,8	26,8	28,0	43,2	63,3	69,4
AFS-5	293	25,9	26,2	26,3	26,4	26,8	27,9	28,7	43,1	63,3	72,1
	303	25,7	25,9	26,0	26,2	26,7	27,2	28,1	42,5	62,0	71,5
	313	25,0	25,9	25,7	26,0	26,3	27,7	29,3	42,0	61,2	70,8
	323	25,0	25,5	25,5	25,8	26,0	27,4	28,9	41,7	60,9	70,0
	333	25,0	25,2	25,3	25,5	25,8	26,8	28,0	41,1	60,5	69,1

Yuqoridagi 1-jadvalda keltirilgan yangi SFMLarning suvli eritmalarining sirt tarangligining konsentratsiyaga va temperaturaga bog'liqligi natijalar barcha o'rganilgan SFM lar yuqori sirt faollikka ega ekanligini ko'rsatdi.

Olingan natijalardan ko'rinadiki, o'rganilgan SFMLarning suvli eritmalaridagi konsentratsiyasi oshgani sayin, ularning sirt-faolligi ham ortib boradi. Bunda SFMarning suvli eritmasining konsentratsiya ko'tarilishi bilan eritmalarining sirt tarangligi 25-29 mN/m gacha pasayishi aniqlandi. Shuningdek, SFMLarning turli konsentratsiyali eritmalarida harorat oshishi bilan eritmalarining sirt tarangligi pasayib boradi. Bu natijalarni harorat va konsentratsiyaning oshishi bilan eritmadagi birikmalarning adsorbsion qobiliyati va sirt faolligining oshishi bilan izohlash mumkin.

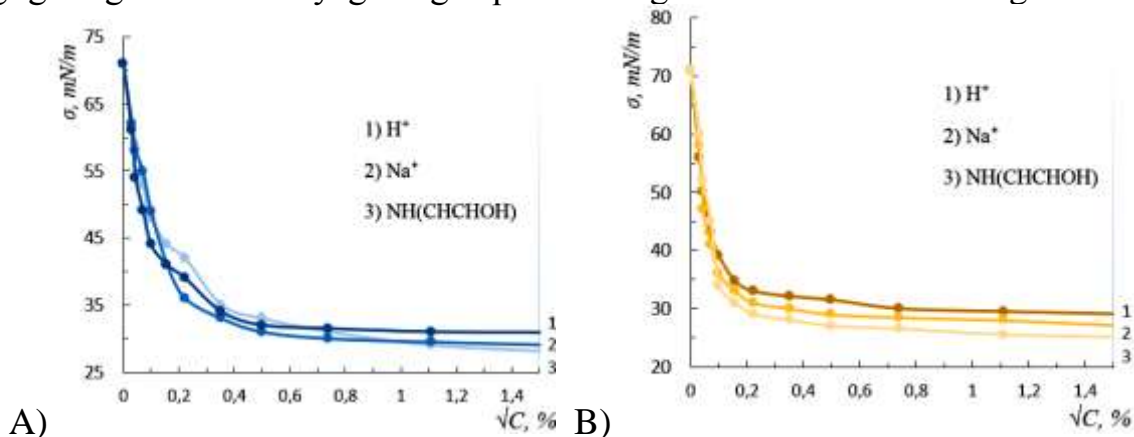
Tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatdiki, SFM molekulasidagi chiziqli uglevodorod zanjiridagi CH<sub>2</sub> guruhlar sonining ortishi bilan sirt faollikning oshishi va MHKK qiymatining pasayishi kuzatildi. Quyidagi 2-rasmda p-fenolsulfokislotasining murakkab efilari suvli eritmasining sirt tarangligini konsentratsiyaga bog'liqlik grafigi keltirilgan.



**2-rasm. SFMlar suvli eritmalarini sirt tarangligining ( $\sigma$ , mN/m) konsentratsiyaga (C, %) bog'liqligi:** 1) AFS-2, 2) AFS-3, 3) AFS-4, 4) AFS-5.

Olingan natijalar (2-rasm) shuni ko'rsatadiki, o'rganilgan SFMlarning suvli eritmalarining sirt tarangligi suvdagi SFMlarning konsentratsiyasi ortishi bilan kamayib boradi. O'rganilgan sirt-faol moddalarning molekulari o'zining amfifilik tuzilishi tufayli suv yuzasiga adsorbsiyalanadi va suvning sirt tarangligini kamaytiradi. Shuningdek grafikdan ko'rinadiki, yuqori konsentratsiyasidagi sirt-faol moddalar eritmalarining sirt tarangligi deyarli o'zgarmay qoladi. Bu natijani yuqori konsentratsiyalarda sirt-faol modda molekulari suv yuzasiga adsorbsiyalanib, uning yuzasini to'liq qoplashi va suvning sirt tarangligi maksimal darajada kamayishi bilan izohlash mumkin. Eritma yuzasi SFM molekulari bilan to'liq qoplangach SFM konsentratsiyasining yanada ortishi natijasida molekular mitsellalarni hosil qiladi. Olingan natijalardan ko'rinadiki, MHKK yetganda eritmaning sirt tarangligi o'zgarmay qoladi va doimiy bo'lib qoladi.

Turli qarama-qarshi ionlarga ega bo'lgan SFMlarning suvli eritmalarining sirt tarangligining konsentratsiyaga bog'liq holda o'zgarishi 3-rasmda keltirilgan.



**3-rasm. SFMlar molekulasidagi qarama-qarshi ionlarning sirt-faollikka ta'siri (293 K da):** A) 1) AFS-2, 2) AFSN-2, 3) AFST-2; B) 1) AFS-5, 2) AFSN-5, 3) AFST-5.

Yuqorida keltirilgan 3-rasmdan ko'rishimiz mumkinki SFMlarning qarama qarshi ionlari qatorida  $H^+ < Na^+ < NH(CH_2CH_2OH)_3^+$  birikmalarning sirt faolligi ortib boradi. Ushbu natijani SFMlarning qarama-qarshi ionlari radiusining ortishi natijasida birikmalarning difilligining ortishi bilan izohlash mumkin.

Yangi olingan SFMlarning suvli eritmalarining ko'pik hosil qilish qobiliyati eritmaning konsentratsiyasiga, vaqtga va temperaturaga bog'liq holda o'rganildi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

## 2-jadval.

## SFMLarning suvli eritmalarining turli konsentratsiyalardagi ko'pik hosil qilish qobiliyatlari va vaqt davomida ko'pikning barqarorligi

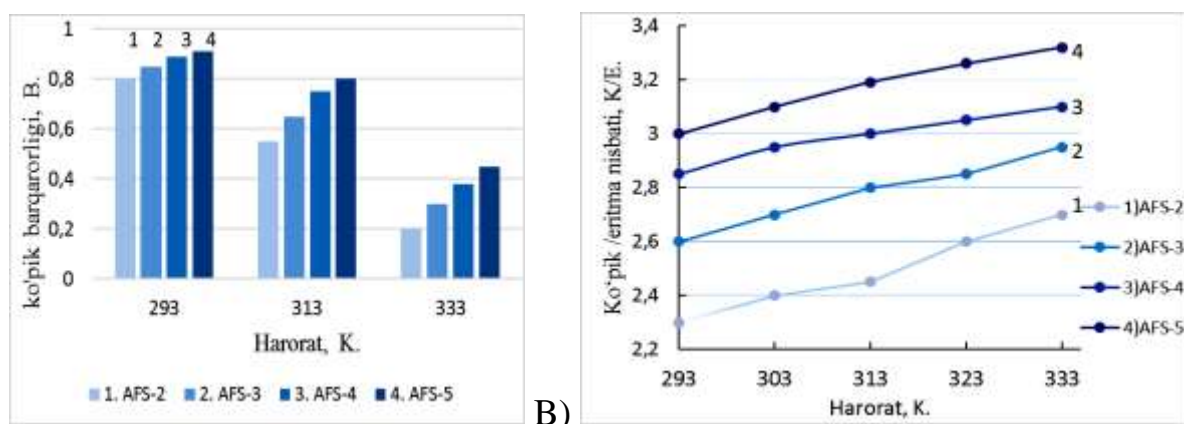
SFM nomi	SFM konsentratsiyasi, (C, %)	Vaqt davomida (t, min.) / Ko'pikning hajmi (V, ml)						B, (ko'pik barqarorligi)	K/E, (ko'pik eritma nisbati)
		0	1	3	5	10	20		
AFS-2	5	262,0	241,0	240,8	235,1	233,6	231,2	0,88	2,62
	2,5	252,6	240,2	236,6	223,9	222,0	217,1	0,87	2,52
	1,25	249,0	242,1	235,0	226,7	219,3	211,5	0,84	2,49
	0,62	235,3	230,1	225,5	215,3	205,2	190,1	0,82	2,35
	0,31	220,1	218,1	213,2	200,2	188,8	180,0	0,81	2,20
AFS-3	5	289,0	285,0	272,0	270,0	265,0	253,5	0,87	2,92
	2,5	288,0	284,0	269,5	265,5	250,5	245,5	0,85	2,88
	1,25	281,5	280,5	268,5	265,0	243,5	237,5	0,85	2,81
	0,62	275,0	273,5	262,0	257,5	246,0	235,0	0,85	2,75
	0,31	260,0	255,0	253,0	245,0	225,5	220,0	0,84	2,60
AFS-4	5	310,0	295,0	284,0	274,0	260,0	255,5	0,84	3,10
	2,5	300,0	290,0	285,5	270,5	265,5	245,5	0,81	3,00
	1,25	295,5	283,5	275,5	265,0	250,5	235,5	0,80	2,95
	0,62	280,0	268,5	262,0	257,5	243,0	220,0	0,78	2,80
	0,31	262,0	250,5	248,5	245,0	232,0	190,0	0,73	2,62
AFS-5	5	344,0	340,0	324,0	314,0	310,0	305,5	0,88	3,44
	2,5	340,0	330,0	315,5	290,5	275,5	265,5	0,78	3,40
	1,25	325,5	313,5	300,5	285,0	250,5	245,5	0,78	3,25
	0,62	310,0	298,5	282,0	267,5	253,0	240,0	0,77	3,10
	0,31	285,0	270,5	258,5	245,0	232,0	220,0	0,76	2,85

Olingan natijalardan (2-jadval) ko'rinadiki, sirt-faol moddaning uglevodorod zanjiri C<sub>7</sub> dan C<sub>12</sub> gacha uzayganida uning ko'pik hosil qilish qobiliyatining ortishi kuzatildi. Ushbu natijani birikmadagi uglevodorod zanjiri uzayishi bilan sirt-faol moddaning molekullari ko'pikning suyuqlik qavati yuzasida adsorbsiyasining ortishi bilan izohlash mumkin. Olingan natijalar asosida o'rganilgan SFMLarning suvli eritmalarining konsentratsiyasini oshishi bilan ularning ko'pik hosil qilish qobiliyati va ko'pikning barqarorligi ortib borishi aniqlandi.

Yangi SFM eritmalarining turli haroratlarda ko'pik hosil qilish qobiliyati va ko'pikning barqarorligi o'rganildi. Olingan natijalar quyidagi 4-rasmda keltirilgan.

Olingan natijalardan (4A-rasm) ko'rinadiki p-fenolsulfokislota murakkab efirlarining 0,5% li eritmasida ko'pikning barqarorligi harorat oshib borishi bilan pasayib boradi. Bu natijani shunday izohlash mumkinki, harorat oshib borishi bilan ko'pik plyonkasi ichidagi suvning oquvchanligini ortishi natijasida ko'pik devori yupqalashib, tezroq parchalanadi.

Keltirilgan grafikdan (4B-rasm) ko'rinadiki p-fenolsulfokislota murakkab efirlarining suvli eritmalarida harorat oshishi bilan ko'pik hosil bo'lishi ortadi.



**4-rasm. SFMlarning 0,5% li suvli eritmalarida turli haroratdagi (293-333 K)**

**A) ko'pikning barqarorligi (B), B) ko'pik hosil qilish qobiliyati (K/E).**

Bu natijani harorat ortishi bilan SFM molekularining suyuqlik-havo chegarasida adsorbsiyasining kuchayishi bilan tushuntirish mumkin. AFS-2<AFS-3<AFS-4<AFS-5 qatorida SFMlarning ko'pik hosil qilish qobiliyatining ortishi kuzatildi. Bu natijani ushbu qatorda sirt-faol moddalar molekulasidagi uglevodorod zanjiri uzunligining ortib borishi bilan eritmada gidrofob o'zaro ta'sirlarning kuchayishi va SFM molekularining ko'pik plyonkasi yuzasidagi adsorbsiyasi bilan izohlash mumkin.

Ma'lumki sirt-faol modda molekulari suvli eritma yuzasida adsorbsiyalanib suvning sirt tarangligini pasaytiradi. Bunda SFMning eritmadagi konsentratsiyasi oshishi natijasida eritmaning sirt yuzasi to'yingan holatga kelib, SFMning eritmadagi konsentratsiyasining yanada ko'payishi esa sirt-faol moddalarning eritmada mitsella hosil qilishiga olib keladi. Quyidagi 3-jadvalda o'rgailgan sirt-faol moddalarning suvli eritmalarida MHKKsi va unga mos holda eritmaning sirt tarangligi hamda optik zichligi turli temperaturalarda keltirilgan.

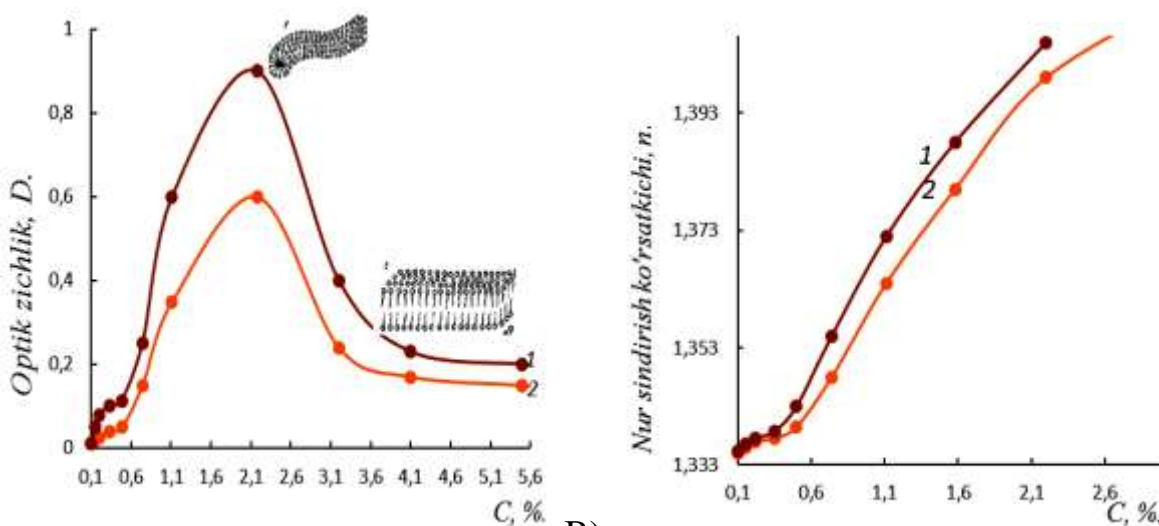
**3-jadval.**

**SFMlarning suvli eritmalarining turli haroratlardagi MHKK (g/l), eritmalarining sirt tarangligi ( $\sigma$ , mN/m) va optik zichligi (D)**

SFM	T, K	MHKK (g/l)	$\sigma$ , mN/m	D
AFSN-2	298	4,33	26,95	0,12
	308	4,20	25,83	0,11
	318	3,90	25,61	0,10
AFS-5	298	3,53	27,75	0,18
	308	3,31	26,83	0,17
	318	3,01	26,21	0,16
AFS-4	298	4,24	28,24	0,17
	308	4,15	27,48	0,16
	318	3,94	27,02	0,152
AFS-3	298	5,12	30,24	0,15
	308	4,85	29,48	0,14
	318	4,64	28,34	0,13
AFS-2	298	5,42	30,64	0,15
	308	5,23	29,48	0,14
	318	4,94	28,92	0,13

Keltirilgan (3-jadval) natijalardan ko‘rinadiki, SFM eritmlarining MHKK qiymatlari va optik zichliklari harorat oshishi bilan kamayib boradi. Bu natijani harorat ta‘sirida SFM molekulari harakatchanligining ortishi va eritma yuzasini tezroq to‘ldirishi natijasida MHKKning kamayishi bilan izohlandi. O‘rganilgan p-fenolsulfokislotasining murakkab efirlari MHKK qiymatlari bo‘yicha quyidagi ketma-ketlikda joylashgan: AFS-2 > AFS-3 > AFS-4 > AFS-5. Bundan ko‘rinadiki o‘rganilgan sirt-faol moddalarning molekulasidagi uglevodorod zanjirining uzunligi ortishi bilan ularning eritmada mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi kamayib boradi. Olingan natijani quyidagicha izohlash mumkin, ya‘ni ushbu qatorda sirt-faol moddalar molekulasidagi uglevodorod zanjiri uzunligining ortib borishi bilan eritmada gidrofob o‘zaro ta‘sirlarning kuchayishi va eritma yuzasining SFM molekulari bilan tezroq to‘yinishi MHKKsining pasayishiga olib keladi.

Olib borilgan ilmiy tadqiqotimizda turli konsentratsiyalardagi SFMlarning suvli eritmalarining optik zichligi va nur sindirish ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Olingan natijalar quyidagi 5-rasmda keltirilgan.



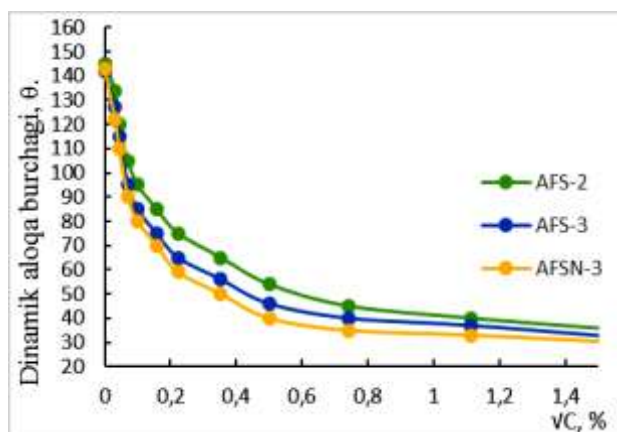
A)

B)

**5-rasm. SFMlarning turli konsentratsiyali suvli eritmalarining A) Optik zichligi (D) va B) Nur sindirish ko‘rsatkichi (n): 1) AFS-5, 2) AFS-3.**

SFMlarning suvli eritmalarining optik zichligi va nur sindirish ko‘rsatkichining konsentratsiyaga bog‘liq holda olingan natijalaridan (5-rasm) ko‘rinadiki, SFMlarning suvli eritmada konsentratsiyasi ortishi bilan eritmalarining optik zichligi va nur sindirish ko‘rsatkichi ortib boradi. Natijada SFMning eritmalarida konsentratsiya MHKK yetganda eritmaning optik zichligi va nur sindirish ko‘rsatkichlari keskin ko‘tarildi. Bunda SFMlar konsentratsiyasi 0,3-0,5 % oralig‘ida eritmada mitsellalar hosil bo‘lganligi natijasida optik zichlik va nur sindirish ko‘rsatkichlari keskin ortadi. Yuqori konsentratsiyalarda (2,6-3,1%) SFM mitsellalari eritmada yangi tuzilishlarni hosil qiladi va eritma tiniqlashib optik zichlik keskin kamayganini ko‘rishimiz mumkin.

Yangi sintez qilingan sirt-faol moddalarning turli konsentratsiyadagi suvli eritmalarining gidrofob xossaga ega bo‘lgan yuzani ho‘llash burchagi (dinamik aloqa burchagi) o‘rganildi. Olingan natijalar 6-rasmda keltirilgan.



**6-rasm. SFMlar turli konsentratsiyali ( $\sqrt{C}$ , %) suvli eritmalarining qattiq gidrofob yuzani ho‘llash qobiliyati ( $\theta$ ).**

Olingan natijalardan (6-rasm) ko‘rinadiki SFMlarning molekulari suvli eritmalarda gidrofob sirtga adsorbsiyalanishi natijasida o‘rganilgan sirtning gidrofillashiga olib keladi. Bu esa, SFMning suvli eritmasining sirtga yoyilishini osonlashtiradi va aloqa burchagini kamaytiradi. Bunda eritma konsentratsiyasi ortgani sari dinamik ho‘llash burchagi ham kamayib boradi. Natijada eritma konsentratsiyasi 0,05 % ga yetganida barcha SFMlar gidrofob yuzada  $<90^\circ$  burchakda yoyilishni boshlagan va ho‘llash darajasi oshib borib 0,5 % konsentratsiyada maksimal suyuqlik yoyilishiga erishilgan. Bu jarayonni SFMlar molekulasining gidrofob qattiq yuzada gidrofob qismi bilan joylashuvi natijasida yuzaning gidrofilligini oshirish bilan izohlash mumkin.

Yangi SFMlar va chiziqli alkilbenzol-sulfonkislota (LABSA) suvli eritmaları bilan bodom moyidan olingan emulsiyalarning  $20^\circ\text{C}$  haroratda saqlash davomida barqarorligi o‘rganildi. Olingan natijalar quyidagi 4-jadvalda keltirilgan.

**4-jadval.**

**SFMlar suvli eritmaları va bodom moyi 7:3 nisbatda olingan emulsiyalarning  $20^\circ\text{C}$  haroratda saqlash davomida barqarorligi**

Saqlash vaqti, soat	Emulsiya fazasi balandligi (mm)			
	LABSA:bodom moyi	AFS-3:bodom moyi	AFS-4:bodom moyi	AFS-5:bodom moyi
1	100	100	100	100
8	96	94	95	97
24	89	86	88	90
168	70	70	73	75

Tajribada LABSA, AFS-3, AFS-4, AFS-5 SFMlar suvli eritmaları va bodom moyi 7:3 nisbatda olingan emulsiyalarning  $20^\circ\text{C}$  haroratda saqlash vaqtida barqarorligi 7 kun davomida kuzatildi. Bunda AFS-5 SFMsi eng yuqori barqarorlikka ega bo‘lgan emulsiya hosil qildi. Olingan natijani ushbu SFM molekulasidagi gidrofob uglevodorod zanjirining uzunligi kattaligi bilan izohlandi va bunda SFM molekulari yog‘ fazasini yaxshi emulgirlishi natijasida barqaror emulsiya hosil qildi.

Dissertasiyaning «**Sintez qilingan SFMlarning qo‘llanilish sohalari**» deb nomlangan beshinchi bobida sintez qilib olingan SFMlarning qo‘llanilish sohalari aniqlangan. SFMlar asosida olingan ko‘pirtiruvchi kompozitsiyalarni flotatsiya

jarayonidagi samaradorligi “Olmaliq kon metallurgiya kombinati” (Olmaliq KMK) AJ ning misni boyitish fabrikasida sinovdan o‘tkazildi. Misni boyitish fabrikasida o‘tkazilgan tadqiqot va sinov natijalari quyidagi 5-jadvalda keltirilgan.

**5-jadval.**

**SFMLar asosida olingan yangi kompozitsiyalarning “Olmaliq KMK” AJ misni boyitish fabrikasida flotatsiya jarayonida sinash natijalari**

Mahsulot nomi	Mis, %			Ko‘pirtiruvchi nomi	Ko‘pirtiruvchi-ning sarf miqdori
	Chiqish, %	Tarkib, %	Ajratib olish, %		
Birlamchi konsentrat	<b>17,8</b>	<b>2,8</b>	<b>91,14</b>	T-92	42 g/t
Qoldiq ruda	82,2	0,05	8,16		
Dastlabki ruda	100	0,38	100		
Birlamchi konsentrat	<b>11,2</b>	<b>2,87</b>	<b>86,98</b>	AFS-2	40 g/t
Qoldiq ruda	88,9	0,05	13,02		
Dastlabki ruda	100	0,37	100		
Birlamchi konsentrat	<b>14,3</b>	<b>2,42</b>	<b>88,80</b>	AFS-2	60 g/t
Qoldiq ruda	85,7	0,05	11,20		
Dastlabki ruda	100	0,39	100		
Birlamchi konsentrat	<b>9,1</b>	<b>3,67</b>	<b>87,01</b>	AFSN-3	60 g/t
Qoldiq ruda	90,9	0,06	12,99		
Dastlabki ruda	100	0,38	100		
Birlamchi konsentrat	<b>17,5</b>	<b>2,09</b>	<b>90,21</b>	FAB-9	40 g/t
Qoldiq ruda	82,5	0,05	9,79		
Dastlabki ruda	100	0,40	100		
Birlamchi konsentrat	<b>11,8</b>	<b>3,24</b>	<b>93,52</b>	BN-0,25	40 g/t
Qoldiq ruda	88,2	0,03	6,48		
Dastlabki ruda	100	0,41	100		

Yuqorida keltirilgan natijalar tahlili yangi yaratilgan preparatlarining flotatsiya jarayonidagi samaradorligi yuqori ekanligini ko‘rsatdi. Yangi sintez qilib olingan SFMLar sof holda ko‘pirtiruvchi sifatida foydalanilganda mis rudasini 88,8 % gacha boyitishi aniqlandi. Sintez qilingan yangi SFMLar asosida yaratilgan kompozitsiyalar ishlatilganida esa mis rudasini 92,4 -93,5% gacha boyitishga erishildi. Hozirda “Olmaliq KMK” AJda amalda qo‘llanilayotgan T-92 preparati esa mis rudasini 88,40 - 91,14 % gacha boyita oladi. Natijalar tahlili asosida, yangi yaratilgan preparatlarining flotatsiya jarayonidagi samaradorligi yuqoriligi va ular hozirda “Olmaliq KMK” AJda a qo‘llanilayotgan T-92 preparatiga nisbatan ustunlikka egaligi ko‘rsatadi.

Sintez qilingan SFMLar yuqori sirt faolligi va yuzalarda adsorbsiyalanishi hisobiga dispers tizimlarning kolloid-kimyoviy xususiyatlari o‘zgartira olishi aniqlandi va shu asosda bu birikmalarni sement aralashmalariga ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalarga ko‘ra, M350 markali sement asosida olingan beton 28 kunda qurish davridan so‘ng 350 kg/sm<sup>2</sup> bosimgacha bardosh berdi. SFMLar AFS-2 va AFSN-3 qo‘shilganda esa ushbu betonning 28 kunlik qurish davridan so‘ng bardoshligi mos ravishda 370 va 398 kg/sm<sup>2</sup> ni tashkil etdi. Plastifikator qo‘shilmagan betonga nisbatan 10-14% ga yuqori markali beton qorishma olishga erishildi. Ya’ni M350 markali betonga AFSN-3 qo‘shilishi natijasida M400

markadagi beton olindi. Bu umumiy hisobda sement sarfini 14 % gacha kamaytirish imkonini berdi.

O'rganilgan SFMLar va ular asosida olingan kompozitsiyalarni tog'-kon yo'llarida chang bostiruvchi sifatida sinovdan o'tkazildi. Bunda yangi sintez qilingan SFMLar asosidagi kompozitsiyalar eritmasi tuproqqa sepilganda tuproqda 2,5-3 sm gacha qalinlikdagi qalin qavat hosil qildi. Hosil bo'lgan qavatning elastiklik xususiyati va uzoq vaqt davomida tuproqdagi namlikni (25-40 °C da 10-12 kun davomida) saqlab turishi, tuproq yuzalarda chang hosil bo'lishini to'xtatishga olib keldi. Ushbu kompozitsiyalarni chang bostirish uchun tog'-kon sanoatida qo'llashga tavsiya etildi.

## XULOSALAR

1. Fenolni turli harorat va nisbatlarda konsentrlangan sulfat kislotasi bilan kimyoviy reaksiyasi asosida p-fenolsulfokislotasi sintez qilindi.

2. Sintez qilingan p-fenolsulfokislotasini bir atomli spirtlar (geptanol, oktanol, dekanol, dodekanol) bilan eterifikatsiyalash reaksiyasi yordamida uning murakkab efirlari olindi.

3. Fenolsulfokislotasining bir atomli spirtlar (oktanol, dodekanol) bilan murakkab efirlarining turli xil tuzlari sintez qilind.

4. Naftalinni konsentrlangan sulfat kislota bilan surfurlash va bir atomli spirtlar (geptanol, dekanol) bilan eterifikatsiya qilish natijaida  $\beta$ -naftalinsulfokislotasining murakkab efirlari olindi.

5. Olingan SFMLar qatorining kolloid-kimyoviy xossalarni o'rganish asosida ularning kimyoviy tuzilishi bilan xossalari orasidagi bog'liqliklar aniqlandi.

6. Sintez qilingan SFMLar molekulari tuzilishining ularning suvli eritmalarining kolloid-kimyoviy xususiyatlariga ta'siri bo'yicha yangi ma'lumotlar olindi. Bunda p-fenolsulfokislota efirlari qatorida SFM molekularining gidrofob qismidagi uglevodorod zanjiri uzunligining ortishi bilan birikmalarning sirt faolligining oshishi va MHKK qiymatining pasayishi aniqlandi.

7. Yangi sintez qilingan SFMLar suvli eritmalarining qattiq yuzalarni dinamik ho'llash burchaklari o'rganildi, bunda eritmalar konsentratsiyasining ortishi bilan yuzaning gidrofillashishi natijasida ho'llash burchaklarining pasayishi aniqlandi.

8. Olingan yangi sirt-faol moddalar suvli eritmalarda mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasidan yuqori konsentratsiyalarda bodom moyining suvdagi emulsiyasini barqarorlash samaradorligining ortishi ko'rsatib berildi.

9. O'rganilgan SFMLarning suvli eritmalaridagi sirt faolligi bilan MHKK, ko'pik hosil qilish va emurgirlash qobiliyati orasida o'zaro korrelyatsiya mavjudligi aniqlandi. Bunda yangi olingan SFMLarning suvli eritmalarining sirt faolligi va ko'pik hosil qilish qobiliyati dispers tizimning konsentratsiyasi va temperaturasi ortishi bilan ortib borishi ko'rsatib berildi.

10. Yangi SFMLarni rangli metallarni flotatsiya usulida boyitishda ko'pirtiruvchilar tarkibida, changni bostiruvchi kompozitsiyalarda va sement-beton dispers tizimlarining mustahkamligini oshirish uchun sanoatda qo'llash yo'llari topildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.05/2025.27.12.К/Т.19.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**САИДКУЛОВ ФАЙЗУЛЛО РАВШАН УГЛИ**

**СИНТЕЗ НОВЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА  
ОСНОВЕ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ КОЛЛОИДНО-  
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**02.00.11 - Коллоидная и мембранная химия**

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

**Ташкент – 2026**

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии по химическим наукам (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.2.PhD/K1010

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу [www.iohx.uz](http://www.iohx.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Махкамов Равшан Рахимович</b> доктор химических наук, с.н.с.
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Абдикамалова Азиза Батияровна</b> доктор химических наук, профессор <b>Сидиков Абдужалил Сидикович</b> доктор химических наук, профессор
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ташкентский химико-технологический институт</b>

Защита состоится «7» апрель 2026 года в «10<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc.05/2025.27.12.K/Г.19.01 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: [iohx@academy.uz](mailto:iohx@academy.uz).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за №7, 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, e-mail: [iohx@academy.uz](mailto:iohx@academy.uz).)

Автореферат диссертации разослан «24» март 2026 года.  
(Реестр протокола за № 7 от «24» март 2026 года)



**А.Б. Ибрагимов**  
Председатель научного совета по присуждению  
ученой степени, д.х.н., проф.

**Б.З. Адизов**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученой степени, д.т.н., проф.

**Й.Ю. Якубов**  
Заместитель председателя научного семинара при научном совете  
по присуждению ученой степени, д.х.н. проф.



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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мире стремительное развитие различных отраслей промышленности значительно увеличивает потребность в поверхностно-активных веществах (ПАВ). В результате этого объёмы производства и потребления поверхностно-активных веществ резко возрастают. В Узбекистане, в связи с бурным развитием различных отраслей промышленности, сохраняется высокая потребность в ПАВ с высокоэффективными эмульгирующими, стабилизирующими, смачивающими и поверхностно-активными свойствами. В настоящее время большинство используемых в нашей стране ПАВ являются производными ароматических соединений, которые в основном закупаются за рубежом. Поэтому синтез новых эффективных ПАВ на основе ароматических соединений, изучение их свойств и разработка способов их применения в промышленности имеют актуальное значение.

В настоящее время учёные всего мира активно ведут научные исследования, направленные на синтез новых ПАВ, изучение их свойств, применение в различных отраслях промышленности и разработку технологий их производства. В нашей стране также уделяется особое внимание получению новых ПАВ, изучению пенообразующей способности их водных растворов, влиянию на устойчивость эмульсий и поверхностно-активных свойств, а также определению областей их применения в народном хозяйстве.

В Республике достигаются научные и практические результаты по получению новых ПАВ из местного сырья. В третьем направлении Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы определены важные задачи по «обеспечению устойчивости национальной экономики и продолжению политики, направленной на повышение доли промышленности в валовом внутреннем продукте, увеличив объём производства промышленной продукции в 1,4 раза»<sup>1</sup>. В связи с этим особенно актуально и необходимо разрабатывать методы синтеза новых высокоэффективных ПАВ на основе ароматических соединений, получаемых из местного сырья, обладающих биологической мягкостью, биоразлагаемостью и экологической безопасностью, а также изучать их коллоидно-химические свойства с целью дальнейшего применения в промышленности.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-5863 от 31 октября 2019 года «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года» и в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности», №

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года “О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы”

ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в области химии и биологии», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** В настоящее время весьма актуальными являются разработка новых производных поверхностно-активных веществ на основе ароматических соединений, изучение их свойств и промышленного применения. Такие соединения, благодаря своей биологической мягкости и легкой биоразлагаемости, стимулируют ученых из разных стран к проведению научных исследований. Подобные научные работы проводятся и публикуются в журналах учеными из университетов и ведущими специалистами научных лабораторий Китая, США, Японии, Индии, Великобритании, Испании, Германии, Швеции и России. Среди них: Т. Пол, Дж. Роберт, А.В. Протопопов, С.Г. Иванова, С.А. Кузнецов, У.Н. Зайнутдинов, Г.Г. Лутфуллина, К.С. Гусаева, К.Е. Мартинов, А.П. Дремук, С. Конг, Ю. Ли, С. Чжао, С. Чжан, Дж. Ван, Л. Чжан, В. Шарма, П. Кумар, В. Бансал, К. Сингх, Дж.М. Сандо проводят научные работы по синтезу поверхностно-активных веществ на основе солей и эфиров фенолсульфоновых кислот, изучению их коллоидно-химических свойств, созданию технологии промышленного производства и улучшению их поверхностно-активных свойств.

В Узбекистане проведено множество научных работ по синтезу новых поверхностно-активных веществ на основе ароматических соединений, включая создание научной школы по синтезу поверхностно-активных веществ и изучению коллоидно-химических свойств под руководством академиков К.С. Ахмедова и С.Н. Аминова, представителями которых в настоящее время являются: И.Д. Эшметов, Р.Р. Махкамов, Ф.М. Юсупов, А.Б. Абдикамалова, Д.С. Салиханова, Д.Ж. Жумаева, Ш.А. Кулдашева, Б.З. Адизов, Ш.Б. Бухоров, Р.Ж. Эшметов и другие ученые активно проводят научные исследования в области поверхностно-активных веществ. Следует отметить, что научные исследования в этой области по синтезу новых экологически чистых поверхностно-активных веществ на основе ароматических соединений, изучению коллоидно-химических свойств и их применению в народном хозяйстве все еще недостаточны. Поэтому необходимо дальнейшее развитие научных исследований по синтезу новых поверхностно-активных веществ на основе ароматических соединений, изучению коллоидно-химических свойств и поиску путей их применения в промышленности.

**Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была**

**выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта Института общей и неорганической химии «Разработка научных основ создания ПАВ, улучшающих технологические свойства дисперсных систем».

**Целью исследования** является синтез ряда поверхностно-активных веществ с углеводородной цепью различной длины на основе ароматических соединений, а также изучение их коллоидно-химических свойств и определении путей использования в различных отраслях промышленности.

**Задачи исследования:**

синтез р-фенолсульфо кислоты на основе взаимодействия фенола с концентрированной серной кислотой и получение эфиров р-фенолсульфо кислоты в результате её этерификации одноатомными спиртами. Нейтрализация синтезированных сложных эфиров р-фенолсульфо кислоты гидроксидом натрия и триэтаноламином в этанольной среде для получения их солей;

синтез  $\beta$ -нафталинсульфо кислоты на основе реакции нафталина с концентрированной серной кислотой и получение сложных эфиров  $\beta$ -нафталинсульфо кислоты путём её этерификации одноатомными спиртами;

выделение синтезированных ПАВ из реакционной среды и их очистка различными методами, определение химической структуры и физических свойств очищенных соединений с использованием современных физико-химических методов исследования;

изучение коллоидно-химических свойств, синтезированных поверхностно-активных веществ в водных растворах и дисперсных системах;

исследование влияния полученных поверхностно-активных веществ на стабильность и эффективность различных дисперсных систем;

на основе изучения коллоидно-химических свойств синтезированных поверхностно-активных веществ определение путей их практического применения в различных отраслях промышленности и оценка их эффективности.

**Объектом исследования** являются ряд ПАВ с различной длиной углеводородной цепи, синтезированных на основе ароматических соединений - фенола и нафталина, включая эфиры р-фенолсульфо кислоты и  $\beta$ -нафталинсульфо кислоты с одноатомными спиртами, а также их соли с натрием и триэтаноламином.

**Предметом исследования** является получение р-фенолсульфо кислоты и  $\beta$ -нафталинсульфо кислоты на основе ароматических соединений фенола и нафталина, синтез их эфиров с одноатомными спиртами и различными солями, изучение коллоидно-химических свойств полученного ряда ПАВ с углеводородной цепью различной длины и определение их применения в различных отраслях промышленности.

**Методы исследования.** При выполнении диссертационной работы использовались современные и традиционные физико-химические (ИК-спектроскопия, хроматография, элементный анализ) и коллоидно-химические

(тензиометрия, кондуктометрия, рефрактометрия) методы анализа.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

синтезирован ряд поверхностно-активных производных п-фенолсульфоновой кислоты и  $\beta$ -нафталенсульфоновой кислоты с различной длиной углеводородной цепи и противоионами, на основе этерификации п-фенолсульфоновой кислоты и  $\beta$ -нафталенсульфоновой кислоты, полученных в результате реакции ароматических соединений фенола и нафталина с концентрированной серной кислотой и одноатомными спиртами, а также нейтрализации продукта;

установлена корреляция между химической структурой и свойствами вновь синтезированных поверхностно-активных веществ, в которой установлено, что увеличение длины углеводородной цепи в молекуле сложных эфиров п-фенолсульфоновой кислоты и  $\beta$ -нафталенсульфоновой кислоты повышает поверхностную активность, пенообразование и смачиваемость соединений, и эти результаты подтверждены увеличением гидрофобных взаимодействий в растворах исследуемых поверхностно-активных веществ;

установлено существование взаимосвязи между коллоидно-химическими свойствами исследуемых поверхностно-активных веществ, при которой с увеличением поверхностной активности соединений критическая концентрация образования мицелл уменьшается, эмульгирующие свойства, пенообразование и смачиваемость возрастают;

установлено, что в водных растворах сложных эфиров п-фенолсульфоновой кислоты и  $\beta$ -нафталенсульфоновой кислоты критическая опалесценция формируется в растворах с увеличением их концентрации, что подтверждается образованием сферических мицелл, цилиндрических и пластинчатых структур исследуемых поверхностно-активных веществ;

установлено, что водные растворы солей сложных эфиров п-фенолсульфоновой кислоты и  $\beta$ -нафталенсульфоновой кислоты с одноатомными спиртами обладают свойством гидрофиллизации гидрофобных поверхностей, что подтверждается образованием монослоев молекул соединений на поверхности;

выявлены возможности эффективного использования поверхностно-активных веществ, синтезированных на основе фенола и нафталина, в эффективных пенообразующих композициях для обогащения цветных металлов флотацией, повышения стабильности и прочности цементных дисперсионных систем и контроля времени схватывания, а также в решениях по подавлению пыли на горных дорогах.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

синтезированы ряды поверхностно-активных веществ на основе фенола и нафталина с углеводородными цепями различной длины;

использование полученных ПАВ в флотационном обогащении цветных металлов позволяет повысить эффективность процесса;

для горно-металлургической промышленности созданы

пылеподавляющие композиции на основе поверхностно-активных веществ, которые высокоэффективны в подавлении пыли на шахтных дорогах;

практическое применение ряда синтезированных поверхностно-активных веществ в качестве пластификаторов в бетонных смесях позволяет повысить прочность бетонного сплава до 10-14%.

**Достоверность результатов исследований** подтверждена применением современных физико и коллоидно-химических методов, таких как ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, элементный анализ вещества, хроматография, тензиометрия, рефрактометрия и других аналитических методов, применяемых в научной работе, проведением экспериментальных испытаний в лабораторных и производственных условиях, а также подтвержденными актами испытаний Института химии растительных веществ АН РУз, АО «Джизакский цементный завод», Управления экологии и охраны окружающей среды Навоийской области, испытательной лаборатории Института минеральных ресурсов, ООО «Sinov Sertifikat Service», лаборатории обогатительной фабрики меди АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

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

Научная значимость результатов исследования заключается в синтезе ряда ПАВ на основе ароматических соединений с углеводородными цепями различной длины и определении их оптимальных условий, а также выявление взаимосвязи между структурой соединений и их коллоидно-химическими свойствами служат основой для более эффективного синтеза новых ПАВ и разработки композиций.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что разработанная технология получения ПАВ на основе ароматических соединений и определение путей их использования в промышленности, будет способствовать практическому применению новых соединений, а также подготовке бакалавров, магистров и докторантов в области химии и химической технологии в высших и специальных учебных заведениях.

**Внедрение результатов исследования.** На основании научных результатов, полученных при синтезе новых поверхностно-активных веществ на основе ароматических соединений и изучении их коллоидно-химических свойств:

способ получения пенообразующих композиций с использованием поверхностно-активных веществ, синтезированных на основе ароматических соединений, включен в «перечень перспективных разработок для практического применения в 2025-2026 годах» АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка № 09-24/42-00026 АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» от 17 сентября 2024 г.). В результате синтезированные поверхностно-активные вещества и полученные на их основе пенообразующие композиции позволяют обогатить медный концентрат руды с 88,6% до 93,5%;

способ применения пенообразующих композиций АФС-2, ФАБ-9, БН-

0,25 для обогащения руды включен в «перечень перспективных разработок для практического применения в 2025-2026 годах» АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (справка № 09-24/42-00026 АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» от 17 сентября 2024 г.). В результате полученная пенообразующая композиция при использовании в количестве 40 г/т позволяет обогатить медный концентрат в руде на 91,1–93,5% по сравнению с используемым в настоящее время препаратом Т-92.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы обсуждались на 7 научно-практических конференциях, в том числе на 3 международных и 4 республиканских.

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

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 113 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность исследования, определяются цели и задачи, описываются объекты и предмет исследования, указывается на соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики Узбекистан, описывается научная новизна, научно-практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о научно-практической значимости полученных результатов, состоянии внедрения полученных результатов в практику, опубликованных научных работах и структуре диссертации.

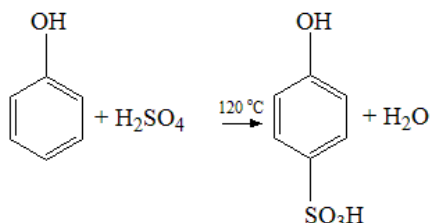
В первой главе диссертации «**Методы синтеза, свойства и применение ПАВ на основе ароматических соединений**» представлен анализ работ, опубликованных в научно-технической литературе и патентных изданиях работ, в котором представлен современный уровень исследований по синтезу поверхностно-активных веществ на основе ароматических соединений, их химической структуре и свойствам, областям применения и перспективам развития.

Анализ научной литературы способствовал выявлению путей синтеза новых ПАВ на основе ароматических соединений. Кроме того, изучение научных источников помогло сформулировать цели и задачи настоящей работы.

Вторая глава диссертации «**Объекты и методы исследования**» содержит описание методов исследования, использованных для изучения структуры и коллоидно-химических свойств новых синтезированных ПАВ, а также характеристику использованных веществ и реактивов.

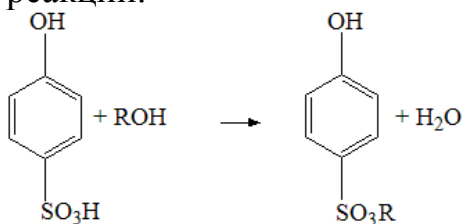
В третьей главе диссертации «**Синтез поверхностно-активных**

**веществ на основе ароматических соединений и оптимальные условия их получения»** приведены пути синтеза поверхностно-активных веществ. Для получения сложных эфиров п-фенолсульфокислоты на первом этапе фенол и концентрированную серную кислоту в соотношении 1:1 подвергали обработке при температуре 120 °С в течение 4 часов при постоянном перемешивании, в результате чего была получена фенолсульфокислота. Уравнение реакции получения фенолсульфокислоты было выражено следующим образом:



В результате реакции фенола с концентрированной серной кислотой при повышенной температуре образуется смесь орто- и пара-сульфифенолов. При проведении реакции при 120 °С под действием термодинамического фактора сульфогруппа преимущественно смещается в пара-положение ароматического кольца, что обеспечивает образование до 96 % р-фенолсульфокислоты. После завершения реакции, продолжавшейся 4 часа, полученная смесь п-фенолсульфокислоты и небольшого количества о-фенолсульфокислоты была охлаждена до комнатной температуры (20°С). Выделение р-фенолсульфокислоты осуществляли путём осаждения реакционного продукта из ацетонового раствора с использованием гексана. Выход синтезированной п-фенолсульфокислоты составил 91,6 %.

На втором этапе синтезированную р-фенолсульфокислоту подвергали этерификации одноатомными спиртами. Процесс этерификации п-фенолсульфокислоты одноатомными спиртами был представлен следующим уравнением химической реакции:



где R = -C<sub>7</sub>H<sub>15</sub> (АФС-2), -C<sub>8</sub>H<sub>17</sub> (АФС-3), -C<sub>10</sub>H<sub>21</sub> (АФС-4), -C<sub>12</sub>H<sub>25</sub> (АФС-5).

На данном этапе для получения сложных эфиров п-фенолсульфокислоты с одноатомными спиртами проводили этерификацию п-фенолсульфокислоту с одноатомными спиртами в различных соотношениях при температуре от 80 °С до 160 °С, перемешивая смесь на магнитной мешалке со скоростью 450 об/мин в течение 4 часов. В качестве катализатора использовали концентрированную серную кислоту. Вода, образующаяся в ходе этерификации, удалялась с помощью аппарата Дина–Старка.

Синтезированный продукт выделяли и очищали путём трёхкратного осаждения с использованием этанола и бензола. Затем остатки этанола и бензола удаляли из очищенного продукта путём отгонки под вакуумом при

температуре 60 °С с применением вакуумного насоса. Для сушки очищенного ПАВ его выдерживали в эксикаторе при пониженном давлении над безводным CaCl<sub>2</sub>.

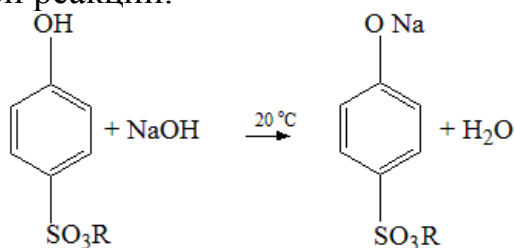
Для определения химической структуры синтезированных новых ПАВ были проведены элементный анализ и получены ИК-спектры соединений. ИК-спектр синтезированного октилового эфира р-фенолсульфоновой кислоты представлен на рисунке 1.



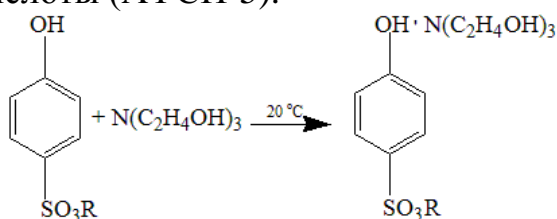
**Рисунок 1. ИК-спектр октилового эфира п-фенолсульфоновой кислоты.**

При анализе ИК-спектра, представленного на рисунке 1, установлено, что пики в области 1500–1590 см<sup>-1</sup> соответствуют валентным колебаниям связей С–Н и СН<sub>2</sub> ароматического кольца; пики в диапазоне 2926–2958 см<sup>-1</sup> относятся к колебаниям сложного эфирного фрагмента; пики в областях 1200–1100 см<sup>-1</sup> и 1050–1000 см<sup>-1</sup> характерны для сульфогруппы. Проведённый анализ ИК-спектра подтверждает, что синтезированное соединение является октила эфиром п-фенолсульфо кислоты. Кроме того, данные элементного анализа позволили определить химическую структуру данного соединения.

Соли сложных эфиров п-фенолсульфо кислоты, синтезированных с одноатомными спиртами, были получены путём их нейтрализации NaOH и триэтаноламином в этанольной среде. Процесс получения солей эфиров п-фенолсульфо кислоты одноатомных спиртов выражается следующим уравнением химической реакции:

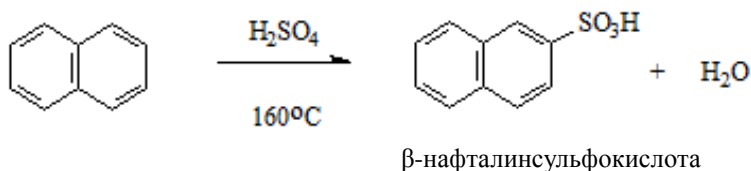


где, R=C<sub>7</sub>H<sub>15</sub> -натриевая соль гептилового эфира п-фенолсульфо кислоты (АФСН-2); R=C<sub>12</sub>H<sub>25</sub> -натриевая соль додецилового эфира п-фенолсульфо кислоты (АФСН-5).

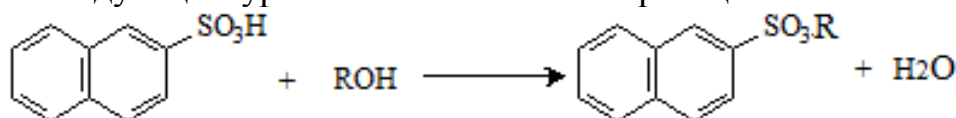


где,  $R=C_7H_{15}$  -триэтаноламинная соль гептилового эфира п-фенолсульфо кислоты (АФСТ-2),  $R=C_{12}H_{25}$  -триэтаноламинная соль додецилового эфира п-фенолсульфо кислоты (АФСТ-5).

Для получения поверхностно-активных веществ на основе нафталина на первом этапе  $\beta$ -нафталинсульфо кислота была получена в результате реакции нафталина с концентрированной серной кислотой в соотношении 1:1,1 при температуре 160 °С в течение 4 часов при постоянном перемешивании.



На втором этапе синтезированную  $\beta$ -нафталинсульфо кислоту этерифицировали одноатомными спиртами. Для этого  $\beta$ -нафталинсульфо кислоту этерифицировали одноатомными спиртами в различных соотношениях при температуре от 125 до 150 °С в течение 4 часов на магнитной мешалке. В качестве катализатора использовали концентрированную серную кислоту. Выделяющуюся в результате реакции воду отделяли с помощью аппарата Дина-Старка. Процесс этерификации выражался следующим уравнением химической реакции:



где  $R=C_7H_{15}$ - гептиловый эфир  $\beta$ -нафталинового сульфокислотного остатка (АНС-3),  $R=C_{10}H_{21}$ -дециловый эфир  $\beta$ -нафталинового сульфокислотного остатка (АНС-5).

В четвертой главе диссертации «**Коллоидно-химические свойства поверхностно-активных веществ, полученных на основе ароматических соединений**», исследованы и проанализированы коллоидно-химические свойства синтезированных ПАВ. В частности, определены поверхностное натяжение водных растворов синтезированных соединений, их способность образовывать пену, критическая концентрация для образования мицелл (ККМ), динамический угол сцепления, способность стабилизировать эмульсии и оптические свойства. Поверхностное натяжение водных растворов синтезированных новых ПАВ было исследовано в зависимости от концентрации и температуры. Полученные результаты приведены в таблице 1. По результатам таблицы 1, видна зависимость поверхностного натяжения водных растворов новых ПАВ от концентрации и температуры, что демонстрирует высокую поверхностную активность всех изученных ПАВ.

Таблица 1.

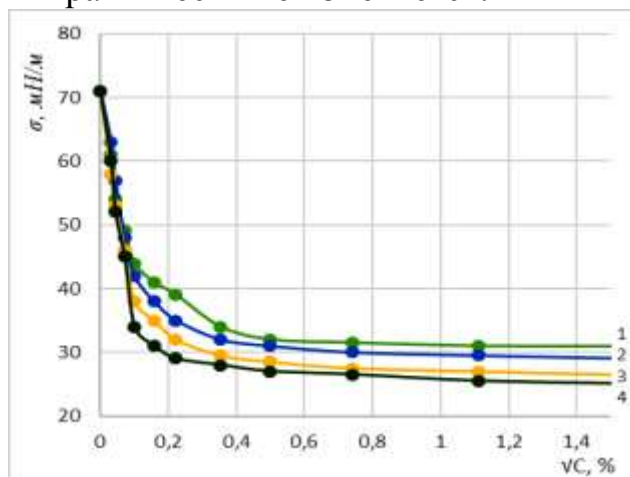
## Поверхностное натяжение водных растворов ПАВ

ПАВ	Т, К	Поверхностное натяжение ( $\sigma$ , мН/м) водных растворов ПАВ различной концентрации (%).									
		5	2.5	1.25	0,62	0,31	0,16	0,08	0,02	0.0 05	0.0 01
АФС-2	293	29,6	30,7	30,9	31,1	31,7	33,6	34,4	39,9	49,2	68,16
	303	28,7	29,8	30,5	30,8	30,9	33,0	33,8	39,0	48,6	67,5
	313	27,6	29,4	29,9	30,2	30,4	32,2	33,1	38,4	47,1	66,8
	323	26,8	28,2	29,1	29,8	29,9	31,3	32,5	37,6	46,2	66,1
	333	26,1	27,1	28,5	29,2	29,3	30,9	32,0	36,9	46,0	65,5
АФС-3	293	28,1	28,2	28,3	28,8	29,7	30,6	31,2	37,9	47,7	67,3
	303	27,6	29,4	27,9	28,2	29,4	30,2	30,1	36,4	47,1	66,8
	313	26,8	28,2	27,1	27,8	28,9	29,3	29,5	35,6	46,2	65,1
	323	26,1	27,1	26,5	27,2	28,3	28,9	29,0	34,9	45,0	64,5
	333	25,7	26,3	26,0	26,4	27,7	28,0	28,2	34,1	44,5	64,0
АФС-4	293	26,3	26,6	26,7	26,9	27,3	27,8	28,7	36,5	45,6	66,2
	303	25,7	26,3	26,0	26,4	26,7	27,0	28,2	35,6	45,1	66,0
	313	25,0	25,9	25,7	26,0	26,3	26,5	27,6	35,3	44,4	65,3
	323	24,9	25,5	25,5	25,8	26,0	26,2	26,9	34,9	44,0	64,0
	333	24,9	25,2	25,3	25,5	25,8	26,0	26,8	34,0	43,2	63,3
АФС-5	293	25,9	26,2	26,3	26,4	26,8	27,3	27,9	35,7	43,1	63,3
	303	25,7	25,9	26,0	26,2	26,7	27,0	27,2	35,1	42,5	62,0
	313	25,0	25,9	25,7	26,0	26,3	26,8	27,7	34,3	42,0	61,2
	323	25,0	25,5	25,5	25,8	26,0	26,3	27,4	33,9	41,7	60,9
	333	25,0	25,2	25,3	25,5	25,8	26,0	26,8	33,0	41,1	60,5

Полученные результаты показывают, что с увеличением концентрации ПАВ в водных растворах их поверхностная активность также возрастает. Установлено, что с увеличением концентрации раствора поверхностное натяжение растворов уменьшается на 25–29 мН/м. Также с повышением температуры в растворах с различной концентрацией ПАВ их поверхностное натяжение снижается. Этим показано, что с увеличением концентрации и температуры растворов синтезированных ПАВ их поверхностная активность возрастает, что связано с улучшением адсорбционных свойств соединений.

Результаты исследований показали, что с увеличением числа групп  $\text{CH}_2$  в линейной углеводородной цепи молекулы ПАВ наблюдается рост поверхностной активности и снижение ККМ. На рисунке 2 представлен график зависимости поверхностного натяжения водного раствора эфиров р-фенолсульфоновой кислоты от концентрации. Полученные результаты (рис. 2) показывают, что поверхностное натяжение водных растворов исследуемых ПАВ уменьшается с ростом концентрации ПАВ в воде. Молекулы исследуемых ПАВ адсорбируются на поверхности воды благодаря своей амфифильной структуре и снижают поверхностное натяжение воды. Из

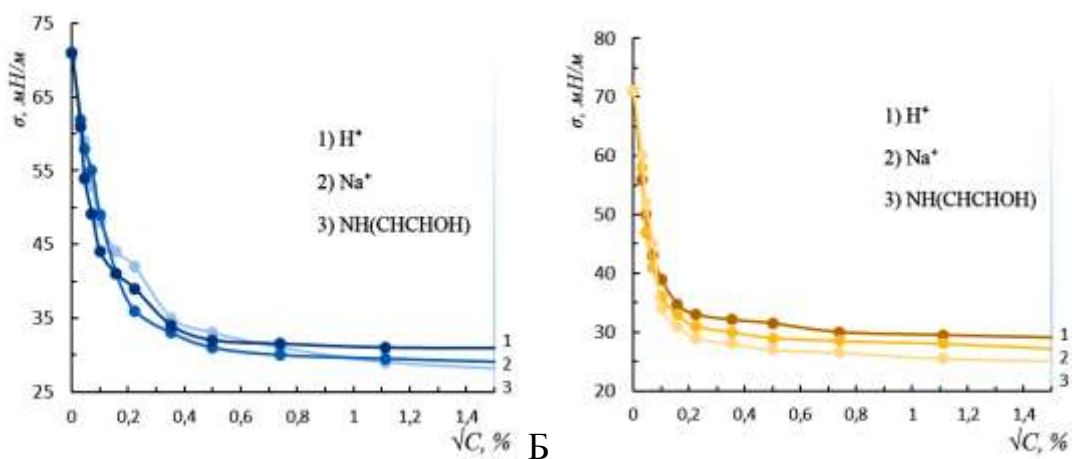
графика также видно, что поверхностное натяжение растворов ПАВ при высоких концентрациях практически не изменяется.



**Рисунок 2. Зависимость поверхностного натяжения водных растворов ПАВ ( $\sigma$ , мН/м) от их концентрации (%): 1) АФС-2, 2) АФС-3, 3) АФС-4, 4) АФС-5.**

Этот результат можно объяснить тем, что при высоких концентрациях молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности воды, полностью покрывают ее поверхность и поверхностное натяжение воды максимально снижается. Когда поверхность раствора полностью покрыта молекулами ПАВ, в результате дальнейшего увеличения концентрации ПАВ молекулы образуют мицеллы. Полученные результаты показывают, что при достижении ККМ поверхностное натяжение раствора не изменяется и остается постоянным.

Изменение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ, содержащих различные противоположно заряженные ионы, в зависимости от концентрации приведено на рисунке 3.



**Рисунок 3. Влияние противоположно заряженных ионов в молекулах ПАВ на их поверхностную активность (при 293 К): А). 1) АФС-2, 2) АФСН-2, 3) АФСТ-2; Б). 1) АФС-5, 2) АФСН-5, 3) АФСТ-5.**

Как видно из рисунка 3, в ряду противоположно заряженных ионов ПАВ наблюдается увеличение поверхностной активности для соединений  $\text{H}^+ < \text{Na}^+ < \text{NH}(\text{CH}_2\text{CHOH})$ . Этот результат можно объяснить возрастанием дифильности соединений вследствие увеличения радиуса противоположно

заряженных ионов ПАВ.

Пенообразующая способность водных растворов новых полученных ПАВ была изучена в зависимости от концентрации раствора, времени и температуры. Полученные результаты приведены в таблице 2.

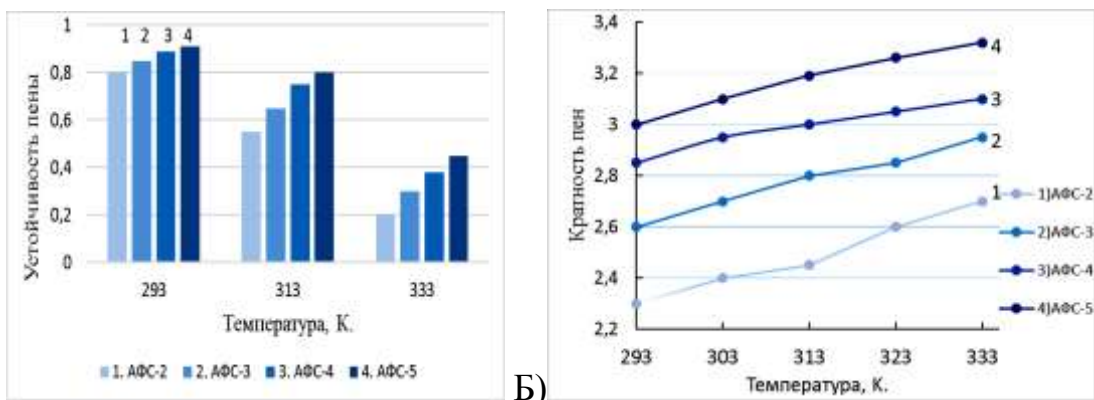
**Таблица 2.**

**Пенообразующие способности водных растворов ПАВ при различных концентрациях, устойчивость и кратность пен во времени**

ПАВ	Концентрация ПАВ, (С, %)	Время (т, мин.) / Объем пены (мл)						В, (устойчивость пен)	К/Э, (кратность пен)
		0	1	3	5	10	20		
АФС-2	5	262,0	241,0	240,8	235,1	233,6	231,2	0,88	2,62
	2,5	252,6	240,2	236,6	223,9	222,0	217,1	0,87	2,52
	1,25	249,0	242,1	235,0	226,7	219,3	211,5	0,84	2,49
	0,62	235,3	230,1	225,5	215,3	205,2	190,1	0,82	2,35
	0,31	220,1	218,1	213,2	200,2	188,8	180,0	0,81	2,20
АФС-3	5	289,0	285,0	272,0	270,0	265,0	253,5	0,87	2,92
	2,5	288,0	274,0	269,5	265,5	250,5	245,5	0,85	2,88
	1,25	281,5	280,5	268,5	265,0	243,5	237,5	0,85	2,81
	0,62	275,0	273,5	262,0	257,5	246,0	235,0	0,85	2,75
	0,31	260,0	255,0	253,0	245,0	225,5	220,0	0,84	2,60
АФС-4	5	310,0	295,0	284,0	274,0	260,0	255,5	0,84	3,10
	2,5	300,0	290,0	285,5	270,5	265,5	245,5	0,81	3,00
	1,25	295,5	283,5	275,5	265,0	250,5	235,5	0,80	2,95
	0,62	280,0	268,5	262,0	257,5	243,0	220,0	0,78	2,80
	0,31	262,0	250,5	248,5	245,0	232,0	190,0	0,73	2,62
АФС-5	5	344,0	340,0	324,0	314,0	310,0	305,5	0,88	3,44
	2,5	340,0	330,0	315,5	290,5	275,5	265,5	0,78	3,40
	1,25	325,5	313,5	300,5	285,0	250,5	245,5	0,78	3,25
	0,62	310,0	298,5	282,0	267,5	253,0	240,0	0,77	3,10
	0,31	285,0	270,5	258,5	245,0	232,0	220,0	0,76	2,85

Результаты показывают, что при удлинении углеводородной цепи поверхностно-активного вещества от  $C_7$  до  $C_{12}$  его пенообразующая способность возрастает. Данный результат можно объяснить увеличением адсорбции молекул поверхностно-активного вещества на поверхности жидкого слоя пены по мере удлинения углеводородной цепи в составе. На основании полученных результатов установлено, что с увеличением концентрации водных растворов исследуемых ПАВ увеличивается их пенообразующая способность и устойчивость пены.

Пенообразующая способность и устойчивость пены новых растворов ПАВ были исследованы при различных температурах. Результаты представлены на рисунке 4.



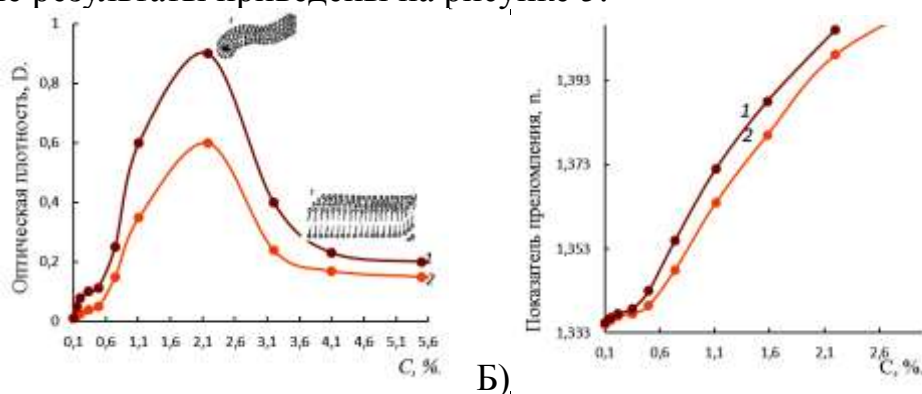
**Рисунок 4. Устойчивость пены (А) и пенообразующая способность (Б) в 0,5%-ных водных растворах ПАВ при различных температурах (Т, К).**

Из полученных результатов (рис. 4А) видно, что устойчивость пены в 0,5%-ном растворе сложных эфиров п-фенолсульфокислоты снижается с повышением температуры. Это можно объяснить тем, что с увеличением температуры возрастает текучесть воды внутри пенной плёнки, в результате чего стенки пузырьков становятся тоньше и пена быстрее разрушается.

Из приведённого графика (рис. 4Б) видно, что в водных растворах сложных эфиров п-фенолсульфокислоты с повышением температуры возрастает пенообразование.

Этот результат можно объяснить усилением адсорбции молекул ПАВ на границе жидкость–воздух с повышением температуры. В ряду АФС-2<АФС-3<АФС-4<АФС-5 наблюдалось увеличение пенообразующей способности ПАВ. Это можно объяснить тем, что в данном ряду с увеличением длины углеводородной цепи в молекулах ПАВ усиливаются гидрофобные взаимодействия в растворе и адсорбция молекул ПАВ на поверхности пенной плёнки.

В научном исследовании изучались оптическая плотность и показатель преломления водных растворов ПАВ при различных концентрациях. Полученные результаты приведены на рисунке 5.



**Рисунок 5. Водных растворов ПАВ различных концентраций: А) Оптическая плотность и Б) Показатель преломления: 1) АФС-5, 2) АФС-3.**

Из результатов, полученных для зависимости оптической плотности и показателя преломления водных растворов ПАВ от концентрации (рис. 5), видно, что с увеличением концентрации ПАВ в растворе оптическая плотность и показатель преломления возрастает. В результате при

достижении концентрацией ПАВ значения ККМ наблюдается резкое увеличение оптической плотности и показателя преломления раствора. При этом в диапазоне концентраций 0,3–0,5 % образуются мицеллы ПАВ, что приводит к резкому росту оптической плотности и показателя преломления. При более высоких концентрациях (2,6–3,1 %) мицеллы ПАВ образуют в растворе новые структуры, и можно наблюдать, что раствор становится прозрачным, а оптическая плотность резко уменьшается.

Известно, что молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности водного раствора, снижая поверхностное натяжение воды. При этом с увеличением концентрации ПАВ в растворе происходит насыщение поверхности раствора, а дальнейшее увеличение концентрации ПАВ в растворе приводит к образованию мицелл. В таблице 3 приведены значения ККМ в водных растворах исследуемых ПАВ, а также соответствующие им значения поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) и оптической плотности (D) раствора при различных температурах.

**Таблица 3.**

**Критическая концентрация мицеллообразования, поверхностное натяжение и оптическая плотность водных растворов ПАВ**

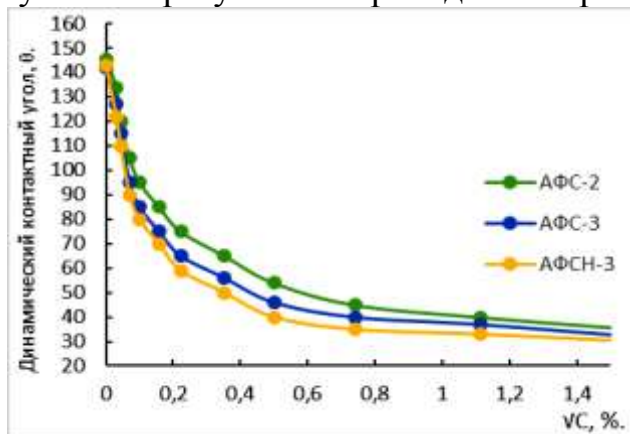
ПАВ	T, К	ККМ (г/л)	$\sigma$ , мН/м	D
АФСН-2	298	4.33	26.95	0,12
	308	4.20	25.83	0,11
	318	3.90	25.61	0,10
АФС-5	298	3.53	27.75	0,18
	308	3.31	26.83	0,17
	318	3.01	26.21	0,16
АФС-4	298	4,24	28,24	0,17
	308	4,15	27,48	0,16
	318	3,94	27,02	0,152
АФС-3	298	5,12	30,24	0,15
	308	4,85	29,48	0,14
	318	4,64	28,34	0,13
АФС-2	298	5,42	30,64	0,15
	308	5,23	29,48	0,14
	318	4,94	28,92	0,13

Из приведённых результатов (табл. 3) видно, что значения ККМ и оптическая плотность растворов ПАВ уменьшаются с повышением температуры. Это объясняется тем, что под воздействием температуры подвижность молекул ПАВ увеличивается, и они быстрее заполняют поверхность раствора, что приводит к снижению ККМ.

Исследованные сложные эфиры п-фенолсульфоислоты по значениям ККМ располагаются в следующем порядке: АФС-2>АФС-3>АФС-4>АФС-5. Из этого следует, что с увеличением длины углеводородной цепи в молекулах изученных ПАВ критическая концентрация мицеллообразования в растворе уменьшается. Полученный результат можно объяснить следующим образом:

в данном ряду по мере увеличения длины углеводородной цепи в молекулах ПАВ усиливаются гидрофобные взаимодействия в растворе, и поверхность раствора быстрее насыщается молекулами ПАВ, что приводит к снижению ККМ.

Изучено смачивание гидрофобной поверхности водными растворами вновь синтезированных ПАВ при различных концентрациях (динамический контактный угол). Полученные результаты приведены на рисунке 6.



**Рисунок 6. Способность водных растворов ПАВ с различной концентрацией ( $\sqrt{C}$ , %) смачивать ( $\theta$ ) твердую гидрофобную поверхность.**

Из результатов (рис. 6) видно, что адсорбция молекул ПАВ на гидрофобной поверхности водных растворов приводит к гидрофилизации изучаемой поверхности. Это облегчает распространение раствора ПАВ по поверхности и уменьшает контактный угол. При увеличении концентрации раствора динамический контактный угол также уменьшается. В результате при концентрации раствора 0,05 % все ПАВ начинают растекаться по гидрофобной поверхности под углом  $<90^\circ$ , а степень смачивания возрастает, достигая максимального распространения жидкости при концентрации 0,5 %. Этот процесс можно объяснить тем, что гидрофобная часть молекулы ПАВ ориентируется на гидрофобной твердой поверхности, что увеличивает гидрофильность поверхности.

Проведено исследование по стабильности эмульсий, полученных из миндального масла с водными растворами вновь синтезированных ПАВ и линейной алкилбензолсульфоновой кислоты (ЛАБСА) при хранении при температуре 20 °С. Полученные результаты приведены в таблице 4.

**Таблица 4.**

**Стабильность эмульсий полученных из миндального масла (ММ) с водными растворами ПАВ в соотношении 7:3 при хранении при 20 °С**

Время хранения, часы	Высота фазы эмульсии (мм)			
	ЛАБСА:ММ	АФС-3:ММ	АФС-4:ММ	АФС-5:ММ
1	100	100	100	100
8	96	94	95	97
24	89	86	88	90
168	70	70	73	75

В результате стабильность эмульсий, полученных из миндального масла с водными растворами ЛАБСА и ПАВ АФС -3, АФС-4, АФС-5 при хранении при 20 °С, наблюдалась в течение 7 дней. При этом ПАВ АФС-5 образовал эмульсию с наибольшей стабильностью. Полученный результат объясняется увеличенной длиной гидрофобной углеводородной цепи в молекуле данного ПАВ, благодаря чему молекулы ПАВ эффективно эмульгируют масляную фазу, обеспечивая образование стабильной эмульсии.

В пятой главе диссертации «Области применения синтезированных ПАВ» определены области применения полученных ПАВ. Эффективность вспенивательных композиций на основе ПАВ в процессе флотации была испытана на медеобогатительной фабрике АО «Алмалыкский горно металлургический комбинат» (Алмалыкский ГМК). Результаты исследований и испытаний, проведённых на медеобогатительной фабрике, приведены в таблице 5.

**Таблица 5.**

**Результаты испытаний композиций новых ПАВ в процессе флотации руд на медеобогатительной фабрике АО «Алмалыкский ГМК»**

Название продукта	Медь, %			Флотарео-гент	Расход
	Выход	Содержание	Разделение		
Первичный концентрат	<b>17,8</b>	<b>2,8</b>	<b>91,14</b>	Т -92	42 г / т
Остаточная руда	82,2	0,05	8,16		
Исходная руда	100	0,38	100		
Первичный концентрат	<b>11,2</b>	<b>2,87</b>	<b>86,98</b>	АФС -2	40 г/т
Остаточная руда	88,9	0,05	13,02		
Исходная руда	100	0,37	100		
Первичный концентрат	<b>14,3</b>	<b>2,42</b>	<b>88,80</b>	АФС -2	60 г/т
Остаточная руда	85,7	0,05	11,20		
Исходная руда	100	0,39	100		
Первичный концентрат	<b>9,1</b>	<b>3,67</b>	<b>87,01</b>	АФСН -3	60 г/т
Остаточная руда	90,9	0,06	12,99		
Исходная руда	100	0,38	100		
Первичный концентрат	<b>17,5</b>	<b>2,09</b>	<b>90,21</b>	ФАБ-9	40 г/т
Остаточная руда	82,5	0,05	9,79		
Исходная руда	100	0,40	100		
Первичный концентрат	<b>11,8</b>	<b>3,24</b>	<b>93,52</b>	БН -0,25	40 г / т
Остаточная руда	88,2	0,03	6,48		
Исходная руда	100	0,41	100		

Анализ приведённых выше результатов показал, что эффективность новых синтезированных препаратов в процессе флотации высока. Было установлено, что при использовании вновь синтезированных поверхностно-активных веществ в чистом виде в качестве вспенивателя обогащение медной руды достигает 88,8 %. При использовании композиций на основе синтезированных ПАВ обогащение медной руды составило 92,4–93,5 %. В то

же время препарат Т-92, применяемый в настоящее время на АГМК, обеспечивал обогащение медной руды на уровне 88,40–91,14 %. На основании анализа результатов было установлено, что новые синтезированные препараты обладают высокой эффективностью в процессе флотации и превосходят по результатам препарат Т-92, используемый в настоящее время на АО «Алмалыкский ГМК».

Установлено, что синтезированные ПАВ благодаря высокой поверхностной активности и способности адсорбироваться на поверхностях могут изменять коллоидно-химические свойства дисперсных систем, и на этой основе исследовано их влияние на цементные смеси. Согласно полученным результатам, бетон на основе цемента марки М350 после 28-дневного периода твердения выдерживал давление до 350 кг/см<sup>2</sup>. При добавлении поверхностно-активных веществ АФС-2 и АФСН-3 прочность бетона после 28 дней твердения составила соответственно 370 и 398 кг/см<sup>2</sup>. По сравнению с бетоном без пластификатора удалось получить бетон с маркой на 10–14 % выше. То есть при добавлении поверхностно-активного вещества АФСН-3 в бетон марки М350 получен бетон марки М400, что позволило снизить расход цемента до 14 %.

Исследованные ПАВ и композиции на их основе были протестированы в качестве пылеподавителей на шахтных дорогах. В этом случае раствор вновь синтезированных композиций на основе ПАВ при распылении на почву образовывал на ней толстый слой толщиной до 2,5–3 см. Эластичные свойства образовавшегося слоя и способность удерживать влажность почвы в течение длительного времени (10–12 дней при 25–40 °С) привели к прекращению пылеобразования на поверхности почвы. Данные композиции рекомендованы для использования в горнодобывающей промышленности для подавления пыли.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Синтезирована п-фенолсульфоокислота на основе химической реакции фенола с концентрированной серной кислотой при различных температурах и соотношениях реагентов.

2. Получены сложные эфиры синтезированной п-фенолсульфоокислоты с одноатомными спиртами (гептанол, октанол, деканол, додеканол) с помощью реакции этерификации.

3. Синтезированы различные соли сложных эфиров п-фенолсульфоокислоты с одноатомными спиртами (октанол, додеканол).

4. Получены сложные эфиры β-нафталинсульфоокислоты в результате сульфирования нафталина с концентрированной серной кислотой и этерификации с одноатомными спиртами (гептанол, деканол).

5. На основе изучения коллоидно-химических свойств ряда полученных ПАВ выявлена связь между их химической структурой и свойствами.

6. Получены новые данные о влиянии строения молекул синтезированных ПАВ на коллоидно-химические свойства их водных растворов. Установлено,

что в ряду эфиров п-фенолсульфокислоты с увеличением длины углеводородной цепи гидрофобной части молекулы ПАВ наблюдается рост поверхностной активности и снижение критической концентрации мицеллообразования.

7. Изучены динамические контактные углы смачивания твёрдых поверхностей водными растворами новых синтезированных ПАВ, при этом было установлено, что с увеличением концентрации раствора поверхность становится более гидрофильной, а контактные углы уменьшаются.

8. Показано, что новые ПАВ при концентрациях выше критической концентрации мицеллообразования повышают эффективность стабилизации эмульсий миндального масла в воде.

9. Установлена хорошая корреляция между поверхностной активностью исследованных ПАВ в водных растворах и критической концентрацией мицеллообразования, способностью к пенообразованию и эмульгированию. При этом показано, что поверхностная активность и способность к пенообразованию водных растворов новых ПАВ увеличиваются с ростом концентрации и температуры дисперсной системы.

10. Определены способы промышленного применения новых ПАВ в составе вспенивателей при обогащении руд цветных металлов флотационным методом, в пылеподавляющих композициях, а также для повышения прочности цементно-бетонных дисперсных систем.

**DEGREE GRANTING AT THE INSTITUTE OF GENERAL AND  
INORGANIC CHEMISTRY  
DSc.05/2025.27.12.K/T.19.01 DIGITAL SCIENTIFIC COUNCIL**  

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**SAIDKULOV FAYZULLO**

**SYNTHESIS OF NEW SURFACTANTS BASED ON AROMATIC  
COMPOUNDS AND THEIR COLLOID-CHEMICAL PROPERTIES**

**02.00.11 - Colloid and membrane chemistry**

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

**Tashkent – 2026**

**The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation 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 B2025.2.PhD/K1010.**

The dissertation was completed at the Institute of General and Inorganic Chemistry.  
The dissertation abstract is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the website of the Scientific Council [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and on the information and educational portal "Ziyonet" ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific advisor :** **Makhkamov Ravshan Rakhimovich**  
doctor of chemical sciences, senior researcher

**Official opponents :** **Abdikamalova Aziza Baxtiyarovna**  
doctor of chemical sciences, professor  
**Sidiqov Abduljalil Sidiqovich**  
doctor of chemical sciences, professor

**Leading organization :** **Tashkent institute of chemical technology**


The defense will take place «7 april» 2026 at 10<sup>00</sup> o'clock at the meeting of the scientific Council №. DSc.05/2025.27.12.K/T.19.01 at the Institute of General and Inorganic Chemistry (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulugbek street, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; fax: (99871) 262-79-90, e-mail: [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz) .

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Institute of General and Inorganic Chemistry (is registered under № 7), Address: 100170, Tashkent city, Mirzo-Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60; fax: (99871) 262-79-90, [ionx@academy.uz](mailto:ionx@academy.uz))

Abstract of dissertation sent out on «24» march 2026 y.  
(mailing report №7 from «24» march2026 y).

  
  
**A.B. Ibragimov**  
Chairman of the scientific Council awarding scientific degree,  
doctor of chemical sciences, professor

  
**B.Z. Adizov**  
scientific secretary of the scientific Council awarding scientific degree,  
doctor of technical sciences, professor

  
**Y.Y. Yakubov**  
Chairman of the scientific seminar at the Scientific  
Council for the award academic degree,  
doctor of chemical sciences professor



## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The purpose of the research** is to synthesize a series of surfactants with hydrocarbon chains of various lengths based on aromatic compounds and to find ways to use them in various industries based on the study of their colloidal-chemical properties.

**The object** of the study was a series of surfactants with hydrocarbon chains of various lengths synthesized on the basis of aromatic compounds phenol and naphthalene, including esters of p-phenolsulfonic acid and  $\beta$ -naphthalenesulfonic acid with monoatomic alcohols and their sodium and triethanolamine salts.

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

based on the etherification of p-phenolsulfonic acid and  $\beta$ -naphthalenesulfonic acid obtained as a result of the reaction of aromatic compounds phenol and naphthalene with concentrated sulfuric acid with monoatomic alcohols and neutralization of the product, a series of surface-active derivatives of p-phenolsulfonic acid and  $\beta$ -naphthalenesulfonic acid with various hydrocarbon chain lengths and counterions were synthesized;

a correlation was established between the chemical structure and properties of the newly synthesized surfactants, in which an increase in the length of the hydrocarbon chain in the molecule of complex esters of p-phenolsulfonic acid and  $\beta$ -naphthalenesulfonic acid was found to increase the surface activity, foaming and wetting ability of the compounds, and these results were confirmed by the increase in hydrophobic interactions in the solutions of the studied surfactants;

it was found that there is a relationship between the colloidal-chemical properties of the studied surfactants, in which an increase in the surface activity of the compounds leads to a decrease in the critical concentration for micelle formation, an increase in emulsifying properties, foaming and wetting ability.;

it was determined that in aqueous solutions of p-phenolsulfonic acid and  $\beta$ -naphthalenesulfonic acid esters, critical opalescence was formed in the solutions with an increase in their concentration, and this result was proven by the formation of spherical, cylindrical, and plate-like micellar structures of the studied surfactants;

it was determined that aqueous solutions of p-phenolsulfonic acid and  $\beta$ -naphthalenesulfonic acid ester salts with monoatomic alcohols have the property of hydrophilizing lyophobic surfaces, and this result was proven by the formation of monolayers of the molecules of the compounds on the surface;

the possibilities of effective use of surfactants synthesized on the basis of phenol and naphthalene in effective foaming compositions for the enrichment of non-ferrous metals by flotation, in increasing the stability and strength of cement dispersion systems and controlling the setting time, and in dust suppression solutions on mining roads have been identified.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained on the synthesis of new surfactants based on aromatic compounds and their colloidal chemical properties:

the method of obtaining foaming compositions using surfactants synthesized based on aromatic compounds is included in the "List of promising developments for implementation in practice in 2025-2026" of the Almalayk Mining and

Metallurgical Combine JSC (Reference No. 09-24/42-00026 of the Almalıy Mining and Metallurgical Combine JSC dated September 17, 2024). As a result, the synthesized surfactants and foaming compositions obtained on their basis allow enriching the copper concentrate in the ore from 88.6% to 93.5%;

the method of using the foaming compositions AFS-2, FAB-9, BN-0.25 in ore enrichment is included in the “List of promising developments for implementation in 2025-2026” of the Almalıy Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference No. 09-24/42-00026 of the Almalıy Mining and Metallurgical Combine JSC dated September 17, 2024). As a result, the resulting foaming composition, when used in an amount of 40 g/t, allows enriching the copper concentrate in the ore from 91.1% to 93.5% compared to the currently used T-92 preparation.

**The structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and a list of used literature. The volume of the dissertation is 113 pages.

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

**I bo'lim (I часть, I parts)**

1. Саидкулов Ф.Р., Махкамов Р.Р., Нурманова М.Л., Самандаров Ш.К. Эффективность новых пав при флотации цветных металлов // O'zbekiston kimyo jurnali, 2025, № 2. С. 15-20. (02.00.00; №6)

2. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R., Nurmanova M.L., Makhkamova I.G., Samandarov Sh.K. Solution properties and effectiveness of new biological surface-active substances // European Journal of Interdisciplinary Research and Development Volume- 32 October- 2024 Website: www.ejird.journalspark.org ISSN (E): P. 5720-5746. (02.00.00; №31)

3. Саидкулов Ф.Р., Нурманова М.Л., Махкамов Р.Р., Самандаров Ш.К., Махкамова И.Г. Получение и коллоидно-химические свойства новых пав производных алифатических и ароматических кислот // Universum: Химия и Биология Выпуск 2024. 10(124). DOI-10.32743/ UniChem.2024.124.10.18350, част 1. С. 45-54. (02.00.00; №2)

4. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R., Samandarov Sh.K., Nurmanova M.L. Surface activity and phase behaviour of potassium heptylene decyl succinate / water binary system // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 59, 5, 2024, P. 1063-1068. DOI: 10.59957/jctm.v59.i5.2024.7 ((3) Scopus, Impact Factor=1.7)

5. Саидкулов Ф.Р., Самандаров Ш.К., Махкамов Р.Р., Нурманова М.Л. Исследование эффективности натриевой соли карбоксиметилкрахмала и новых пав при получении масляных эмульсий // Universum: Химия и Биология Выпуск 2024. 6(120). DOI - 10.32743/UniChem.2024.120.6.17713. (02.00.00; №2)

6. Саидкулов Ф.Р., Махкамов Р.Р., Нурманова М.Л., Самандаров Ш.К. Синтез и коллоидно химические свойства поверхностно- активных производных фенола // O'zbekiston kimyo jurnali, 2023, № 3. С. 36-42. (02.00.00; №6)

7. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R., Kurbanbayeva A.E., Samandarov Sh.K. Nurmanova M.L. Fenol asosida olingan yangi sirt faol moddalarning kalloid kimyoviy xossalarini o'rganish // O'zbekiston Respublikasi Oliy Ta'lim, Fan va Innovatsiyalar Vazirligi Farg'ona Davlat Universiteti. FarDu. Ilmiy Xabarlar Jurnali 2023/1. 40-49 b. (02.00.00; №17)

**II bo'lim (II часть, II parts)**

1. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R., Samandarov Sh.K., Nurmonova M.L. Wetting Ability Of Newly Synthesized Surfactants On Solid Surfaces // From Science to Practice: Innovations Across Life Domains: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference, July 3-4, 2025. FOP

Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 13-14 p.

2. Saidkulov F.R., Mahkamov R.R., Nurmanova M.L., Samandarov Sh.K. Yangi sintez qilingan sirt-faol moddalarni gidrofil lipofil balansini aniqlash // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной светлой памяти академика МАНЭБ, д.х.н., проф. А.А. Агзамходжаева "Коллоидная химия: инновации и решения для химической технологии, экологии и промышленности" 7-8 февраля 2025 года город Термез. С. 470-472

3. Saidkulov F.R. Alkilbenzol sulfanatlarning sanoatda olinish usullari va O'zbekistonda ishlab chiqarish istiqbollari // Роль коллоидной химии в сфере нефтегазопереработки, химической технологии и экологии. Материалы I-Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика К.С. Ахмедова 10-11 октября 2024 года город Ташкент ИОНХ. С. 396-398.

4. Saidkulov F.R. Samandarov Sh.K., Mahkamov R.R., Nurmanova M.L. Karboksimetilkraxmal-sirt faol moddalar kompazitsiyasining ko'pikni barqarorlashtirish qobilyati // Kompozitsion, korroziyaga qarshi va qurilish materiallarini mahalliy xom ashyolar hamda sanoat chiqindilari asosida olishning innovatsion texnologiyalari" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya, O'zbekiston Respublikasi, Jizzax shahri, 26-aprel 2024 yil, 147-151 b.

5. Saidkulov F.R., Mahkamov R.R., Nurmanova M.L., Samandarov Sh.K. Yangi olingan sirt-faol moddalarning mineral dispers sistemalarni stabillash hususiyatlari // "Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari" Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman, Namangan muhandislik-texnologiya instituti 9-10-fevral, 2024. 1023-1025 b.

6. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R. Nodir metallarni ajratib olish uchun yaratilgan yangi sirt faol moddalarning xossalari // Кимё фанлари доктори, профессор Х.Т. Шарипов хотирасига бағишланган "Нодир ва ноёб металллар кимёси ва технологияси: бугунги ҳолати, муаммолари ва истикболлари" Республика илмий-амалий конференцияси. 2023 йил 28-29 апрель. 355-356 б.

7. Saidkulov F.R., Mahkamov R.R., Nurmanova M.L. Fenol asosida olingan yangi sirt faol moddalarning sirt taranglik xossalari // O'zbekiston Milliy universitetining 105 yilligiga bag'ishlangan "Analitik kimyoning dolzarb muommolari" mavzusidagi xalqaro professor o'qituvchilar va yosh olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami. 2023 yil 11-12 may. 311-313 b.

8. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R., Samandarov Sh.K., Sadullayev B.S., Nurmanova M.L. Yangi sirt faol moddalarni nodir metallarni ajratib olishda ishlatish // O'zbekiston fanlar kademiyasi Umumiy noorganik kimyo instituti 90 yilligi va Fanlar akademiyasi 80 yilligi «O'zbekiston mineral xom ashyolarini qayta ishlashning yuqori texnologiyalarini yaratish va ulardan foydalanishning dolzarb muammolari» xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to'plami. Toshkent 2023. 16-17-noyabr 310-313-b.

9. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R., Nurmanova M.L., Samandarov Sh.K. Glikollar asosida sintez qilingan sirt faol moddalarni kolloid kimyoviy xossalari // O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasini 80 yilligi “Yangi O‘zbekiston fan va ta’limini rivojlantirishda yoshlarning o‘rni” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami. Toshkent 2023 (28-oktyabr) 240-241 b.

10. Саидкулов Ф.Р., Маҳкамов Р.Р., Курбанбаева А.Э. Араматик углеводородлар асосида олинган янги сирт фаол модданинг коллоид-кимёвий хossalari // «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» 12-14 мая. - 2022. – Ташкент. –С. 726-727.

11. Саидкулов Ф.Р., Маҳкамов Р.Р., Курбанбаева А.Э. Араматик углеводородлар асосида олинган янги сирт фаол модданинг коллоид-кимёвий хossalari // «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» - Ташкент. 12-14 мая . - 2022. –С. 726-727.

12. Саидкулов Ф.Р., Маҳкамов Р.Р., Курбанбаева А.Э. Араматик углеводородлар асосида олинган янги сирт фаол модданинг кўпик ҳосил қилиш қобилияти // “Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муаммолари” Респуб. ил.-амалий конф. 19-21 май. - 2022. –Термиз. –Ч.1. –С. 347-348.

13. Saidkulov F.R., Makhkamov R.R., Samandarov Sh.K., Makhkamova I.G., Nurmanova M.L. Surface activity and stabilizing ability of new biological surfactants // European Journal of Interdisciplinary Research and Development Volume-20 October 2023 Website: ISSN (E): 2720-5746 116-120 | P. www.ejird.journalspark.org

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» garniturası.  
Raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabogʻi: 3. Adadi 100 dona. Buyurtma № 15/26.

Guvohnoma № 851684.  
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.  
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Alisher Navoiy koʻchasi, 36-uy.  
Tel: +99894-600-44-07