NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-8]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

02.00.00-KIMYO FANLARI
journal.namdu.uz
CHEMICAL SCIENCES

NATRIY LIGNOSULFONAT VA ORGANOFOSFONATLAR ASOSIDA MINERAL TUZLAR TO‘ PLANISHI INGIBITORLARI SINTEZINI TADQIQ QILISH

Xolmatova Fotima Iskandar qizi
Toshkent kimyo-texnologiya instituti “Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi” kafedrasi tayanch doktoranti.
xolmatovafotima93@gmail..com
Rahimov Husniddin Nurboboyevich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti “Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi” kafedrasi dotsenti, Texnika fanlari bo‘ yicha falsafa doktori, PhD.
xusniddin.raximov.89@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-3607-5921
Qodirov Hasan Irgashevich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti “Asosiy organik sintez” kafedrasi professori, Texnika fanlari doktori.
tkti.kodirov@mail.ru
Mashayev Eldor Ergashvoy o‘ g‘ li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti “Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi” kafedrasi dotsenti v.b., Kimyo fanlari bo‘ yicha falsafa doktori, PhD.
eldor.mashayev@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-4594-3670
Mardonov Asror Hasanovich
O‘ zR FA akademik S.Yu.Yunusov nomidagi O‘ simlik moddalari kimyosi instituti.
amardonov3011@gmail.com

Annotatsiya. *Neft-gaz sanoatida, shuningdek kommunal xo‘ jaligi suv ta’minotida qo‘ llaniladigan mineral tuzlar to‘ planishi ingibitorlarini natriy lignosulfonat va organofosfonatlar asosida sintez qilish jarayonining texnologik parametrlari o‘ rganildi. Somondan ajratilgan lignin sulfolash va sulfonatlash orqali natriy lignosulfonatga aylantirilib, keyin nitrilotrimetilenfosfon kislota (NTF) va oksietilidendifosfon kislota (OEDF) bilan modifikatsiya qilindi. Modifikatsiyalashning maqbul parametrlari, xususan reagentlar miqdori, harorat, muhit pH qiymati va jarayon davomiyligi ko‘ rib chiqildi. Olingan tizimlarning ingibirlash samaradorligi, tuzlarga chidamliligi va termik barqarorligi taqqoslandi. Natriy lignosulfonatning OEDF va NTF bilan modifikatsiyalanishi fosfon guruhlarini kiritish va kompleks hosil qilish imkoniyatini oshirishi, shuningdek ultrabinafsha spektrda dastlabki natriy lignosulfonat spektridan farq qiluvchi signallar hosil bo‘ lishi bilan tavsiflandi.*

Kalit so‘ zlar: *natriy lignosulfonat, lignin, organofosfonatlar, OEDF, NTF, mineral tuzlar, ingibitor, fosfon guruhlari, ultrabinafsha spektr.*

STUDY OF THE SYNTHESIS OF MINERAL SCALE INHIBITORS BASED ON SODIUM LIGNOSULFONATE AND ORGANOPHOSPHONATES

Abstract. *The technological parameters of the synthesis of mineral scale inhibitors based on sodium lignosulfonate and organophosphonates, used in the oil and gas industry as well as in municipal water supply, were studied. Lignin separated from straw was converted into sodium lignosulfonate through sulfonation and subsequent sulfonatization, and then modified with nitrilotrimethylene phosphonic acid (NTF) and oxyethylidene diphosphonic acid (OEDF). The optimal parameters of modification, including the reagent amount, temperature, pH of the medium and process duration, were considered. The inhibition efficiency, salt resistance and thermal stability of the obtained systems were compared. Modification of sodium lignosulfonate with OEDF and NTF was characterized by the introduction of phosphonate groups and an increased possibility of complex formation, as well as by the appearance of signals in the ultraviolet spectrum differing from the spectrum of the initial sodium lignosulfonate.*

Keywords: *sodium lignosulfonate, lignin, organophosphonates, OEDF, NTF, mineral salts, inhibitor, phosphonate groups, ultraviolet spectrum.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ИНГИБИТОРОВ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА НАТРИЯ И ОРГАНОФОСФОНАТОВ

***Аннотация**. Изучены технологические параметры синтеза ингибиторов отложения минеральных солей на основе лигносульфоната натрия и органофосфонатов, применяемых в нефтегазовой промышленности, а также в коммунальном водоснабжении. Лигнин, выделенный из соломы, превращали в лигносульфонат натрия путём сульфирования и последующего сульфонатирования, после чего модифицировали нитрилотриметиленфосфоновой кислотой (НТФ) и оксиэтилидендифосфоновой кислотой (ОЭДФ). Рассмотрены оптимальные параметры модифицирования, включая количество реагентов, температуру, pH среды и продолжительность процесса. Сопоставлены ингибирующая эффективность, устойчивость к солям и термическая стабильность полученных систем. Модифицирование лигносульфоната натрия ОЭДФ и НТФ характеризовалось введением фосфонатных групп и повышением возможности образования комплексов, а также появлением сигналов в ультрафиолетовом спектре, отличающихся от спектра исходного лигносульфоната натрия.*

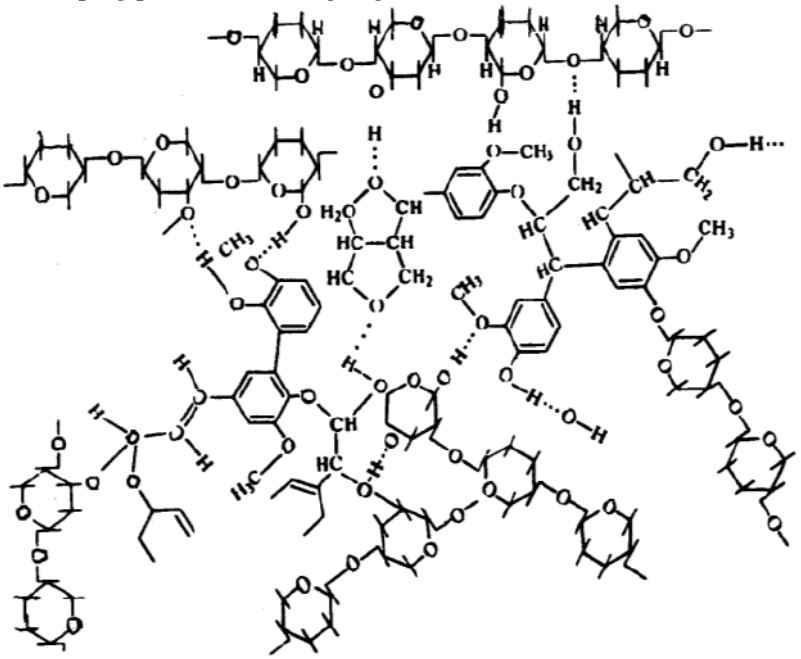
***Ключевые слова:** лигносульфонат натрия, лигнин, органофосфонаты, ОЭДФ, НТФ, минеральные соли, ингибитор, фосфонатные группы, ультрафиолетовый спектр.*

Kirish. Mineral tuzlarining cho‘ kishi neft-gaz quduqlari, quvurlar va texnologik jihozlarda oqim kesimining torayishi, ishlab chiqarish samaradorligining pasayishi va jihozlarning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Neft-gaz tizimlarida karbonatli, sulfidli va sulfatli tuzlar keng tarqalgan bo‘ lib, ularning hosil bo‘ lishi harorat, bosim, eritmaning to‘ yinish darajasi va gidrodinamik sharoitlar bilan bog‘ liq [1]. Mineral tuzlar hosil bo‘ lishini oldini olishda ingibitorlardan foydalanish keng qo‘ llaniladi; ayniqsa threshold-inhibitorlar kam miqdorlarda kristall nukleatsiyasi va o‘ sishini sekinlashtirishi mumkin [2]. Bunday tizimlarda fosfor saqlovchi birikmalar, polikarboksilatlar va sulfonatlangan polimerlar ishlatiladi [2]. Lignosulfonatlar syellyuloza-qog‘ oz sanoatida hosil bo‘ ladigan lignin hosilalari bo‘ lib, ularning funksional guruhlari va dispergirlovchi xususiyatlari suvli tizimlarda qo‘ llanish imkonini beradi. Natriy lignosulfonatning $CaCO_3$ cho‘ kishiga ta’siri bo‘ yicha tadqiqotlarda uning modifikatsiyalanmagan holdagi ingibirlash samaradorligi cheklanganligi, modifikatsiya esa ta’sirini oshirishi mumkinligi ko‘ rsatilgan [3]. Lignosulfonatning $CaCO_3$ minerallashuvida kristall fazasi va morfologiyasiga ta’sir ko‘ rsatishi ham qayd etilgan [4]. So‘ nggi tadqiqotlarda lignosulfonatlarni funksional guruhlar bilan modifikatsiyalash orqali barqaror va samarali ingibitorlar olishga e’tibor kuchaygan. Xususan, oksidlangan lignosulfonatlar kalsit cho‘ kishiga nisbatan dastlabki lignosulfonatlarga qaraganda ancha yuqori ingibirlash ta’sirini ko‘ rsatgan va kalsiyga chidamlilik hamda termik barqarorlik xususiyatlari bilan tavsiflangan [5]. Ingibitorlarning ishlash mexanizmi va ularni quduqlarda qo‘ llash usullarini tushunishda ingibitorning sirtda adsorbsiyalanishi, ushlab qolinishi va ajralishi muhim hisoblanadi [6]. Turli ingibitorlarning harorat va konsentratsiyaga bog‘ liq samaradorligi esa CaCO3 cho‘ kishini nazorat qilishda reagent tarkibi va ish sharoitlarini birgalikda baholash zarurligini ko‘ rsatadi [7]. Neft-gaz va neftni qayta ishlash sanoatida metall jihozlarni korroziyadan himoya qilish uchun organik va kompleksonat asosidagi ingibitorlarni ishlab chiqish muhim yo‘ nalishlardan biri hisoblanadi. OEDF ishtirokida tetragidroimidazo-[4,5-d]-imidazoldion-2,5 asosida olingan kompozisiyalar po‘ latni korroziyadan 90% dan ortiq himoya qilishi aniqlangan [8]. Shuningdek, Zn–NTF–OEDF asosidagi metallokompleks kompozisiyalar korroziya va mineral tuzlar to‘ planishiga qarshi ingibitor sifatida tadqiq etilgan [9]. Mineral tuzlar to‘ planishiga qarshi yangi aromatik diamin asosidagi ingibitorning samaradorligi 92–95% ni tashkil etgan [10]. Aromatik diamin asosidagi ingibitorlarda esa korroziyadan himoya samaradorligi alkil zanjiri uzunligiga bog‘ liq bo‘ lib, optimal strukturada 79,8% samaradorlik qayd etilgan [11]. MEE seriyali bis-karbamatlari ham ingibirlovchi xususiyatlarni namoyon qilib, MEE-1 past zichlikdagi polietilenning termooksidlanish barqarorligini 2,5–43,2 marta oshirgan [12], MEE-2 esa motor yoqilg‘ ilarining korrozion faolligini kamaytirish uchun istiqbolli qo‘ shimcha sifatida tavsiflangan [13]. Tetragidroimidazo-[4,5-d]-imidazoldion-2,5 asosidagi kompozision ingibitorlar esa turli agressiv muhitlarda 90% dan yuqori himoya samaradorligini namoyon qilgan [14]. Shu nuqtai nazardan, natriy lignosulfonat matrisasini OEDF va NTF kabi organofosfonatlar bilan modifikatsiyalash fosfonat guruhlarining kompleks hosil qilish xususiyatlarini polimer matrisasining dispergirlovchi ta’siri bilan birlashtirish imkonini beradi. Mazkur ishda natriy lignosulfonat va organofosfonatlar asosida mineral tuzlar to‘ planishi ingibitorlari sintezining texnologik parametrlari va modifikatsiyalangan tizimlarning spektral hamda ingibirlovchi xususiyatlari tadqiq qilingan.

Materiallar va metodlar. Tadqiqotda somondan ajratilgan lignin asosida olingan natriy lignosulfonat (Na-LS) xomashyo sifatida qo‘ llanildi. Na-LS OEDF (oksietilidendifosfon kislota) va NTF (nitrilotrimetilenfosfon kislota) bilan modifikatsiya qilindi. Sintez jarayonida reagentlar nisbati, harorat, pH va reaksiya davomiyligi o‘ zgartirilib, modifikatsiyaning texnologik parametrlari baholandi. Modifikatsiyalangan va modifikatsiyalanmagan Na-LS namunalarining spektral xususiyatlari ultrabinafsha (UB/UV) spektroskopiya orqali taqqoslandi. Shuningdek, ingibirlash

samaradorligi, tuzlarga chidamlilik va termik barqarorlik ko‘ rsatkichlari taqqosiy tarzda baholandi. Faylda qurilmaning aniq markasi yoki modeli ko‘ rsatilmagani sababli bu yerda qurilma nomi umumiy holda berildi.

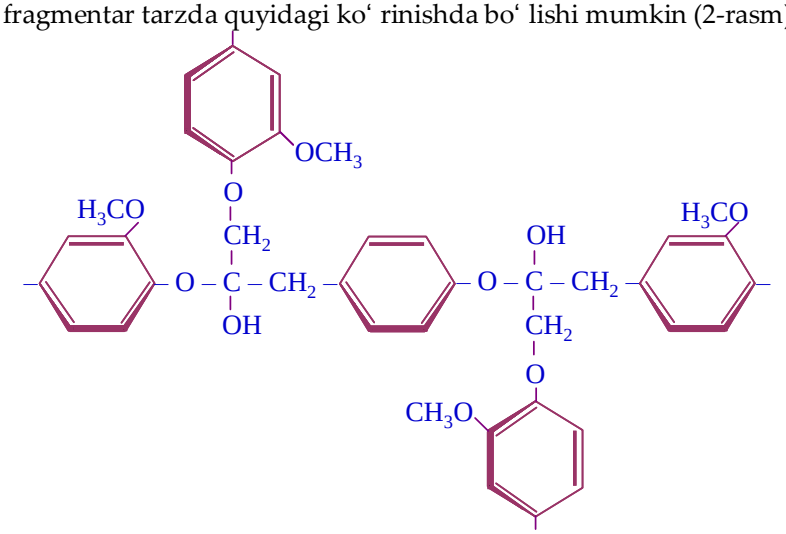
Natijalar va muhokama. Neft-gaz sanoatida, shuningdek kommunal xo‘ jaligi suv ta’minotida katta miqdorlarda qo‘ llaniladigan reagentlardan biri mineral tuzlar to‘ planishi ingibitorlari bo‘ lib, natriy lignosulfonat va organofosfonatlar asosida sintez qilish jarayonining texnologik parametrlari o‘ rganildi. Mineral tuzlar to‘ planishi ingibitorlari sintez qilish uchun somondan ajratilgan ligninni sulfolash, so‘ ngra sulfonatlash orqali olingan natriy lignosulfonat organofosfonatlardan NTF va OEDF bilan modifikatsiyalandi. Ma’lumki, lignin tuzilishining mavjud sxemalari va uning uglevodlar bilan birikish usuli faqat gipotetik xarakterga ega (1-rasm).



1-rasm. Lignouglevod matritsasining tuzilishi

Lignosulfonatlarning suv ta’minotida qo‘ llanilishining o‘ ziga xosligi va sababi ularning ingibirlovchi xususiyatlari bo‘ lib, bu tarkibidagi aromatik qismda dolchin spirtlari: koniferil (I), sinap (II) va kumar (III) spirtlari mavjudligi bilan izohlanadi.

Polimerning monomer birligi sifatida koniferil spirtiga tegishli bo‘ lgan fenilpropan birligi (FPB) qabul qilingan. Ligninning aromatik qismi fragmentar tarzda quyidagi ko‘ rinishda bo‘ lishi mumkin (2-rasm).



2-rasm. Lignin makromolekulasi fragmenti

Sulfitli pishirishda delignifikatsiya qilish vaqtida lignin bilan bir vaqtda sodir bo‘ ladigan uchta asosiy reaksiya ma’lum:

- sulfirlanish reaksiyasi;
- gidrolitik parchalanish reaksiyasi;
- kondensatsiya reaksiyasi.

Qaynatish jarayonlari sulfirlovchi agent ishtirokida olib boriladi, bu agent asosan sulfit kislota (H_2SO_3) hisoblanadi.

Yuqorida qayd etilgan reaksiya turlari nukleofil almashinish mexanizmi bo‘ yicha kechadigan geterolitik reaksiyalar sifatida tasniflanadi va bunda fenilpropan bo‘ g‘ inining yon zanjiri nukleofil agentlar hujumiga uchraydi. Sulfirlash va gidrolitik parchalanish reaksiyalari ligninning erishiga yordam beradi. Ligninning sulfirlangan shakllari lignosulfonatlar deb ataladi va ular syellyuloza-qog‘ oz korxonalarining asosiy mahsuloti bo‘ lgan syellyuloza olish jarayonining qo‘ shimcha mahsulotlaridir. Biroq, qaynatish eritmalarining kuchli kislotali muhitida ligninning erishi kondensatsiya reaksiyasi tufayli sekinlashadi; bu reaksiya harorat oshishi va muhit pH ko‘ rsatkichi pasayishi bilan faollashib, ligninning erishiga hamda sulfirlanish qobiliyatiga to‘ sqinlik qiladi. Bundan tashqari, kislotali muhitda ligninning reaksiyaga kirishish qobiliyatini pasaytiradigan va uning faolsizlanishiga olib keladigan kolloid-kimyoviy o‘ zgarishlar yuz beradi. Qaynatish eritmasining ishqoriy muhitida esa demetillanish reaksiyasi kechadi va bu pirokatexinatlarning hosil bo‘ lishiga ko‘ maklashadi, bu esa lignosulfonatlarning oshlovchilik xususiyatlarini yaxshilash uchun juda qulaydir. Umuman, destruksiya dastlabki xomashyoni delignifikatsiyalashga yordam bersa, u bilan raqobatlashuvchi kondensatsiya reaksiyasi bu jarayonga to‘ sqinlik qiladi. Ligninni kondensatsiyadan himoya qilish sulfirlashdir, o‘ z navbatida, kondensatsiya reaksiyasi sulfirlash reaksiyasiga to‘ sqinlik qiladi. Shu bilan birga, uzoq vaqt muhokama qilingan FPE tarkibidagi sulfoguruh aynan qaysi holatda - α, β yoki γ - joylashgan degan savolning javobi prinsipial ahamiyatga ega emasligi aniqlanib, o‘ zining yakuniy yechimini topdi.

Ligninning to‘ rsimon strukturasining parchalanishi solvolitik destruksiya mexanizmi bo‘ yicha kechadi, bu esa kislotali sulfitli pishirishda yog‘ ochni yetarli darajada delignifikatsiyalashni ta’minlaydi. Biroq neytral va ishqoriy muhitlarda ligninning to‘ rsimon strukturasi deyarli parchalanmaydi, chunki solvolitik destruksiya faqat fenolli strukturalarda oraliq xinonmetil hosil bo‘ lishi orqali sodir bo‘ ladi. Aynan shu holat neytral lignosulfonatlarning fizik-kimyoviy xossalarining yaqqol namoyon bo‘ luvchi xususiyati hisoblanadi. Natijada lignin va uning sulfohosilasi - lignosulfonatning ham reaksion qobiliyati, ham eruvchanligining pasayishiga olib keluvchi kolloid-kimyoviy o‘ zgarishlar yuz beradi. Funksional guruhlarning (metoksil, fenol gidroksil, spirt) tarkibi va miqdori pishirish usullariga hamda qayta ishlanadigan xomashyo turlariga qarab o‘ zgaradi va bu lignosulfonat matrisasini modifikatsiyalash imkonini beradi. Natriy lignosulfonatini oksietilidendifosfon kislota (OEDF) va nitrilotrimetilenfosfon kislota (NTF) bilan modifikatsiyalashning maqbul (optimal) parametrlari tizimning yuqori sedimentasion barqarorligiga (ingibirlash samarasi 90-92% atrofida), tuzlar cho‘ kishini samarali ingibirlashga va burg‘ ilash qorishmalarining reologik xossalarini yaxshilashga qaratilgan bo‘ ladi.

Quyida ushbu jarayonning ilmiy va amaliy tadqiqotlarga asoslangan asosiy maqbul parametrlari keltirilgan. Modifikatsiyalashning maqbul texnologik parametrlari: reagentlarning nisbati (OEDF/NTF va lignosulfonat massasiga nisbatan), lignosulfonat matrisasiga fosfon guruhlarini samarali kiritish uchun OEDF va NTF ning umumiy miqdori lignosulfonat quruq massasiga nisbatan maqbul miqdori 5 - 8 % chegarasida (agar OEDF/NTF miqdori 8% dan oshib ketsa, tizimning yopishqoqligi haddan tashqari pasayib, gidrofillik muvozanati buziladi). Kimyoviy bog‘ lanish va propanol zanjiri bilan kompleks hosil bo‘ lishi uchun maqbul harorat 60 °C dan 80 °C gacha bo‘ lishi lozim (harorat 90 °C dan oshganda lignin yadrolarining termik destruksiyasi va kondensatsiyalanishi kuchayib, mahsulot sifati pasayadi). Muhit ko‘ rsatkichi pH: reaksiya muhitining maqbul pH ko‘ rsatkichi 4,5 - 5,5 (kuchsiz kislotali) oralig‘ ida bo‘ lishi kerak. Bu fosfon kislotalarining qisman dissosiatsiyalanishini va NLS ning funksional guruhlari bilan faol ta’sirlashishini ta’minlaydi. Jarayon davomiyligi: aralashtirish va kimyoviy modifikatsiyalanish-ning to‘ liq yakunlanishi uchun maqbul vaqt 1,5 - 2,5 soatni tashkil etadi.

1-jadval

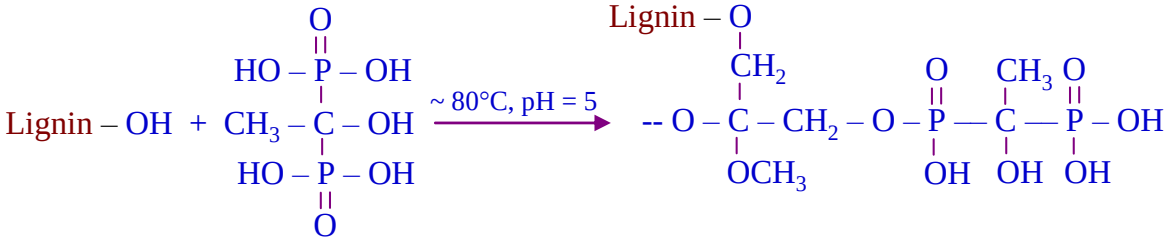
Modifikatsiyalangan tizimning taqqoslama xususiyatlari

Xususiyatlar va parametrlar	Na-LS	Na-LS + OEDF modifikatsiyasi	Na-LS + NTF modifikatsiyasi
Asosiy ta’sir mexanizmi	Yuza-aktivlik, dispergirlash	Fosfon guruhlarining fenilpropan zanjiriga birikishi	Kompleks hosil qilish va amino-metilen zanjirlari shakllanishi
Ingibirlash samaradorligi, %	70	92	88
Tuzlarga chidamlilik Ca^{2+}, Mg^{2+}	Past (tez cho‘ kadi)	Kalsiy ionlari past bo‘ lganda samarali	Kalsiy ionlari yuqori bo‘ lgan muhitda kuchli
Termik barqarorlik, °C	100 – 120	140 – 160	140 – 150

Modifikatsiyalashdan ko‘ zlangan asosiy maqsadlar: kolloid barqarorlikni oshirish - OEDF va NTF tarkibidagi fosfon guruhlari Na-LSning suvda eruvchanligini va qattiq zarralar yuzasida adsorbsiyalanish energiyasini keskin oshiradi; ingibirlash xususiyatini oshirish - modifikatsiyalangan tizim issiqlik almashinuvi apparatlarida va burg‘ ilash quduqlarida

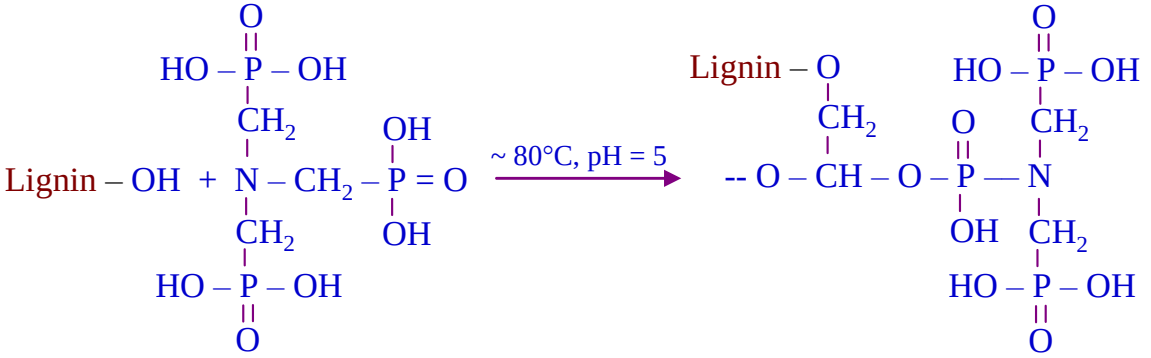
karbonatli va sulfatli tuzlar, shu jumladan $CaCO_3$ cho‘ kishini to‘ xtatib qoladi; reologik nazorat - burg‘ ilash qorishmalarining yopishqoqligi va suv berishini (filtratsiyasini) yuqori harorat va polivalentli tuzlar agressiyasi sharoitida ham barqaror ushlab turadi. Lignin (va Na-LS) murakkab fazoviy polimer bo‘ lgani uchun, kimyoviy sxemalarda uning asosiy tarkibiy birligi bo‘ lgan fenilpropan zanjiri (gvayasil yoki siringil yadrolari) asos qilib olinadi. OEDF va NTF lignin matrisasi bilan vodorod bog‘ lari, efirlanish (eterifikatsiya) va ligninning yon zanjirlaridagi faol markazlar orqali bog‘ lanadi.

Quyida ushbu modifikatsiyalanishning asosiy kimyoviy reaksiya sxemalari keltirilgan. Na-LSning OEDF (oksietilidendifosfon kislota) bilan modifikatsiyalash reaksiyasi quyidagi sxema bo‘ yicha amalga oshadi:



Natijada lignin zanjirining chekka qismida OEDF ning kuchli xelatlovchi fosfon guruhlari hosil bo‘ ladi.

Na-LSni NTF (nitrilottrimetilenfosfon kislota) bilan modifikatsiyalash reaksiyasi:



NTF tarkibida uchlamchi azot atomi va uchta fosfon guruhi bo‘ lganligi sababli, u lignin bilan nafaqat efir bog‘ lari, balki donor-akseptor (koordinasion) va kuchli vodorod bog‘ lari tizimini hosil qiladi. Kislotali muhitda NTF qisman ionlashadi va Na-LSning sulfoguruhlari (-SO_3Na) hamda fenol gidroksillari bilan ta’sirlashadi.

Agar jarayonni umumiylashtirilgan makromolekulyar sxema sifatida tasvirlansa, mahsulot quyidagicha ko‘ rinishga ega bo‘ ladi:

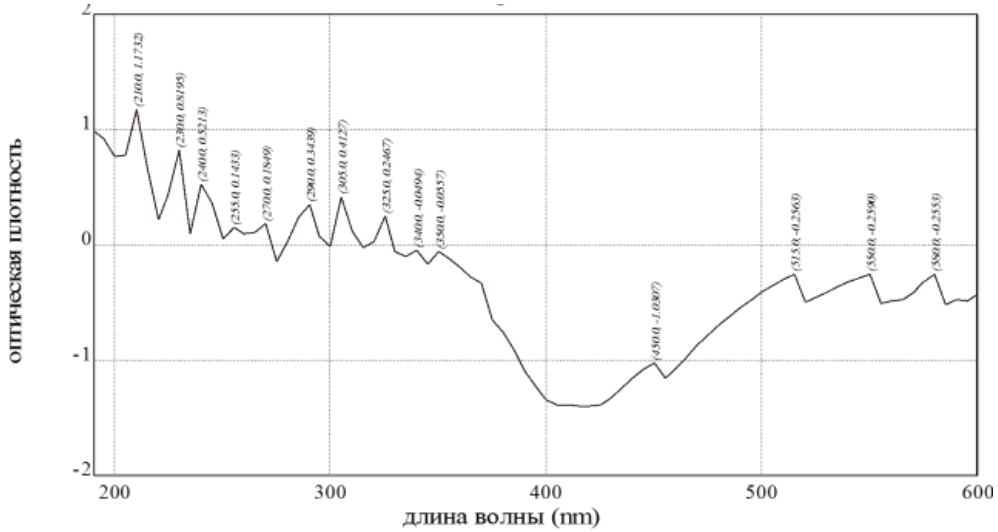
$$\text{НЛС (кўп тармоқли полимер)} + n(\text{Фосфонат}) \xrightarrow{\Delta,\ pH} [\text{НЛС}] \sim\sim\sim [\text{Фосфон гур}$$

Bunda modifikatsiyalangan molekula ikki xil vazifani bajaruvchi gibrid tuzilishga o‘ tadi:

polimer qismi - lignin matrisasi: suvda zarrachalarni himoya qobig‘ i bilan o‘ rab, ularning yopishishiga yo‘ l qo‘ ymaydi (sedimentasion barqarorlik va dispergirlash);

faol qismi - fosfon guruhlari: suvdagi kalsiy (Ca^{2+}) va magniy (Mg^{2+}) ionlarini biriktirib oladi – xelatlar hosil qilida va tuz kristallari o‘ sishini to‘ xtatadi.

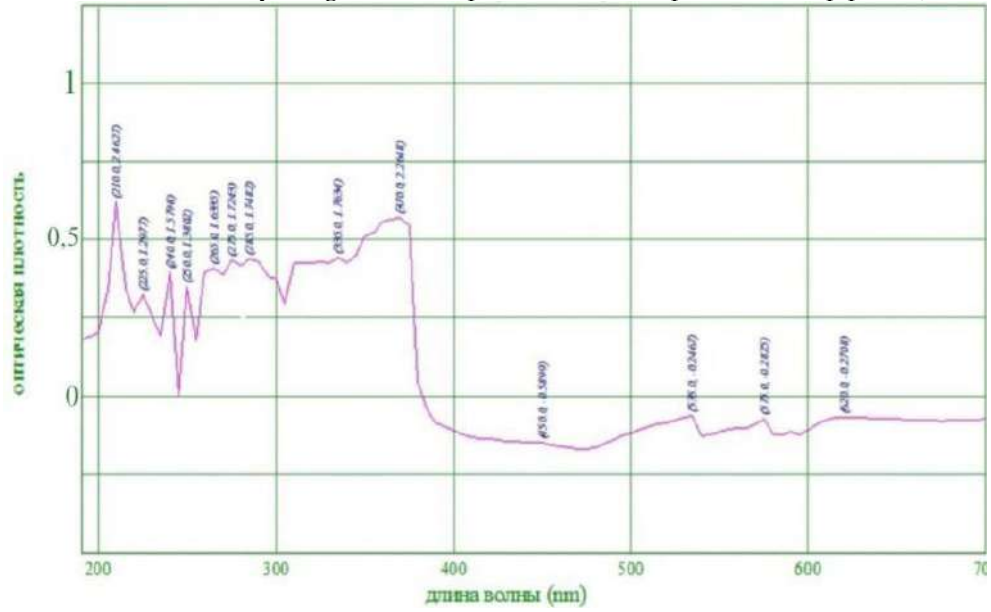
Na-LS eritmalarining OEDF fosfon guruhlari bilan modifikatsiyalanishidan oldingi va keyingi tarkib tuzilishi UB-spektrlari olindi (3-rasm).



3-rasm. OEDF fosfon guruhlari bilan modifikatsiyalanmagan Na-LS spektri

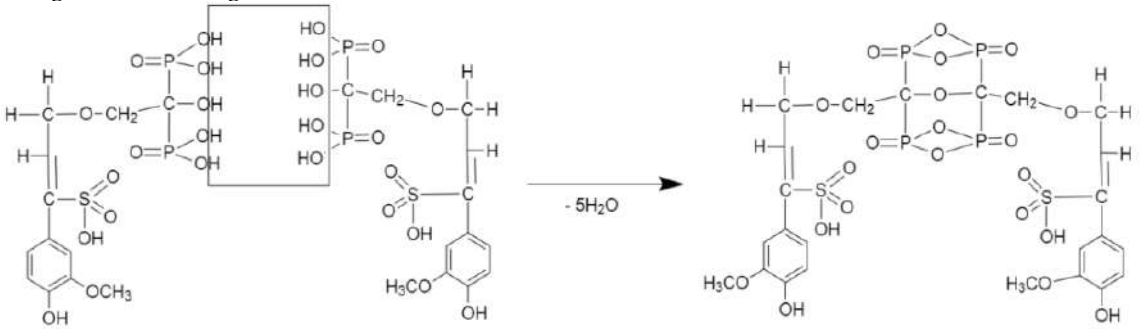
190-350 nm to‘ lqinlar diapazonida Na-LSning aromatik tashkil etuvchisi (ligninning fenilpropan zvenosidagi funksional guruhlar) aks etadi. 450 nm dan boshlab va undan keyingi uzun to‘ lqinli nurlanish sohasida spektrning uglevod qismini kuzatish mumkin.

Fosfon guruhlari bilan modifikatsiyalangan Na-LS spektri dastlabki spektrdan farq qiladi (4-rasm).



4-rasm. OEDF fosfon guruhlari bilan modifikatsiyalangan Na-LS spektri

λ=370 nm da cho‘ qqilar paydo bo‘ lishi kuzatiladi, bu esa Na-LS ning OEDF bilan o‘ zaro ta’sirida yangi birikmalar hosil bo‘ lishining xarakterli belgisidir.



5-rasm. Eterifikatsiya reaksiyasi natijasida murakkab efirning hosil bo‘ lishi

4-rasmdan ko‘ rinib turibdiki, organofosfonatlar bilan modifikatsiyalanmagan lignosulfonat spektri uchun λ=270–280 nm (OH-fenol guruhlari) to‘ lqin uzunligida minimal qiymatdagi cho‘ qqilar xos. OEDF ning fosfon guruhlari bilan modifikatsiyalanishi esa lignosulfonat spektrining ko‘ rinishini o‘ zgartiradi: optik zichlikning siljishi yuzaga keladi. Bu holat 370 nm to‘ lqin uzunligida avval kuzatilmagan cho‘ qqining paydo bo‘ lishida aks etadi va o‘ zaro ta’sir reaksiyasi kechganligidan dalolat beradi.

5-rasmga muvofiq, quyidagi tuzilishdagi birikma hosil bo‘ lishi mumkin. Bizningcha, lignosulfonat matrisasini modifikatsiyalash lignosulfonat monomer zvenosining alifatik propan zanjiriga fosfon fragmentini kiritish hisobiga amalga oshirilishi mumkin. Bu (HPO_3^{2-}) fragmentining kompleks hosil qilish xususiyatlari bilan izohlanadi. Fosforlovchi agentning fosfon guruhlari bir qator protonlangan shakllarda namoyon bo‘ ladi: PO_3^{3-}, PO_3H, PO_3H_2. Bunda PO_3 modifikatsiyalash jarayonida o‘ rni almashinadigan COO^- guruhiga nisbatan ancha yuqori elektrmanfiylikka ega. Bunday almashinish tetrayedr shaklidagi fosfonat-ionning stereokimyosi bilan asoslanadi, holbuki lignosulfonat fenilpropan zvenosining boshqa funksional guruhlari uchun yassi konfiguratsiya xosdir. Fosfon guruhlarini o‘ z ichiga olgan barcha ko‘ rsatilgan kompleksonlarni tarkibida bog‘ langan suvning yo‘ qligi birlashtirib turadi. Lignosulfonatda fenilpropan zvenosi alifatik zanjirining protonlanishi kompleks hosil qiluvchi kation (kalьsiy) atrofida lignosulfon kislotasi anionining yirik aglomeratlari hosil bo‘ lishiga olib kelishi mumkin. Fosfonli birikmalarga yuqori dentantlik ham xos bo‘ lib, bu ko‘ p sonli ligandlarni kompleks tuzilmalarga birlashtirib, lignosulfonatning fenilpropan zvenosi kompleksonlarini kalsiy kationlari bilan hosil qilish imkonini beradi.

Shunday qilib, yangi birikmaning paydo bo‘ lishi ulьtrabinafsha spektrda aks etadi va u dastlabki lignosulfonatning ultrabinafsha spektridan yaqqol farq qiladi. Qisqa to‘ lqinli sohada (200–400 nm) barcha cho‘ qqilar optik zichlik (D) oshishi tomoniga mutanosib ravishda siljigani (gipoxrom effekt) ko‘ rinadi. Bunda noaniq cho‘ qqilar yanada aniqroq (265 va 285 nm) cho‘ qqilarga aylangan, bu esa eterifikasiyalangan fenol fragmentlariga xosdir. 400 nm dan yuqori sohada, aksincha, dastlabki lignosulfonat spektri kichik giperxrom ta’sirga uchraydi: bunda 535 va 575 nm dagi cho‘ qqilar yo‘ qolib, 405 nm da aniq cho‘ qqi paydo bo‘ ladi. Bu gipsoxrom siljish mavjudligidan dalolat beradi va efir bog‘ lari hosil bo‘ lganining belgisidir. Bundan tashqari, 310–336 nm sohada "yelka" paydo bo‘ lgani ko‘ rinadi, bu esa yangi mahsulotlar hosil bo‘ lganini isbotlaydi. Optik zichlikning 390-410 nm sohada pasayishi bir qator olingan izolyasiyalangan xromofor tizimlarning yutilishidagi additiv farq bilan izohlanadi. Umuman olganda, keltirilgan ultrabinafsha spektrlar fosfon guruhlari bilan modifikatsiyalangan Na-LS asosidagi reagent tizimlari kompleksonatlar hosil bo‘ lishiga va efir guruhlarining paydo bo‘ lishiga olib kelishini ko‘ rsatadi.

Xulosa. Tadqiqot natijalariga ko‘ ra, somondan ajratilgan lignin asosida natriy lignosulfonat olinib, uning OEDF va NTF organofosfonatlari bilan modifikatsiyalanishi mineral tuzlar to‘ planishini ingibirlash uchun funksional tizim hosil qilish imkonini berdi. Modifikatsiyalash uchun organofosfonatlarning lignosulfonat quruq massasiga nisbatan 5–8 % miqdori, 60–80 °C harorat, pH 4,5–5,5 va 1,5–2,5 soat davomiylik maqbul parametrlar sifatida keltirilgan. Fayldagi taqqoslash natijalarida Na-LS uchun ingibirlash samaradorligi 70 %, OEDF bilan modifikatsiyalangan tizim uchun 92 %, NTF bilan modifikatsiyalangan tizim uchun 88 % qiymatlar keltirilgan. Modifikatsiyalangan tizimlarda termik barqarorlik va Ca^{2+} hamda Mg^{2+} ionlari ishtirokida ishlash xususiyatlari yaxshilanishi qayd etilgan. UB-spektrlarda OEDF bilan modifikatsiyadan keyin λ=370 nm sohasida yangi cho‘ qqi paydo bo‘ lishi, shuningdek 200–400 nm va 400 nm dan yuqori sohalarda spektr shaklining o‘ zgarishi modifikatsiya natijasida yangi funksional holatlar va efir guruhlari hosil bo‘ lishi bilan bog‘ langan. Umuman, olingan natijalar natriy lignosulfonat matrisasini organofosfonatlar bilan modifikatsiyalash mineral tuzlar to‘ planishini ingibirlovchi reagentlar tizimini shakllantirish uchun qo‘ llanishi mumkinligini ko‘ rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Kamal M.S., Hussein I., Mahmoud M., Sultan A.S., Saad M.A.S. Oilfield scale formation and chemical removal: A review // Journal of Petroleum Science and Engineering. — 2018. — Vol. 171. — P. 127–139. — DOI: 10.1016/j.petrol.2018.07.037.

[2] Mpelwa M., Tang S.-F. State of the art of synthetic threshold scale inhibitors for mineral scaling in the petroleum industry: a review // Petroleum Science. — 2019. — Vol. 16, No. 4. — P. 830–849. — DOI: 10.1007/s12182-019-0299-5.

[3] Ouyang X., Qiu X., Lou H., Yang D. Corrosion and Scale Inhibition Properties of Sodium Lignosulfonate and Its Potential Application in Recirculating Cooling Water System // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2006. — Vol. 45, No. 16. — P. 5716–5721. — DOI: 10.1021/ie0513189.

[4] Guo H., Sun P., Qin Z., Shan L., Zhang G., Cui S., Liang Y. Sodium Lignosulfonate Induced Vaterite Calcium Carbonate with Multilayered Structure // European Journal of Inorganic Chemistry. — 2014. — No. 6. — P. 1001–1009. — DOI: 10.1002/ejic.201301228.

[5] Ganguly S., Kelland M.A., Ellis R.J., Andresen M., Subramanian S., Theodossiou A. Sustainable Calcite Scale Inhibitors via Oxidation of Lignosulfonates // ACS Omega. — 2024. — Vol. 9, No. 23. — P. 25162–25171. — DOI: 10.1021/acsomega.4c02716.

[6] Kan A.T., Dai Z., Tomson M.B. The state of the art in scale inhibitor squeeze treatment // Petroleum Science. — 2020. — Vol. 17. — P. 1579–1601. — DOI: 10.1007/s12182-020-00497-z.

[7] Ketrane R., Saidani B., Gil O., Leleyter L., Baraud F. Efficiency of five scale inhibitors on calcium carbonate precipitation from hard water: Effect of temperature and concentration // Desalination. — 2009. — Vol. 249, No. 3. — P. 1397–1404. — DOI: 10.1016/j.desal.2009.06.013.

[8] Obidov Sh.B., Qodirov H.I., Rahimov X.N., Mashaev E.E. Oksietilidendifosfon kislota asosidagi korroziya ingibitorlarini olish // Journal of future. 2025. Vol. 1. Iss. 1. pp. 22–33. https://doi.org/10.66960/7ncjhg82

[9] Obidov Sh.B., Qodirov H.I., Ergashev J.R., Omonov Sh.A. Zn-NTF+OEDF sintezi va ular asosidagi samarali korroziya ingibitorlari kompozisiyalari // Journal of future. 2025. Vol. 1. Iss. 1. pp. 42–47. https://doi.org/10.66960/v5txbf43

[10] Davronov S.S., Obidov Sh.B. Mineral tuzlar to‘ planishiga qarshi samarali ingibitor sintezi va uning neft-gaz sohalarida qo‘ llanilishi // Journal of future. 2026. Vol. 2. Iss. 1. pp. 48–56. https://doi.org/10.66960/jof.3093-8899.00019

[11] Abdullaeva Z.A., Jakhonov F.H., Rakhimov Kh.N. Tailoring alkyl chain length in isoquinolinium-based inhibitors: impact on adsorption behavior and corrosion protection in oil refining systems // Journal of future. 2026. Vol. 2. Iss. 1. pp. 57–64. https://doi.org/10.66960/jof.3093-8899.00020

[12] E. Mashaev, A. Makhsumov, A. Khudoyberdiev Study of the synthesis of bis-carbamate of the MEE series and study of brutto inhibitory activity // JSIRU — 2024. — Vol.2, — Issue 1, — pp. 318-324 — https://doi.org/10.5281/zenodo.10521571

[13] Mashaev E., Azamatov U., Makhsumov A., Ismailov B. Synthesis and study of reducing the corrosive activity of motor fuels using additives of the MEE series // AJEMA — 2023. — Vol.1, — Issue 10, — pp. 75-78

[14] Obidov Sh.B. Raximov X.N. Mashayev E.E. Kadirov X.I. Kompozisionnыye ingibitorы na osnove tetragidroimidazo-[4,5-d]-imidazoldion-2,5 i ix effektivnost // Universum: texnicheskiye nauki: elektron. nauchn. jurn. — 2024. — 11(128). — S. 48-52 — DOI – 10.32743/UniTech.2024.128.11.18700