

NATRIY LIGNOSULFONATNING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARI VA
SANOATDAGI QO‘LLANILISH ISTIQBOLLARI

Eshqorayev Samariddin

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

02.00.14 - Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi ixtisosligi tayanch
doktoranti

E-mail: samariddineshqorayev@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-7068-1564>

Annotatsiya. Ushbu tezisda natriy lignosulfonatning kelib chiqishi, kimyoviy tuzilishining asosiy xususiyatlari, suvli muhitdagi polielektrolit xatti-harakati hamda dispersant, plastifikator va sirt-faol modda sifatidagi amaliy ahamiyati tahlil qilindi. Natriy lignosulfonat ligninning sulfonatlangan hosilasi bo‘lib, tarkibidagi sulfonat, fenol gidroksil va karboksil guruhlari uning suvda eruvchanligi, manfiy zaryadlanishi va mineral hamda uglerodli zarrachalar yuzasiga adsorbsiyalanishiga sabab bo‘ladi. Ilmiy manbalar asosida molekulyar massa, pH, ion kuchi va dozalash miqdorining dispersiyalash samaradorligiga ta’siri ko‘rsatildi. Qurilish materiallari, ko‘mir-suv suspenziyalari, keramika va nanomateriallar texnologiyasida qo‘llash istiqbollari baholandi.

Kalit so‘zlar: natriy lignosulfonat, lignin, sulfonat guruh, polielektrolit, dispersant, plastifikator, adsorbsiya, reologiya, beton, suspenziya.

Kirish. Lignin o‘simlik biomassasining sellyuloza va gemitsellyulozadan keyingi asosiy polimer komponentlaridan biri bo‘lib, uning sanoat miqyosida hosil bo‘ladigan texnik shakllarini yuqori qo‘shimcha qiymatli mahsulotlarga aylantirish resurs tejamkor va “yashil” kimyo uchun muhim yo‘nalish hisoblanadi. Natriy lignosulfonat (NaLS) ligninning sulfonatlangan, suvda eruvchan natriy tuzi bo‘lib, an’anaviy ravishda sulfitli sellyuloza ishlab chiqarish oqimlarida hosil bo‘ladi. Shu bilan birga, ishqoriy yoki biorefinery ligninlarini sulfometillash orqali ham funksional lignosulfonatlar olish mumkin. Huang va hammualliflar ligninni sulfometillash natijasida sement tizimlari uchun suv kamaytiruvchi xossalarga ega lignosulfonat hosil qilish mumkinligini tajriba yo‘li bilan ko‘rsatgan [1]. Bu holat chiqindi yoki kam qiymatli ligninni texnologik qo‘shimchaga aylantirish imkonini beradi.

Natriy lignosulfonatning xossalari uning yagona, qat’iy molekulyar formulaga ega emasligi bilan ham murakkablashadi. U turli molekulyar massali aromatik fragmentlardan tashkil topgan polidispers makromolekulyar tizimdir. Makromolekulada sulfonat guruhlari



kuchli gidrofil va ionogen markaz sifatida, aromatik skelet esa nisbatan gidrofob soha sifatida qatnashadi. Fenol gidroksil va karboksil guruhlarining ionlanishi eritma pH ga bog'liq bo'lib, molekulaning umumiy zaryadi, konformatsiyasi va o'zaro agregatsiyasini o'zgartiradi. Shuning uchun NaLS ni oddiy past molekulyar sirt-faol modda emas, balki murakkab anion polielektrolit va kolloid stabilizator sifatida qarash maqsadga muvofiq.

Asosiy qism.

Suvli muhitdagi xatti-harakati. Natriy lignosulfonatning texnologik samaradorligi ko'p jihatdan suvli fazadagi konformatsiyasi va agregatsiya holatiga bog'liq. Yan va hammualliflar tozalangan natriy lignosulfonat eritmalarini pH ning turli qiymatlarida o'rganib, kritik agregatsiya konsentratsiyasi taxminan 0,05 g/L ekanini, alohida makromolekulaning xarakterli o'lchami qariyb 8 nm, agregatlar o'lchami esa 80 nm atrofida bo'lishini aniqlagan [2]. pH oshishi bilan sulfonat va fenol gidroksil guruhlarining ionlanishi kuchayib, makromolekulaning manfiy zaryadi ortadi. Natijada molekula ichidagi elektrostatik itarilish kuchayishi, zanjirning nisbatan yoyilishi va agregatsiya mexanizmining o'zgarishi kuzatiladi. Bu xususiyatlar sirtga adsorbsiya va dispersiyalash jarayonlarida hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Dispersiyalash mexanizmi, avvalo, lignosulfonat molekulalarining qattiq zarracha yuzasiga adsorbsiyalanishi bilan boshlanadi. Adsorbsiya aromatik-gidrofob o'zaro ta'sirlar, vodorod bog'lari, ion almashinuvi va mineral yuzalardagi faol markazlar bilan komplekslashuv hisobiga sodir bo'lishi mumkin. Adsorbsiyalangan qatlam zarracha yuzasiga manfiy zaryad beradi va bir xil zaryadli zarrachalar orasida elektrostatik itarilish kuchini oshiradi. Bundan tashqari, makromolekulaning fazoga chiqib turgan fragmentlari sterik to'siq hosil qilib, zarrachalarning bir-biriga yaqinlashishi va flokulyatsiyasini cheklaydi. Demak, NaLS ning stabilizatsion ta'siri elektrostatik va sterik mexanizmlarning qo'shma natijasidir.

Molekulyar massa va funksional guruhlar miqdori dispersant sifatidagi samarani keskin o'zgartiradi. Yang va hammualliflarning ko'mir-suv suspenziyasidagi tajribalarida molekulyar massasi taxminan 10 000–30 000 oralig'idagi natriy lignosulfonat fraksiyalari ko'mir yuzasiga yuqori adsorbsiya va yetarli zeta-potensial hosil qilib, suspenziya qovushqoqligini samarali pasaytirgani ko'rsatilgan [3]. Bu natija "molekulyar massa qancha katta bo'lsa, dispersant shuncha yaxshi" degan sodda yondashuv noto'g'ri ekanini ko'rsatadi. Juda kichik fraksiyalar sirtni yetarli qoplamasligi, juda katta fraksiyalar esa eritma qovushqoqligini oshirishi yoki zich adsorbsion qatlam hosil qilishda samarasiz bo'lishi mumkin. Shuning uchun mahsulotni fraksiyalash, sulfonatlanish darajasini boshqarish va xomashyo kelib chiqishini hisobga olish zarur.

Qurilish materiallarida qo'llanilishi. Natriy lignosulfonatning eng muhim sanoat yo'nalishlaridan biri sement va beton uchun plastifikator hamda qotish jarayonini sekinlashtiruvchi qo'shimcha sifatida qo'llanilishidir. Sement zarrachalarining flokulyatsiyasi qorishma tarkibidagi suvning bir qismini bog'langan holatga o'tkazadi. Lignosulfonat sement zarrachalariga adsorbsiyalanib, ularni dispers holatga keltirishi natijasida bir xil ishlanuvchanlikni kamroq suv bilan ta'minlash mumkin. Suv-sement nisbatining pasayishi ma'lum sharoitlarda qotgan materialning zichligi va mustahkamligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Biroq lignosulfonatning shakar qoldiqlari va funksional guruhlari gidratatsiya kinetikasiga ta'sir qilib, qotish vaqtini uzaytirishi mumkin; shu sababli optimal doza tajriba orqali belgilanadi.

Atmajayanti va hammualliflar yuqori miqdordagi uchuvchi kul va PVA tolalari tutgan muhandislik sement kompozitlarida natriy lignosulfonat miqdorini o'zgartirib, uning boshlang'ich va yakuniy qotish vaqtini uzaytirishini qayd etgan. Mualliflar Portlandsement massasiga nisbatan 0,5% NaLS qo'shilishi tajriba sharoitida avtogen qisqarishni kamaytirish va cho'zilish deformatsiyasi qobiliyatini yaxshilash uchun optimal natija berganini ko'rsatgan [4]. Bu raqam universal retsept emas: sement mineralogiyasi, mineral qo'shimchalar, suv miqdori va harorat o'zgarsa, optimal doza ham o'zgaradi. Shuning uchun ishlab chiqarishda NaLS ni faqat narxi past plastifikator sifatida emas, balki qotish kinetikasiga faol ta'sir qiluvchi kimyoviy qo'shimcha sifatida nazorat qilish lozim.

2026-yildagi tajribaviy tadqiqotlarda ham natriy lignosulfonatning konsentrlangan TiO_2 suspenziya va pastalarda dispersiyalash samarasi molekulyar massa taqsimoti hamda ion tarkibiga bog'liqligi tasdiqlangan [5]. Bu natijalar NaLS ni keramik kukunlar, pigmentlar va boshqa yuqori qattiq fazali suspenziyalar uchun arzon bioasosli reologik modifikator sifatida qo'llash mumkinligini kuchaytiradi. Bunday tizimlarda maqsad faqat qovushqoqlikni pasaytirish emas; cho'kishga barqarorlik, zarracha o'lchamining bir tekis taqsimlanishi, nasoslanish va qoliplanish kabi ko'rsatkichlar ham muhimdir. Ion kuchining haddan tashqari oshishi elektr ikki qatlamni siqib, elektrostatik stabilizatsiyani susaytirishi mumkin; shu sababli suvning tuz tarkibi ham texnologik parametr sifatida hisobga olinishi kerak.

Nanomateriallar va maxsus suspenziyalarda qo'llanilishi. Natriy lignosulfonatning aromatik skeleti uglerodli yuzalar bilan o'zaro ta'sirlashishi, ionogen guruhlari esa suvda stabilizatsiyani ta'minlashi sababli grafen va boshqa gidrofob zarrachalarni suvda dispersiyalashda ham qiziqish uyg'otadi. Lou va hammualliflar NaLS yordamida grafitni ultratovush bilan eksfoliatsiyalash orqali yuqori konsentratsiyali suvli grafen suspenziyalarini olish mumkinligini ko'rsatgan; ularning tajribalarida modifikatsiyalangan lignosulfonat qo'llanganda grafen konsentratsiyasi 13,5 g/L gacha

yetgan [6]. Tadqiqot zeta-potensial va dispersiya konsentratsiyasi o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatib, elektrostatik itarilishning muhim rolini tasdiqlaydi.

Yana bir yo'nalish — mineral boyitish va flotatsiya jarayonlari. Lignosulfonatlar zarracha yuzasiga selektiv adsorbsiyalanishi va ko'pik xossalariga ta'siri orqali depressant yoki yordamchi reagent vazifasini bajarishi mumkin. Chique va hammualliflar natriy, kalsiy va modifikatsiyalangan lignosulfonat namunalarining ko'pik hosil qilish xususiyatlarini qiyoslab, NaLS ning sirt faolligi hamda ko'piklanish xatti-harakati anionlik darajasi va molekulyar xususiyatlar bilan bog'liqligini ko'rsatgan [7]. Bu natija flotatsiya reagentini tanlashda faqat "lignosulfonat" nomi yetarli emasligini, kation turi, molekulyar massa va sulfonatlanish darajasi alohida nazorat qilinishi kerakligini anglatadi.

Afzalliklar, cheklovlar va istiqbollar. Natriy lignosulfonatning asosiy ustunligi — qayta tiklanuvchi lignosellyulozali xomashyo zanjiridan kelib chiqishi, suvda yaxshi eruvchanligi, ko'p funksiyaliligi va ko'plab sintetik dispersantlarga nisbatan iqtisodiy jozibadorligidir. Bundan tashqari, qog'oz-sellyuloza va biorefinery oqimlaridagi ligninni qiymatli mahsulotga aylantirish chiqindini kamaytirish va biomasadan kompleks foydalanishga xizmat qiladi. Biroq texnik NaLS tarkibining partiyadan partiyaga o'zgarishi, molekulyar massa taqsimotining kengligi, shakar va noorganik tuzlar qoldiqlari hamda rangining to'qligi uning ayrim yuqori aniqlik talab qiladigan sohalarda qo'llanishini cheklaydi.

Kelgusida natriy lignosulfonat asosidagi mahsulotlarni standartlashtirish uchun "faol modda miqdori" bilan cheklanmasdan, o'rtacha molekulyar massa va uning taqsimoti, sulfonat va karboksil guruhlari miqdori, kul miqdori, pH, zeta-potensial, sirt tarangligi va maqsadli substratga adsorbsiya kabi ko'rsatkichlarni birgalikda baholash zarur. Kimyoviy modifikatsiya — sulfometillash, oksidlash, graft-polimerlash yoki gidrofob fragmentlar kiritish — ma'lum sanoat tizimi uchun selektivlikni va dispersiyalash qobiliyatini oshirishi mumkin. Bunda modifikatsiya narxi, biodegradatsiya xususiyati va yakuniy mahsulotning ekologik xavfsizligi bir vaqtda hisobga olinishi kerak.

Xulosa. Natriy lignosulfonat murakkab tuzilishga ega bo'lgan bioasosli anion polielektrolit bo'lib, uning amaliy samaradorligi molekulyar massa, funksional guruhlar tarkibi, pH, ion kuchi, adsorbsiya va dozalash sharoitlarining o'zaro ta'siri bilan belgilanadi. U sement-beton tizimlarida suv kamaytiruvchi va qotishni boshqaruvchi qo'shimcha, ko'mir-suv va mineral suspenziyalarida dispersant, flotatsiyada sirt-faol reagent hamda nanomateriallarni suvda stabilizatsiyalovchi modda sifatida katta imkoniyatga ega. Eng muhim muammo — texnik lignosulfonatlarining tarkibiy notekisligini nazorat qilish va maqsadli soha uchun strukturaviy parametrlarni optimallashtirishdir. Shu jihatdan NaLS ni mahalliy lignosellyulozali xomashyo va sanoat ikkilamchi oqimlari asosida olish,

modifikatsiyalash va standartlashtirish bo'yicha tadqiqotlar resurs tejamkor kimyo hamda import o'rnini bosuvchi kimyoviy qo'shimchalar yaratish uchun istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Huang C., Ma J., Zhang W., Huang G., Yong Q. Preparation of Lignosulfonates from Biorefinery Lignins by Sulfomethylation and Their Application as a Water Reducer for Concrete. *Polymers*. 2018. Vol. 10, No. 8. 841. DOI: 10.3390/polym10080841.
2. Yan M., Yang D., Deng Y., Chen P., Zhou H., Qiu X. Influence of pH on the behavior of lignosulfonate macromolecules in aqueous solution. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2010. Vol. 371. P. 50–58. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2010.08.062.
3. Yang D., Qiu X., Zhou M., Lou H. Properties of sodium lignosulfonate as dispersant of coal water slurry. *Energy Conversion and Management*. 2007. Vol. 48. P. 2433–2438. DOI: 10.1016/j.enconman.2007.04.007.
4. Atmajayanti A.T., Hung C.C., Yuen T.Y.P., Shih R.C. Influences of Sodium Lignosulfonate and High-Volume Fly Ash on Setting Time and Hardened State Properties of Engineered Cementitious Composites. *Materials*. 2021. Vol. 14, No. 17. 4779. DOI: 10.3390/ma14174779.
5. Selvik V.M., Salas-Bringas C. et al. Dispersion Mechanisms of Lignosulfonates in Concentrated TiO₂ Suspensions and Pastes: The Effects of Molecular Weight Distributions and Ionic Composition. *Polymers*. 2026. Vol. 18, No. 2. 270.
6. Lou H., Zhu D., Yuan L., Qiu X., Lin X., Yang D., Li Y. Fabrication of High-Concentration Aqueous Graphene Suspensions Dispersed by Sodium Lignosulfonate and Its Mechanism. *The Journal of Physical Chemistry C*. 2015. Vol. 119, No. 40. P. 23221–23230. DOI: 10.1021/acs.jpcc.5b06301.
7. Chique J., Uribe L., Pawlik M., Ramirez A., Gutierrez L. Foaming Properties of Lignosulfonates in the Flotation Process. *Polymers*. 2023. Vol. 15. 3575. DOI: 10.3390/polym15173575.
8. Nomozov,A , Beknazarov,K , Karimov,K , Nazarov,N , Eshkaraev,S , Umarov,S , Ermatova,R , Shamansurxon,T , Beknazarova,M and Arifdjanova,K . (2026). Synthesis and corrosion inhibition performance of a nitrogen- and phosphorus-containing inhibitor for carbon steel. *Chemical Review and Letters*, 9(3), 631-639. doi: 10.22034/crl.2026.578785.1805