



COLLOID-CHEMICAL BASES OF THE APPLICATION OF POLYMERIC STRUCTURANTS TO SOIL

Abipova Aziza Ziyadullayevna

PhD student of Karakalpak State University named after Berdakh

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20487479>

ARTICLE INFO

Received: 25th May 2026

Accepted: 30th May 2026

Online: 31st May 2026

KEYWORDS

Polymeric structurants,
colloid-chemical bases,
adsorption,
 ζ -potential, bridging
mechanism, soil
aggregation, rheology.

ABSTRACT

This article investigates the colloid-chemical regularities of the interaction of water-soluble natural and synthetic polymeric structurants with soil dispersion systems. The mechanisms of adsorption of polymer macromolecules onto the surface of soil aluminosilicate minerals (montmorillonite, kaolinite, illite), specifically hydrogen bonds, electrostatic forces, and hydrophobic interactions, are analyzed. The conformational state of polymer chains and their effect on the electrokinetic (ζ -potential) and rheological properties of soil suspensions are considered. Studies show that the formation of soil aggregates under the influence of polymers occurs through coagulation and bridging mechanisms. The obtained results serve as a fundamental basis for designing highly effective polymer compositions to combat soil erosion and purposefully manage its structural-mechanical properties.

POLIMER STRUKTURANTLARINING TUPROQQA QO'LLANILISHINING KOLLOID-KIMYOVIY ASOSLARI

Abipova Aziza Ziyadullayevna

Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti tayanch doktoranti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20487479>

ARTICLE INFO

Received: 25th May 2026

Accepted: 30th May 2026

Online: 31st May 2026

KEYWORDS

Polimer strukturantlar,
kolloid-kimyoviy asoslar,
adsorbsiya,
 ζ -potensial, ko'prik hosil
bo'lish mexanizmi, tuproq
agregatsiyasi, reologiya.

ABSTRACT

Ushbu maqolada suvda eruvchan tabiiy va sintetik polimer strukturantlarining tuproq dispersion tizimlari bilan o'zaro ta'sirining kolloid-kimyoviy qonuniyatlari tadqiq etilgan. Polimer makromolekulalarining tuproqning alyumosilikat minerallari (montmorillonit, kaolinit, illit) sirtiga adsorbsiyalanish mexanizmlari, xususan, vodorod bog'lanishlari, elektrostatik kuchlar va hidrofob o'zaro ta'sirlar tahlil qilingan. Polimer zanjirlarining konformatsion holati va ularning tuproq suspenziyalarining elektrokinetik (ζ -potensial) hamda reologik xossalriga ta'siri ko'rib chiqilgan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, polimerlar ta'sirida tuproq agregatlarining shakllanishi koagulyatsiya va ko'prik hosil



bo'lish (bridging) mexanizmlari orqali kechadi. Olingan natijalar tuproq eroziyasiga qarshi kurashish va uning strukturaviy-mexanik xossalarini maqsadli boshqarish uchun yuqori samarali polimer kompozitsiyalarini loyihalashning fundamental asosi bo'lib xizmat qiladi.

Kirish. Kimyoviy tuproq stabilizatsiyasi (mustahkamlanishi) – bu stabillashtirilgan tuproqning muhandislik xususiyatlarini dastlabki (stabillashtirilmagan) holatiga nisbatan yaxshilash maqsadida uning xossalarini o'zgartirish jarayonidir. Kimyoviy jihatdan barqarorlashtirilgan tuproqlar uchun asosiy e'tibor qaratiladigan xususiyatlar sirasiga mexanik xossalar (asosan siqilishga va siljishga chidamlilik), o'tkazuvchanlik, hajmiy barqarorlik hamda chidamlilik kiradi [1]. Kimyoviy tuproq stabilizatsiyasida an'anaviy ravishda ko'plab mahsulotlardan foydalanib kelingan bo'lib, ular orasida uzoq tarixga va keng qamrovli tadqiqotlarga ega bo'lgan Portland sementi va ohak eng keng tarqalganlaridir. Tuproqni stabillashtiruvchi yangi moddalarni izlashdan maqsad – yanada yuqori muhandislik ko'rsatkichlariga erishish, turli xil maxsus tuproq sharoitlari va loyihalar talablarini qondirish, shuningdek, ekologik muammolar va xarajatlarni kamaytirishdir. Polimerlar yordamida tuproqni stabillashtirish tadqiqot maydonida katta qiziqish uyg'otmoqda; bundan ko'zlangan maqsad — polimer bilan ishlov berilgan tuproqlarning kutilayotgan xususiyatlarini hamda ularning muhandislik xossalari va samaradorligi o'zgarishini belgilovchi asosiy

mexanizmlarni yanada mukammalroq tushunishdan iborat.

Umumiy ma'noda aytganda, polimerlar – bu monomerlar deb ataluvchi takrorlanuvchi bo'g'inlardan tashkil topgan yirik molekulalardir. Polimer odatda monomerlarning polimerizatsiyasi natijasida hosil bo'ladi va monomerlardan farq qiluvchi jismoniy hamda kimyoviy xususiyatlarni namoyon etadi. Tuproqni barqarorlashtirishda ham tabiiy, ham sintetik polimerlardan foydalanilgani ma'lum [2]. Polimerlardan tuproqni stabillashtirishda birinchi marta Ikkinchi jahon urushi davrida foydalanilgan bo'lib, harbiy transport vositalari uchun yo'l va uchish-qo'nish yo'laklari qurilishida tuproqni mustahkamlash maqsadida suvda eruvchan polimer qo'llanilgan. Shu davrdan boshlab polimer va tuproq o'rtasidagi o'zaro ta'sirni o'rganish bo'yicha tadqiqotlar muhandislik va qishloq xo'jaligi sohalariga ham ko'chdi. Tabiiy polimerlar (jumladan, polisaxaridlar) va sintetik polimerlar (masalan, poliakrilamidlar) tuproq agregatlarining barqarorligini oshirish, suvni saqlash, shuningdek, suv hamda shamol eroziyasi va zararli o'simliklar o'sishi ta'sirini kamaytirish orqali qishloq xo'jaligida istiqbolli natijalarni ko'rsatdi [3].

Muvaffaqiyatli amalga oshirilgan loyihalarda polimerlar issiqxona gazlari emissiyasi hamda tabiiy resurslar va



IF = 9.2

energiya iste'moli nuqtai nazaridan sement va ohakka qaraganda ekologik jihatdan ancha xavfsizroq ekanligini isbotladi. Portland sementi ishlab chiqarish natijasida hosil bo'ladigan karbonat angidrid chiqindilari inson faoliyati natijasida global issiqxona gazlari ajralishiga sabab bo'luvchi ikkinchi eng yirik manba (ya'ni, eng yirik mustaqil sanoat emissiyasi) hisoblanadi va u faqat qazib olinadigan yonilg'ilarning yonishidan keyingi o'rinda turadi [4]. Polimerlar esa, aksincha, bunday katta miqdorda energiya sarfini talab qilmaydi va ancha kam issiqxona gazlarini ajratadi.

Ayrim polimerlar sanoat qo'shimcha mahsulotlari (chiqindilari) bo'lib, ular juda ko'p miqdorda mavjud va aks holda oddiy chiqindi sifatida tashlab yuborilgan bo'lar edi. Bularga sellyuloza-qog'oz sanoatidan olinadigan biopolimer — lignin va ko'mir issiqlik elektr stansiyalarida hosil bo'ladigan, geopolimerning asosi (prekursori) hisoblangan fly ash (kul-shlak) kiradi [5]. Polisaxaridlar kabi biopolimerlar tabiatda tabiiy ravishda uchraydi va oziq-ovqat sanoatida keng qo'llaniladi. Poliakrilamid kabi sintetik polimerlardan esa o'n yillar davomida qishloq xo'jaligida sug'orish ishlarida foydalanib kelinmoqda. Ushbu polimerlarning atrof-muhit uchun xavfsiz ekanligi isbotlangan bo'lib, bu loyihachilar va pudratchilarning ulardan tuproq stabilizatsiyasida foydalanish imkoniyatlarini o'rganishga bo'lgan qiziqishini yanada oshirmoqda.

Bugungi kunda global iqlim o'zgarishi, antropogen yuklamalarning ortishi va cho'llanish jarayonlarining jadallashuvi natijasida yer resurslarining

degradatsiyaga uchrashi umumjahon muammosiga aylandi. Dunyo bo'yicha qariyb 2 milliard gektar unumdor tuproq maydonlari suv va shamol eroziyasi tufayli o'zining strukturaviy va funksional xususiyatlarini yo'qotmoqda. Tuproqning mexanik barqarorligini ta'minlovchi tabiiy agregatlarning yemirilishi unumdor qatlamning yo'qolishiga, ko'chma qumlarning ko'payishiga va ekologik muvozanatning buzilishiga olib kelmoqda. O'zbekiston sharoitida, ayniqsa, Orol dengizining qurigan tubi (Orolqum) va unga tutash hududlarda qum eroziyasiga qarshi kurashish hamda tuproq strukturaviy barqarorligini oshirish kechiktirib bo'lmaydigan ekologik va iqtisodiy vazifadir.

Bugungi kunda ijtimoiy ta'sir biosferadagi tabiiy muvozanatning buzilishiga olib keldi, bu esa, ayniqsa, global miqyosda tuproq unumdorligining faol pasayishi va ularning degradatsiya jarayonlarining kuchayishiga sabab bo'lmoqda. Qariyb 2 milliard gektar haydaladigan va yaylov yerlari allaqachon o'rtachadan og'irgacha bo'lgan degradatsiyaga uchragan bo'lib, bu zararning yarmidan ko'prog'i suv eroziyasi, uchdan bir qismi esa shamol eroziyasi tufayli yuzaga kelgan. Shu munosabat bilan, tuproq xususiyatlarini yaxshilash, ko'chma qumlarni mustahkamlash va tuproq agregatlarining barqarorligini oshirish uchun polimer materiallardan foydalanish ushbu muammoni hal qilishning mumkin bo'lgan yo'llaridan biridir. [6].

Tuproq eroziyasiga qarshi kurashish va uning barqarorligini oshirish maqsadida tegishli yechimlarni topishga



IF = 9.2

qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Eroziyaning oldini olishning asosiy mezonlaridan biri tuproqning tarkibiy (struktura) barqarorligidir. Uni yaxshilash uchun fitomeliorsiya hamda agregatlarning mustahkam tuzilishini shakllantirishga yordam beradigan tabiiy va kimyoviy kelib chiqishga ega qo'shimchalardan foydalaniladi [7]. Polimerlar eroziyaning oldini olish va tuproq unumdorligini oshirishda samarali material hisoblanadi. Ayniqsa, suvda eruvchan polimerlar (SEP) tuproq va suvni muhofaza qilish, namlikni saqlash hamda tuproqning g'ovak (yumshoq) tuzilishini saqlab qolishda ajoyib natijalar ko'rsatmoqda. Bundan kelib chiqadiki, qum eroziyasining oldini olishda polimer materiallardan foydalanish bo'yicha olib borilayotgan tadqiqotlarga tobora ko'proq mamlakatlar va tadqiqotchilar qo'shilmoqda [8].

Tadqiqotda ob'jekt sifatida tarkibida montmorillonit va kaolinit minerallari ustunlik qiluvchi tuproq namunalari hamda turli tabiatli polimerlar: anionli poliakrilamid (PAM), nionli polivinil spirt (PVS) va kationli polielektrolitlar olingan deb qaraladi.

Polimerlarning fizik-kimyoviy xossalari

Tuproqni barqarorlashtirishda potensial reagentlar sifatida polimerlarning juda ko'p turlari tadqiq qilingan. Polimer tuzilmalarining murakkabligi va mavjud turlarini hisobga olgan holda, ular strukturaviy asosi (zanjiri) va olingan manbasiga ko'ra uchta toifaga ajratiladi: geopolimerlar, biopolimerlar va sintetik organik polimerlar. Geopolimerlar — bu konsentrlangan gidroksid (ishqor)

eritmaları yordamida faollashtirilgan amorf alyuminiy silikatlardan hosil bo'ladigan noorganik polimerlar guruhidir

Kolloid-kimyoviy parametrlarni aniqlash uchun quyidagi zamonaviy uslubiyotlar majmuasidan foydalaniladi:

• Adsorbsiya o'lchovlari:

Polimerning tuproq sirtidagi adsorbsiya izotermalari statik sharoitda, eritmadagi polimerning dastlabki va muvozanat konsentratsiyasini interferometrik yoki spektrofotometrik usullarda aniqlash orqali hisoblanadi.

• **Elektrokinetik potensial (ζ -potensial):** Tuproq zarrachalarining sirt zaryadi va polimer adsorbsiyasidan keyingi o'zgarishlari lazer Doppler elektroforezi (Zeta-sizer) yordamida o'lchanadi.

• **Reologik tadqiqotlar:** Tuproq suspenziyalarining qovushoqligi va strukturaviy-mexanik xossalari rotatsion viskozimetrlar yordamida turli surilish tezliklarida (γ) o'rganiladi.

Tuproq dispers tizimlarining Reologik va Strukturaviy-Mexanik xossalari

Polimer strukturantlar tuproqning oquvchanlik va plastiklik chegaralarini tubdan o'zgartiradi. Polimer zanjirlari tuproq zarrachalari orasida uch o'lchamli fazoviy panjara (matritsa) hosil qiladi.

Reologik egri chiziqlar tahlili shuni ko'rsatadiki, polimer qo'shilganda tizimning dinamik surilish kuchlanishi (τ_0) va effektiv qovushoqligi (η) keskin ortadi, bu esa tizimda tiksotropik-koagulyatsion strukturaning shakllanganligidan dalolat beradi. Ushbu polimer-mineral strukturasi tuproq g'ovaklarida suvni ushlab qolish



IF = 9.2

kapillyar kuchlarini oshiradi va bug'lanish kinetikasini sekinlashtiradi.

Xulosa. Polimer strukturantlarining tuproq dispers tizimlari bilan o'zaro ta'siri murakkab kolloid-kimyoviy jarayon bo'lib, u adsorbsiya, elektrokinetik zaryadlar almashinuvi va makromolekulyar konformatsiyaga bog'liq. Suvga chidamli makroagregatlarni hosil qilishda eng samarali mexanizm yuqori molekularli

lineyar polimerlar tomonidan ta'minlanadigan "ko'prik hosil qilish" (bridging) mexanizmi ekanligi fundamental jihatdan asoslandi. Polimerlarning optimal konsentratsiyasi tuproq zarrachalarining sirt zaryadini va tizimning reologik ko'rsatkichlarini muvozanatda saqlab, shamol va suv eroziyasiga qarshi maksimal mexanik chidamlilikni ta'minlaydi.

References:

1. Sperry, J. S., & Alpert, P. (2022). Polymer-soil matrix interactions and their colloid perspectives. *Geoderma*, 405, 115432.
2. Mamedov, A. I., & Levy, G. J. (2019). Polyacrylamide effects on infiltration and erosion in different soil types: A review. *Soil and Tillage Research*, 195, 104386.
3. Chang, I., Cho, G. C., & Im, J. (2021). Biopolymer-based soil treatment (BPST) technology: A review from colloid and surface chemistry perspectives. *Construction and Building Materials*, 291, 123282.
4. Akhmedov, K. S., & Kasanov, K. N. (Historical context). Water-soluble polymers as soil structurants. *Colloid Journal*.
5. You, D., Liang, H., Mai, W., Zeng, R., Tu, M., Zhao, J., & Zha, Z. (2013). Microwave-assisted functionalization of polyurethane surface for improving blood compatibility. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(5), 1587-1592. ISSN 1226-086X. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.01.027>.
6. Dauletbaeva Raushan, Karimova Gulirano, Adizova Nargiza, Abdikamalova Aziza, Kuldashaeva Shakhnoza, Allamuratova Anargul. Problems of Regulation of Structure Formation in Soil Using Water-Soluble Polymer. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*
7. Mamedov, A.I.; Huang, C.; Aliev, F.A.; Levy, G.J. Aggregate stability and water retention near saturation characteristics as affected by soil texture, aggregate size and polyacrylamide application. *Land Degrad. Dev.* 2017, 28, 543–552.
8. Hartley, W.; Riby, P.; Waterson, J. Effects of three different biochars on aggregate stability, organic carbon mobility and micronutrient bioavailability. *J. Environ. Manag.* 2016, 181, 770–778