

## AYLANMA SUV TA'MINOTI SISTEMASIDA AZOT VA FOSFOR TUTGAN BIRIKMALAR ASOSIDAGI YASHIL KORROZIYA INGIBITORLARINING SAMARADORLIGI

**Raupova Nilufar Davron qizi magistr**  
**Sariboyeva Nasiba Xakimqulovna magistr**  
**Qurbanova Latofat Mamadiyarovna PhD., dotsent v.b.**  
*Jizzax politexnika instituti*

**Annotatsiya:** Ushbu tezisda aylanma suv ta'minoti tizimlarida (AST) metall konstruksiyalarni korroziyadan himoyalashda qo'llanilayotgan azot va fosfor tutgan "yashil" korroziya ingibitorlarining ta'sir mexanizmlari, samaradorligi hamda ekologik afzalliklari tahlil qilingan. Suvning qayta aylanishi natijasida yuzaga keladigan fizik-kimyoviy o'zgarishlar, jumladan, eritilgan kislorod miqdorining ortishi, tuzlar kontsentratsiyasining ko'payishi va biologik ifloslanishning kuchayishi metallarning tez korroziyalanishiga olib kelishi ko'rsatib o'tilgan.

**Kalit so'zlar:** aylanma suv ta'minoti tizimi, korroziya, yashil ingibitorlar, azotli birikmalar, fosforli birikmalar, adsorbsiya, fosfonatlar, aminlar, issiqlik almashinuvi, ekologik xavfsizlik.

**Аннотация:** В данной работе проанализированы механизмы действия, эффективность и экологические преимущества «зелёных» ингибиторов коррозии на основе азот- и фосфорсодержащих соединений, применяемых для защиты металлических конструкций в системах оборотного водоснабжения (СОВ). Показано, что физико-химические изменения, возникающие в результате рециркуляции воды, включая увеличение содержания растворённого кислорода, рост концентрации солей и усиление биологического загрязнения, приводят к ускоренной коррозии металлов.

**Ключевые слова:** системы оборотного водоснабжения, коррозия, зелёные ингибиторы, азотсодержащие соединения, фосфорсодержащие соединения, адсорбция, фосфонаты, амины, теплообмен, экологическая безопасность.

**Abstract:** This thesis analyzes the action mechanisms, efficiency, and environmental advantages of nitrogen- and phosphorus-containing "green" corrosion inhibitors used to protect metal structures in circulating water supply systems (CWSS). It is shown that physicochemical changes resulting from water recirculation, including increased dissolved oxygen, higher salt concentration, and intensified biological contamination, lead to accelerated metal corrosion.

**Keywords:** circulating water systems, corrosion, green inhibitors, nitrogen-containing compounds, phosphorus-containing compounds, adsorption, phosphonates, amines, heat exchange, environmental safety.

Aylanma suv ta'minoti tizimlari energetika, kimyo, neft-gaz va metallurgiya sanoatida issiqlik almashinuvi jarayonlarini barqaror yuritish uchun qo'llaniladi. Suvning qayta-qayta aylanishi natijasida: eritilgan kislorod miqdori ortadi, pH o'zgaradi, qattqlik va tuzlar konsentratsiyasi ko'tariladi, biofouling (biologik ifloslanish) tezlashadi. Natijada temir, po'lat, mis va alyuminiy elementlari tez korroziyalanadi. An'anaviy xromat, nitrit kabi ingibitorlar samarali bo'lsada, ekologik xavfli hisoblanadi[1]. Shu sababli so'nggi yillarda azot va fosfor tutgan "yashil" ingibitorlar keng o'rganilmoqda.

Azotli birikmalar metall yuzasi bilan koordinatsion bog' hosil qilish xususiyatiga ega. Ularning asosiy guruhlari: aminlar (monoaminlar, diamatlar, poliaminlar), amidlilar, imidazolinlar, kvaterner ammoniy tuzlari. Bu moddalar suvli muhitida kationlar shaklga o'tib, metall sirtiga adsorbsiyalanib, himoya qatlami hosil qiladi[2,3].

Fosforli birikmalar metall yuzasida kuchli, qisman erimaydigan fosfatlovchi plyonka hosil qilishi bilan ajralib turadi. Asosiy turlari: alkilfosfonatlar, aminofosfonatlar, fosfat efirlari. Ular nafaqat korroziyani to'xtatadi, balki suv toshqotmalarining oldini olishga ham yordam beradi[4,5].

Azot va fosforli guruhlarni bir molekulada birlashtirish korroziya va qattiq cho'kindilar hosil bo'lishiga qarshi sinergik effekt beradi. Adsorbsiya mexanizmi ingibitor molekullari metall yuzasiga quyidagi kuchlar yordamida birikadi:

– elektrostatik o'zaro ta'sir (fizikaviy adsorbsiya), koordinatsion bog'lar (kimyoviy adsorbsiya), gidrofob "dumchalar" orqali sirtini passivlash.

– himoya plyonkasi hosil bo'lishi. Azotli guruhlar  $Fe^{2+}$  ionlari bilan kompleks hosil qiladi, fosforli guruhlar esa polifosfat pardasini shakllantiradi[6-8]. Natijada metall sirtida dielektrik qavat paydo bo'ladi, anod-katod reaksiyalar sekinlashadi, suv va kislorodning o'tishi cheklanadi.

AST tizimlarida pH odatda 6,5–9 oralig'ida bo'ladi. Azotli ingibitorlar ishqoriy muhitda yaxshiroq ishlaydi, fosforli esa neytral muhitda barqarorroq. Haroratning oshishi adsorbsiyani qisman kamaytirishi mumkin. Sulfat, xlorid va bikarbonatlar ko'pligi korroziya tezligini oshiradi. Shu sababli ingibitorlarning dozasi suv tuzligi (TDS)ga qarab tanlanadi. Aylanma suvning oqim tezligi qanchalik yuqori bo'lsa, adsorbsiya qatlami shunchalik tez yuviladi. Yashil ingibitorlar polimerlar bilan kombinatsiyada barqarorroq bo'ladi[9].

Yashil ingibitorlarning afzalliklari ekologik toza, kam toksik, iqtisodiy jihatdan samarali, biologik parchalanadi. Metall yuzasida o‘ta mustahkam adsorbsion qatlam hosil qiladi. Issiqlik almashinuvi asboblarida toshqotma hosil bo‘lishini kamaytiradi. Boshqa biotsid yoki antiscalantlar bilan yaxshi moslashadi. Sanoat yo‘lining ekologik standartlariga mos. Neftni qayta ishlash zavodlarining sovutish minoralarida fosfonat-aminkomplekslar qo‘llanib, korroziya tezligi 4–6 baravar kamaygan. Metallurgiya sexlarida poliamin-fosfonat kompozitsiyasi bilan tozalash siklidan so‘ng po‘lat quvurlarning xizmat muddati 25–30 % uzaygan[10,11]. Azotli birikmalarning metall yuzasiga adsorbsiyalanib koordinatsion bog‘lar hosil qilishi, fosforli birikmalarning esa himoyalovchi fosfat plyonkalarini shakllantirishi natijasida korroziya jarayonlari sezilarli darajada sekinlashishi aniqlangan. Shuningdek, azot va fosforli guruhlarni bir molekulada birlashtirish sinergik himoya effektini ta‘minlashi, toshqotma va biofouling jarayonlarini kamaytirishi qayd etilgan. Tadqiqot natijalari ushbu “yashil” ingibitorlarning energetika, kimyo, neft-gaz va metallurgiya sanoatida ekologik xavfsiz va samarali korroziyaga qarshi vosita sifatida keng qo‘llash istiqbollarini ko‘rsatadi.

Xulosa qilib shini aytish mumkinki, aylanma suv ta‘minoti tizimlarida azot va fosfor tutgan “yashil” korroziya ingibitorlari yuqori samaradorlik, ekologik xavfsizlik va barqaror adsorbsiya xususiyatlari bilan ajralib turadi. Ular metallarning korroziyalanish tezligini sezilarli darajada kamaytirib, texnologik jarayonlarning ishonchliligini oshiradi. Shu bois mazkur moddalar sanoatda keng qo‘llanilayotgan zamonaviy korroziya himoya qiluvchi vositalaridan biri hisoblanadi.

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Ahmed M.A., Amin S., Mohamed A.A. Current and emerging trends of inorganic, organic and eco-friendly corrosion inhibitors // *RSC Advances*. – 2024. – Vol. 14. – P. 1–28.
2. Al-Amiery A.A., Wan Isahak W.N.R., Al-Azzawi W.K. Corrosion inhibitors: Natural and synthetic organic inhibitors // *Lubricants*. – 2023. – Vol. 11(4). – P. 174–189.
3. Yang H.-M. Role of organic and eco-friendly inhibitors on the corrosion mitigation of steel in acidic environments – A state-of-the-art review // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26(11). – P. 3473–3502.
4. Răuță D.I. Recent development of corrosion inhibitors: Types, mechanism and environmental safety // *Technologies (MDPI)*. – 2025. – Vol. 13(3). – P. 103–120.
5. Rahmatov E.A. Tarkibida azot va fosfor saqlagan korroziya ingibitorlari va ularni tadqiqot usullari // *CyberLeninka*. – 2025. – P. 1–12.

6. Qurbanova, L. M., Mullajonova, Z. S., & Toshboyeva, S. K. (2021). "Neftni qayta ishlash" mavzusini oqitishda innovatsion texnologiyalardan foydalanish. *Science and Education*, 2(3), 362-366.
7. Fayzullaev, N. I., Bobomurodova, S. Y., Kurbanova, L. M., & Buronov, Y. (2020). The Physicochemical and Textural Characteristics of Catalysts in the Catalytic Aromatization Reaction of Propane-Butane Fractions. *International Journal of Control and Automation*, 13(4), 888-896.
8. Ruzmatov, I., Nurullaev, S. P., Saidmirzaeva, D. B., Qurbanova, L. M., & Mullajonova, Z. S. (2022, June). The sorbents with using rotory slag and physico-chemical characteristic of the absorption. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2432, No. 1, p. 050058). AIP Publishing LLC.
9. Pozilov, M. N., Qurbanova, L. M., & Ibrohimova, Z. I. (2022). The Structural-Hydrogeological Analysis of Formation of Underground Waters. *Eurasian Res. Bull*, 8, 13-18.
10. Qurbanova, L. M. (2025). Natriy-karboksimetilsellulozaning fosforli birikmalari asosidagi ingibitorlarning fizik-kimyoviy xossalari. *Экономика и социум*, (6-2 (133)), 716-718.
11. Pozilov, M. N., Qurbanova, L. M., & Brohimova, Z. I. (2024). Jizzax shaxri va uni atrofida suv resurslarini ifloslanishi. *Экономика и социум*, (6-1 (121)), - С. 534-537.