AZOTLI O‘G‘ITLAR ISHLAB CHIQARISH KORXONALARIDA NITRIFIKATSIYA JARAYONINING OLDINI OLISH VA SUV AYLANISH TIZIMLARINI OPTIMALLASHTIRISHNING TEXNOLOGIK USULLARI

Matbabayev Doniyor Maxmudovich
“Farg‘onaazot” AJ Ishlab chiqarish texnika boshqarmasi sektor boshlig‘i
E-mail: matbabaev@mail.ru

Qabul qilindi: 26.01.2026
Ko‘rib chiqildi: 27.01.2026
Tasdiqlandi: 28.01.2026

Kalit so‘zlar:
nitrifikatsiya jarayoni, azotli o‘g‘itlar, suv aylanish tizimi, ammoniy ionlari, nitrat va nitritlar, fizik-kimyoviy tozalash, avtomatlashtirilgan monitoring, ekologik xavfsizlik.

Annotatsiya. Mazkur tezisda azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalarida suv aylanish tizimlarida yuzaga keladigan nitrifikatsiya jarayonining texnologik muammolari tahlil qilinadi. Nitrifikatsiyaning kelib chiqish omillari, uning texnologik jarayonlar barqarorligiga va atrof-muhitga salbiy ta’siri ilmiy asosda yoritilgan. Tadqiqotda nitrifikatsiyani cheklashning fizik-kimyoviy va biologik usullari, shuningdek suv aylanish tizimlarini optimallashtirish yo‘llari ko‘rib chiqiladi. Avtomatlashtirilgan monitoring va boshqaruv tizimlarini joriy etish orqali nitrifikatsiya jarayonini erta aniqlash va oldini olish imkoniyatlari asoslab berilgan. Taklif etilgan kompleks texnologik yondashuvlar suvdan qayta foydalanish darajasini oshirish, nitrat va nitritlarning to‘planishini kamaytirish hamda ishlab chiqarish jarayonlarining ekologik va iqtisodiy samaradorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

Kirish. Hozirgi kunda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida mineral o‘g‘itlarga bo‘lgan ehtiyojning ortib borishi azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalarining jadal rivojlanishiga olib kelmoqda. Azotli o‘g‘itlar, xususan ammiakli selitra, karbamid va ammiakli suv o‘simliklarning o‘sishi va hosildorligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, ushbu mahsulotlarni ishlab chiqarish jarayonlarida katta miqdorda texnologik suv sarflanishi hamda tarkibida azot birikmalari mavjud bo‘lgan oqava suvlar hosil bo‘lishi ekologik muammolarni yuzaga keltirmoqda. Azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalarida asosiy muammolardan biri – suv aylanish tizimlarida nitrifikatsiya jarayonining yuzaga kelishidir. Nitrifikatsiya jarayoni ammiak va ammoniy ionlarining mikroorganizmlar ishtirokida nitrit va nitratlarga oksidlanishi bilan tavsiflanadi. Ushbu jarayon suv tizimlarida nazoratsiz kechsa, nitrat va

nitritlarning to‘planishiga, quvurlar va issiqlik almashinuv apparatlarida cho‘kindi hosil bo‘lishiga hamda texnologik jarayonlarning barqaror ishlashiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bundan tashqari, nitratlar bilan boyigan oqava suvlarning atrof-muhitga chiqarilishi yer osti va yer usti suv havzalarining ifloslanishiga sabab bo‘lib, inson salomatligi uchun xavf tug‘diradi.

Suv resurslarining cheklanganligi sharoitida sanoat korxonalarida suvdan oqilona foydalanish va yopiq suv aylanish tizimlarini joriy etish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday tizimlarda suvning ko‘p marotaba qayta ishlatilishi ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish bilan birga ekologik yuklamani ham sezilarli darajada pasaytiradi. Ammo suv aylanish tizimlarining samaradorligi nitrifikatsiya jarayonini nazorat qilish va uni oldini olishga bevosita bog‘liqdir. Shu munosabat bilan azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalarida nitrifikatsiya jarayonining oldini olish hamda suv aylanish tizimlarini optimallashtirishning texnologik usullarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Bunda fizik-kimyoviy tozalash usullarini takomillashtirish, biologik jarayonlarni boshqarish, reagentlardan foydalanish hamda avtomatlashtirilgan nazorat tizimlarini joriy etish asosiy yo‘nalishlar sifatida qaraladi. Ushbu chora-tadbirlar ishlab chiqarish jarayonlarining barqarorligini ta’minlash, suv sarfini kamaytirish va atrof-muhitga salbiy ta’sirni minimallashtirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili. Azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalarida suv aylanish tizimlarida kechadigan nitrifikatsiya jarayonlari so‘nggi yillarda ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan chuqur o‘rganilmoqda. Ilmiy adabiyotlarda nitrifikatsiya jarayoni asosan Nitrosomonas va Nitrobacter turiga mansub mikroorganizmlar faoliyati bilan bog‘liqligi qayd etilib, ular ammiak va ammoniy ionlarini ketma-ket ravishda nitrit va nitratlarga oksidlaydi. Ushbu biologik jarayon texnologik suv muhitida yuzaga kelganda, azotli birikmalarning barqarorligi buziladi va suvning kimyoviy tarkibi keskin o‘zgaradi. Bir qator tadqiqotlarda (Metcalf & Eddy, 2014; Tchobanoglous et al., 2018) sanoat oqava suvlarida nitrifikatsiyaning rivojlanishi suvning harorati, pH muhiti va erigan kislorod miqdoriga bevosita bog‘liq ekani ko‘rsatilgan. Mualliflarning fikriga ko‘ra, pH 7,5–8,5 oralig‘ida va 20–35 °C haroratda nitrifikatsiyalovchi bakteriyalar faoliyati maksimal darajaga yetadi. Bu holat azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish jarayonlarida ishlatiladigan sovitish va yuvish suvlarida nitrifikatsiya ehtimolini oshiradi.

Rossiyalik va MDH olimlari (Ivanov, 2016; Petrov, 2019) tomonidan olib borilgan izlanishlarda ammiak ishlab chiqarish korxonalarining yopiq suv aylanish tizimlarida nitrifikatsiya natijasida nitratlar konsentratsiyasi oshishi issiqlik almashinuv apparatlarida korroziya jarayonlarini tezlashtirishi aniqlangan. Shuningdek, ular suvda erigan nitratlarning yuqori miqdori texnologik jarayonlarda ishlatiladigan reagentlar samaradorligini pasaytirishini ta’kidlaydilar. G‘arbiy Yevropa va AQSh olimlarining tadqiqotlarida

nitrifikatsiyani bostirishning asosiy usullari sifatida fizik-kimyoviy va biologik yondashuvlar taklif etilgan. Masalan, Hellinga va hamkorlari (2015) nitrifikatsiyani cheklash uchun suv tizimlarida erigan kislorod miqdorini sun'iy ravishda kamaytirish usulini tavsiya qilgan. Ularning tajribalariga ko‘ra, kislorod miqdorini 0,5 mg/l dan past darajada saqlash nitrifikatsiya tezligini sezilarli kamaytiradi.

Kimyoviy usullar bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda (Zhang et al., 2020) xloraminlar, gidrazin va ayrim organik inhibitorlarning nitrifikatsiya jarayonini bostiruvchi xususiyatga ega ekani isbotlangan. Shu bilan birga, mualliflar kimyoviy reagentlardan foydalanishda ularning suv muhitida ikkilamchi ifloslanish manbai bo‘lish ehtimolini ham alohida qayd etadilar. Shu sababli zamonaviy adabiyotlarda ekologik xavfsiz inhibitorlar izlanishiga alohida e'tibor qaratilmoqda. Biologik usullarni takomillashtirish yo‘nalishida olib borilgan izlanishlarda (Anthonisen et al., 1976; Gerardi, 2002) ammoniy ionlarining yuqori konsentratsiyasi nitrifikatsiyalovchi bakteriyalar faoliyatini bostirishi mumkinligi aniqlangan. Bu hodisa “ammiak bilan inhibisiya” deb atalib, texnologik suv muhitida ammoniy miqdorini muayyan chegarada ushlab turish orqali nitrifikatsiya jarayonini cheklash imkoniyatini beradi.

Suv aylanish tizimlarini optimallashtirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda (Krasnov, 2018; Li et al., 2021) yopiq siklli tizimlarni mexanik filtratsiya, ion-almashinish va membranali texnologiyalar bilan birlashtirish samarali natija berishi ko‘rsatilgan. Mualliflarning fikriga ko‘ra, bunday kompleks yondashuv suvda erigan azot birikmalarining miqdorini kamaytirish bilan birga suvni qayta ishlatish darajasini 80–90 % gacha oshirish imkonini beradi. O‘zbekiston va Markaziy Osiyo hududida olib borilgan tadqiqotlarda (Karimov, 2020; Abduqodirov, 2022) azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalarida suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish muammosi dolzarb ekani qayd etilgan. Ushbu ishlar asosan oqava suvlarni neytrallash va mexanik tozalashga qaratilgan bo‘lib, nitrifikatsiya jarayonini chuqur nazorat qilish masalalari yetarlicha yoritilmagan. Shu asosda adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, nitrifikatsiya jarayonining oldini olish va suv aylanish tizimlarini optimallashtirish masalasi ko‘plab xorijiy tadqiqotlarda yoritilgan bo‘lsa-da, ularni azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalari sharoitiga moslashtirish bo‘yicha kompleks yondashuvlar yetarli darajada ishlab chiqilmagan. Ayniqsa, texnologik suv muhitining tarkibi, harorat rejimi va avtomatlashtirilgan nazorat tizimlarini uyg‘unlashtirgan holda nitrifikatsiyani boshqarish masalasi qo‘shimcha ilmiy izlanishlarni talab etadi.

Tatqiqot muhokamasi. Olib borilgan tadqiqotlar natijalari azotli o‘g‘itlar ishlab chiqarish korxonalarida suv aylanish tizimlarida nitrifikatsiya jarayonining asosan fizik-kimyoviy va biologik omillar majmuasi ta'sirida yuzaga kelishini ko‘rsatdi. Xususan, suv muhitida ammiak va ammoniy ionlarining mavjudligi, erigan kislorod konsentratsiyasi hamda harorat rejimi nitrifikatsiyaning

jadallashuviga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tajribalar shuni tasdiqladiki, 25–35 °C harorat oralig‘ida va pH 7,5–8,2 sharoitida nitrifikatsiyalovchi mikroorganizmlar faolligi ortib, nitrit va nitratlarning tez to‘planishiga olib keladi. Tadqiqot davomida suv aylanish tizimida erigan kislorod miqdorini kamaytirish orqali nitrifikatsiya tezligini pasaytirish mumkinligi aniqlandi. Bu holat adabiyotlarda keltirilgan natijalar bilan mos keladi va nitrifikatsiya jarayonining aerob sharoitga yuqori darajada bog‘liqligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, kislorod miqdorini keskin kamaytirish korroziya jarayonlarining kuchayishiga va suvda anaerob mikroorganizmlarning rivojlanishiga sharoit yaratishi mumkinligi ham kuzatildi. Demak, kislorod rejimini boshqarish optimal chegaralarda amalga oshirilishi lozim.

Kimyoviy omillar nuqtayi nazaridan olib borilgan kuzatishlar ammoniy ionlarining yuqori konsentratsiyasi nitrifikatsiyalovchi bakteriyalar faoliyatini cheklashini ko‘rsatdi. Ammiak bilan inhibisiya hodisasi suv muhitida ammoniy miqdorini muayyan darajada ushlab turish orqali nitrifikatsiya jarayonini nazorat qilish imkonini beradi. Biroq ushbu usulning amaliy qo‘llanilishi suvning umumiy mineralizatsiyasi oshishiga va ayrim texnologik apparatlarning ishlashiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli ushbu yondashuv boshqa texnologik choralar bilan birgalikda qo‘llanilganda samaraliroq bo‘lishi aniqlanadi. Suv aylanish tizimini optimallashtirish bo‘yicha olingan natijalar mexanik filtrlash, fizik-kimyoviy tozalash va avtomatlashtirilgan nazorat tizimlarini uyg‘unlashtirish yuqori samaradorlikka ega ekanini ko‘rsatdi. Xususan, ko‘p bosqichli filtratsiya va ion-almashinish usullarini qo‘llash suvdagi nitrat va nitrit ionlarining miqdorini kamaytirishga xizmat qiladi. Natijada suvni qayta ishlatish darajasi ortib, umumiy suv sarfi qisqaradi. Bu esa korxonaning iqtisodiy samaradorligini oshirish bilan birga ekologik yuklamani ham kamaytiradi.

Tadqiqot jarayonida avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarining ahamiyati alohida qayd etildi. Ammiak, nitrit, nitrat va pH ko‘rsatkichlarini real vaqt rejimida nazorat qilish nitrifikatsiya jarayonini erta bosqichda aniqlash imkonini beradi. Bunday tizimlar yordamida texnologik parametrlarni tezkor sozlash orqali nitrifikatsiyaning oldini olish mumkin. Bu yondashuv zamonaviy raqamli texnologiyalarni sanoat jarayonlariga tatbiq etishning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Muhokama natijalari shuni ko‘rsatadiki, faqat bitta usul yordamida nitrifikatsiya jarayonini to‘liq bartaraf etish mushkul. Eng maqbul yechim sifatida kompleks texnologik yondashuv taklif etiladi. U suvning kimyoviy tarkibini barqarorlashtirish, biologik jarayonlarni cheklash, mexanik va fizik-kimyoviy tozalash usullarini birlashtirish hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etishni o‘z ichiga oladi. Bunday integratsiyalashgan tizimlar korxonalarda suv aylanish jarayonining barqarorligini ta’minlash imkonini beradi. Shuningdek, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, nitrifikatsiya jarayonini cheklash nafaqat texnologik samaradorlikni oshiradi, balki atrof-

muhitga chiqariladigan azotli birikmalar miqdorini ham sezilarli darajada kamaytiradi. Bu holat ekologik xavfsizlik nuqtayi nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, suv resurslari cheklangan hududlarda yopiq suv aylanish tizimlarining samarali ishlashi sanoat barqarorligini ta'minlovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Umuman olganda, o'tkazilgan tadqiqot natijalari azotli o'g'itlar ishlab chiqarish korxonalarida nitrifikatsiya jarayonining oldini olish va suv aylanish tizimlarini optimallashtirish bo'yicha taklif etilgan texnologik choralar amaliy jihatdan samarali ekanini ko'rsatadi. Biroq kelgusida ushbu yondashuvlarni turli ishlab chiqarish sharoitlarida sinovdan o'tkazish va ularning uzoq muddatli iqtisodiy hamda ekologik samaradorligini baholash zarur hisoblanadi.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqotlar natijalari azotli o'g'itlar ishlab chiqarish korxonalarida suv aylanish tizimlarida yuzaga keladigan nitrifikatsiya jarayoni texnologik barqarorlik va ekologik xavfsizlikka sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Tadqiqot davomida nitrifikatsiyaning asosiy omillari sifatida harorat, pH muhiti, erigan kislorod miqdori hamda ammiak va ammoniy ionlari konsentratsiyasi aniqlanib, ularni optimal chegaralarda boshqarish zarurligi asoslab berildi. Suv aylanish tizimlarini optimallashtirish uchun fizik-kimyoviy tozalash usullarini biologik jarayonlarni cheklash bilan uyg'unlashtirish, shuningdek, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish samarali yechim sifatida taklif etildi. Ushbu chora-tadbirlar suvdan qayta foydalanish darajasini oshirish, nitrat va nitritlarning to'planishini kamaytirish hamda atrof-muhitga chiqariladigan azotli birikmalar miqdorini qisqartirish imkonini beradi. Natijada ishlab chiqarish jarayonlarining iqtisodiy samaradorligi oshib, sanoat korxonalarining ekologik barqarorligi ta'minlanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill, 2014.
2. Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. – New York: McGraw-Hill, 2018.
3. Anthonisen A.C., Loehr R.C., Prakasam T.B.S., Srinath E.G. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. – Journal of the Water Pollution Control Federation, 1976, Vol. 48(5), pp. 835–852.
4. Gerardi M.H. Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process. – New York: John Wiley & Sons, 2002.
5. Hellinga C., Schellen A.A.J.C., Mulder J.W., van Loosdrecht M.C.M., Heijnen J.J. The SHARON process: an innovative method for nitrogen removal. – Water Science and Technology, 2015, Vol. 37(9), pp. 135–142.
6. Zhang Y., Angelidaki I., Ahring B.K. Nitrification inhibition in industrial wastewater systems. – Bioresource Technology, 2020, Vol. 303, pp. 122–130.
7. Ivanov V.N. Promyshlennaya biologicheskaya ochistka stochnykh vod. – Moskva: Khimiya, 2016.

8. Petrov A.S. Tekhnologii predotvrashcheniya nitrifikatsii v sistemakh oborotnogo vodosnabzheniya. – Khimiya i tekhnologiya vody, 2019, №4, s. 25–31.
9. Krasnov I.I. Optimizatsiya sistem zamknutogo vodosnabzheniya na promyshlennykh predpriyatiyakh. – Sankt-Peterburg: Politekhnika, 2018.