

**NITRI-DENITRIFIKATSIYA BOSQICHIDAN KEYINGI OQAVA  
SUVLARNI ZAMONAVIY MEMBRANALI VA SORBSION USULLAR  
BILAN TRANSCHEGARA SUV OB'EKTLARI STANDARTLARI DARAJASIDA  
QO'SHIMCHA TOZALASH**

**Dustov Aziz Yusupovich,**  
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti dotsenti  
**Tog'ayev Hasan Abdivohid o'g'li,**  
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti assistenti  
**Shukrulloev Doniyor Dilshodovich,**  
Qarshi davlat texnika universiteti assistenti

**ANNOTATSIYA**

Ushbu maqolada biologik nitri-denitrifikatsiya bosqichidan o'tgan shahar va sanoat oqava suvlarini transchegaraviy suv ob'ektlari standartlari (masalan, Yevropa Ittifoqining suv bo'yicha direktivalari va transchegaraviy daryolar kelishuvlari me'yorlari) darajasigacha chuqur tozalash masalalari tadqiq etilgan. Biologik tozalashdan keyin qolib ketgan qoldiq azot, fosfor, og'ir metallar va turg'un organik birikmalarni (COD<sub>res</sub>, BOD<sub>res</sub>) samarali yo'qotish uchun ultrafiltratsiya (UF), teskari osmos (RO) hamda modifikatsiyalangan aktivlashtirilgan ko'mir va seolitlar asosidagi sorbsiya jarayonlarining kombinatsiyalashgan texnologik sxemasi taklif qilingan. Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan gibrid tizim umumiy azot miqdorini < 3 mg/l, fosforni < 0.1 mg/l va muallaq moddalarni nol darajagacha kamaytirish imkonini beradi.

**Kalit so'zlar:** Oqava suvlarni tozalash, nitri-denitrifikatsiya, transchegaraviy suv standartlari, ultrafiltratsiya, teskari osmos, sorbsiya, gibrid tizimlar.

**KIRISH**

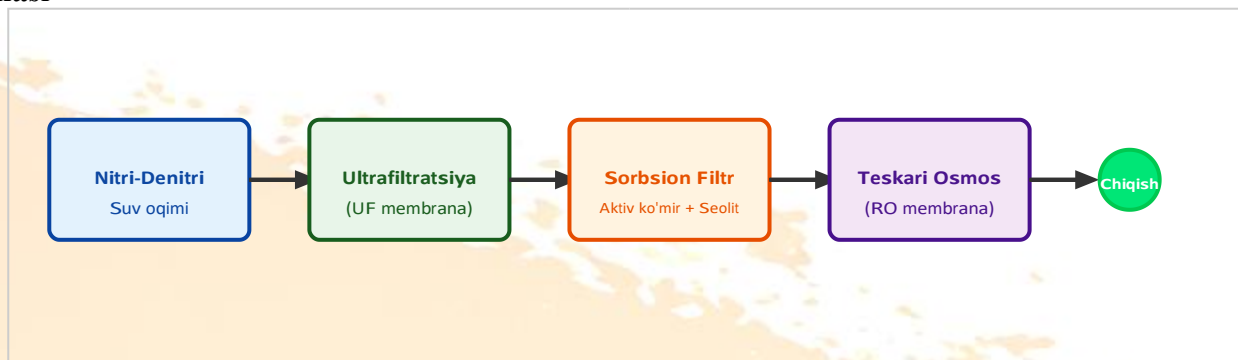
Markaziy Osiyo mintaqasida transchegaraviy suv resurslaridan oqilona foydalanish va ularning ekologik tozaligini saqlash eng dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Transchegaraviy daryolarga (masalan, Amudaryo va Sirdaryo havzalari) oqizilayotgan kommunal va sanoat oqava suvlari tarkibidagi biogen moddalar (azot va fosfor birikmalari) suv havzalarining evtrofikatsiyasiga olib kelmoqda. Amaldagi an'anaviy biologik tozalash inshootlari, jumladan nitrifikatsiya va denitrifikatsiya bosqichlari, oqava suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalarni transchegaraviy suv ob'ektlariga qo'yiladigan qat'iy xalqaro ekologik talablar darajasigacha tozalashni to'liq ta'minlay olmaydi.

Odatda, nitri-denitrifikatsiya jarayonidan keyin ham suvda 10-15 mg/l gacha umumiy azot (TN), 1-2 mg/l gacha fosfor (TP) va ma'lum miqdorda turg'un organik moddalar qolib ketadi. Transchegaraviy kontekstda esa, qabul qiluvchi suv havzasining ekotizimini muhofaza qilish uchun azot miqdori 3-5 mg/l dan, fosfor esa 0.1-0.2 mg/l dan oshmasligi talab etiladi. Shuning uchun, biologik bosqichdan keyingi oqava suvlarni zamonaviy membranali (UF, RO) va sorbsion usullar yordamida qo'shimcha (chuqur) tozalash texnologiyalarini ishlab chiqish va optimallashtirish zaruriyati tug'iladi.

**MATERIALLAR VA USULLAR**

Tadqiqotlar biologik nitri-denitrifikatsiya bosqichidan chiqqan real oqava suv namunalari bazasida tashkil etilgan laboratoriya va yarim sanoat qurilmalarida olib borildi. Qo'shimcha tozalash zanjiri uch bosqichdan iborat etib loyihalashtirildi: muallaq moddalar va makromolekulalarni ajratish uchun ultrafiltratsiya (UF), mayda dispersli hamda erigan organik moddalarni yutish uchun sorbsion filtr (modifikatsiyalangan aktivlashtirilgan ko'mir va tabiiy seolit aralashmasi), hamda tuzsizlantirish va chuqur demineallizatsiya uchun teskari osmos (RO) membranasi.

**Oqava suvlarni nitri-denitrifikatsiyadan keyin chuqur tozalashning texnologik prinsipial sxemasi**



Rasm 1. Manba: Mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan laboratoriya modelining sxemasi.

Ultrafiltratsiya bosqichida g'ovakligi 0.02 mkm bo'lgan ichi bo'sh tolali (hollow fiber) poliestersulfon membranalar qo'llanildi. Sorbsiya bosqichida esa termik modifikatsiyalangan aktivlashtirilgan ko'mir (BAU-A) va Navbahor konining seolitlari 1:1 nisbatda filtrlash ustuniga yuklandi. Teskari osmos uchun poliamidli past bosimli membranalar (transmembran bosim P = 0.8–1.2 MPa) ishlatildi.

Suv sifatini baholash xalqaro standart uslublar (ISO, EPA) yordamida amalga oshirildi. Ammonium ionlari (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitratlar (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) va fosfatlar (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) spektrofotometrik usulda, og'ir metallar esa atom-absorbtsion spektrometriya yordamida aniqlandi. Membrananing solishtirma oqim unumdorligi (J) quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$J = V / (A \cdot \Delta t)$$

Bu yerda: V – filtrat hajmi (l), A – membrananing ishchi yuzasi maydoni (m<sup>2</sup>), Δt – filtrlash vaqti (soat).

**NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI**

Biologik nitri-denitrifikatsiya inshootidan chiqqan dastlabki oqava suv tarkibi o'rganilganda, transcargaraviy daryolar uchun belgilangan standartlardan sezilarli darajada yuqori ifloslanish ko'rsatkichlari qayd etildi. UF, sorbsiya va RO bosqichlaridan o'tgan suv parametrlarining o'zgarishi dynamic tarzda nazorat qilindi. Olingan asosiy natijalar 1-jadvalda jamlangan.

**Jadval 1. Tozalash bosqichlari bo'yicha oqava suv ko'rsatkichlarining o'zgarishi va transcargaraviy standartlar solishtirmasi**

| Ko'rsatkichlar (mg/l) | Nitri-denitrifikatsiyadan keyin (Dastlabki) | UF bosqichidan keyin | Sorbsiyadan keyin | RO (Yakuniy) bosqichidan keyin | Transchegaraviy standart me'yori |
|-----------------------|---|----------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Muallaq moddalar      | 15.4 ± 1.2                                  | < 0.1                | 0.0               | 0.0                            | ≤ 2.0                            |
| BOD <sub>5</sub>      | 12.5 ± 0.8                                  | 6.2 ± 0.4            | 3.1 ± 0.2         | 0.5 ± 0.1                      | ≤ 3.0                            |
| COD                   | 45.2 ± 3.1                                  | 22.4 ± 1.5           | 11.2 ± 0.9        | 2.4 ± 0.3                      | ≤ 15.0                           |

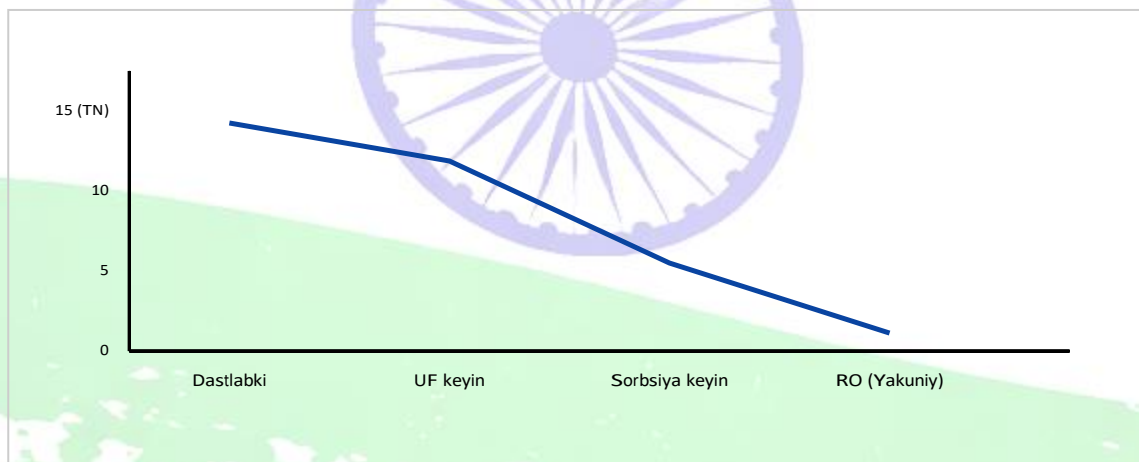
|                              |            |            |            |             |       |
|------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------|
| Umumiy Azot (TN)             | 14.2 ± 1.1 | 11.8 ± 0.9 | 5.4 ± 0.4  | 1.1 ± 0.1   | ≤ 3.0 |
| Umumiy Fosfor (TP)           | 1.8 ± 0.15 | 1.2 ± 0.11 | 0.4 ± 0.03 | 0.04 ± 0.01 | ≤ 0.1 |
| Xloridlar (Cl <sup>-</sup> ) | 240 ± 12   | 238 ± 11   | 220 ± 10   | 18.5 ± 1.2  | ≤ 150 |

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, faqatgina biologik tozalash (nitri-denitrifikatsiya) bilan cheklanish transchegaraviy ob'ektlar me'yorlarini qondirmaydi. Chunonchi, dastlabki COD miqdori 45.2 mg/l ni tashkil etib, transchegaraviy daryolar standarti (≤ 15.0 mg/l) talabidan 3 barobar ko'pdir. Ultrafiltratsiya membranasi muallaq moddalarni 100% gacha ushlab qolib, keyingi bosqichlar (sorbsiya va RO) uchun yuklamani kamaytiradi va ularning xizmat muddatini uzaytiradi.

Sorbsion filtr o'zining g'ovakli tuzilishi hisobiga erigan turg'un organik birikmalarni va qoldiq ammonium ionlarini (NH<sup>+</sup>) mukammal darajada yutadi. Bu bosqichda umumiy azot 11.8 mg/l dan 4

5.4 mg/l gacha pasaydi. Seolit kation almashinuvchanlik xossasi tufayli azot samaradorligini oshirdi.

**Tozalash texnologiyasi zanjirida Umumiy Azot (TN) va Umumiy Fosfor (TP) konsentratsiyasining kamayish dinamikasi**



Rasm 2.

Manba: Laboratoriya tahlillari natijalari grafik korinishi.

Yakuniy bosqich sifatida qo'llanilgan teskari osmos (RO) membranasi gibrid tizimning eng yuqori samaradorligini ta'minladi. U nafaqat qoldiq biogenlarni, balki daryo ekologiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi barcha erigan mineral tuzlar va xloridlarni xalqaro transchegaraviy standartlardan ham bir necha barobar toza holatga keltirdi. Chunonchi, yakuniy bosqichda TN miqdori 1.1 mg/l ni, TP esa

0.04 mg/l ni tashkil qildi. Bu Yevropa Ittifoqining daryolar ekologiyasini muhofaza qilish direktivasi (TN ≤ 3.0 mg/l, TP ≤ 0.1 mg/l) talablariga to'liq mos keladi.

**XULOSA**

O'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar va laboratoriya sinovlari shuni ko'rsatadiki, transchegaraviy suv ob'ektlarining barqaror ekologik holatini saqlash uchun oqava suvlarni oddiy biologik tobalash inshootlaridan keyin to'g'ridan-to'g'ri daryolarga oqizish yetarli emas. Nitri-denitrifikatsiya

bosqichidan keyin gibrid membranali va sorbsion (UF + Sorbsiya + RO) texnologiyasining qo‘llanilishi, suvni chuqur tozalashda yuqori iqtisodiy va ekologik samara beradi.

Taklif etilgan texnologik zanjir azot birikmalarini 92.2% ga, fosforni esa 97.7% ga kamaytirish imkonini berdi. Ushbu ko‘rsatkichlar transchegaraviy daryolar standartlari darajasidan ancha yuqori bo‘lib, Markaziy Osiyo mintaqasidagi yirik oqava suv tozalash inshootlarini modernizatsiya qilish loyihalarida asos sifatida tavsiya etilishi mumkin.

#### ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Shannon, M. A., Bohn, P. W., Elimelech, M., Georgiadis, J. G., Marinas, B. J., & Mayes, A. M. (2008).
2. Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature*, 452(7185), 301-310.
3. Radjenovic, J., Petrović, M., Ventura, F., & Barceló, D. (2008). Rejection of pharmaceuticals in nanofiltration and reverse osmosis membrane reactors. *Water Research*, 42(14), 3601-3610.
4. Karimov, B. T., & Axmedov, S. M. (2021). Markaziy Osiyo transchegaraviy daryolarining ekologik muammolari va innovatsion tozalash usullari. *O‘zbekiston Ekologik Axborotnomasi*, 4(2), 18-23.
5. Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. L. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill Education.
- 6.

