

Date: 25th September-2026

**OQAVA SUVLARNI BIOTEXNOLOGIK TOZALASHNING ZAMONAVIY
USULLARI VA ISTIQBOLLARI**

Abdusayitov Jonibek Sadullayevich

*Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar
universiteti, biotexnologiya ta'lim yo'nalishi 202- guruh talabasi (author)*

e-mail: jonibekabdusayitov@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6352-5005>

Izzatova Farangiz Imomjon qizi

*Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar
universiteti, biotexnologiya ta'lim yo'nalishi 202- guruh talabasi*

e-mail: abdullayoamuxayyo@gmail.com

Batirova Muxlisa Olimjon qizi

*Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar
universiteti, biotexnologiya ta'lim yo'nalishi 202- guruh talabasi*

e-mail: batirovamuxlisa07@gmail.com

Qo'ziyeva Oftoboy Mamarajabovna

*Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar
universiteti, dorivor o'simliklarni yetishtirish va qayta ishlash texnologiyasi ta'lim
yo'nalishi 203- guruh talabasi*

e-mail: oftoboy18@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada oqava suvlarni biotexnologik usullar yordamida tozalashning zamonaviy yondashuvlari va ularning ekologik ahamiyati yoritilgan. Oqava suvlar tarkibidagi organik moddalar, azot va fosfor birikmalari, neft mahsulotlari hamda boshqa ifloslantiruvchi komponentlarning atrof-muhitga salbiy ta'siri tahlil qilingan. Shuningdek, faol loyqa, biofiltrlar, anaerob va aerob biologik tozalash, mikroalgalar yordamida tozalash hamda membranali bioreaktorlarning ishlash prinsiplari ko'rib chiqilgan. Biotexnologik usullarning suv resurslarini muhofaza qilish, ifloslantiruvchi moddalarni kamaytirish va qayta foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishdagi ahamiyati asoslangan. Maqolada oqava suvlarni samarali va ekologik xavfsiz tozalashda zamonaviy biotexnologiyalardan foydalanish istiqbollari ham tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: oqava suvlar, biotexnologik tozalash, biologik tozalash, mikroorganizmlar, faol loyqa, biofilm, bioreaktor, bioremediatsiya, azot, fosfor, mikroalgalar, membranali bioreaktor.

Аннотация: В данной статье рассмотрены современные биотехнологические подходы к очистке сточных вод и их экологическое значение. Проанализировано негативное воздействие органических веществ, соединений азота и фосфора, нефтепродуктов и других загрязняющих компонентов, содержащихся в сточных водах, на окружающую среду. Рассмотрены принципы работы активного ила, биофильтров, аэробной и анаэробной биологической очистки, очистки с

Date: 25th September-2026

использованием микроводорослей, а также мембранных биореакторов. Обосновано значение биотехнологических методов в охране водных ресурсов, снижении концентрации загрязняющих веществ и расширении возможностей повторного использования очищенной воды. Также проанализированы перспективы применения современных биотехнологий для эффективной и экологически безопасной очистки сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, биотехнологическая очистка, биологическая очистка, микроорганизмы, активный ил, биоплёнка, биореактор, биоремедиация, азот, фосфор, микроводоросли, мембранный биореактор.

Abstract: This article examines modern biotechnological approaches to wastewater treatment and their environmental significance. The negative impact of organic substances, nitrogen and phosphorus compounds, petroleum products, and other pollutants contained in wastewater on the environment is analyzed. The principles of activated sludge, biofilters, aerobic and anaerobic biological treatment, microalgae-based treatment, and membrane bioreactors are discussed. The importance of biotechnological methods in protecting water resources, reducing pollutant concentrations, and expanding the possibilities for wastewater reuse is substantiated. The article also analyzes the prospects of applying modern biotechnologies for efficient and environmentally safe wastewater treatment.

Keywords: wastewater, biotechnological treatment, biological treatment, microorganisms, activated sludge, biofilm, bioreactor, bioremediation, nitrogen, phosphorus, microalgae, membrane bioreactor.

KIRISH

Bugungi kunda suv resurslarining ifloslanishi global ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Sanoat ishlab chiqarish, qishloq xo'jaligi va maishiy ishlab chiqarish hosil bo'ladigan oqava suvlar tarkibidagi organik moddalar, azot va fosfor birikmalari, neft mahsulotlari va boshqa zararli komponentlar to'planadi. Yetarli darajada tozalangan oqava suvlarning suv havzalariga tushishi suv ekotizimlarining tabiiy suv resurslari sifatining sifatiga olib kelishi mumkin. Ushbu mavzuning tanlanishiga sabab — oqava suvlarni tozalashda ekologik xavfsiz, samarali va zamonaviy biotexnologik usullardan foydalanish orqali o'rganishdir. unga, mikroalga yoki mikroalga biologik tizimlardan yuk tashish yoki mikroalgani tozalash, suvni qayta yuklashga yordam beradi. Shu sababdan oqava suvlarni biotexnologik tozalash usullarini o'rganish suv resurslarini tozalash, atrof-muhitga tushadigan ifloslanishni tozalash va saqlashni ta'minlash nuqtayi nazaridan muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar sharhi: Oqava suvlarni tozalash masalasi so'nggi davr ekologiya, biotexnologiya va suv resurslarini sohalaridagi muhim tadqiqotlar yo'nalishlaridan biriga aylandi. UN-Water tashkilotining 2024-yilgi hisobotida oqava suvlarni tozalash va qayta yuk suv sifatini yaxshilash hamda yaxshilashga yordam berish muhim yo'nalishlaridan biri sifatida ko'rinib. Hisobotda 2022-yil bo'yicha ma'lumot taqdim etgan hujjatlarda oqava suv bir qismi tozalangan bo'lsa-da, tozalash sifati bo'yicha hali bu holatda qayd etilgan. [1]



Date: 25th September-2026



Ilmiy adabiyotlarda oqava suvlarni bi tozalash eng ko'p ko'rilgan usullarga faol loyqa jarayoni, biofiltrlar, biofilmologik texnologiyalari, aerob va anaerob biologik tozalash tizimlari . Uch texnologiyaning mikroorganizmlarning asosini organik energiyani parchalashi va fosfor birikmalarini bi yo'l bilan o'zlashtirishi tashkil qiladi. Zamonaviy texnologiyalarda biologik jarayonlarni membranali texnologiyalari bilan birlashtirishga ham katta e'tibor qaratilmoqda. suv, membranali bioreaktorlar yuqori sifatli tozalangan suv va olinadigan suvni qayta ko'chirish orqali suvni ishlab chiqaruvchi texnologiya sifatida o'rganilmoqda.[2]

So'nggida mikroalgalar asosidagi biotexnologiyalar ham istiqbolli yo'nalish sifatida ko'rsatilmoqda. Mikroalgalar oqava suv tarkibidagi azot, fosfor va ayrim organik hamda noorganik ifloslantiruvchi moddalarni o'zlashtirishda ishtirok etadi. 2024-yilda elon qilingan mikroalgalar asosida bioreaktorlarning turli ifloslantiruvchi moddalarni, bioakkumulyatsiya va biotransformatsiya jarayonlari orqali olib borilgan jarayonlar tahlili. Shu bilan birga, bunday tizimlarni miqyosda mikroalgalar o'sishini nazorat qilish, bioreaktorlarni masshtablash va jarayonni boshqarish kabi muammolarni tartibga solingan.[3]

Mikroalga-bakterial tizimlar bo'yicha olib borilgan asosiy ikki xil mikroorganizmlar guruhining o'zi hamkorligi oqava suvdagi organik quvvat bilan azot va fosforni birlashtirishga yordam beradi. 2024-yilgi membranaviy mikroalga-bakterial tizimlar bir bosqichda COD, azot va fosforni mustahkamlash, a'zolik darajasiga erishish uchun tahlil qilingan. qayta membrananing ifloslanishi va biofilmni nazorat qilish ushbu texnologiyaning asosiy muammolaridan biriga muvofiq tarzda tartibga solingan.[2-3] Umuman olganda, mavjud adabiyotlar oqava suvlarni biotexnologik tozalashda mikroorganizmlar, mikroalgalar, biofilm tizimlari va membranali bioreaktorlarni birlashtirish istiqbollari yo'nalishdagi sifatli ko'rinish. Shu tufayli zararli tozadagi zararli moddalarni samarali yo'qotish, balki hosil bo'ladigan biologik biomassadan chiqarish, energiya sarfini qo'shimcha valangan suvni qayta ishlashga yordam beradi.

Materiallar va usullar: Ushbu tadqiqotda biotexnologik tozalashning zamonaviy usullari bo'yicha ilmiy adabiyotlar tahlillari ko'rib chiqildi. Tadqiqot materiali sifatida biologik tozalash texnologiyalariga oid ilmiy maqolalar, monografiyalar, xalqaro tashkilotlarning hisobotlari va ilmiy-tadqiqot vositalaridan foydalanildi. Asosiy e'tibor oqava suvlarni tozalashda mikroorganizmlar, mikroalgalar, aerob va anaerob jarayonlarga qaratildi. Ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, tahlil, tizimlashtirish va umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Biotexnologik tozalash vositalarini tekshirish printsiplari ekologik toza, energiyani va amaliyotni ishlatish, oqava suv tarkibidagi organik moddalar, azot va fosfor birikmalari biologik jarayonlar orqali kamaytirilish mexanizmlari tahlil qilindi.

Tadqiqotning metodologik asosini bioremediatsiya, biologik parchalanish, biosorbsiya, nitrifikatsiya, denitrifikatsiya va biologik fosforni chiqarish jarayonlari tashkil etildi.

Natijalar va muhokama: Tadqiqotlarni qayd etish davomida oqava suvlarning asosiy ifloslantiruvchi komponentlari, ularning miqdori hamda biologik tozalash jarayonlarida kamayish darajasi tahlil qilindi. Oqava suv tarkibidagi organik moddalar, muallaq zarrachalar, azot va fosfor birikmalari suv ekotizimlariga tushadigan asosiy ifloslantiruvchi

Date: 25th September-2026

yuklamalardan hisoblanadi. EPA ma'lumotlarida xom maishiy oqava suv uchun BOD₅ odatda 150–250 mg/L, COD 300–400 mg/L, muallaq moddalar 150–250 mg/L, fosfor 5–10 mg/L, azot esa 15–25 mg/L atrofida bo'lishi ko'rsatilgan.

Xom oqava suv tarkibidagi asosiy ifloslantiruvchilar

1-jadval. Xom maishiy oqava suvning tipik ifloslanish ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	Xom oqava suv, mg/L	Ikkilamchi tozalash standarti, mg/L	Minimal kamayish
BOD₅	150–250	≤30	≥85%
TSS	150–250	≤30	≥85%
COD	300–400	—	Jarayonga bog'liq
Umumiy azot	15–25	—	Maxsus biologik azot chiqarish talab etiladi
Umumiy fosfor	5–10	—	Biologik fosfor chiqarish talab etiladi

Manba: U.S. EPA ma'lumotlari.[4]

Bu ko'rsatkichlar oqava suvni biologik tozalashdan oldingi holatni ifodalaydi. Ayniqsa, BOD₅ va COD qiymatlarining yuqoriligi suvda biologik parchalanadigan organik moddalar miqdori sezilarli ekanligini ko'rsatadi. Bunday moddalar tabiiy suv havzalariga tushganda mikroorganizmlar tomonidan parchalanish jarayonida erigan kislorodning sarflanishiga olib kelishi mumkin.

2. Biologik tozalashdan keyingi ko'rsatkichlar

Biologik tozalashning asosiy maqsadlaridan biri organik moddalar va muallaq zarrachalarni sezilarli darajada kamaytirishdir. AQSh EPAning ikkilamchi tozalash standartlarida BOD₅ va TSS bo'yicha kamida 85% olib tashlash talabi mavjud; 30 kunlik o'rtacha ko'rsatkich bo'yicha BOD₅ va TSS 30 mg/L dan oshmasligi kerak.

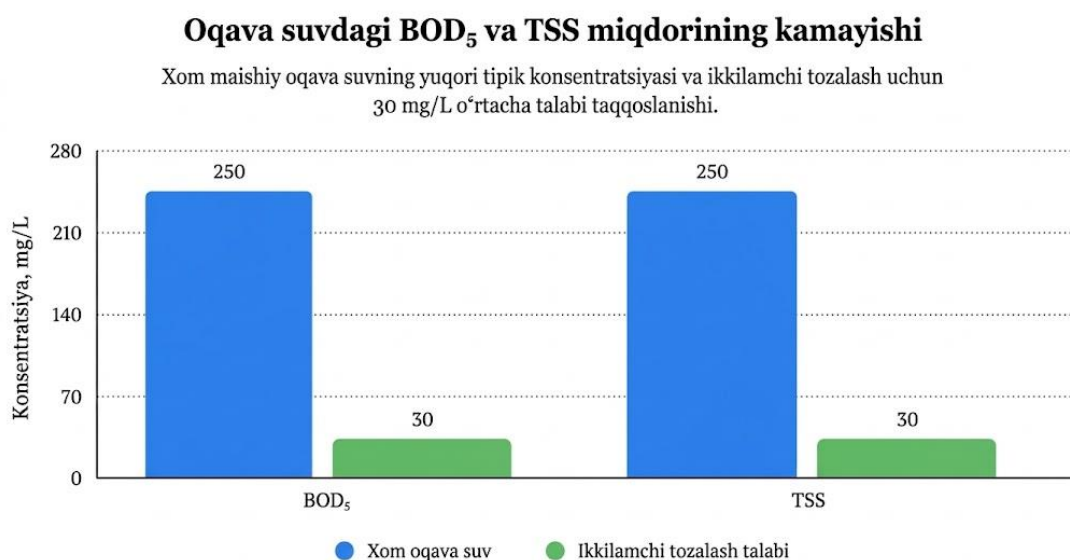
2-jadval. Biologik tozalash samaradorligini ko'rsatuvchi taqqoslash

Ko'rsatkich	Xom oqava suv, mg/L	Ikkilamchi tozalash standarti, mg/L	Minimal kamayish
BOD₅	150–250	≤30	≥85%
TSS	150–250	≤30	≥85%
COD	300–400	—	Jarayonga bog'liq
Umumiy azot	15–25	—	Maxsus biologik azot chiqarish talab etiladi
Umumiy fosfor	5–10	—	Biologik fosfor chiqarish talab etiladi

Date: 25th September-2026

Muhim: jadvaldagi 85% BOD₅ va TSS kamayishi EPAning ikkilamchi tozalash talabi; u aynan barcha biologik qurilmalar doimo 85% natija beradi degani emas. Azot va fosfor uchun esa alohida biologik nutrient removal jarayonlari qo‘llanadi.

Grafik: oqava suv ifloslanishining kamayishi Ushbu maqolada quyidagi grafikni qo‘yish mumkin. Grafikda xom oqava suvdagi BOD₅ va TSS ning yuqori chegarasi bilan ikkilamchi tozalashdan keyingi 30 mg/L talabi taqqoslanadi. Oqava suvdagi BOD₅ va TSS miqdorining kamayishi xom maishiy oqava suvning yuqori tipik konsentratsiyasi va ikkilamchi tozalash uchun 30 mg/L o‘rtacha talabining taqqoslanishi.



Manba: U.S. EPA ma'lumotlari. Ikkilamchi tozalash talabi: EPA 40 CFR Part 133.

Dunyo miqyosida oqava suvlarning tozalanishi

Muammoning dolzarbligini ko‘rsatish uchun global statistik ma‘lumotlardan ham foydalanish mumkin. UN-Waterning 2024-yilgi hisobotida 2022-yil ma‘lumotlarini taqdim etgan mamlakatlar orasida jami oqava suv oqimining **76% qismi ma‘lum darajada tozalangan**, biroq “xavfsiz tozalangan” deb baholangan qism **60%** bo‘lgan. Bu ko‘rsatkichlar mos ravishda 73 va 42 mamlakat ma‘lumotlari asosida hisoblangan va ular butun dunyo aholisining bir xil qismini qamrab olmaydi. Shu sababli ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri butun dunyo uchun universal ko‘rsatkich sifatida talqin qilish kerak emas.[5]

3-jadval. 2022-yilda oqava suvlarni tozalash bo‘yicha UN-Water ma‘lumotlari

Ko‘rsatkich	Qiymat
Ma‘lum darajada tozalangan jami oqava suv	76%
Xavfsiz tozalangan jami oqava suv	60%
Ma‘lum darajada tozalangan oqava suv hajmi	103 mlrd m ³
Hisoblangan jami oqava suv hajmi	136 mlrd m ³
Xavfsiz tozalangan oqava suv hajmi	36 mlrd m ³
Xavfsiz tozalash bo‘yicha hisoblangan hajm	59,3 mlrd m ³

UN-Water ma‘lumotlari 2022-yil uchun 107 mamlakatdan olingan ma‘lumotlarni qamrab olgan, ammo xavfsiz tozalash bo‘yicha hisob-kitob faqat 42 mamlakat ma‘lumotlari asosida amalga oshirilgan.

Date: 25th September-2026

Xulosa: Oqava suvlarni biotexnologik tozalash suv resurslarini muhofaza qilish va atrof-muhit ifloslanishini kamaytirishning samarali yo‘nalishlaridan biridir. Tadqiqot natijalari mikroorganizmlar, faol loyqa, biofilm va mikroalgalar asosidagi texnologiyalar organik moddalar hamda azot va fosfor birikmalarini kamaytirishda muhim imkoniyatlarga ega ekanini ko‘rsatdi. Ayniqsa, biologik tozalash jarayonlarini zamonaviy bioreaktorlar bilan uyg‘unlashtirish tozalash samaradorligini oshirish va suvni qayta foydalanish imkoniyatini kengaytiradi. Shu bois biotexnologik yondashuvlar kelajakda ekologik xavfsiz, tejamkor va barqaror oqava suvlarni tozalash tizimlarini yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. UN-Water. *Progress on Wastewater Treatment – 2024 Update*. United Nations Water, 2024. Ushbu hisobot oqava suvlarni tozalashning global holati, xavfsiz tozalash va qayta foydalanish bo‘yicha statistik ma‘lumotlarni o‘z ichiga oladi. [UN Water](#)
2. A review of emerging membrane-based microalgal-bacterial processes for wastewater treatment: Process configurations, biological and membrane performance, and perspectives. *Science of the Total Environment*, 2024, Vol. 927, Article 172141. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.172141. [ScienceDirect](#)
3. Dey S., Samanta P., Ghosh A.R., Banerjee S., Sen K. *State-of-the-art microalgae-based bioreactor wastewater treatment for the elimination of emerging contaminants: A mechanistic review*. *Cleaner Water*, 2024, Vol. 2, Article 100027. DOI: 10.1016/j.clwat.2024.100027. [ScienceDirect](#)
4. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *NPDES Permit Writers’ Manual*. Washington, DC: U.S. EPA. Secondary treatment standards: BOD₅ va TSS uchun 30 kunlik o‘rtacha 30 mg/L va kamida 85% olib tashlash talabi. [EPA NEO](#)
5. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *Secondary Treatment Regulation*, 40 CFR Part 133. BOD₅ va TSS bo‘yicha ikkilamchi tozalash talablari va oqava suvlarni tozalash standartlari. [US EPA](#)
6. Ethiraj S., Samuel M.S., Indumathi S.M. *A comprehensive review of the challenges and opportunities in microalgae-based wastewater treatment for eliminating organic, inorganic, and emerging pollutants*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2024, Vol. 60, Article 103316. DOI: 10.1016/j.bcab.2024.103316. [ScienceDirect](#)
7. *Role of microalgae-bacterial consortium in wastewater treatment: A review*. *Journal of Environmental Management*, 2024, Vol. 360, Article 121226. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121226. [ScienceDirect](#)
8. Sabatte F., Baring R., Fallowfield H. *Suspended filamentous algal cultures for wastewater treatment: A review*. *Journal of Applied Phycology*, 2024, Vol. 36, pp. 1987–2004. DOI: 10.1007/s10811-024-03220-2. [Springer](#)

