IMFAKTOR Science driven pages
RESEARCH AND DEVELOPMENT
TADQIQOT VA TARAQQIYOT
ISSN: 3030 – 3281
Volume II, Issue 12 (2025)
Check for updates
openKNOWLEDGE

EICHHORNIA CRASSIPES O‘SIMLIGI YORDAMIDA OQAVA SUVLARNI TOZALASH DINAMIKASI

Iroda INOYATOVA[1], **Shaxnoza ISAKOVA**[1], **Dilrabo MAKSUMOVA**[1].

[1] *Toshkent kimyo-texnologiya instituti.*

https://doi.org/10.5281/zenodo.17944028

ANNOTATSIYA

Mazkur tadqiqot Eichhornia crassipes (suv giatsinti) o‘simligining maishiy va yog‘-moy sanoati oqava suvlari tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalarni biologik yo‘l bilan kamaytirish samaradorligini baholashga qaratildi. Tajribalar 7 kun davomida 30-35°C haroratda, barqaror yorug‘lik va aeratsiya sharoitida olib borildi. Oqava suv tarkibidagi fosfatlar, temir, fenollar, neft mahsulotlari, ishqoriy komponentlar va muallaq zarrachalar standart analitik usullar asosida tahlil qilindi. Natijalar o‘simlikning fosfatlarni 92-97%, temirni 50-70%, fenollar va neft mahsulotlarini deyarli 100%, muallaq zarrachalarni esa 80-90% gacha kamaytirishga qodir ekanini ko‘rsatdi. Bu samaradorlik o‘simlikning rivojlangan ildiz tizimi, aerenxima to‘qimalari, yuqori metabolik faolligi hamda ildiz zonasidagi mikrobiologik jarayonlarning kuchayishi bilan izohlanadi. Tadqiqot natijalari Eichhornia crassipesni arzon, energiya tejamkor va ekologik xavfsiz fitoremediatsiya vositasi sifatida oqava suvlarni tozalashda qo‘llash imkoniyatlari keng ekanini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar*: biologik tozalash, laboratoriya, tajriba,oqava suv, natija, suv, maishiy oqava suvlar, sanoat.*

DYNAMICS OF WASTEWATER TREATMENT USING THE PLANT EICHHORNIA CRASSIPES

ANNOTATION

This study evaluates the efficiency of biological treatment of domestic and oil-fat industry wastewater using the aquatic plant Eichhornia crassipes (water hyacinth). Experiments were conducted for seven days at 30–35°C under controlled light and aeration conditions. Concentrations of phosphates, iron, phenols, petroleum products, alkaline components, and suspended solids were measured using standard analytical methods. The results demonstrated that Eichhornia crassipes reduced phosphates by 92–97%, iron by 50–70%, phenols and petroleum residues by almost 100%, and suspended solids by 80–90%. This high efficiency is attributed to the plant’s extensive root system, well-developed aerenchyma tissue, high metabolic activity, and enhanced microbial processes within the rhizosphere. The findings confirm the potential of Eichhornia crassipes as a cost-effective, energy-efficient, and environmentally safe phytoremediation tool for wastewater purification.

Keywords: *biological treatment, laboratory, experiment, waste water, result, water, household waste water, industry.*

ДИНАМИКА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТЕНИЯ EICHHORNIA CRASSIPES

АННОТАЦИЯ

Настоящее исследование направлено на оценку эффективности биологической очистки сточных вод бытового и масложирового производства с использованием растения Eichhornia crassipes (водяной гиацинт). Экспериментальные работы проводились в течение 7 суток при температуре 30-35°C в условиях стабильного освещения и аэрации. Концентрации фосфатов, железа, фенолов, нефтепродуктов, щелочей и взвешенных частиц определялись стандартными аналитическими методами. Полученные результаты показали, что Eichhornia crassipes способна снижать содержание фосфатов на 92-97%, железа на 50–70%, фенолов и нефтепродуктов – практически на 100%, а взвешенных частиц – на 80-90%. Высокая эффективность объясняется развитой корневой системой, наличием аэренхимы, высокой метаболической активностью растения и усилением микробиологических процессов в ризосфере. Исследование подтверждает перспективность использования Eichhornia crassipes как недорогого, энергоэффективного и экологически безопасного средства фитормедиации для очистки сточных вод.

Ключевые слова: *биологическая очистка, лаборатория, эксперимент, сточные воды, результат, вода, бытовые сточные воды, промышленность.*

© 2025, the Author(s). Published by IMFAKTOR.
This is an open access article under the CC BY license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Sanoatlashuvning jadallashuvi, urbanizatsiya jarayonlarining tez sur’atlarda kechishi hamda ishlab chiqarish hajmlarining ortishi oqava suvlarning tarkibini murakkablashtirib, ularda organik moddalar, og‘ir metall ionlari, neft mahsulotlari, fenollar va boshqa toksik komponentlar konsentratsiyasining sezilarli ko‘payishiga olib kelmoqda. Bunday moddalarning suv ekotizimlariga tushishi biologik barqarorlikni izdan chiqaradi, biokimyoviy kislorod sarfi (BOD) va kimyoviy kislorod sarfi (COD) ko‘rsatkichlarini oshiradi, biomagnifikatsiyani kuchaytiradi hamda ichimlik suvi xavfsizligiga bevosita tahdid soladi. Shuning uchun suv resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik barqarorlikni ta’minlash va ifloslanish darajasini kamaytirish bugungi kunning ustuvor vazifalaridan biridir [1].

An’anaviy mexanik, kimyoviy va fizik-kimyoviy tozalash texnologiyalari ayrim ifloslantiruvchi moddalarni samarali yo‘q qilsada, ularning qo‘llanilishi ko‘pincha yuqori energiya sarfi, reagentlardan foydalanish zaruriyati, qo‘shimcha chiqindi hosil bo‘lishi hamda ekspluatatsiya xarajatlarining oshishi bilan cheklanadi. Shu sababli barqaror, iqtisodiy jihatdan maqbul va tabiiy mexanizmlarga asoslangan tozalash texnologiyalariga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Gidrofit o‘simliklardan foydalaniladigan fitoremediatsiya usullari bu borada istiqbolli yo‘nalishlardan biri sifatida e’tirof etilgan bo‘lib, suv ekotizimlarining tabiiy o‘z-o‘zini tiklash qobiliyatini mustahkamlash imkonini beradi [2].

Fitoremediatsiya jarayonining samaradorligi o‘simliklarning biologik xususiyatlariga – ularning tez o‘sishi, yuqori metabolik faolligi, rivojlangan ildiz tizimi hamda og‘ir metallarni, organik moddalarni va boshqa zararli komponentlarni yutish xususiyatlariga bog‘liq. Shu nuqtai nazardan qaralganda, Eichhornia crassipes (suv giatsinti) global miqyosda eng ko‘p o‘rganilgan fitofiltr o‘simliklardan biri hisoblanadi. Tadqiqotlar ushbu o‘simlikning turli og‘ir metall ionlari (Pb, Cd, Zn, Fe), nitratlar, fosfatlar, fenollar, neft mahsulotlari qoldiqlari va muallaq zarrachalarni sezilarli darajada kamaytirish qobiliyatiga ega ekanini ko‘rsatgan [3].

Eichhornia crassipes biomassasi tarkibidagi azot, fosfor, kaliy, aminokislotalar va vitaminlar miqdorining yuqoriligi uning metabolik faolligi kuchli ekanidan dalolat beradi. Rivojlangan tolamsimon ildiz tizimi suvdagi ifloslantiruvchi moddalarni adsorbsiya qilishda va transpiratsiyani kuchaytirishda muhim rol o‘ynaydi. Shuning uchun mazkur o‘simlikning ekologik tozalash tizimlarida qo‘llanishi ko‘plab davlatlarda samaradorligini isbotlagan, jumladan havzalarni rekultivatsiya qilish, biofiltratsiya tizimlarini yaratish va oqava suvlarni qayta ishlashda keng qo‘llaniladi [4].

Ushbu tadqiqot Eichhornia crassipesning maishiy hamda yog‘-moy sanoati oqava suvlaridagi ifloslantiruvchi moddalarni yutish samaradorligini baholashga qaratildi. Tajribalar o‘simlikning moslashish (adaptatsiya) davri, biofiltratsiya dinamikasi va ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining vaqt bo‘yicha o‘zgarishini aniqlash orqali baholandi. Bunday yondashuv suv o‘simliklarining tabiiy filtr sifatida ishlash imkoniyatlarini chuqur o‘rganishga sharoit yaratadi [5].



1-rasm. Eichhornia crassipesning tuzilishi.

Eichhornia crassipes biomassasining 1 tonnasida yuqori miqdorda azot, fosfor, kaliy, aminokislotalar hamda vitaminlarning mavjudligi o‘simlikning faol metabolizmi va filtrlash qobiliyatining yuqoriligidan dalolat beradi. Uning rivojlangan tolamsimon ildiz tizimi suvdagi ifloslantiruvchi moddalarni yutishda asosiy rol o‘ynaydi. Shu sababli mazkur o‘simlik asosidagi texnologiyalar mahalliy suv havzalarini ekologik tiklash, ishlab chiqarish oqavalarini arzon va samarali tozalashda alohida ahamiyat kasb etadi.

Materiallar va metodlar

Ushbu tadqiqotda maishiy xizmat ko‘rsatish obyektlari hamda yog‘-moy sanoati korxonalaridan olingan oqava suv namunalaridan foydalanildi. Tanlangan oqava suvlar tarkibida organik moddalar, mineral komponentlar, fosfatlar, temir birikmalari, fenollar, neft mahsulotlari, ishqorlar va muallaq zarrachalar mavjud bo‘lib, ularning boshlang‘ich konsentratsiyalari laboratoriya sharoitida standart analitik usullar asosida aniqlab olindi.

Tadqiqotda sog‘lom, bir xil morfologik ko‘rinishga ega Eichhornia crassipes namunalaridan foydalanildi. O‘simliklar tajribaga joylashtirilishidan avval 3 kun davomida laboratoriyada 30–35°C harorat, barqaror yorug‘lik va optimal pH sharoitida adaptatsiya qildirilgan bo‘lib, bu jarayon o‘simliklarning tajriba muhitiga moslashishini ta’minladi.

Tajriba 7 kun davomida maxsus idishlarda olib borildi. Har bir idishga belgilangan miqdordagi oqava suv quyilib, unga bittadan Eichhornia crassipes o‘simligi joylashtirildi. Tajribalar davomida harorat, yorug‘lik va aeratsiya sharoitlari bir xil darajada ushlab turildi. Oqava suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalar – fosfatlar, temir birikmalari, fenollar, neft mahsulotlari, ishqorlar va muallaq zarrachalar – xalqaro tavsiya etilgan laboratoriya metodlari asosida aniqlanib borildi.

Xususan, fosfatlar kolorimetrik, temir fotometrik, fenollar 4-aminoantipirin reaksiyasi, neft mahsulotlari ekstraktsiya-gravimetrik, ishqoriy komponentlar potenshiometrik usulda baholandi. Muallaq zarrachalar miqdori esa filtrlash va quritish yo‘li bilan aniqlangan.

Tahlillar tajribaning 1-kuni va 7-kunida o‘tkazilib, har bir o‘lchov uch takrorlanishda bajarildi va o‘rtacha natijalar hisoblab chiqildi. O‘simlikning tozalash samaradorligi boshlang‘ich hamda yakuniy konsentratsiyalar o‘rtasidagi farqni tahlil qilish, ifloslantiruvchi moddalar so‘rilish tezligini aniqlash va tozalash dinamikasi koeffitsiyentini hisoblash orqali baholandi. Kuzatuv natijalariga ko‘ra, tozalash dinamikasi koeffitsiyenti har soatda o‘rtacha 1,15 martaga oshib borgan bo‘lib, bu Eichhornia crassipesning barqaror biofiltr sifatidagi yuqori faolligidan dalolat beradi.

Ingrediyentlar	Maishiy oqava suvlari (1 kun)	Maishiy oqava suvlari (7 kun)	Yog‘-moy korxonasi (1 kun)	Yog‘-moy korxonasi (7 kun)
Fosfatlar	5,7	0,4	1,4	0,05
Temir	3,0	1,3	3,0	0,82
Ishqor	8,0	4,8	–	–
Sulfidlar	7,5	Mavjud emas	–	–
Neft mahsulotlari	2,6	Mavjud emas	–	–
Fenollar	85,0	Mavjud emas	–	–
Muallaq zarrachalar	114,0	17,2	91,7	15,2

1-jadval. Eichhornia crassipes yordamida tozalangan oqava suvlarning tahlil natijalari (mg/l).

Tadqiqot davomida Eichhornia crassipes o‘simligining maishiy hamda yog‘-moy sanoati oqava suvlari tarkibidagi turli ifloslantiruvchi moddalarni kamaytirish samaradorligi har tomonlama baholandi. Olingan eksperimental natijalar o‘simlikning qisqa muddat ichida yuqori biofiltratsiya qobiliyatini namoyon etganini ko‘rsatdi. Tahlillar 1-kun va 7-kunlarda olib borildi va barcha komponentlar bo‘yicha sezilarli dinamik o‘zgarishlar qayd etildi.

Maishiy oqava suvlarda fosfatlarning dastlabki 5,7 mg/l konsentratsiyasi 7-kun yakunida 0,4 mg/l gacha tushgan bo‘lib, bu ularning 92% ga kamayganini anglatadi. Yog‘-moy sanoati oqava suvlarida esa fosfatlar 1,4 mg/l dan 0,05 mg/l gacha kamayib, 97% ga yaqin tozalash samaradorligi kuzatildi. Bunday natija Eichhornia crassipesning fosfor birikmalarini tez o‘zlashtirishi, ularni biomassaning tarkibiga qo‘shib olishi hamda o‘sish jarayonida faol foydalanishi bilan bog‘liq.

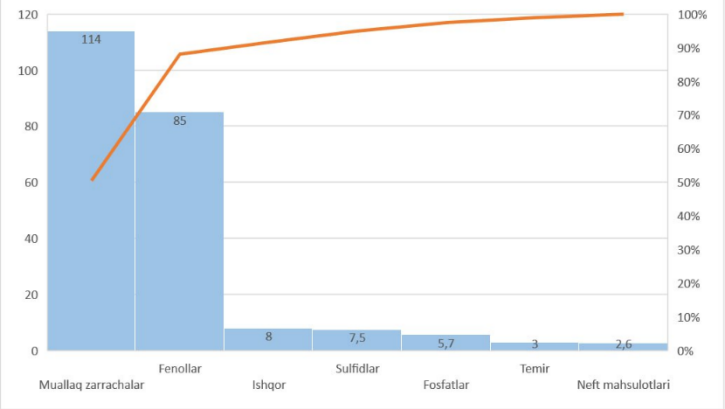
Temir birikmalarining kamayish sur’ati ham o‘simlikning yuqori biofiltr sifatidagi imkoniyatlarini tasdiqladi. Maishiy oqava suvlarda temir miqdori 3,0 mg/l dan 1,3 mg/l gacha kamayib, o‘rtacha 57% ga pasaydi. Yog‘-moy sanoati oqava suvlarida esa temir konsentratsiyasi 3,0 mg/l dan 0,82 mg/l gacha tushib, 70% ga yaqin kamayish kuzatildi. Bu jarayon o‘simlik ildiz zonasida oksidlanish-qaytarilish sharoitining o‘zgarishi, temirning $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ holatiga o‘tishi va ularning cho‘kmaga tushishi bilan izohlanadi. Ildiz yuzasida hosil bo‘lgan mikrobiologik qatlam ham temirning bioturg‘unlashuviga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan bo‘lishi mumkin.

Fenollar va neft mahsulotlariga oid natijalar fitoremediatsiya jarayonining yuqori samaradorligini yanada yaqqol ko‘rsatdi. Maishiy oqava suvlarda fenollar 85 mg/l dan 7 kun ichida aniqlanmaydigan darajaga tushgan, neft mahsulotlari esa 2,6 mg/l dan butunlay yo‘qolgan. Bu jarayonlar o‘simlik ildiz yuzalarida sodir bo‘ladigan adsorbsiya, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari, shuningdek o‘simlik ildizlari bilan simbiozda faoliyat yurituvchi mikroorganizmlarning biodegradatsiya jarayonlari orqali amalga oshgani taxmin qilinadi. Ayniqsa, fenollarni parchalaydigan mikroorganizmlar ildiz mintaqasida faol ko‘payishi natijada ularning deyarli to‘liq yo‘qolishiga olib kelgan bo‘lishi ehtimol. Muallaq zarrachalar bo‘yicha tahlillar ham sezilarli natijalarni ko‘rsatdi. Maishiy oqava suvlarda muallaq zarrachalar 114 mg/l dan 17,2 mg/l gacha kamaygan bo‘lib, taxminan 85% ga pasayish qayd etildi.

Yog‘-moy sanoati oqava suvlarida esa zarrachalar 91,7 mg/l dan 15,2 mg/l gacha tushib, 83% atrofida tozalash samaradorligi kuzatildi. Bu jarayon, birinchi navbatda, Eichhornia crassipesning ildiz tizimida hosil bo‘ladigan zich tolalar va mikroto‘rlarning zarrachalarni ushlab qolish qobiliyati bilan bog‘liq. Zarrachalarning ko‘pchiligi o‘simlik ildiziga yopishib cho‘kadi yoki biofilm tarkibida ushlab qolinadi.

Ishqoriy komponentlar ham sezilarli darajada kamaygan. Maishiy oqava suvlarda ishqor miqdori 8,0 mg/l dan 4,8 mg/l gacha pasayib, 40% ga yaqin kamayish qayd etildi. Sulfidlar esa 7 kunlik tozalash jarayonida butunlay yo‘qolgan. Bu ularning oksidlanishga moyil bo‘lgan tabiati hamda o‘simlik ildizlari atrofida kislorodga boy mikrozona hosil bo‘lishi orqali sulfidlarning sulfatlarga aylanishi bilan izohlanadi.

Umuman olganda, olingan natijalar Eichhornia crassipesning oqava suvlarni biologik tozalashda yuqori samaradorlikka ega ekanini tasdiqladi. O‘simlikning ildiz strukturasi, aerenxima to‘qimalari, tez vegetativ o‘sishi va metabolik faolligi ifloslantiruvchi moddalarni yutish jarayonini tezlashtirgan. Shuningdek, 30–35°C harorat diapazoni o‘simlik fiziologiyasi uchun optimal bo‘lib, transpiratsiya va modda almashinuv jarayonlarini faollashtirdi. Bularning barchasi fitoremediatsiya mexanizmlarining samarali ishlashini ta’minlab, qisqa muddat ichida sezilarli tozalash natijalariga erishishga imkon berdi.



2-rasm. Eichhornia crassipes yordamida tozalangan oqava suvlarning tahlil natijalarining grafik ko‘rinishi (mg/l).

Mazkur 2-rasmda maishiy va sanoat oqava suvlari tarkibidagi asosiy ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining 1-kun va 7-kun oralig‘ida qanday o‘zgarishi grafik tarzda aks ettirilgan. Grafik ma’lumotlarga ko‘ra, Eichhornia crassipes o‘simligining biofiltratsiya samaradorligi yuqori bo‘lib, qisqa muddatda sezilarli tozalash jarayonini ta’minlaydi.

Fosfatlar dinamikasi

Tadqiqot natijalari fosfatlar konsentratsiyasining 7 kun davomida keskin kamayganini ko‘rsatadi, bu esa Eichhornia crassipes o‘simligining fosfor birikmalarini yutish va ularni o‘z metabolizmida faol ishlatish qobiliyatining yuqoriligidan dalolat beradi. Fosfatlarning kamayishi nafaqat o‘simlikning tez o‘sish bosqichiga xos bo‘lgan ozuqa moddalarga bo‘lgan ehtiyoji bilan, balki yangi biomassa shakllanish jarayonining jadalligi bilan ham bog‘liq. O‘simlikning ildiz zonasida mikroorganizmlarning ko‘payishi ham fosfatlarni konversiya va bioturg‘unlashuv jarayonlarida muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, aerenxima to‘qimalari orqali ildiz zonasiga kislorod yetib borishi fosfatlarning oksidlanish jarayonlarini faollashtirib, ularning yutilish samaradorligini oshiradi. Natijada fosfatlar suv muhitidan juda qisqa vaqt ichida sezilarli darajada bartaraf etiladi.

Temir miqdorining kamayishi

Temir birikmalarining konsentratsiyasi 7 kunlik tajriba davomida bosqichma-bosqich kamayib borgan bo‘lib, bu jarayon fitoremediatsiya mexanizmlarining kompleks ta’siri bilan izohlanadi. Eichhornia crassipes ildizlarida mavjud bo‘lgan faol tashqi yuzalar temir ionlarini adsorbsiya qilishda muhim rol o‘ynaydi. Ildiz zonasida shakllanadigan mikroaerofil sharoitlar temirning Fe^{2+} dan Fe^{3+} holatiga o‘tishini tezlashtiradi, bu esa uning cho‘kma holatga o‘tishi va suvdan ajralib chiqishiga sabab bo‘ladi. Ildiz atrofidagi mikrobial jamoalar temirni qaytarilish-oksidlanish jarayonlari orqali transformatsiya qiladi va temirning bioturg‘un shakllarga o‘tishini rag‘batlantiradi. Bu jarayonlarning barchasi temirning suvdagi konsentratsiyasini sezilarli darajada kamaytiradi.

Fenollar va neft mahsulotlarining yo‘qolishi

Grafik ma’lumotlar fenollar va neft mahsulotlarining 7-kun yakuniga kelib deyarli to‘liq yo‘qolganini ko‘rsatadi. Bu jarayon fitodegradatsiya, adsorbsiya va mikrobiologik parchalanish kabi bir nechta mexanizmlarning o‘zaro uyg‘unlashgan ta’siri ostida kechadi.

Fenollar avval adsorbsiyaga uchraydi, so‘ngra ildiz zonasidagi mikroorganizmlar tomonidan oksidlanadi, bu esa ularning energetik substrat sifatida parchalanishiga imkon yaratadi. Neft mahsulotlari tarkibidagi uglevodorodlar ildiz yuzasida to‘planadi va mikroorganizmlar tomonidan bosqichma-bosqich oksidlanadi. Eichhornia crassipes ildizlarining keng tarmoqlangan tuzilishi organik molekulalarning yorilishi va parchalanishi uchun qulay, aeratsiyalangan mikrozonalar hosil qiladi. O‘simlikning o‘sish sur’ati yuqori bo‘lgani uchun, biokimyoviy reaksiyalar uchun zarur bo‘lgan kislorod yetarli miqdorda ta’minlanadi va bu degradatsiya jarayonlarini tezlashtiradi.

Muallaq zarrachalar miqdorining kamayishi

Muallaq zarrachalar konsentratsiyasining 80–90% gacha kamayganligi Eichhornia crassipesning tabiiy filtr sifatida samarali ishlashini tasdiqlaydi. O‘simlik ildizlarining tolamsimon tuzilishi suv oqimida uchraydigan kolloid va mayda zarrachalarni samarali tarzda ushlab qoladi. Ildiz yuzasida hosil bo‘ladigan biofilm qatlami zarrachalarning yopishib qolishini kuchaytiradi, ularning bir-biri bilan agregatsiyalanishiga yordam beradi va cho‘kma hosil bo‘lish jarayonini tezlashtiradi. Bunday mexanizm nafaqat fizik filtratsiya jarayonini kuchaytiradi, balki suvning optik tiniqligini sezilarli darajada oshiradi. Zarrachalarning kamayishi oqava suvlarning umumiy sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilashda muhim omil bo‘lib, bu jarayon fitoremediatsiya tizimlarida ildizlarning struktura va funksional xususiyatlari naqadar muhim ekanini ko‘rsatadi.

Xulosa va takliflar

Ushbu tadqiqotda Eichhornia crassipes o‘simligining maishiy hamda sanoat oqava suvlari tarkibidagi asosiy ifloslantiruvchi moddalarga nisbatan fitoremediatsion samaradorligi kompleks baholandi. Olingan eksperimental natijalar mazkur gidrofit o‘simlikning qisqa vaqt ichida yuqori biofiltratsiya ko‘rsatkichlarini namoyon etganini ko‘rsatadi. Xususan, 7 kunlik tajribalar davomida fosfatlar 92–97%, temir 50–70%, fenollar va neft mahsulotlari deyarli 100%, muallaq zarrachalar esa 80–90% gacha kamaydi. Bu natijalar o‘simlikning murakkab kimyoviy tarkibga ega oqava suvlarni tabiiy mexanizmlar orqali samarali tozalash qobiliyatiga ega ekanini tasdiqlaydi. Eichhornia crassipesning bunday yuqori samaradorligi, avvalo, uning anatomik va fiziologik xususiyatlari bilan bog‘liq. O‘simlikning rivojlangan aerenxima to‘qimalari ildiz zonasida aeratsiyaning yaxshilanishiga xizmat qiladi, bu esa mikroorganizmlarning ko‘payishi va oksidlanish-qaytarilish jarayonlarining faollashuviga olib keladi. Keng, tolamsimon ildiz tizimi organik va anorganik moddalarni adsorbsiya qilish va biotransformatsiya jarayonlarini tezlashtiradi. Tez vegetativ o‘sish va yuqori metabolik faollik esa ozuqa elementlari, og‘ir metallar va murakkab organik birikmalarning o‘simlik tomonidan tez o‘zlashtirilishini ta’minlaydi. Tajriba davomida 30–35°C oralig‘idagi optimal harorat sharoitlari fitoremediatsiya jarayonining yanada faollashuviga olib kelgani kuzatildi. Tadqiqotning ilmiy-amaliy ahamiyati shundaki, Eichhornia crassipes asosida yaratiladigan fitoremediatsiya tizimlari energiya talab qilmaydigan, arzon, ekologik xavfsiz va texnik jihatdan sodda bo‘lgan tozalash texnologiyalaridan biridir. Bu yondashuv ayniqsa kichik va o‘rta quvvatli korxonalar, maishiy xizmat obyektlari, qishloq hududlari yoki markazlashmagan kanalizatsiya tizimlari mavjud bo‘lmagan joylarda qo‘llash uchun juda qulaydir. Bunday texnologiyalar tabiiy suv havzalarini rekultivatsiya qilish, ekologik degradatsiyaga uchragan ko‘l va kanallarni tiklash hamda mahalliy bioekotizimlarni barqarorlashtirishda ham samarali vosita bo‘lishi mumkin.

Tadqiqot natijalariga tayangan holda quyidagi takliflarni bildirish mumkin:

a) fitoremediatsiya tizimlarini amaliyotga joriy etish: Eichhornia crassipesdan foydalanishga asoslangan biofiltratsiya tizimlari kichik va o‘rta sanoat korxonalarida oqava suvlarning dastlabki tozalash bosqichi sifatida qo‘llanishi maqsadga muvofiq.

b) o‘simlik biomassasini qayta ishlash orqali qo‘shimcha qiymat yaratish: Hosil bo‘lgan biomassa biogaz ishlab chiqarish, kompost tayyorlash yoki hayvonlar uchun qo‘shimcha ozuqa sifatida qayta ishlanishi mumkin. Bu ekologik toza tsiklik iqtisodiyot tamoyillarini qo‘llash imkonini beradi.

v) biofiltratsiya jarayonlarini avtomatlashtirish: Suv darajasi, harorat, pH va ifloslantiruvchi moddalar dinamikasini real vaqt rejimida kuzatib boruvchi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini ishlab chiqish zarur.

g) fitoremediatsiya bo‘yicha qo‘shimcha ilmiy izlanishlar olib borish: Turli gidrokimyoviy sharoitlarda o‘simlikning samaradorligini baholash, biomassa hosildorligini oshirish mexanizmlarini o‘rganish va o‘simlik-mikroorganizmlar simbiozining ilmiy asoslarini yanada chuqurlashtirish maqsadga muvofiq.

d) shaharsozlik va ekologik infratuzilmada qo‘llash imkoniyatlari: Suv havzalarida "yashil tozalash zonalari" yaratish orqali oqava suvlar ta’sirini kamaytirish bo‘yicha hududiy loyihalarni ishlab chiqish tavsiya etiladi.

Umuman olganda, mazkur tadqiqot Eichhornia crassipesning fitoremediatsiya vositasi sifatidagi yuqori salohiyatini tasdiqlaydi va ekologik barqaror suv xo‘jaligi tizimlarini yaratishda ushbu o‘simlikdan foydalanish istiqbolli ekanini ko‘rsatadi.

Iqtiboslar

1. **Возжинская В.Б., Каменев А.Н.** Эколого-биологические основы культивирования и использования морских водорослей. — Москва: Наука, 1994.
2. **Зайцев В.П., Ажгихин И.С., Гандель В.Г.** Комплексное использование морских организмов. — Красноярск: Омега, 1980.
3. **Вайсман Я.И., Рудакова Л.В., Калинина Е.В.** Использование водных растений для доочистки сточных вод // Экология и промышленность России. — 2006.
4. **Gopal B.** *Water Hyacinth (Eichhornia crassipes): Ecology, Management and Utilization.* — Elsevier, 1987.
5. **Reddy K.R., DeBusk W.F.** Nutrient removal by water hyacinth under controlled conditions // *Aquatic Botany*, 1987.

ILMIY TAQRIZ

Maqola: *“Eichhornia Crassipes o‘simligi yordamida oqava suvlarni tozalash dinamikasi”.*
Mualliflar: *Iroda Inoyatova, Shaxnoza Isakova, Dilrabo Maksumova.*

Mazkur maqola ekologik xavfsizlik va suv resurslaridan barqaror foydalanish masalalariga bag‘ishlangan bo‘lib, unda Eichhornia crassipes o‘simligidan oqava suvlarni biologik yo‘l bilan tozalashda foydalanish samaradorligi chuqur ilmiy asosda yoritilgan. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, sanoatlashtirish jarayonining tezlashuvi, ishlab chiqarish hajmlarining ortishi hamda urbanizatsiya oqibatida hosil bo‘layotgan oqava suvlar tarkibi murakkablashib, ularni an’anaviy usullar bilan tozalash ko‘plab iqtisodiy va texnik muammolarni yuzaga keltirmoqda. Shu nuqtai nazardan, ekologik toza, arzon, energiya tejamkor va yuqori samaradorlikka ega fitoremediatsiya texnologiyalarini o‘rganish alohida ahamiyat kasb etadi.

Maqolada muallif tomonidan olib borilgan eksperimental tadqiqotlar puxta tashkil etilgan bo‘lib, laboratoriya sharoitida maishiy va sanoat oqava suvlari tarkibi bo‘yicha olingan ko‘rsatkichlar aniq, ishonchli va takrorlanuvchan natijalarni taqdim etadi. O‘simlikning moslashish davri, tajriba sharoitlari, analitik metodlar hamda tozalash dinamikasini baholash usullari ilmiy talablarga to‘la javob beradi. 1 kun va 7 kun oralig‘ida o‘tkazilgan kimyoviy tahlillar orqali fosfatlar, temir, fenollar, neft mahsulotlari va muallaq zarrachalarning sezilarli darajada kamayishi aniqlangani ilmiy jihatdan muhim xulosalar chiqarish imkonini beradi.

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatadiki, Eichhornia crassipes qisqa muddat ichida fosfatlarni 92-97%, temirni 50–70%, fenollar va neft mahsulotlarini deyarli to‘liq yo‘qotish qobiliyatiga ega. Bu ko‘rsatkichlar mazkur o‘simlikni biofiltr sifatida qo‘llash istiqboli yuqori ekanini isbotlaydi. Muallif fitoremediatsiya jarayonining asosiy omillari – o‘simlikning metabolik faolligi, ildiz tizimining rivojlanganligi, ildiz zonasidagi mikrobiologik jarayonlarning faollashuvi kabi omillarni ilmiy asoslar bilan tushuntirgan. Muallaq zarrachalarning 80-90% gacha kamayishi o‘simlikning nafaqat kimyoviy, balki fizik filtr sifatida ham samarali faoliyat yurita olishini ko‘rsatadi.

Maqolaning tuzilmasi aniq va ixcham bo‘lib, unda kirish, materiallar va metodlar, natijalar va ularning tahlili hamda xulosa bo‘limlari ilmiy an’anaga amal qilgan holda bayon qilingan. Adabiyotlar ro‘yxati mavzuga mos bo‘lib, fitoremediatsiya bo‘yicha yetakchi ilmiy manbalar asosida shakllantirilgan. Muallifning uslubiy bayoni ravon, izchil va tushunarli. Eksperimental ma’lumotlarning grafik va jadvaliy ko‘rinishda berilgani maqolaning ilmiy qiymatini yanada oshiradi.

Yakunda shuni ta’kidlash lozimki, maqola nafaqat ilmiy jihatdan, balki amaliy ahamiyati nuqtai nazaridan ham juda muhim. Tadqiqot natijalari mahalliy sharoitda ekologik xavfsiz, iqtisodiy samarador biologik tozalash texnologiyalarini joriy etishda foydali bo‘lishi mumkin. Shuningdek, mazkur ish kelgusida fitoremediatsiya bo‘yicha yangi izlanishlar olib borish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

Mazkur maqola ilmiy jurnalda chop etish uchun to‘liq tavsiya etiladi.

Disclaimer ©

*This scientific review has been prepared by the editorial board of the “**RESEARCH & DEVELOPMENT**” journal and is intended solely for use within the journal’s internal expert evaluation process and editorial activities.*

This review is protected by copyright law, and its content may not be distributed, reproduced, or used for commercial purposes without the prior permission of the editorial board. The review has been prepared to assess the scientific quality, content, and methodological aspects of the author’s (authors’) work. It does not represent the personal opinion of the author(s) nor should it be interpreted as the official position of the journal.

The editorial board bears no responsibility for the implementation, outcomes, or consequences of the recommendations, conclusions, or comments contained in this review. ***The review is provided to ensure transparency in the editorial process and to maintain quality control over scientific publications.***