



UO*K:556.11:504.5:711.4

Navfal JALILOV,

O'zbekiston Milliy universiteti Ekologiya kafedrasida magistranti

E-mail: navfaljalilov@gmail.com

Oybek MAMARAXIMOV,

O'zbekiston Milliy universiteti, Ekologiya kafedrasida dotsenti

E-mail: oybekmamarahimov74@gmail.com

Toshkent davlat agrar universiteti professori, b.f.d T.Maxkamov taqrizi asosida

ANTHROPOGENIC IMPACT ON URBAN WATER RESOURCES: THE CASE OF THE BOZSU CANAL

Annotation

This study aims to assess the ecological condition and hydrochemical characteristics of the Bozsu Canal that flows through the city of Tashkent. Water samples collected from the incoming and outgoing points of the canal throughout the year were analyzed for calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), nitrite (NO_2^-), and total hardness. The results revealed the presence of seasonal variations in chemical indicators, with concentrations increasing during the summer months and decreasing in autumn and winter. The study demonstrates the influence of anthropogenic factors on water quality in urban canals and emphasizes the necessity of protecting water resources and conducting regular monitoring.

Keywords: Bozsu Canal, Water quality, Hydrochemical analysis, Water hardness, Nitrite (NO_2^-), Calcium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Seasonal variations, Water monitoring, Ecological condition.

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ В ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ РЕСУРСАХ: НА ПРИМЕРЕ КАНАЛА БОЗСУ

Аннотация

Исследование направлено на оценку экологического состояния и гидрохимических особенностей канала Бозсу, протекающего через город Ташкент. В течение года были проанализированы показатели кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), нитрита (NO_2^-) и общей жёсткости в образцах воды, отобранных в точках входа и выхода канала. Результаты показали наличие сезонных изменений в химических показателях, увеличение концентрации в летние месяцы, снижение осенью и зимой. Исследование показывает влияние антропогенных факторов на качество воды в городских каналах, подчёркивает необходимость охраны водных ресурсов и регулярного мониторинга.

Ключевые слова: Канал Бозсу, качество воды, гидрохимический анализ, жёсткость воды, нитрит (NO_2^-), кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}), сезонные изменения, мониторинг воды, экологическое состояние.

SHAHAR SUV RESURLARIDA ANTROPOGEN TA'SIR: BO'ZSUV KANALI MISOLIDA

Annotatsiya

Tadqiqot Toshkent shahridan oqib o'tuvchi Bo'zsuv kanalining ekologik holati va gidrokimyoviy xususiyatlarini baholashga qaratilgan. Yil davomida kanalning kirish va chiqish nuqtalaridan olingan suv namunalari kalsiy (Ca^{2+}), magniy (Mg^{2+}), nitrit (NO_2^-) va umumiy qattqlik ko'rsatkichlari tahlil qilindi. Natijalar kimyoviy ko'rsatkichlarda mavsumiy o'zgarishlar mavjudligini, yoz oylarida konsentratsiya ortib, kuz va qishda kamayishini ko'rsatdi. Tadqiqot shahar kanallarida suv sifatiga antropogen omillar ta'sirini ko'rsatib, suv resurslarini muhofaza qilish va muntazam monitoring zarurligini ta'kidlaydi.

Kalit so'zlar: Bo'zsuv kanali, suv sifati, gidrokimyoviy tahlil, suv qattqligi, nitrit (NO_2^-), kalsiy (Ca^{2+}), magniy (Mg^{2+}), mavsumiy o'zgarishlar, suv monitoringi, ekologik holat.

Kirish. Suv qayta tiklanuvchi resurs bo'lib, inson hayoti uchun eng muhim tabiiy boyliklardan biridir. U qishloq xo'jaligi, sanoat va ekotizimlar barqarorligi uchun zarur bo'lib, Yerda hayot davomiyligini ta'minlaydi [1]. Biroq jahon aholisining ortishi va urbanizatsiya jarayonlari suv resurslariga katta bosim o'tkazmoqda. Ayniqsa quruq va yarim quruq hududlarda toza ichimlik suvi tanqisligi hamda suvning ifloslanishi jiddiy muammoga aylanmoqda.

Adabiyotlar tahliliga ko'ra, dunyoda taxminan 1,1 milliard kishi toza ichimlik suvidan foydalana olmaydi va har yili qariyb 5 million kishi iflos suv sababli yuzaga keladigan kasalliklardan vafot etadi [2]. Daryolar, ko'llar va yer osti suvlariga qaramay, Yer suv zaxirasining atigi 3 foizi iste'molga yaroqli bo'lib, uning faqat 0,01 foizidan insonlar bevosita foydalanishi mumkin [3]. Shu sababli suv tanqisligi sharoitida suv resurslarini muhofaza qilish va ularni samarali boshqarish barqaror foydalanish uchun muhim ahamiyatga ega. Chuchuk suvning sho'rlanishi global muammo bo'lib, ayniqsa qurg'oqchil hududlarda qishloq xo'jaligi va konchilik faoliyati uni kuchaytiradi [4].

Markaziy Osiyo quruq iqlimli hudud sifatida chuchuk suv zaxiralarining kamayishi va sho'rlanishi bilan bog'liq jiddiy muammolarga duch kelmoqda [5]. Hududda iqlim o'zgarishi, urbanizatsiya tezlashishi, samarasiz qishloq xo'jaligi amaliyotlari va eskirgan drenaj tizimlari chuchuk suvning sho'rlanishi va sifatining yomonlashishiga asosiy sabab bo'lmoqda [6].

Bundan tashqari, Jahon resurslari institutining prognozlariga ko'ra, o'rtacha haroratning muntazam oshishi va yog'ingarchilik miqdorining kamayishi natijasida 2050-yillarga kelib mintaqadagi ikki yirik daryo - Amudaryo va Sirdaryo suv miqdorining sezilarli darajada kamayishi mumkin. Chunki ushbu daryolar asosan qor erishi va yog'ingarchilik hisobiga to'yinadi. Bu esa suv tanqisligini yanada kuchaytiradi va jiddiy muammolarni keltirib chiqaradi [7].

Shu sababli Markaziy osiyo mamlakatlari mahalliy hukumatlari uchun mavjud suv resurslarini muntazam monitoring qilish va ilmiy kuzatishlarga asoslangan profilaktik chora-tadbirlarni amalga oshirish dolzarb vazifa va ustuvor yo'nalish bo'lib hisoblanadi.

O'zbekiston markaziy osiyoda joylashgan, ikki tomondan ham dengizga chiqish imkoniyatiga ega bo'lmagan davlat hisoblanadi. Shu bilan bir vaqtning o'zida tabiiy suv resurslarining yetarli emasligi sababli asosan transchegaraviy daryolardan keladigan suvga katta darajada bog'liq. Iqlim o'zgarishi, eskirgan irrigatsiya infratuzilmasi, shaharlar tez sur'atlarda o'sishi hamda sanoatlashuv jarayonlari bilan birgalikda mamlakatda mavjud suv resurslariga bosim tobora ortib bormoqda va bu holat fermerlar hamda mahalliy aholi uchun qator muammolarni keltirib chiqarmoqda [8].

Ushbu muammolarni samarali hal etish maqsadida O'zbekiston barqaror rivojlanish strategiyalarini qabul qilgan bo'lib, ularda tabiiy muhit va suv resurslarini muhofaza qilish barqaror qishloq xo'jaligini ta'minlashning asosiy maqsadlaridan biri sifatida belgilangan. Bunda qishloq xo'jaligi va shahar xo'jaligida foydalaniladigan suvning ham miqdori, ham sifati xalqaro ekologik standartlarga javob berishiga erishish asosiy vazifalardan biri hisoblanadi [9].

Ushbu barqaror rivojlanish strategiyalariga muvofiq ravishda, mahalliy olimlar tomonidan transchegaraviy daryolar, mahalliy ko'llar va drenaj suvlarining sifati hamda ularni qayta foydalanish imkoniyatlarini baholash maqsadida ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan [10].

Ammo, inson faoliyati ta'siri yaqqol ko'rinadigan shahar hududlaridan o'tuvchi kanallar hozirgacha kamroq o'rganilgan bo'lib, bu holat ularga nisbatan ilmiy qiziqishni oshirmoqda. Ayniqsa, shaharlar orqali o'tadigan kanallar maishiy, sanoat va yuzaki oqim suvlari orqali keladigan ifloslanishga nisbatan juda himoyasiz hisoblanadi.

Toshkent - O'zbekistonning poytaxti va aholi soni bo'yicha eng yirik shahri bo'lib, aholisi 3 milliondan ortiq bo'lgan tez sur'atlarda rivojlanayotgan megapolis hisoblanadi [11]. Shahar hududidan Bo'zsuv, Qorasuv, Salar kabi bir nechta kanallar va boshqa suv havzalari o'tadi. Ular shahar aholisi tomonidan dam ovlash, drenaj va ba'zan oqova suvlarni chiqarish maqsadlarida ham foydalaniladi.

Ular orasida Bo'zsuv kanali o'zining hajmi, uzunligi va qamrovi jihatidan alohida ahamiyatga ega. Kanal Chirchiq daryosining o'ng sohilidan boshlanib, Toshkent viloyati va Toshkent shahrining asosiy tumanlari orqali oqib o'tadi hamda Sirdaryoga quyiladi. Zich aholi yashaydigan va sanoatlashgan hududlar orqali o'tishi natijasida kanal turli maishiy va sanoat manbalaridan keladigan ifloslantiruvchi moddalar ta'sirida tobora ko'proq ifloslanib bormoqda.

Shu sababli Bo'zsuv kanali suvining sifati va uning ekologik xususiyatlari jamoat salomatligi va atrof-muhit barqarorligi nuqtai nazaridan muhim masalaga aylangan. Suv tarkibidagi ayrim ko'rsatkichlar, jumladan nitritlar (NO_2^-), kalsiy (Ca^{2+}), magniy (Mg^{2+}) hamda umumiy erigan moddalar miqdorining ortishi suv ekotizimlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi va kanalning quyi qismida qishloq xo'jaligi hamda maishiy ehtiyojlar uchun foydalanish imkoniyatlarini cheklashi mumkin.

Bundan tashqari, mavsumiy iqlim o'zgarishlari, ayniqsa yoz faslidagi yuqori haroratlar, shuningdek shahar oqim suvlari (asosan kichik sanoat korxonalaridan chiqadigan oqova suvlar) suv sifatidagi o'zgarishlarga sabab bo'ladi.

Kanal qishloq xo'jaligi va kichik korxonalar faoliyatida muhim o'rin tutishiga qaramasdan, uning suv tarkibidagi mavsumiy kimyoviy o'zgarishlar yetarlicha o'rganilmagan. Shu bois ushbu tadqiqot turli oylarda Bo'zsuv kanali suvining gidrokimyoviy o'zgarishlarini tahlil qilish orqali mavjud ilmiy bo'shliqni to'ldirishni maqsad qiladi.

Namunalari kanalning shaharga kiruvchi va shahardan chiquvchi nuqtalaridan olindi hamda laboratoriya sharoitida Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_2^- ionlari va umumiy qattqlik kabi asosiy ko'rsatkichlar tahlil qilindi.

Tadqiqot ob'ekti va metodlari. Toshkent - O'zbekiston poytaxti va aholisi (2024 yil 1 aprel holati) 3 milliondan ortiq bo'lgan eng yirik shahar, Markaziy Osiyodagi yirik shahar aglomeratsiyasi hisoblanadi. Geografik jihatdan mamlakat shimoli-sharqida, Qozog'iston chegarasiga yaqin joylashgan va mintaqaviy iqtisodiy-madaniy markaz vazifasini bajaradi [12]. Shaharning tez rivojlanishi Toshkentda jiddiy ekologik muammolar, xususan havo ifloslanishining kuchayishiga sabab bo'lmoqda. So'nggi besh yil davomida shahar dunyodagi eng iflos poytaxtlar qatorida yuqori o'rinlarni egallab kelmoqda, ifloslanish asosan sanoat chiqindilari, transport va infratuzilma bilan bog'liq hisoblanadi. Toshkent shahridan Qoraqamish, Bo'zsuv, Salar va Qorasuv kabi bir nechta kanallar oqib o'tadi. Bo'zsuv esa Chirchiq daryosidan boshlanadigan qadimiy kanallardan biri hisoblanadi. U Chirchiq daryosining o'ng sohilidan boshlanib, shimoli-sharqdan janubi-g'arbiy yo'nalishda oqadi va Toshkent viloyatining Qibray, Zangiota va Yangiyo'l tumanlari hamda Toshkent shahrining ayrim hududlari orqali o'tib, qisman Qozog'iston hududini ham qamrab oladi. Keyinchalik u Chinoz yaqinida Sirdaryoga quyiladi.

Kanalning umumiy uzunligi 159 kilometrni tashkil etadi. Manba qismida suv sarfi 310 m^3/s bo'lsa, 10-gidroelektr stansiyasidan (GES) keyin suv oqimi 110 m^3/s gacha kamayadi, ortiqcha suv esa qaytadan Chirchiq daryosiga chiqariladi. Kanal o'zani egri-bugri bo'lib, kengligi 10–20 metr oralig'ida o'zgarib turadi, quyi qismida esa 30 metrgacha chuqurlashadi.

Bo'zsuv kanalining ikki tomonidan 23 ta kanal tarmog'i chiqarilgan bo'lib, ulardagi suv sarfi 0,5 m^3/s dan 35 m^3/s gacha yetadi. Bu kanallar asosan qishloq xo'jaligida sug'orish va sanoat ehtiyojlari uchun foydalaniladi.

Suv namunasini olish va kimyoviy tahlil usullari. Tadqiqot usullari va amaliy yondashuvlar O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi tomonidan tasdiqlangan Davlat standartlariga muvofiq amalga oshirildi. Tadqiqot usullari Sanitariya-epidemiologiya stansiyasi laboratoriyasida bajarildi. Tadqiqot Bo'zsuv kanali suvida ma'lum kimyoviy moddalar konsentratsiyasini shaharga kirish va chiqish nuqtalarida aniqlashga qaratilgan. Shu sababli 2024 yilning yanvar oyidan dekabr oyiga qadar har oyda suv namunalari olindi. Namunalar har oy boshida belgilangan nuqtalardan to'plandi.

Davlat standartlari usullari, bir necha vazirliklar tomonidan muvofiqlashtirilgan va tasdiqlangan bo'lib, ular ilmiy va eksperimental tadqiqotlarda keng qo'llaniladi.

Laboratoriyada nazorat shartlarida quyidagi tajribalar olib borildi: (a) Nitrit (NO_2^-) konsentratsiyasini aniqlash, (b) Kalsiy (Ca^{2+}) va magniy (Mg^{2+}) konsentratsiyasini aniqlash, (c) Umumiy qattqlikni o'lchash.

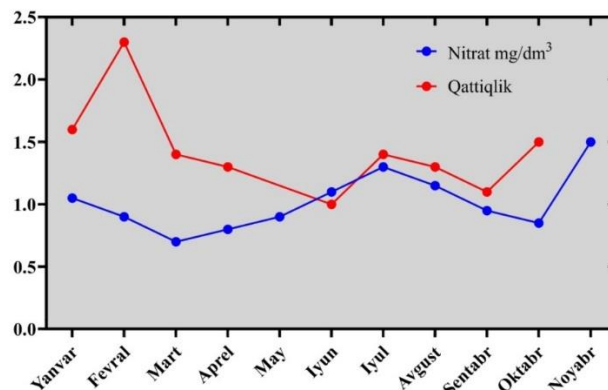
Umumiy qattqlik (mg/l CaCO_3 sifatida) quyidagi formula bilan hisoblanadi: Umumiy qattqlik (mg/l CaCO_3) = $(\text{Ca}^{2+} \times 2,5) + (\text{Mg}^{2+} \times 4,1)$ Bu yerda: Ca^{2+} va Mg^{2+} - litr suvdagi milligramm (mg/l) miqdordagi kalsiy va magniy ionlari; 2,5 va 4,1 - suv qattqligini kalsiy karbonati ekvivalentida (mg/l CaCO_3) ifodalash uchun konversiya koeffitsientlari.

Tahlil va natijalar. Suv sifati monitoringi - suv resurslarini samarali boshqarishning asosiy elementlaridan biri hisoblanadi. Suv ko'rsatkichlarini uzluksiz o'lchash mas'ul idoralarga potensial muammolar uchun profilaktik strategiyalarni ishlab chiqish imkonini beradi. Ushbu tadqiqotda Toshkent shahridagi Bo'zsuv kanali suvining qattqligi va nitrit (NO_2^-) konsentratsiyasi baholandi.

Umuman olganda, suvdagi qattiqlik asosan kalsiy va magniy birikmalari, shuningdek turli metallarning ta'siri bilan shakllanadi. Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkilotining ko'rsatmalariga ko'ra, kalsiy karbonati ekvivalentidagi umumiy qattiqlik quyidagicha tasniflanadi: 0–60 mg/l - yumshoq suv, 61-120 mg/l - o'rtacha qattiq suv, 121-180 mg/l - qattiq suv, 180 mg/l dan yuqori - juda qattiq suv. Boshqa tomondan, suvdagi nitrit (ichimlik yoki sug'orish suvida) inson va boshqa faoliyatlar natijasida paydo bo'lishi mumkin. Ammiakning nitritga, suv, tuproq yoki organik moddalarda mikroblar tomonidan organik birikmalarning oksidlanishi va energiya hosil bo'lishi insonga tegishli bo'lmagan asosiy manba hisoblanadi.

Ingibitorlar va inson hamda hayvon chiqindilari (chorvachilik faoliyatlari va uy-joy va ob'ektlardan yig'ilgan kanalizatsiya chiqindilari) esa asosiy inson manbalari hisoblanadi. Suv havzasida nitrat konsentratsiyasi odatda 1 mg/l dan oshmaydi, faqat jiddiy ifloslangan hududlarda ortiqcha bo'lishi mumkin. Yer osti va yer usti suvlaridagi nitrit miqdori nitratga nisbatan e'tiborga arzimaydi; kislorod bilan to'yingan suvlarda nitrit tezda nitratga aylanadi. Oylik kuzatuvlar natijalariga ko'ra, 1-rasmga ko'rsatilganidek, Bo'zsuv kanaliga kiruvchi qismdagi suv yil davomida yumshoq suv sifatida tasniflanadi va unda o'rtacha o'zgarishlar kuzatiladi. Shuningdek, suv qattiqligi mavsum yoki iqlim shartlariga, masalan, yog'ingarchilik va yuqori haroratga qarab o'zgarishi mumkinligi aniq ko'rinadi.

Masalan, yanvar oyida suv qattiqligi 1,6 g/l ni tashkil qilgan. Fevral oyida esa u 2,3 g/l ga, keyin yana 0,7 mg/l ga oshgan. Kanal suvining qattiqligiga ushbu oy oxiridagi qorning ko'p erishi asosiy ta'sir ko'rsatgan bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, kuchli yomg'irlar ommaviy suv tizimlaridan ba'zi minerallarni yuvib chiqarishi va suv qattiqligini oshirishi mumkin. Mart oyidan boshlab, suv qattiqligi oktyabr oyigacha nisbatan barqaror tendensiyani ko'rsatdi va uning qiymatlari 1 mg/l dan 1,5 mg/l gacha o'zgardi. Dekabr oyida suvdan kalsiy va magniy sinovlari olinganiga qaramasdan, ularning konsentratsiyasi aniqlanmadi. Bu holatning sababi - sovuq ob-havo suvda kalsiy va magniyning eruvchanligini kamaytirgan bo'lishi mumkinligi bilan bog'liq.

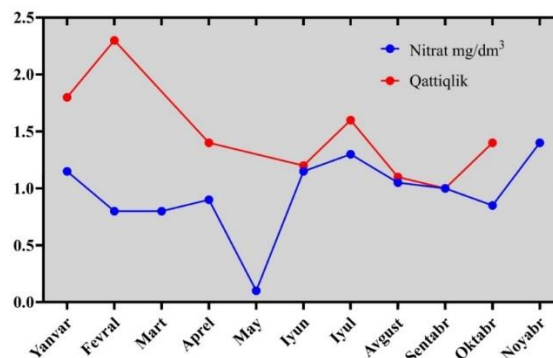


1-rasm. Bo'zsuv kanali (kiruvchi qism) suv qattiqligi va nitrit miqdori

Shu vaqtda, nitrit konsentratsiyasi yanvar oyidan (1,05 mg/l) iyul oyigacha (1,3 mg/l) nisbatan ortiqcha o'sish tendensiyasini ko'rsatdi, ammo avgust (1,15 mg/l) dan oktyabrgacha kamayish kuzatildi. Noyabr oyida (0,85 mg/l) nitrit konsentratsiyasi eng yuqori bo'ldi va u 1,5 mg/l ni tashkil etdi, bu esa kuzatilgan boshqa davrlar orasida eng yuqori ko'rsatkich hisoblanadi. Noyabr oyida nitrit konsentratsiyasining oshishiga sabab - yog'ingarchilik natijasida yerdagi moddalar yuvilib chiqishi va oqim suvlarining hosil bo'lishi bilan bog'liq. Shuning uchun bu oyda nitrit konsentratsiyasi 1,5 mg/l gacha yetishi mumkin.

Toshkent shahridan kanalning chiquvchi qismda ham suv qattiqligi va nitrit konsentratsiyasi bo'yicha taqriban shuningdek tendensiyalar kuzatildi, ammo kichik farqlar bilan (2-rasm). Yanvar oyida suv qattiqligi 1,8 mg/l ni tashkil qildi, bu esa kiruvchi qismdagi ko'rsatkichdan 0,2 mg/l yuqori edi. Keyin fevraldan oktyabrgacha suv qattiqligi yumshoq o'zgarishlar ko'rsatdi, mart va may oylarida esa keskin pasayish kuzatildi. Shunga qaramay, suv qattiqligi kiruvchi qismda kuzatilgan tendensiyalarga yaqin holatda qoldi.

Nitrit konsentratsiyasi bo'yicha esa ham ortiqcha o'sish, ham kamayish tendensiyalari kuzatildi. Masalan, yanvar oyida kiruvchi qismda u 1,05 mg/l ni tashkil qilgan bo'lsa, kanalning chiquvchi qismda bu ko'rsatkich 1,15 mg/l ga oshgan va 0,10 mg/lga o'sgan. Bu holatga Toshkent shahridagi oqim suvlar va yog'ingarchilik ta'sir qilib, nitrit konsentratsiyasini biroz oshirgan bo'lishi mumkin.



2-rasm. Bo'zsuv kanali (chiquvchi qism) suv qattiqligi va nitrit miqdori

Fevraldan boshlab iyul oyigacha nitrit konsentratsiyasi yana ortib, 1,3 mg/l gacha yetdi va sentyabrda kamayish kuzatildi. Keyinchalik, chiquvchi qismda u yana 1,4 mg/l ga ko'tarildi. Umuman olganda, suv qattiqligi va nitrit konsentratsiyasi har ikki nuqtada ham o'xshash tendensiyalarni ko'rsatdi.

Xulosa va takliflar. Ushbu maqolada Toshkent shahri kanalining ekologik xususiyatlari va mavsumiy suv sifati oylik suv monitoringi ma'lumotlari asosida o'rganildi. Natijalar ko'rsatdiki, kanalning kiruvchi qismda nitrit (NO_2^-) konsentratsiyasi mart oyigacha biroz kamaygan. Apreldan iyul oyiga qadar esa nitrit (NO_2^-) miqdori bosqichma-bosqich ortib, avgustdan oktyabrgacha kichik kamayish kuzatildi va noyabr oyida eng yuqori nuqtaga yetdi. Kanalning chiquvchi qismida ham shu kabi o'zgarish tendensiyalari kuzatildi. Boshqa tomondan, suvning umumiy qattiqligi yil davomida yuqori darajada saqlanib qoldi, va maksimal qiymat fevral oyida ham kiruvchi, ham chiquvchi qismda qayd etildi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, nitrit (NO_2^-) va umumiy qattiqlik o'zgarishlari asosan mavsumiy harorat va yog'ingarchilik tartibiga bog'liq bo'lib, ayniqsa qish va yoz fasllarida ta'sirchan bo'ladi. Shuning uchun kanalga chiqindilar chiqariladigan obyektlar va inshootlarni hisobga olish va ularni muntazam monitoring qilish zarurdir.

Biroq, ushbu tadqiqotda faqat ikkita komponent o'rganilganligi sababli bir qator savollar javobsiz qolmoqda: 1. Iqlim tartiblari suv qattiqligi va nitrit konsentratsiyasining o'zgaruvchanligiga qanday ta'sir qiladi? 2. Kalsiy, magniy va nitritning asosiy manbalari nimalar? 3. Kanal suvidan ichimlik va boshqa maqsadlarda foydalanish imkoniyati qanday? Ushbu savollarga to'liq javob topish suv sifatiga ta'sir etuvchi omillarni kengroq va mukammal tushunish imkonini beradi.

ADABIYOTLAR

1. Ali G., Chaudhari M., Shah P., Shrivastav P., Environ. Res. Technol. 7, 637 (2024)
2. Sohail M.T., Manzoor Z., Ehsan M., Al-Ansari N., Khan M.B., Shafi A., et al., Front. Environ. Sci. 11 (2023)
3. Azizullah A., Khattak M.N.K., Richter P., Häder D., Environ. Int. 37, 479 (2010)
4. Cunillera-Montcusí D., Beklioglu M., Cañedo-Argüelles M., Jeppesen E., Ptacnik R., Amorim C.A., et al., Trends Ecol. Evol. 37 (2022) 440–453.
5. Karthe D., Chalov S., Borchardt D., Environ. Earth Sci. 73 (2014) 487–499.
6. Liu Y., Wang P., Gojenko B., Yu J., Wei L., Luo D., et al., Environ. Pollut. 291 (2021) 118209.
7. Kuzma S., Saccoccia L., Chertock M., World Resour. Inst. (2023). Retrieved May 1, 2025, from <https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries>
8. Gapporov K., Kulmatov R., Opp C., E3S Web Conf. 623 (2025) 01010.
9. United Nations, U.N. Uzbekistan. Our Work on the Sustainable Development Goals in Uzbekistan. <https://uzbekistan.un.org/>. Retrieved May 18, 2025, from <https://uzbekistan.un.org/en/sdgs>
10. Mutalov S., Eng. Proc. 67, 87 (2024)
11. National Statistic Committee of Uzbekistan, Tashkent City Department of Statistics, <https://toshstat.uz/uz/> (accessed on 2 April 2025)
12. Brody M.S., Saidov D.N., Ilesaliev D.I., Rasikov R.S., Hygiene Sanit. 104 (2025) 13–16.