

**TABIY SUVLARNING QATTIQLIGINI ANIQLASH VA UNI KIMYOVIY USULLAR
BILAN YUMSHATISH MUAMMOLARI****Xaydarova Ziyoda Ravshanbek qizi.**

Andijon davlat pedagogika inistituti Bialogiya yo'nalishi 102- gurux talabasi.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19581698>

Annotatsiya. Tabiiy suvlarning qattiqligi inson va sanoat faoliyati uchun muhim omillardan biridir. Suvning qattiqligi asosan kalsiy va magniy ionlari miqdoriga bog'liq bo'lib, uning oshishi texnologik jarayonlarda, uy-ro'zg'or va sanoat uskunalarida muammolar keltirib chiqaradi. Ushbu maqolada tabiiy suvlarning qattiqligini aniqlash usullari, jumladan titrimetrik, kompleksonometrik va boshqa kimyoviy metodlar tahlil qilinadi. Shuningdek, suvni yumshatishning kimyoviy usullari – soda, kaliy permanganat, ion almashinuvi va boshqa texnologik yechimlar batafsil o'rganilgan. Maqolada suv qattiqligini kamaytirishdagi samaradorlik, atrof-muhitga ta'siri va iqtisodiy jihatlar ham ko'rib chiqiladi. Ushbu tadqiqot suv resurslarini toza va foydali holatda saqlash, sanoat jarayonlarining samaradorligini oshirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlashga qaratilgan.

Kalit so'zlar: tabiiy suv, suv qattiqligi, kalsiy ionlari, magniy ionlari, titrimetrik usul, kompleksonometrik usul, kimyoviy yumshatish, soda, kaliy permanganat, ion almashinuvi, suv sifatini yaxshilash, ekologik xavfsizlik, sanoat suv ta'minoti, suv resurslarini boshqarish, texnologik jarayonlar, suv yumshatish metodlari, kimyoviy usullar, suvning mineralligi

Аннотация. Жёсткость природной воды является важным фактором как для человека, так и для промышленных процессов. Жёсткость воды в основном определяется содержанием ионов кальция и магния, и её повышенный уровень может вызывать проблемы в технологических процессах, бытовых и промышленных установках. В данной статье анализируются методы определения жёсткости воды, включая титриметрический, комплексометрический и другие химические методы. Также подробно рассматриваются химические методы смягчения воды – использование соды, перманганата калия, ионного обмена и других технологических решений. В статье обсуждается эффективность снижения жёсткости воды, её влияние на окружающую среду и экономические аспекты. Это исследование направлено на сохранение водных ресурсов в чистом и полезном состоянии, повышение эффективности промышленных процессов и обеспечение экологической безопасности.

Ключевые слова: природная вода, жёсткость воды, ионы кальция, ионы магния, титриметрический метод, комплексометрический метод, химическое смягчение, soda, перманганат калия, ионообмен, улучшение качества воды, экологическая безопасность, промышленное водоснабжение, управление водными ресурсами, технологические процессы, методы смягчения воды, химические методы, минерализация воды

Annotation. The hardness of natural water is a significant factor affecting human health and industrial processes. Water hardness is primarily determined by the concentration of calcium and magnesium ions, and its increase can lead to operational problems in technological processes, household appliances, and industrial equipment. This article analyzes methods for determining water hardness, including titrimetric, complexometric, and other chemical techniques. Additionally, chemical methods for water softening – such as soda, potassium permanganate, ion exchange, and other technological solutions – are thoroughly examined.

The article also discusses the effectiveness of water hardness reduction, environmental impacts, and economic considerations. This study aims to maintain water resources in a clean and usable state, improve industrial process efficiency, and ensure ecological safety.

Keywords: *natural water, water hardness, calcium ions, magnesium ions, titrimetric method, complexometric method, chemical softening, soda, potassium permanganate, ion exchange, water quality improvement, environmental safety, industrial water supply, water resource management, technological processes, water softening methods, chemical techniques, water mineralization.*

Barcha davrlarda suv — insoniyat hayoti, iqtisodiy taraqqiyot va ekologik barqarorlik uchun eng muhim tabiiy resurslardan biridir. Tabiiy suvlarning kimyoviy xususiyatlari, jumladan ularning qattiqligi, nafaqat ichimlik uchun, balki sanoat, qishloq xo'jaligi va texnologik jarayonlarda ham to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etuvchi omil hisoblanadi.

Suvning qattiqligi — suvda kalsiy (Ca^{2+}) va magniy (Mg^{2+}) ionlari kabi minerallar miqdorining yuqori bo'lishi natijasida yuzaga keladigan xususiyat bo'lib, u gidrotexnika tizimlarida to'qnashuvlar, energetika uskunalari kam samaradorlik, uy-ro'zg'or texnikasida esa qatlamlanish, shuningdek inson organizmida turli salbiy holatlar bilan bog'liq muammolarni keltirib chiqaradi.

O'zbekiston Respublikasi hududi iqlim o'zgarishi, suv resurslarining cheklanganligi va intensiv suv iste'moli tufayli suv taqchilligi tahdidi ostida ekanligi bilan xalqaro miqyosda e'tirof etilmoqda. Bugungi kunda Markaziy Osiyo mintaqasida suv resurslarining kamayishi global muammoga aylanmoqda va bu jarayon Orol dengizi fojiasi bilan yaqqol ifodalanadi; Amudaryo va Sirdaryo havzalarining oqimi kamayib borayotgani mintaqada suv resurslarini tejash va samarali boshqarish zaruratini yanada kuchaytirmoqda.

Prezident Shavkat Mirziyoyev suv resurslarini oqilona boshqarish va tejashni davlat siyosatining ustuvor yo'nalishiga aylantirgan. 2026-yilda Bosh qarorga muvofiq, suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish, raqamli monitoring tizimlarini joriy etish va zamonaviy texnologiyalar yordamida sug'orish tizimlarini modernizatsiya qilish bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar belgilandi. Bu siyosat suvni tejashni rivojlantirish, qishloq xo'jaligida suv sarfini optimallashtirish va atrof-muhitni muhofaza qilish bilan bog'liq muammolarni hal etishga qaratilgan.

Shuning uchun tabiiy suvlarning qattiqligini aniqlash va uni yumshatish — nafaqat texnologik va kimyoviy masala, balki milliy suv siyosati, ekologik xavfsizlik hamda iqtisodiy samaradorlik masalalarini ham o'z ichiga oladigan kompleks tahlil talab qiluvchi muhim ilmiy-amaliy yo'nalishdir. Ushbu maqola suv qattiqligi tushunchasini, uni kimyoviy metodlar orqali aniqlash usullarining mohiyatini, shuningdek suvni yumshatishdagi zamonaviy texnologiyalar va ularning samaradorligini o'rganishga bag'ishlangan.

Tabiiy suvlarning qattiqligini aniqlash va uni kimyoviy usullar orqali yumshatish jarayoni murakkab va ko'p qirrali yondashuvni talab qiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi suv qattiqligining tabiiy manbalarda qanday o'zgarishini aniqlash, uning kimyoviy tarkibini tahlil qilish va samarali yumshatish metodlarini tanlashdan iborat. Shu bilan birga, metodologiya suv qattiqligini aniqlash va yumshatish jarayonlarini ekologik, iqtisodiy va texnologik jihatlarni hisobga olgan holda ilmiy asosda baholashni nazarda tutadi. Tadqiqotning obyekti O'zbekiston hududidagi tabiiy suv manbalari – daryolar, quduqlar, suv omborlari va ichimlik suvlari bo'lib, predmeti esa suvning kimyoviy tarkibi, qattiqligi va uni yumshatishning turli kimyoviy usullari

hisoblanadi. Suv qattiqqligini aniqlash uchun tadqiqotda bir nechta laboratoriya va analitik usullar qo'llaniladi. Eng ko'p ishlatiladigan usullardan biri — titrimetrik metod bo'lib, u suvdagi kalsiy va magniy ionlari miqdorini aniqlashga xizmat qiladi. Ushbu metod suv tarkibidagi ionlar bilan standart komplekson eritmasining reaksiyasiga asoslanadi va natijada suvning umumiy qattiqqligi milligram ekvivalentlarda aniqlanadi. Shu bilan birga, kompleksometrik metod ham muhim o'rinni egallaydi, u EDTA eritmasi yordamida erkin kalsiy va magniy ionlarini identifikatsiya qilish va ularning aniq miqdorini aniqlash imkonini beradi. Bunga qo'shimcha sifatida, suvdagi iz elementlar va minerallarni aniqlash uchun spektrofotometrik va atom absorbtсион metodlar qo'llaniladi, bu usullar yuqori aniqlik va ishonchlilik darajasiga ega. Suvni yumshatish usullarini tahlil qilish jarayoni ham alohida e'tiborni talab qiladi. Kimyoviy yumshatish usullari, masalan, sodalar (Na_2CO_3), kaliy permanganat (KMnO_4) va natriy sulfat ishlatish orqali amalga oshiriladi.

Bu usullar suvdagi kalsiy va magniy ionlarini cho'ktirish yoki neytrallashtirish orqali qattiqlikni kamaytiradi. Shuningdek, ion almashinuvi usuli ham keng qo'llaniladi, bunda suvdagi kalsiy va magniy ionlari natriy yoki kaliy ionlari bilan almashtiriladi, bu esa uy-ro'zg'or va sanoat suvlari sifatini doimiy nazorat qilish imkonini beradi. Fizik-kimyoviy va biologik usullar, masalan elektroliz, membranali filtrlar va biologik faol moddalardan foydalanish orqali suvni yumshatish ham tadqiqot doirasida o'rganiladi, chunki bu usullar ekologik jihatdan xavfsiz va energiya samaradorligi yuqori hisoblanadi. Tadqiqot natijalari statistik metodlar yordamida qayta ishlanadi. Suv qattiqqligi parametrlarini o'rganish jarayonida o'rtacha, median, dispersiya va standart og'ish kabi ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Bu ma'lumotlar grafik va diagrammalar orqali vizual tarzda taqdim etilib, suv manbalarining qattiqlik darajasi va yumshatish usullarining samaradorligi aniq baholanadi. Tadqiqot jarayoni bir nechta bosqichlarni o'z ichiga oladi: birinchi navbatda suv manbalaridan namunalar olinadi va ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari laboratoriya sharoitida tahlil qilinadi; keyingi bosqichda suvning qattiqqligi titrimetrik, kompleksometrik va atom absorbtсион metodlar orqali aniqlanadi; uchinchi bosqichda kimyoviy yumshatish tajribalari o'tkazilib, suv yumshash darajasi va samaradorligi o'lchanadi; oxirgi bosqichda esa olingan natijalar statistik usullar bilan qayta ishlanadi, jadval va grafiklar orqali tahlil qilinadi va xulosa chiqariladi. Shu tariqa, ushbu metodologiya suv qattiqqligini aniqlash va uni yumshatish bo'yicha ilmiy, tizimli va amaliy jihatdan ishonchli natijalarni beradi. Tadqiqot natijalari suv resurslarini oqilona boshqarish, sanoat jarayonlarining samaradorligini oshirish va ichimlik suvi sifatini yaxshilash, shuningdek ekologik xavfsizlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Shu bilan birga, ilmiy xulosalar milliy suv siyosati va suv resurslarini tejash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini yaratadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, tabiiy suvlarning qattiqqligi hududiy va manba bo'yicha sezilarli farq qiladi. Olingan suv namunalarida kalsiy va magniy ionlarining miqdori har xil bo'lib, ba'zi daryolar va quduqlarda o'rtacha qattiqlikdan yuqori ko'rsatkichlar qayd etildi.

Titrimetrik va kompleksometrik metodlar yordamida amalga oshirilgan tahlillar natijalari o'rtasida yuqori darajada moslik kuzatildi, bu metodlarning suv qattiqqligini aniqlashda ishonchliligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, atom absorbtсион metodlar yordamida aniqlangan minerallar miqdori, ayniqsa iz elementlar bo'yicha, titrimetrik metod natijalariga qo'shimcha aniqlik berdi va suv sifatining to'liq kimyoviy portretini yaratdi. Suvni kimyoviy yumshatish jarayonlarida turli reagentlarning samaradorligi sinovdan o'tkazildi. Soda (Na_2CO_3) yordamida qattiqlikni kamaytirish natijalari ko'rsatdiki, bu usul suvdagi kalsiy ionlarini muvaffaqiyatli cho'ktirishga imkon beradi, biroq magniy ionlarining qisman qolishi kuzatildi.

Kaliy permanganat (KMnO_4) qo'llanishi suvning oksidlanish xususiyatini oshirib, ba'zi organik iflosliklarni yo'q qilishda yordam berdi, shuningdek qattqlik darajasini sezilarli darajada kamaytirdi. Ion almashinuvi usuli esa eng samarali natijalarni ko'rsatdi, suvdagi kalsiy va magniy ionlarini deyarli to'liq natriy ionlari bilan almashtirib, suvni yumshoq va texnologik jihatdan qulay holga keltirdi. Bu natija uy-ro'zg'or va sanoat suvlari sifatini barqaror ravishda yaxshilash imkonini beradi. Tadqiqot davomida suvning qattqligini kamaytirish bo'yicha har bir usulning ekologik va iqtisodiy jihatlari ham tahlil qilindi.

Soda va kaliy permanganat kabi kimyoviy reagentlar yordamida yumshatish usullari nisbatan arzon bo'lsa-da, ularning ishlatilishi suv chiqindilari va cho'kindi hosil bo'lishi bilan bog'liq ekologik xavf tug'dirishi mumkin. Shu sababli, ion almashinuvi va membranali filtrlar kabi zamonaviy texnologiyalar ekologik xavfsizlik va energiya samaradorligi nuqtai nazaridan ustunlikka ega ekanligi aniqlanadi. Maqola natijalari shuni ko'rsatadiki, suv qattqligi bilan bog'liq muammolarni hal qilish faqat kimyoviy usullarga tayanmasdan, hududiy xususiyatlar, suv manbalarining tabiiy tarkibi va iste'mol ehtiyojlarini hisobga olgan holda tizimli yondashuvni talab qiladi. Shu bilan birga, suv resurslarini boshqarish va ularni yumshatish bo'yicha tavsiyalar milliy suv siyosatining samarali strategiyalari bilan uyg'un bo'lishi zarur.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning suvni tejash va samarali boshqarish bo'yicha ilgari surgan konsepsiyasi tadqiqot natijalari bilan to'liq mos keladi, bu esa ilmiy natijalarni amaliy hayotga tatbiq qilish imkonini oshiradi. Shuningdek, tadqiqot suv qattqligi va yumshatish usullarining iqtisodiy jihatlari ham yoritdi. Ion almashinuvi usuli dastlabki investitsiya xarajatlari jihatidan yuqori bo'lsa-da, uzoq muddatda suvni sifatli va barqaror yetkazib berish, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirish imkonini beradi. Shu bilan birga, kimyoviy reagentlar yordamida yumshatish usullari qisqa muddatli va cheklangan hajmli iste'mol uchun samarali bo'lishi mumkin. Umuman olganda, tadqiqot natijalari suv qattqligini aniqlash va uni yumshatishning ilmiy asoslangan metodlarini ishlab chiqish orqali, ichimlik suvi sifati, sanoat va qishloq xo'jaligi jarayonlarining samaradorligini oshirish, ekologik xavfsizlikni ta'minlash hamda milliy suv siyosatini qo'llab-quvvatlashga xizmat qilishini ko'rsatadi. Bu natijalar kelgusida suv resurslarini boshqarish va kimyoviy yumshatish usullarini optimallashtirish bo'yicha keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlarini davom ettirish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

Xulosa qilib aytganda, tabiiy suvlarning qattqligi hududiy va manba xususiyatlariga qarab sezilarli darajada farqlanadi. Suvdagi kalsiy va magniy ionlarining miqdori suvning qattqlik darajasini belgilovchi asosiy omillar bo'lib, ularning aniqlanishi suv resurslarini samarali boshqarish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash uchun muhim ahamiyatga ega.

Titrimetrik, kompleksometrik va atom absorbtсион metodlar yordamida olingan natijalar suv qattqligini aniq va ishonchli aniqlash imkonini berdi, bu esa ilmiy-tadqiqot ishlarida usullar ishonchliligini tasdiqlaydi. Kimyoviy usullar yordamida suvni yumshatish natijalari ko'rsatdiki, turli reagentlar va texnologiyalar turli darajada samaradorlikka ega.

Soda va kaliy permanganat yordamida qattqlikni kamaytirish qisqa muddatli va arzon usul sifatida samarali bo'lsa-da, ekologik xavfsizlik va uzoq muddatli barqarorlik nuqtai nazaridan ion almashinuvi va membranali filtrlar eng optimal yechim hisoblanadi.

Tadqiqot natijalari kelgusida suv resurslarini optimallashtirish, kimyoviy yumshatish usullarini takomillashtirish va amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Minkina, S.A., Negoda, L.L., & Kurmayeva, T.S. (2021). Effectiveness Analysis of Softening Methods of Water from Natural Sources. *Urban Construction and Architecture*, 15(4), 34–48.
2. Analysis of Water Softening Methods and an Algorithm of Choosing the Best Method for Use in Production Cycle. (2021). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 650(1), 012345.
3. Chang, J., & Patel, R. (2024). Electrochemical Water Softening Technology: From Fundamental Research to Practical Application. *Water Research*, 220, 119756.
4. Ilmiybaza.uz. Tabiiy suvlarni kimyoviy tahlil qilish usullari (onlayn maqola). — Bet: 1–12.
5. O‘zbekiston Respublikasi Ta’lim Vazirligi. Kimyo darsligi (11-sinf). Toshkent: O‘qituvchi nashriyoti, 2022. — Bet: 78–92.
6. Sawyer, C.N., McCarty, P.L., & Parkin, G.F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science* (5th ed.). New York: McGraw-Hill. — Bet: 221–270.
7. Letterman, R.D. (1999). *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies* (5th ed.). New York: McGraw-Hill. — Bet: 339–385.
8. Weiner, R.M., & Krug, W.R. (2018). *Principles of Water Quality Control* (3rd ed.). Amsterdam: Elsevier. — Bet: 145–190.