

**OG'IR METALL IONLARINING EKOLOGIK TA'SIRINI
TUSHUNTIRISHDA KIMYOVIY TAJRIBALAR, VIRTUAL
LABORATORIYALAR HAMDA RAQAMLI TA'LIM VOSITALARIDAN
FOYDALANISH**

Ilmiy rahbar: Kosimova Xurshida Rajabboyovna

Samarqand davlat pedagogika instituti

Kimyo kafedrası o'qituvchisi (PhD)

Muallif: Xayitova Anisa Faxriddin qizi

Samarqand davlat pedagogika instituti

kimyo yo'nalishi 542-guruh talabasi

ANNOTATSIYA: Mazkur maqolada og'ir metall ionlarini aniqlashning kimyoviy asoslari, ularning atrof-muhitga ta'sirini tushuntirishda laboratoriya tajribalari, virtual laboratoriyalar va raqamli ta'lim vositalaridan foydalanishning ilmiy-metodik imkoniyatlari tahlil qilingan. Og'ir metallarning suv, tuproq va tirik organizmlarga ta'sirini anorganik kimyo fanining nazariy tushunchalari bilan bog'liq holda o'qitish masalalariga alohida e'tibor qaratilgan. Metall ionlarini sifat va miqdoriy jihatdan aniqlash usullari, cho'kma hosil bo'lishi va komplekslanish reaksiyalarining didaktik imkoniyatlari yoritilgan.

Kalit so'zlar: og'ir metallar, metall ionlari, ekologik xavfsizlik, anorganik kimyo, sifat analizi, kimyoviy tajriba, virtual laboratoriya, raqamli ta'lim, spektrofotometriya, fanlararo integratsiya.

Bugungi kunda atrof-muhitning kimyoviy moddalar bilan ifloslanishi global ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Sanoat korxonalari, metallurgiya, tog'-kon sanoati, transport, qishloq xo'jaligi va maishiy chiqindilar ta'sirida turli metall elementlari va ularning birikmalari tabiiy muhitga tarqalmoqda. Ayniqsa, qo'rg'oshin (Pb), kadmiy (Cd), simob (Hg), nikel (Ni) va ayrim xrom (Cr) birikmalarining atrof-muhitga tushishi tuproq, suv va tirik organizmlarning

kimyoviy holatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu moddalar bilan bog'liq ekologik muammolarni o'rganish kimyo fanining nazariy bilimlarini amaliy va hayotiy vaziyatlar bilan bog'lash uchun muhim imkoniyat yaratadi.

Ilmiy adabiyotlarda «og'ir metallar» tushunchasi keng qo'llanilishiga qaramay, ushbu atamaning yagona ilmiy tasnifi mavjud emas. Xalqaro sof va amaliy kimyo ittifoqi (IUPAC) tomonidan e'lon qilingan ilmiy hisobotda metallarning zichligi yoki atom massasiga asoslangan umumiy tasnif ularning toksikologik xususiyatlarini to'liq ifodalamasligi ko'rsatilgan. Shu sababli ekologik xavfni baholashda elementning nomi bilan cheklanmasdan, uning oksidlanish darajasi, kimyoviy shakli, konsentratsiyasi, biologik o'zlashtirilishi va ta'sirlanish davomiyligini hisobga olish zarur [1].

Jumladan, mis (Cu) va rux (Zn) tirik organizmlar uchun muayyan miqdorlarda zarur mikroelementlar hisoblanadi, biroq ularning ortiqcha konsentratsiyalari salbiy biologik ta'sir ko'rsatishi mumkin. Qo'rg'oshin (Pb) va kadmiy (Cd) esa organizmda muhim fiziologik vazifani bajarmaydi va toksik ta'siri bilan ajralib turadi. Xromning uch valentli va olti valentli shakllari o'rtasida ham kimyoviy faollik hamda toksikologik xususiyatlar jihatidan sezilarli farqlar mavjud. Shunday ekan, metallarning ekologik xususiyatlarini kimyoviy shakllari bilan bog'liq holda o'qitish talabalarida ilmiy asoslangan tushunchalarni shakllantirish uchun muhimdir.

Mazkur maqolaning maqsadi og'ir metall ionlarini aniqlash va ularning ekologik ta'sirini tushuntirishda kimyoviy tajribalar, virtual laboratoriyalar hamda raqamli ta'lim vositalaridan foydalanishning ilmiy-metodik imkoniyatlarini tahlil qilish va ularni anorganik kimyo mashg'ulotlariga tatbiq etish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

TADQIQOT METODLARI

Maqolani tayyorlashda ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, qiyoslash, umumlashtirish, kimyoviy reaksiyalarni nazariy modelashtirish va pedagogik loyihalash usullaridan foydalanildi. Og'ir metallarning ekologik xususiyatlarini o'rganishda ularning suvli eritmalaridagi ion holati, eruvchanligi, cho'kma hosil

qilishi, komplekslanishi hamda tabiiy muhitda turli kimyoviy shakllarda mavjud bo'lishi asosiy ilmiy mezonlar sifatida qabul qilindi.

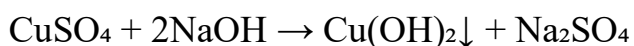
Kimyoviy tajribalarni o'quv jarayoniga tatbiq etishda sifat analizi, cho'ktirish reaksiyalari va spektrofotometrik tahlil tamoyillari tanlandi. Virtual laboratoriyalar bilan ishlashda *ChemCollective Virtual Lab* va *PhET Interactive Simulations* platformalarining didaktik imkoniyatlari o'rganildi. Raqamli natijalarni qayta ishlashda elektron jadvallar, grafiklar va interaktiv topshiriqlardan foydalanishga asoslangan metodik yondashuv ishlab chiqildi.

Tadqiqot mazmuni nazariy-metodik tahlilga asoslangan bo'lib, unda mustaqil pedagogik tajriba-sinov natijalari yoki laboratoriyada olingan yangi eksperimental ko'rsatkichlar keltirilmaydi. Taklif etilayotgan mashg'ulotlar anorganik kimyo fanining nazariy bilimlarini ekologik muammolar bilan bog'lashga yo'naltirilgan metodik model sifatida qaraladi.

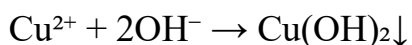
NATIJARAR VA ULARNING MUHOKAMASI

Og'ir metall ionlarini aniqlashda kimyoviy reaksiyalardan foydalanish anorganik kimyo ta'limining muhim amaliy yo'nalishlaridan biridir. Metall ionlarining muayyan reagentlar bilan reaksiyaga kirishishi natijasida rangli birikmalar, cho'kmalar yoki kompleks ionlar hosil bo'lishi ularni sifat jihatdan farqlash imkonini beradi. Bunday reaksiyalarni o'quv jarayonida qo'llash talabalarning ion almashinish reaksiyalari, eruvchanlik muvozanati, kompleks hosil bo'lishi va kimyoviy muvozanat haqidagi bilimlarini mustahkamlaydi.

Masalan, mis(II) (Cu^{2+}) ionlarini aniqlashga oid tajriba didaktik jihatdan qulay hisoblanadi. Mis(II) sulfat (CuSO_4) eritmasiga natriy gidroksid (NaOH) eritmasi qo'shilganda havorang mis(II) gidroksid ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) cho'kmasi hosil bo'ladi. Jarayon quyidagi reaksiya tenglamasi bilan ifodalanadi:



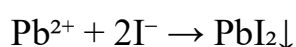
Qisqartirilgan ion tenglama:



Ushbu tajriba orqali talabalar metall ionlarining gidroksid ionlari bilan o'zaro ta'siri, cho'kma hosil bo'lish sharoitlari va eritma muhitining metallarning

eruvchanligiga ta'sirini o'rganadilar. Tajribani kichik hajmdagi eritmalar yordamida bajarish mumkin. Masalan, o'qituvchi nazoratida 2 ml 0,02 mol/l konsentratsiyali CuSO₄ eritmasiga taxminan 1 ml 0,1 mol/l NaOH eritmasi qo'shib, cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Bunda himoya vositalaridan foydalanish va hosil bo'lgan mis saqlovchi chiqindilarni alohida yig'ish zarur.

Qo'rg'oshin(II) (Pb²⁺) ionlariga oid sifat reaksiyalarini tushuntirishda esa virtual tajribalardan foydalanish maqsadga muvofiq. Masalan, qo'rg'oshin(II) ionlari yodid (I⁻) ionlari bilan reaksiyaga kirishganda sariq rangli qo'rg'oshin(II) yodid (PbI₂) cho'kmasi hosil bo'ladi:



Mazkur reaksiya cho'kmaning rangi va eruvchanlik xususiyatlari asosida ionlarni farqlash tamoyilini tushuntirish uchun qulaydir. Biroq qo'rg'oshinning eruvchan birikmalari toksik bo'lganligi sababli ushbu reaksiyani oddiy o'quv laboratoriyasida bajarish o'rniga videokuzatuv yoki raqamli modellash asosida o'rganish tavsiya etiladi. Xuddi shuningdek, kadmiy (Cd) va simob (Hg) birikmalariga oid ayrim kimyoviy reaksiyalar ham virtual muhitda ko'rsatilishi mumkin.

Metallarning juda kichik konsentratsiyalarini aniqlashda atom-absorbsion spektrometriya, induktiv bog'langan plazmali atom-emission spektrometriya va induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya kabi instrumental usullardan foydalaniladi. AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligining 200.7 va 200.8-raqamli uslubiy hujjatlarida suv va boshqa ekologik namunalardagi metall elementlarini instrumental tahlil qilish tartiblari bayon etilgan [5, 6]. Mazkur usullarni anorganik kimyo fanida o'qitish talabalarda sifat reaksiyalari va yuqori sezgirlikka ega zamonaviy instrumental tahlil usullari o'rtasidagi farqlarni tushunishga yordam beradi.

Og'ir metall ionlarini aniqlash va ularning kimyoviy xossalarini tushuntirishda virtual laboratoriyalardan foydalanish o'quv jarayonining ko'rgazmaliligini oshiradi. Xususan, *ChemCollective Virtual Lab* platformasi virtual reagentlar va laboratoriya jihozlari yordamida eritmalar tayyorlash,

moddalarni aralashtirish, kimyoviy muvozanat va eruvchanlikka oid masalalarni o'rganish imkonini beradi [7]. O'qituvchi ushbu platformaning mavjud imkoniyatlariga mos ravishda metall ionlarining cho'kma hosil qilish reaksiyalari yoki eritmalar konsentratsiyasini aniqlash bilan bog'liq topshiriqlar ishlab chiqishi mumkin.

Virtual tajriba davomida talabalar dastlab muammoni tahlil qiladilar, tegishli reagentlarni tanlaydilar, reaksiyaning kutilayotgan natijasini bashorat qiladilar va modellashtirilgan jarayonni kuzatadilar. Keyingi bosqichda kuzatilgan hodisalarni nazariy bilimlar bilan solishtirib, kimyoviy reaksiya tenglamalarini yozadilar hamda tegishli xulosalar chiqaradilar. Bunda virtual laboratoriya real laboratoriya tajribalarini to'liq almashtiruvchi vosita sifatida emas, balki ularga tayyorgarlik ko'rish, murakkab jarayonlarni modellashtirish va xavfli moddalar bilan bog'liq mavzularni tushuntirishga xizmat qiluvchi qo'shimcha didaktik vosita sifatida qo'llanilishi lozim.

Metall ionlarining konsentratsiyasi va eritmaning optik xossalari o'rtasidagi bog'liqlikni tushuntirishda *PhET Interactive Simulations* platformasidagi «Beer's Law Lab» virtual laboratoriyasidan foydalanish mumkin [8]. Ushbu simulyatsiya yordamida eritma konsentratsiyasi, yorug'likning yutilishi va optik yo'l uzunligi o'rtasidagi bog'lanish modellashtiriladi. Mazkur jarayon Buger–Lambert–Ber qonuni asosida izohlanadi:

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c$$

Bu yerda A — eritmaning optik zichligi, ε — molyar yutilish koeffitsiyenti, l — yorug'likning optik yo'l uzunligi, c — eritmadagi yorug'lik yutuvchi moddaning molyar konsentratsiyasi.

Ushbu qonun asosida talabalar muayyan sharoitlarda konsentratsiya ortishi bilan optik zichlikning ortishini tushunadilar. Masalan, rangli metall komplekslari yordamida o'tkaziladigan spektrofotometrik tahlillarda eritmaning optik zichligini o'lchash orqali metall ionlarining konsentratsiyasini kalibrlash grafigi asosida aniqlash mumkin. Bunda tanlangan kompleksning barqarorligi, o'lchash to'lqin uzunligi, eritma muhiti va mumkin bo'lgan xalaqit beruvchi ionlar hisobga olinishi

kerak. PhET simulyatsiyasi og'ir metall ionlarini bevosita ekologik tahlil qilish uchun mo'ljallangan maxsus dastur emas, balki spektrofotometriyaning umumiy fizik-kimyoviy tamoyillarini o'rgatish vositasi sifatida foydalaniladi.

Raqamli ta'lim vositalari metall ionlarining ekologik ta'sirini o'qitishda ham muhim ahamiyatga ega. Interaktiv xaritalar, elektron jadvallar, grafiklar, animatsiyalar va videomateriallar yordamida metallarning atrof-muhitga tarqalish yo'llari hamda ularning tirik organizmlarga ta'sirini ko'rgazmali tushuntirish mumkin. Jumladan, suv havzalariga tushgan metall birikmalarining erigan ionlar, komplekslar, kolloid zarrachalar yoki cho'kmalar shaklida mavjud bo'lishi va bu shakllarning muhit sharoitiga bog'liq ravishda o'zgarishini grafik modellar orqali ifodalash mumkin.

Og'ir metallarning ekologik muammolarini tushuntirishda bioakkumulyatsiya va oziq zanjiri orqali moddalarning tarqalishi alohida ahamiyatga ega. Masalan, simobning (Hg) ayrim shakllari tabiiy muhitda mikroorganizmlar ishtirokida metilsimob birikmalariga aylanishi mumkin. Metilsimob suv organizmlarida to'planib, oziq zanjiri bo'ylab yuqori trofik pog'onalarga o'tishi natijasida ayrim yirtqich baliqlarda yuqori konsentratsiyalarga yetishi mumkin [4]. Bunday jarayonlarni oddiy kimyoviy tajribalar yordamida to'liq ko'rsatish murakkab bo'lganligi sababli animatsiyalar, raqamli modellar va ekologik ma'lumotlarni aks ettiruvchi grafiklardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Kimyoviy tajribalar, virtual laboratoriyalar va raqamli vositalardan uyg'un foydalanishga asoslangan mashg'ulotlarni uchta o'zaro bog'liq bosqichda tashkil etish mumkin. Dastlabki bosqichda talabalar metall ionlarining kimyoviy xossalari, ekologik ta'siri hamda analitik aniqlash usullari bilan tanishtiriladi. Ikkinchi bosqichda xavfsizroq kimyoviy modellar yordamida laboratoriya tajribalari o'tkaziladi yoki virtual tajribalar bajariladi. Yakuniy bosqichda esa kuzatilgan jarayonlar tahlil qilinadi, kimyoviy reaksiya tenglamalari yoziladi, raqamli ma'lumotlar qayta ishlanadi va ekologik xulosalar shakllantiriladi.

Mazkur metodik yondashuvning ahamiyati talabalarni faqat nazariy

ma'lumotlarni yodlashga emas, balki muammoga ilmiy yondashish, kimyoviy reaksiyalarni tushuntirish va olingan bilimlarni yangi vaziyatlarda qo'llashga yo'naltirishidadir. Virtual laboratoriyalarning ta'limdagi samaradorligiga oid ilmiy tadqiqotlarda ham interaktiv simulyatsiyalardan foydalanish o'quv natijalarini yaxshilash imkoniyatiga ega ekanligi qayd etilgan. Jumladan, R. Castro tomonidan 2025-yilda e'lon qilingan meta-tahlilda kimyo faniga oid virtual laboratoriyalardan foydalanish bo'yicha 17 ta tadqiqot natijalari umumlashtirilib, o'quvchilarning akademik yutuqlariga ijobiy ta'sir kuzatilgan [9]. Biroq bunday natijalarni barcha ta'lim sharoitlariga bir xil darajada tatbiq etish mumkin emas, chunki samaradorlik o'quv materialining mazmuni, didaktik topshiriqlar sifati va o'qitishning tashkil etilishiga bog'liq.

Og'ir metall ionlarini aniqlashga oid mashg'ulotlarning pedagogik samaradorligini baholashda talabalarning nazariy bilimlari bilan birga, tajriba natijalarini izohlash, reaksiya tenglamalarini to'g'ri yozish, tahlil usulini asosli tanlash, ekologik xavfni baholash va laboratoriya xavfsizligi qoidalariga rioya qilish ko'nikmalarini ham hisobga olish zarur. Bunday baholash tizimi ta'lim jarayonida kimyoviy bilimlarning amaliy ahamiyatini aniqlash va talabalarning kasbiy tayyorgarligini takomillashtirish uchun imkoniyat yaratadi.

XULOSA

Og'ir metall ionlarini aniqlash va ularning ekologik ta'sirini tushuntirishda kimyoviy tajribalar, virtual laboratoriyalar hamda raqamli ta'lim vositalaridan foydalanish anorganik kimyo fanini o'qitishning ilmiy va amaliy imkoniyatlarini kengaytiradi. Kimyoviy tajribalar yordamida metall ionlarining sifat reaksiyalari, cho'kma hosil bo'lishi, komplekslanishi va boshqa xossalarni kuzatish mumkin bo'lsa, virtual laboratoriyalar murakkab yoki xavfli jarayonlarni xavfsiz muhitda modellashtirish hamda tajribalarga tayyorgarlik ko'rish imkonini beradi. Raqamli ta'lim vositalari esa kimyoviy tahlil natijalarini grafik shaklida ifodalash, metallarning tabiiy muhitda tarqalish jarayonlarini tushuntirish va talabalarning mustaqil tahliliy faoliyatini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Mazkur vositalarni uyg'un qo'llash orqali og'ir metallarning kimyoviy

xossalarini ekologik muammolar bilan bog'liq holda o'rgatish, kimyo, biologiya, ekologiya va matematika fanlari o'rtasidagi aloqadorlikni mustahkamlash hamda talabalarda ilmiy asoslangan ekologik tafakkurni shakllantirish uchun qulay pedagogik sharoit yaratish mumkin. Shu sababli anorganik kimyo fanining tegishli mavzularida xavfsiz laboratoriya tajribalari, virtual modellar va raqamli tahlilga asoslangan topshiriqlardan tizimli foydalanish tavsiya etiladi. Taklif etilgan metodik yondashuvning haqiqiy pedagogik samaradorligini aniqlash uchun keyingi tadqiqotlarda nazorat va tajriba guruhlarini ishtirokida tajriba-sinov ishlarini tashkil etish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Duffus J.H. "Heavy metals"—A meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*. 2002. Vol. 74, No. 5. P. 793–807. DOI: [10.1351/pac200274050793](https://doi.org/10.1351/pac200274050793).
2. World Health Organization. *Lead poisoning*. Geneva: WHO, 2026. [Rasmiy manba](#).
3. World Health Organization. *Exposure to cadmium: A major public health concern*. Geneva: WHO, 2019. [Rasmiy manba](#).
4. World Health Organization. *Mercury*. Fact sheet. Geneva: WHO, 2024. [Rasmiy manba](#).
5. United States Environmental Protection Agency. *Method 200.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*. Revision 4.4. Cincinnati, 1994. [Rasmiy manba](#).
6. United States Environmental Protection Agency. *Method 200.8: Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*. Revision 5.4. Cincinnati, 1994. [Rasmiy manba](#).
7. ChemCollective. *Virtual Labs*. Virtual chemistry laboratory resources. <https://chemcollective.org/vlabs>.

8. PhET Interactive Simulations. *Beer's Law Lab*. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/beers-law-lab>.
9. Castro R. The Effects of Chemistry Virtual Laboratories in Academic Achievement of Secondary Level Learners: A Meta-Analysis. *Integrated Science Education Journal*. 2025. Vol. 6, No. 1. P. 24–37. DOI: [10.37251/isej.v6i1.1379](https://doi.org/10.37251/isej.v6i1.1379).