



UDK: 543,311; 57,014.

Aziz VOXIDOV,
Samarqand davlat universiteti Biokimyo instituti tayanch doktoranti
E-mail: azizvokhidov13@gmail.com
Nurali MUXAMADIYEV,
Samarqand davlat universiteti Biokimyo instituti professori, k.f.d
Ilyos RO'ZIYEV,
Samarqand davlat universiteti Biokimyo instituti dotsenti, PhD
Sevinch BOTIROVA,
Samarqand davlat universiteti Biokimyo instituti magistranti

SamDU professori, k.f.n U.Norqulov taqrizi asosida

MAHALLIY TABIIY SUV MANBALARIDA MAVJUD BO'LGAN TEMIR BIRIKMALARINING KOLLOID KIMYOVIY XUSUSIYATLARINI TADQIQ ETISH

Annotasiya

Ushbu ishda tabiiy suvlarda mavjud bo'lgan temir birikmalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari, shuningdek, ularning shakli, xatti-harakati va barqarorligiga ta'sir qiluvchi omillar ko'rib chiqiladi. Temirning ikki valentli (Fe^{2+}) va uch valentli (Fe^{3+}) shakllarda tarqalishiga, ularning suv muhiti komponentlari bilan o'zaro ta'siriga, shuningdek oksidlanish, qaytarilish va cho'kish jarayonlariga alohida e'tibor beriladi. Turli tabiiy manbalardan olingan suv namunalari umumiy temir konsentratsiyasini va uning alohida shakllarini aniqlash, shuningdek, bunga ta'sir qiluvchi parametrlarni - pH, Eh, harorat va mineralizatsiya darajasini aniqlash uchun tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: tabiiy suv, temir birikmalari, Fe(II), Fe(III), oksidlanish-qaytarilish sharoitlari, pH, gidrokimyo, umumiy temir, suv ekosistemalari, suv sifati, suvni tozalash, temirni cho'ktirish.

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА, ПРИСУТСТВУЮЩИХ В МЕСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКАХ ВОДЫ

Аннотация

В данной работе рассматриваются физико-химические свойства соединений железа, присутствующих в природных водах, а также факторы, влияющие на их форму, поведение и устойчивость. Особое внимание уделено распределению железа в двухвалентной (Fe^{2+}) и трёхвалентной (Fe^{3+}) формах, их взаимодействию с компонентами водной среды, а также процессам окисления, восстановления и осаждения. Проведен анализ проб воды из различных природных источников для определения концентрации общего железа и его отдельных форм, а также параметров, влияющих на неё - pH, Eh, температуры и степени минерализации.

Ключевые слова: природная вода, соединения железа, Fe(II), Fe(III), окислительно-восстановительные условия, pH, гидрохимия, общее железо, водные экосистемы, качество воды, водоподготовка, осаждение железа.

STUDY OF COLLOIDAL CHEMICAL PROPERTIES OF IRON COMPOUNDS PRESENT IN LOCAL NATURAL WATER SOURCES

Annotation

This paper examines the physicochemical properties of iron compounds present in natural waters, as well as the factors influencing their form, behavior, and stability. Particular attention is paid to the distribution of iron in divalent (Fe^{2+}) and trivalent (Fe^{3+}) forms, their interaction with components of the aquatic environment, as well as oxidation, reduction, and precipitation processes. Water samples from various natural sources were analyzed to determine the concentration of total iron and its individual forms, as well as the parameters influencing it - pH, Eh, temperature, and degree of mineralization.

Keywords: natural water, iron compounds, Fe(II), Fe(III), oxidation-reduction conditions, pH, hydrochemistry, total iron, aquatic ecosystems, water quality, water treatment, iron precipitation.

Kirish. Bugungi kunda mahalliy tabiiy suv manbalaridagi temir birikmalari suvning sifatiga, uning organoleptik ko'rsatkichlariga hamda sanitariya-gigiyenik holatiga bevosita ta'sir ko'rsatishi hammamizga ma'lum. Temirning kolloid holatda mavjud bo'lishi suvni tozalash jarayonlarini murakkablashtiradi, quvurlar va texnologik uskunalarda cho'kma hosil bo'lishiga olib keladi shu bilan birga suvdan ichimlik va texnik maqsadlarda foydalanish samaradorligini pasaytiradi, bu esa ushbu tadqiqotning dolzarbligini kasb etadi.

Bimolekulyar bo'lgan koagulyatsiya sharoitida kolloid zarrachalarning boshlang'ich konsentratsiyasi C_0 , koagulyatsiya vaqti τ va koagulyatsiya tezligi konstantasi k quyidagi tenglama orqali bog'langan:

$$k = \frac{1/\alpha - 1}{C_0 \cdot \tau_k},$$

ushbu formulada $\alpha = C_k/C_0$ - u koagulyatsiya darajasini bildiradi va C_k qiymati yog'ingarchilik qayd etilgan zarrachalar konsentratsiyasiga mos keladi.

Gidrozollarning koagulyatsion barqarorligini sifat jihatidan cho'kma paydo bo'ladigan va koagulyatsiya chegarasi deb ataladigan elektrolitlar konsentratsiyasi bilan ham tavsiflash mumkin [5, 6]. Elektrolitlar bilan koagulyatsiya bu bilan bog'liq gidrozollarning barqarorligi odatda zaryadlangan kolloid zarrachalarning o'zaro itarilishi bilan bog'liq. Zarrachalardagi zaryad kationlar va anionlarning adsorbsion energiyasidagi farq tufayli yuzaga keladi, bu ζ potentsial bilan tavsiflangan qo'sh elektr qavatni (QEQ) hosil bo'lishi bilan birga keladi. Ma'lumotlarga qaraganda bunday kolloid eritmaga mono-, ikki- va uch valentli ionlar qo'shilganda, koagulyatsiya chegarasi γ mos ravishda quyidagicha nisbatlarda bo'lishi kerak ekanligi ko'rsatilgan 1,00 : 0,016 : 0,0013 [5]. Biroq ahamiyatli jihati shundaki, tajriba yo'li bilan olingan natijalari ko'pincha bu qiymatlardan ancha sezilarli darajada farq qiladi. Buning sababi shundaki, kolloid eritmalarining, xususan gidrozollarning barqarorligi faqatgina zarralararo elektrostatik muvozanat (QEQ hosil bo'lishi) bilan emas, balki zarracha yuzasida hosil bo'ladigan yupqa qatlamlar - erituvchi molekullari, sirt faol moddalar yoki qattiq reaksiya mahsulotlar ta'siri bilan ham belgilanadi.

Ushbu **ishning maqsadi** tarkibi jihatidan tabiiyga o'xshash temir birikmalari asosida kolloid sistemalarni sintez qilish, kolloid kimyoviy xossalari o'rganish va ularning koagulyatsion barqarorligiga ta'sir qiluvchi omillarni aniqlash edi.

Tajriba metodikasi. Sintez va analitik tadqiqotlar uchun $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ reagentlari va distillangan suvdan foydalandik. Ishda biz Samarqand viloyatining torfidan ajratilgan olingan organik moddalardan foydalandik, ularning konsentratsiyasi erigan organik uglerod - uglerod dioksidi va suyultirilgan organik uglerodning tarkibiga qarab xromatografik usul bilan baholandi. Dastlabki eritmalar konsentratsiyalari 0,05 ... 4,0 mg/l oralig'ida bo'ladi.

[3] ishda mualliflar odatda organik birikmalarining nisbiy molyar massasi gel-xromatografiya usuli orqali aniqlanganliklari keltirilgan. Bu ilmiy tadqiqot izlanishda qo'llangan namunalar tarkibida 200 dan 20 000 Da gacha bo'lgan fraksiyalar bo'lgan.

Tayorlangan eritmadagi temir va kremniy elementlarining miqdori Varian ICP-OES plazma optik emission spektrometri yordamida aniqlandi. Vodorod ko'rsatkichi MAPK-903 pH metr yordamida o'lchandi. Zarrachalar o'lchamlarini taqsimlash va o'rganilayotgan model yechimlaridagi ζ potentsial qiymatlari Microtrac asbobi yordamida olib borildi, u zarrachalar o'lchamlarini 0,6 dan 6000 nm gacha bo'lgan diapazonda aniqlash imkonini beradi. Ushbu usulda zarracha hajmi dinamik yorug'lik tarqalishi asosida baholanadi (o'lchash tarqalish burchagi 173°).

O'lchov natijasi zarrachalarning soni taqsimoti $\varphi(r) = dN/dr$ shaklida olinadi. Tarqatish funktsiyalari normal logarifmikga yaqin bo'lganligi uchun zarrachalarning o'rta hajmi sifatida qabul qilingan ushbu taqsimotning maksimalidan rejim - m topildi.

Olingan natijalar va ularning muhokamasi. Samarqand viloyatining Urgut, Bulung'ur va Toyloq tumanlari hududlarida namuna olingan suvlar uchun ularning kimyoviy tarkibi va pH muhiti, suvning oksidlanish-qaytarilish aktivligi (Eh) va rangi kabi bo'lgan ko'rsatkichlar aniqlanildi. 1-jadvalda ushbu keltirilgan hududlardagi barcha yer osti suvlariga xos bo'lgan asosiy ko'rsatkichlar qayd qilingan.

1-jadval.

Urgut tumanidagi yer osti suvlarining kimyoviy tarkibi va ko'rsatkichlari

Komponent va ko'rsatkichlar	O'lchov birliklari	Miqdoriy ko'rsatkichlar
pH muhit	—	6,0...7,0
Suvning oksidlanish-qaytarilish faolligi, Eh	mV	-40...-120
Rang	grad.	30...150
Fe(II)+Fe(III)	mg/l	1,0...25,0
Na	mg/l	7,7...25,0
K	mg/l	1,32...5,75
Marganets (II)	mg/l	0,05...0,5
Gidrokarbonat ionlari	mg/l	100...500
Umumiy qatqilik	°Q	1,5...7,0
Permanganatli oksidlanuvchanlik	mgO ₂ /l	5,0...14,0
Si (IV)	mg/l	10,0...28,0
NH ₃ +NH ₄ ⁺	mg/l	0,01...0,5
H ₂ S	mg/l	0,050...0,5
Ca(II)/Mg(II)	—	1:1 yoki 2:1
Cu	mg/l	0,03...0,140
Zn	mg/l	0,005...0,050
Pb	mg/l	0,002...0,009

Keltirilgan 1-jadvaldan ma'lum bo'lishicha, ko'rib chiqilgan hududlarning yer osti suvlari asosan gidrokarbonat tarkibli bo'lib, temir, kremniy va organik moddalarning sezilarli miqdorini o'z ichiga oladi. Shuningdek, Fe(II) ionlari va organik birikmalar mavjudligi sababli ularning qaytarilish potentsiali yuqori hisoblanadi. Jadvalda keltirilgan aralashmalar orasida biz kolloid zarrachalarning shakllanishi va hosil bo'lishida eng muhim bo'lganlarini ajratib ko'rsatishimiz mumkin. Birinchidan, bu temir er osti suvlarida Fe (II) ion shaklida mavjud. Oksidlanish jarayonida yomon eriydigan temir (III) gidroksid klassik kolloid shaklida hosil bo'ladi, uning xususiyatlari yaxshi o'rganilgan [6, 7]. Modelli kolloid eritmalarini sintez qilish.

Model eritmalarini olish maqsadida quyidagi komponentlar kombinatsiyasi qo'llandi:

Namuna 1. Temir birikmalari (TB) + organik erigan moddalar (OEM).

Namuna 2. TB + kremniy birikmalari (KB).

Tayorlangan eritmalarining barqarorligi eritmaning optik zichligining o'zgarishi, eritmadagi kolloid temir konsentratsiyasining o'zgarishi, ζ potentsialining qiymati va zarrachalarning o'lchamlari kabi bilan baholandi.

Ishda TB sifatida belgilangan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ning eng oddiy namunali kolloid 5,6 mg/l konsentratsiyadagi suvli eritmasini tayorlashda $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ tuzidan foydalanildi, bu esa temirning barcha shakllari uchun yer osti suvlarida eng keng tarqalgan konsentratsiyaga mos keladi. Eritmalardagi pH qiymati $10 \pm 0,2$ darajasida saqlangan. Tanlangan pH qiymati eritmadagi ikki valentli temir konsentratsiyasini, yog'ingarchilik tezligini va sistemaning oksidlanish-qaytarilish potentsialining o'zgarishini o'lchaydigan tajribalar bilan aniqlanadi.

Bu pH qiymati va eritmadagi Fe(II) konsentratsiyasi 5,6 mg/l ($\sim 10^{-4}$ mol/l, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ uchun konsentratsiya mahsuloti taxminan $1,2 \cdot 10^{-5}$ va $\text{EK} = 8 \cdot 10^{-16}$) ga teng bo'lganda cho'kma hosil bo'lish vaqtini $\tau = 30$ daqiqada sodir bo'lishi va oksidlanish-qaytarilish potentsiali esa 80,0 m² gacha o'zgarish mumkinligi ko'rsatilib o'tilgan. Tajriba o'lchashlari eritma tayyorlashdan so'ng amalga oshirildi. Bundan olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, zarracha hajmi 1 mkm dan ortiq va ζ potentsial qiymati +8 mV ga teng. Nolga yaqin bo'lgan ζ potentsial qiymati zarrachalarning mumkin bo'lgan koagulyatsiyasini, cho'kma hosil bo'lishini va qattiq faza va eritma o'rta muvozanat o'rnatilishini ko'rsatadi, uning konsentratsiyasi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ning eruvchanlik mahsulotiga

to'g'ri keladi ($EK=6,3 \cdot 10^{-38}$ da $Fe(III)$ konsentratsiyasi taxminan $6,9 \cdot 10^{-11}$ mol/l). Dispers fazaning olingan xarakteristikalarini 1, 2 va 3-bandlarga muvofiq tayyorlangan namuna eritmalar bilan taqqoslash uchun ishlatilgan.

TB+OEM tarkibidagi namunaviy kolloid eritmaning sintezi temir (II) ionlarining 5,6 mg/l konsentratsiyasida ham amalga oshirildi. Temirni kolloid holatda barqarorlashtirishga qodir DOM konsentratsiyasi ularning er osti suvlari tarkibiga mos keladigan 0,05 ... 4,0 mg/l oralig'ida olingan. Qabul qilingan barcha konsentratsiyalarda SF ning eng oddiy namunaviy eritmasiga nisbatan cho'kish jarayoniga chidamliroq bo'lgan kolloid eritmalar hosil bo'ladi. 2-jadvalda DOC qiymati, zarracha hajmi va natijada tarqalgan dispers fazaning ζ potentsial qiymati bilan aniqlangan OEM konsentratsiyasining qiymatlari ko'rsatilgan.

2-jadval.

TB+OEM modeli eritmasi dispers fazasining tavsifi

Temir ionlarining mg/l dagi konsentratsiyasi	5,5				
Organik erigan moddalar (OEM) ionlarining mg/l dagi konsentratsiyasi	0,05	0,250	0,50	1,00	4,00
Dispers faza zarrachalarining nm dagi o'rtacha o'lchami δ_m	100	99	92	95	100
ζ -potentsial, mV	-30	-33	-39	-39	-43
Eritma muhiti, pH	9,9	10	9,9	10	10,3

Keltirilgan 2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, organik erigan moddaning (OEM) juda past konsentratsiyasi ham kolloid zarrachalar yuza qismida himoya qatlami hosil bo'lishini vujudga keltiradi. OEM konsentratsiya 4 mg/l gacha oshirilganda ham dispers faza zarrachalari hajmida o'zgarish deyarli kuzatilmaydi va u o'rtacha 96,0 nm ni tashkil etadi, bu esa temir birikmalarining (TB) eritmasidagidan ancha kichikdir. Shu bilan bir qatorda, ζ -potentsial manfiy qiymatga ega bo'lib, $-(29 \div 42)$ mV oralig'ida bo'ladi va konsentratsiya ortishi bilan uning manfiyligi yanada kuchayib boradi. Bu holat esa barqaror bo'lgan kolloid sistema shakllanishida elektrostatik itarilish hodisasining muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi. Hosil bo'lgan eritma vaqt o'tishi bilan ham barqaror bo'lib, bunga 30 kun davomida tarkibida temir ion konsentratsiyasi 5,6 mg/l o'zgarishsizligi isbot bo'ladi.

3-jadval.

TB+KB modeli eritmasi dispers fazasining tavsifi

Temir ionlarining mg/l dagi konsentratsiyasi	5,5			
Kremniy ionlarining mg/l dagi konsentratsiyasi	5	10	15	20
Dispers faza zarrachalarining nm dagi o'rtacha o'lchami δ_m	176	168	79	83
ζ -potentsial, mV	-40	-46	-47	-51
Eritma muhiti, pH	10,4	9,5	10	10,3

SF+SC kompozitsiyasining namunaviy kolloid eritmasi temir (II) ionlarining bir xil konsentratsiyasidan foydalanilgan holda sintez qilindi, kremniy ionlari esa 5...20 mg/l diapazonda o'zgartirildi. Bu qiymatlar yer osti suvlarining tarkibiga mos keladi. 3-jadvalda kremniy ionlarining har xil konsentratsiyasida TB+KB model eritmasining dispers fazasining xarakteristikalarini keltirilgan. Kremniy birikmalari ishtirokida kolloid temir birikmalarining shakllanishi kremniy konsentratsiyasining barcha o'rganilgan kenglikda sodir bo'ladi. Kremniy ionlarining past konsentratsiyasida temir birikmalarining qisman koagulyatsiyasi sodir bo'ladi, bu holat zarrachalar hajmidagi o'zgarish orqali baholanishi mumkin. 3-jadvaldan shuni ko'rish mumkinki, kremniy ionlarining nisbatan past konsentratsiyali (5,0 va 10,0 mg/l) sharoitida ham dispers faza zarrachasining o'rtacha bo'lgan hajmi DOM qo'llanilgandagiga qaraganda ancha kattalashib, taxminan u 170 nm ni tashkil etadi. Eritmada kremniy ionlari konsentratsiyasi 16,1 va 20,1 mg/l gacha oshirilganda esa zarrachalar hajmi tegishli 79 va 83 nm gacha kamayadi, bu qiymatlar esa TB+OEM eritmasidagiga yaqin bo'lib qoladi. Agar eritmadagi zarrachalar kattaligi 170 nm dan kichik bo'ladigan bo'lsa, keyingi bo'lish kerak bo'lgan koagulyatsiya deyarli kuzatilmaydi va 30 kun davomida cho'kma hosil bo'lmaydi va eritmadagi tahlil qilingan temir konsentratsiyasi 5,5 mg/l da doimiy bo'lib qoladi. ζ potentsialining qiymati, TB+OEM misolida bo'lgani kabi, manfiy bo'lib, uning qiymati kremniy ion konsentratsiyasining oshishi bilan oz darajada ortadi va bunda o'rtacha qiymati -46 mV tashkil etadi. Bu barqaror kolloid hosil bo'lishiga elektrostatik repulsiyaning muhim hissasini ko'rsatadi.

Jadvalda keltirilgan aralashmalar orasida kolloid zarrachalarning hosil bo'lishi va sintezida eng muhim bo'lganlarini ajratib ko'rsatishimiz mumkin. Birinchidan, yer osti suvlarida $Fe(II)$ ionlari sifatida mavjud bo'lgan temir oksidlanish jarayonida hosil bo'ladi, natijada yomon eriydigan temir(III) gidroksid, ya'ni xususiyatlari yaxshi o'rganilgan klassik kolloid hosil bo'ladi [5, 7]. Ikkinchidan, konsentratsiyasi 1-jadvalda "permanganat oksidlanish qobiliyati" ostida aks ettirilgan gumusli kelib chiqishiga ega bo'lgan organik moddalar barqaror temiro'z saqlagan kolloid sistemalarning shakllanishiga yordam beradi [7]. Uchinchidan esa, kremniy birikmalari shuningdek temir birikmalari ham organik moddalar bilan kolloidlarning hosil bo'lishida ishtirok etishi mumkinligi aniqlangan. Bunga asoslanib esa, temir va kremniy birikmalari, shuningdek, gumus organik moddalari modeli eritma tayyorlash shu bilan birga tabiiy suvlardagi zarrachalar va birikmalarining kolloidli kimyoviy xossalarni o'rganish uchun tanlab olinadi.

Xulosa

1. Tabiiy suv tarkibidagi temir birikmalarining miqdori va tarkibi suv sifatini belgilovchi muhim omillardan biridir, chunki ularning me'yoridan ortishi suvning ta'mi, rangi va hidini yomonlashtiradi hamda quvur tizimlari va texnik jihozlarda korroziya jarayonlarini kuchaytirishi mumkin.

2. Tadqiqot natijalariga ko'ra, tabiiy suv muhitida temir asosan $Fe(II)$ va $Fe(III)$ shakllarida uchraydi va ushbu shakllar orasidagi nisbat muhitning pH qiymati, oksidlanish-qaytarilish potentsiali (Eh), shuningdek, organik va noorganik ligandlarning mavjudligiga bog'liq holda o'zgaradi.

3. Kislorod miqdori, harorat va biologik jarayonlar kabi atrof-muhit omillari temirning eruvchan shakllarining erimaydigan cho'kmalarga aylanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi, natijada uning harakatchanligi va biologik o'zlashtirilish darajasi o'zgaradi.

4. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Eh qiymatining pasayishi va muhitning biroz kislotali bo'lishi $Fe(II)$ shaklining ko'payishiga olib keladi, neytral yoki ishqoriy sharoitlarda hamda oksidlovchi muhitda esa $Fe(III)$ ustunlik qiladi va gidroksidlar hosil qilib, cho'kma hosil bo'lishiga moyil bo'ladi.

5. Kaltsiy va kremniy ionlari nisbati $6 \cdot 10^{-4} : 2 \cdot 10^{-4}$ bo'lganda, o'lchami 1 mkm dan katta zarrachalar shakllanishi, ularning koagulyatsiyalanishi va cho'kma hosil qilish qobiliyatiga ega ekanligi aniqlangan.

ADABIYOTLAR

1. Salanko J.T., Lakso E.J., Kamula R.L. The effect of ozonation on the size fractions of iron and total organic carbon in groundwater // Journal of Environmental Science and Health Part A. – 2007. – № 42. – P. 795–801.

2. Perminova I.V., Frimmel F.H., Kudryavtsev A.V., Kulikova N.A., Abbt Braun G., Hesse S., Petrosyan V.S., Molecular weight characteristics of humic substances from different environments as determined by size exclusion chromatography and their statistical evaluation // Environ. Sci. Technol. – 2003. – № 37. – P. 2477–2485.
3. Зекцер И.С., Язвин Л.С. Ресурсы подземных вод и их использование // Водные проблемы на рубеже веков. – М.: Наука, 1999. – С. 80–91.
4. Еременко Б.В., Малышева М.Л., Самбур В.П. Устойчивость водных дисперсий микропорошков карбида титана в растворах электролитов // Коллоидный журнал. – 1989. – Т. 51. – № 1. – С. 25–35.
5. Serikov L.V., Tropina E.A., Shiyan L.N., Frimmel F.H., Meterveli G., Delay M. Iron oxidation in different types of groundwater of Western Siberia // Journal for Soils and Sediments. – 2009. – V. 9. – № 2. – P. 103–110.
6. Serikov L.V., Tropina E.A., Shiyan L.N., Frimmel F.H., Meterveli G., Delay M. Iron oxidation in different types of groundwater of Western Siberia // Journal for Soils and Sediments. – 2009. – V. 9. – № 2. – P. 103–110.