

JONIZUOTO VANDENS PARAMETRŲ STABILUMO NUSTATYMAS

Irena Čerčikienė, Jolanta Jurkevičiūtė, Dalė Židonytė

Anotacija. Atlikti jonizuoto vandens (šaltinio ir dejonizuoto) oksidacijos – redukcijos (ORP) ir pH kitimo laike tyrimai. Nustatyta, kad šarminio jonizuoto vandens ORP reikšmės nestabilios ir keičiasi laike nuo -818,9 iki +312,5 mV. pH pokyčių tyrimo rezultatai parodė, kad po vienodos trukmės elektrolizės vandenilio jonų koncentracija dejonizuotame vandenyje nežymiai skiriasi nuo vandenilio jonų koncentracijos šaltinio vandenyje. Anodinis šaltinio vanduo yra rūgštesnis už anodinį dejonizuotą vandenį, o katodinis šaltinio vanduo yra mažiau šarminis negu katodinis dejonizuotas vanduo.

Raktiniai žodžiai: vandenilinė jungtis, klasteris, jonizuotas vanduo, aktyvuotasis vanduo, šarminis vanduo, katolitas, rūgštinis vanduo, anolitas, vandens anomalijos, vandenilinis rodiklis pH, elektrocheminės relaksacijos periodas, oksidacijos – redukcijos potencialas (ORP).

Įvadas

Žemėje chemiškai grynas vanduo praktiškai neegzistuoja. Teisūs yra mokslininkai, sakydami, kad nėra Žemėje svarbesnio junginio kaip vanduo, tuo pačiu, nėra kito tokio junginio, kurio savybėse nebūtų tiek prieštaravimų ir anomalijų. Būtent *anomalios* vandens savybės ir sudaro palankias sąlygas gyvybei mūsų planetoje. Gamtoje, vykstant masės ir energijos mainams, vanduo sąveikauja su dujomis, mineralais, organinėmis medžiagomis, todėl jo sudėtyje gausu ištirpusių medžiagų, kurios yra molekulių, jonų ir koloidų pavidalu. Vandens molekulės ir atomai nepaliaujamai juda ir nenusistovi jokia pastovi vandens asocijuota struktūra, tačiau traukos jėgos palaiko pastovų skysčio tūrį. Vandens molekulės jungiasi daugybe laikinųjų tarpmolekuliųjų jungčių, dėl kurių nuolat atsiranda ir vėl išnyksta smulkios ertmės, todėl vandens struktūra nuolat kinta ir yra judri. Anomalioms skystos būsenos vandens savybėms paaiškinti mokslininkai sukūrė daug įvairių struktūrinių modelių. Daugumos sukurtų modelių pagrindu vanduo apibūdinamas kaip kristalinė medžiaga (skysti kristalai). Skystos būsenos vandenyje tvarkingas molekulių išsidėstymas įrodytas eksperimentiškai (Зацепина, 1998).

Dabartiniu metu apie vandenį sukaupta daug ryškių nepaaiškinamų faktų, kai kurie iš jų jau pavirtinti, kiti laukia patikimų kiekybinių įrodymų.

Tyrimo objektas – šaltinio ir dejonizuotas vanduo.

Tyrimo tikslas – ištirti elektrochemiškai jonizuoto vandens pH ir ORP pokyčius laike.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išnagrinėti oksidacijos – redukcijos potencialo reikšmę tirpaluose.

2. Nustatyti šarminio dejonizuoto ir šaltinio vandens pH reikšmę ir ištirti jos kitimą laike.

3. Nustatyti šarminio dejonizuoto ir šaltinio vandens oksidacijos – redukcijos potencialą ir ištirti jo kitimą laike.

Tyrimo metodas – elektrometrinis.

Vertas dėmesio skysto vandens struktūros modelis, apibūdinamas kaip virpantys *klasteriai*, sudaryti iš vandenilinių ryšiais susijungusių molekulių, plaukiojančių daugiau ar mažiau „laisvame“ vandenyje. Manoma, kad pastoviai klasteriai egzistuoja tekančiame skystyje dėl atsitiktinių šiluminių pokyčių nenutrūkstamai susidarydami ir vėl išsiskirstydami skysčio mikropoteluose. Amerikiečių mokslininkai nustatė klasterio pusamžį, kuris yra 10^{-10} – 10^{-11} s ir tai atitinka rekombinacinius procesus, vykstančius vandenyje. Šis laikas yra 100–1000 kartų didesnis už molekulių virpesių periodą.

Kita svarbi vandens molekulių savybė – *vandenilinių jungčių* susidarymas. Susidarant vandenilinėms jungtims sąveikoje dalyvauja elektronų poros, labiausiai nutolusios nuo deguonies atomo. Šios jungtys turi įtakos vandens vidinei sandarai ir savybėms visuose jo agregatiniuose būviuose, sąveikai su įvairiomis medžiagomis bei vandeninių tirpalų savybėms. Vandenilinės jungtys lengvai nustatomos tiriant vandenį infraraudonųjų spindulių spektrometru. Įrodyta, kad vandenilinė jungtis stipriausiai sugeria 3 mikronų bangos ilgio šviesą. Skystos agregatinės būsenos vanduo taip stipriai sugeria šiuos spindulius, kad, jeigu mūsų akys šiuos spindulius galėtų regėti, vanduo mums atrodytų juodas kaip smala. Iš dalies vanduo sugeria ir matomosios šviesos raudonuosius spindulius, būtent dėl to storas vandens sluoksnis yra charakteringos melsvos spalvos (Гриншпан, Гончар, 2011).

Chemiškai grynas vanduo yra toks, kuriame be vandens molekulių nėra jokių kitų molekulių priemaišų. Vanduo yra silpnas elektrolitas, t.y., tik 1 iš

550 mln. molekulių yra disocijavusi, todėl per tokią vandenį elektros srovė neteka. Gamtoje susiduriame su „chemiškai negrynu“, t. y., mineralizuotu vandeniu, kurį paveikus elektros srove, vyksta vandens jonizacija. Šio proceso metu jonizuojasi vandens ir jame ištirpusių druskų molekulės. Netikslu šį procesą vadinti vandens elektrolize. Energiškai patogiau vandens molekules ne tiesiog skaidyti į jonus, bet jas oksiduoti ir redukuoti. Prie katodo išsiskiria vandenilio, bet ne dėl vandenilio jonų, o dėl vandens molekulių redukcijos: $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$. Tuo pat metu prie anodo išsiskiria deguonis, nes vyksta vandens oksidacija: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$. Bendroji lygtis: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$. Indą tarp elektrodų perskyrus laidžia membrana, susidarę vandenilio (oksonio) ir hidrosilo jonai negali laisvai susijungti ir relaksuoti iki pradinės būsenos. Šiuo atveju prie katodo kauptųsi vanduo su hidrosilo jonų pertekliumi (šarminis vanduo, katolitas), o prie anodo – vanduo su vandenilio (oksonio) jonų pertekliumi (rūgštinis vanduo, anolitas).

Gali būti, kad prie katodo vyksta ir energiškai vandeniui artimų elektrocheminių sistemų redukcija: vandenyje ištirpusios mineralinės druskos skyla į teigiamą krūvį turinčių metalo (kalcio, magnio, kalio, natrio) ir neigiamą krūvį turinčių nemetalų, rūgšties liekanų (chloro, sieros, fosforo ir kt.) jonus. Netirpios redukuotos medžiagos nusėda, ir katodinis vanduo apsivalo nuo dalies ištirpusių elektrolitų. Veikiama elektrinio lauko, susidaro metastabilios vandens klasterių ir priemaišų struktūros, galinčios veikti kaip metabolizmo katalizatorius. Taip gaunamas elektrolizuotas (*aktyvuotasis*) vanduo (*Klimaitė ir kt., 2003*).

pH rodiklis yra nepaprastai svarbus vertinant vandens kokybę. Nuo vandens terpės (šarminė ar rūgštinė) priklauso vandenyje vykstančių cheminių, biologinių ir biocheminių procesų greitis, vandens augalijos raida, cheminių elementų migracijos formos, vandens agresyvumas metalo konstrukcijoms, betonui ir kt. (*Klimaitė ir kt., 2003*).

Oksidacijos – redukcijos potencialas (ORP) apibūdina tirpalo pajėgumą atiduoti ir prijungti elektronus. Jis gali būti teigiamas arba neigiamas. Standartinis oksidacijos – redukcijos potencialas apskaičiuojamas, remiantis tiriamos sistemos ir vandenilio elektrodo potencialų skirtumu. Standartinėmis sąlygomis (pH = 0) vandenilio elektrodo potencialas lygus 0, tačiau biochemijos požiūriu standartinė pH reikšmė yra lygi 7,0, o vandenilio elektrodo potencialas yra –0,42 V ($\text{H}^+/\text{H}_2\text{O}$). Oksidacijos metu elek-

tronai nuo neigiamo oksidacijos – redukcijos potencialo junginių pereina prie junginių, kuriems būdingas teigiamas potencialas, todėl galima nusakyti elektronų srauto kryptį pernašos sistemoje; juo neigiamesnis yra standartinis oksidacijos – redukcijos potencialas, tuo elektronų prijungimas yra sunkesnis, ir atvirkščiai. Vykstant oksidacijos – redukcijos reakcijoms organizme, elektronai skverbiasi prie oksidacijos – redukcijos sistemos, turinčios teigiamiausią redukcijos potencialą, t. y., prie deguonies redukcinės sistemos, kurios potencialas +0,82 V.

Oksidacijos – redukcijos potencialas yra labai svarbus gamtinių vandenų kokybės rodiklis. Jo dydis leidžia įvertinti oksidatorių ir reduktorių režimą ne tik paviršiniuose ir nutekamuosiuose vandenyse, bet ir dejonizuotame vandenyje bei elektrolitų tirpaluose. Gamtinio vandens, turinčio nuolatinį kontaktą su atmosferos oru, skirtingai nei požeminio vandens, ORP labiau teigiamas.

Visais laikais mokslininkai bandė išsiaiškinti anomalias vandens savybes ir įvairius jų keitimo būdus. Buvo nustatyta, kad vanduo, keičiant sąlygas (temperatūrą, slėgį ir kt.) gali įgauti visiškai naujų savybių. Labai ryškiai tai pastebima paveikus vandenį įvairiais spinduliais. Yra ir daugiau būdų, kuriais galima pakeisti vandens savybes, paprastai šie būdai vadinami vandens aktyvacija. Vandeniui aktyvuoti dažniausiai naudojama magnetinis, mechaninis, ultragarsinis, terminis, elektrocheminis ir kiti aktyvacijos būdai, kurių metu vandens molekulės veikiama energija. Vandens elektrocheminės aktyvacijos metu dėl elektrocheminio poveikio vyksta kryptingas bereagentinis pH, ORP ir kitų fizikocheminių tirpalų ir vandens parametrų pasikeitimas daug platesniuose diapozonuose nei tai vykty cheminių procesų metu (*Васильева, 2013*).

Tiriant elektrolitų tirpalus pastebėta, kad aktyvuotas su pakitusių savybėmis skystis pereina į metastabilią būseną ir gali pakeisti kitų skysčių ir kietų medžiagų savybes, tačiau šis gebėjimas įtakoti išlieka tik trumpu aktyvuoto skysčio *elektrocheminės relaksacijos periodu*. Kiekvienai elektrochemiškai aktyvuotai skystai terpei būdinga oksiduotos arba redukuotos būsenos maksimali riba. Nutraukus aktyvuojantį poveikį tirpalas tam tikrą laiką būna metastabilioje būsenoje, kuri apibūdinama anomaliais fizikiniais – cheminiais parametrais. Idealiomis sąlygomis aktyvuotos medžiagos metastabili būseną gali išlikti neapibrėžtai ilgą laiką, jei tarp jos ir aplinkos nėra energijos mainų, nors sudaryti tokias sąlygas yra labai sunku. Ši savaimi-

nė vandeninių tirpalų fizikinių – cheminių parametrų relaksacija, baigus tirpalo elektrolizę, rodo, kad šie tirpalai yra termodinamiškai pusiausvyros sistemos, t. y., jie turi perteklinės vidinės energijos (*Koučeev, 2013*).

Aktyvuotų tirpalų savybių relaksacijos greitis priklauso nuo energijos mainų su aplinka; jis tuo didesnis, kuo mažesnis tirpalo tūris ir kuo didesnis tirpalo paviršiaus plotas. Katolitas normaliomis sąlygomis ramybės būsenoje per pirmas dvi valandas nerelaksuoja. Katolitas, saugomas sklidinai užpildytame ir sandariame inde savo parametrų nekeičia 2 – 3 parų laikotarpiu, o *anolitas* atvirame ar sandariame inde (išskyrus varinius indus) nekeičia savo parametrų gana ilgą laiką – savaites, net mėnesius. Elektrocheminė terpės relaksacija – negrįžtamas procesas, todėl dėl entalpijos padidėjimo didžioji dalis elektros potencinės energijos pereina į šilumą, t. y., vyksta energijos išsklaidymas, kuris pereina kelias psiaudostabilias oksidacijos ir redukcijos būsenas, kol pasiekama stabili termodinaminė pusiausvyra. Tuo laikotarpiu elektroaktyvuota terpė palaipsniui praranda aktyvumą ir sumažėja jos katalitinis poveikis cheminiams ir biologiniams procesams. Lėtus procesus sąlygoja labai didelis skaičius nuoseklių dalelių tarpusavio susidūrimų, o jų relaksacijos laikas proporcingas sistemos dydžiui (terpės tūriui). Praėjus šiam laiko tarpui skystis sugrįžta į būseną, artimą pradinei, t. y., atgauna savo pradines savybes. Termodinaminę tirpalų pusiausvyrą apsprendžia ne tik cheminės, bet ir struktūrinės – energetinės anomalijos. Elektroaktyvuotų tirpalų savybių relaksacijos laikas priklauso nuo jų energijos mainų su aplinka. Ji tuo greičiau įvyksta, kuo mažesnis tirpalo tūris ir kuo didesnis energijos mainų paviršius (*Koučeev, 2013*).

Rusų mokslininkai Brezdynjk, Reznikov, Pustovalova ir Trofimova (2012), ištyrę skysčių su teigiamais ir neigiamais oksidacijos – redukcijos potencialais, veikiamų įvairiais faktoriais 20 dienų, pokyčius, pastebėjo, kad anolito ORP reikšmė per laiką praktiškai nepakito, tuo tarpu katolito ORP ryškiai pasikeitė ir po 5 valandų jo ORP reikšmė pasikeitė 124 procentais nuo pradinės. Jų tyrimo išvadose teigiama, kad katolito oksidacijos – redukcijos potencialo pokyčiai temperatūros, skiedimo ir maišymo įtakoje įvyksta kelis kartus greičiau, nei tokių pačių veiksmų veikiamame anolite.

Dejonizuoto vandens elektrolizės metu anolite nesusidaro stiprių oksidatorių, priešingai, anolito ORP reikšmės sumažėja, nes jas apsprendžia per

membraną perėję katodinių reakcijų produktai. Sumažinto ORP fone anolite yra padidėjęs deguonies kiekis. Katolite pastebimas nedidelis vandenilio peroksido ($H_2O_2 < 10^{-7} M$), susidarancio katodinės deguonies redukcijos metu, kiekis. Mažinant ištirpusio deguonies kiekį (leidžiant per katolitą inertines dujas, pvz., argoną) sumažėja ir katodinės deguonies redukcijos produktų, todėl katolite pastebimos žymiai sumažėję ORP reikšmės. Po kiek laiko katolito ir anolito fizikocheminiai parametrai relaksuoja iki pusiausvyrų reikšmių, praktiškai išnykdamami per parą. Pastebėta, kad reduktorių oksidavimas oro deguonimi nėra pagrindinė katolito parametrų relaksacijos priežastis. Manoma, kad katolito ir anolito nepusiausvyros būsenos trukmė priklauso nuo dujų mainų su aplinka greičio (*Пускарев и др., 2003*).

Dauguma vandens tyrimų sunkiai atkuriami, tam yra objektyvios priežastys. Vanduo su jame ištirpusiomis dujomis sudaro labai sudėtingą pusiausvyrą oksidacinę – redukcinę sistemą. Šios sistemos parametrų svyravimai labai priklauso nuo gamtinių ir technologinių faktorių (radiacinis fonas, apšvietimas, sukūriai, fazių sąlyčio riba), o taip pat įvairių priemaišų net labai mažų kiekių. Vandens oksidacinės – redukcinės sistemos svyravimus lemia aktyvios vandens ir deguonies formos, kurios nuolat susidaro suaktyvinus ir suskaidžius vandens molekules, o taip pat sužadinus ištirpusio deguonies molekules. Dėl to vandenyje kaupiasi nedideli vandenilio peroksido kiekiai, o, esant vandenyje nesočių organinių junginių, ir organinių peroksidų. Reakcijų tarp įvairių aktyvių vandens formų ir jų tarpusavio sąveikos su vandeniu pobūdis priklauso nuo fazių sąlyčio bei jo rūšies, dažniausiai, nuo kietų dalelių arba mikroburbuliukų. Vandenyje esantys jonai arti fazių sąlyčio ribos formuoja dvigubąjį sluoksnį, tuo pačiu metu dėl protonų tankio persiskirstymo per vandens vandenilinių jungčių sistemą tam tikru atstumu nuo paviršiaus vyksta vandens terpės protonų persiskirstymas. Energijos kaupimas ir vandens sistemos struktūrizacija vyksta tol, kol neišsilygina fazių sąlyčio riboje elektrinio lauko difuzijos gradientai. Sistema, pasiekus kritinių sąlygų pusiausvyrą, gali staigiai suirti; tokiu atveju galimas greitas vandenilio ir organinių peroksidų susidarymas ir toks pat greitas jų skilimas, kuomet atsiranda įvairių vandens ir oro molekulių aktyvių formų, tuo pačiu, sistema dalinai arba pilnai restruktūrizuojasi. Priklausomai nuo sistemos restruktūrizacijos laipsnio ir priemaišų savybių atsiranda įvai-

rūs skirtingų rūšių relaksaciniai svyravimai. Jie apibūdinami sąlyginai ilga energijos kaupimo ir greita jos išlaisvinimo stadijomis (Беловолова, Глушков, Виноградов, 2012).

Tyrimo rezultatai ir jų analizė.

Tyrimams buvo naudojamas Vilniaus miesto Žvėryno šaltinio kurio pH 7,20; ORP yra +706 mV ir dejonizuotas vandentiekio vanduo (dejonizatorius Demiwa), kurio pH 8,86, ORP – +100,6 mV. Oksidacijos – redukcijos potencialas ir vandenilinis rodiklis pH buvo nustatyti elektrometriniu metodu naudojant Hana Instruments jonomatį ir automatinį titratorių Mettler Toledo DL 15. Vandens jonizavimui naudotas jonizatorius PTV-K. Vanduo buvo jonizuojamas nuo 5 iki 45 min. ir stebimas šarminio ir rūgštinio vandens pH bei ORP parametrų kitimas laike. Šių dydžių vertės buvo matuojamos pradiniu momentu, po 3, 6 ir 24 val. bei po savaitės.

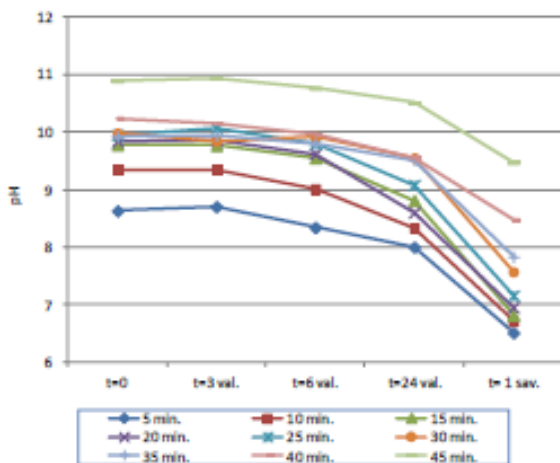
Iš 1 ir 2 pav. duomenų matyti, kad 5 ir 10 min. jonizacijos trukmė yra per trumpa, nes pH reikšmės pakito labai nežymiai, ypač tai galima matyti iš šaltinio vandens rezultatų. Jonizuojant vandenį ilgesnį laiką, pH vertė šaltinio šarminiame vandenyje jau po 15 min. viršijo pH 10 ribą ir mažai pakito po 45 min. Tuo tarpu, dejonizuotame vandenyje ši pH riba pasiekta tik jonizavus vandenį 45 min. ir savo reikšme pasiekė didžiausią pH skaitinę vertę. Po 3 ir 6 val. šarminiame dejonizuotame vandenyje pH pakito vi-

siškai nežymiai, po 24 val. pH vertė vidutiniškai sumažėjo per 0,74 pH vieneto, po savaitės – vidutiniškai per 2,34 pH vieneto. Po 24 val. šarminiame šaltinio vandenyje pH vertė vidutiniškai sumažėjo per 0,3 pH vieneto, po savaitės pH sumažėjo per 1 pH vieneta.

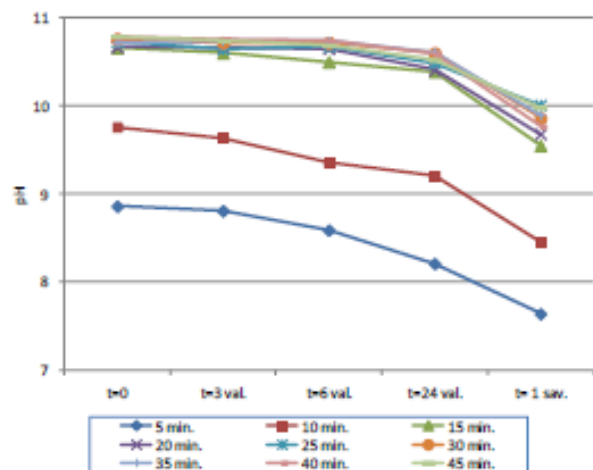
Didžiausia neigiama ORP reikšmė (-818,9 mV) buvo pasiekta jonizuojant šaltinio vandenį 30 min. (4 pav.), o ilginant jonizacijos trukmę iki 45 min. neigiamos ORP reikšmės ėmė nežymiai mažėti.

5 ir 10 min. jonizacijos trukmė yra per trumpa (3 pav.), kad būtų pasiektos neigiamos dejonizuoto vandens katolito ORP reikšmės. Dejonizuotame katolite stebimos kitokios ORP reikšmių kitimo tendencijos nei šaltinio jonizuotame vandenyje; ilginant jonizavimo laiką iki 45 min. neigiamos ORP reikšmės nuosekliai didėjo ir pasiekė tik -184,6 mV. Neigiama šaltinio vandens ORP reikšmė 4,4 karto didesnė už didžiausią neigiamą dejonizuoto vandens ORP reikšmę.

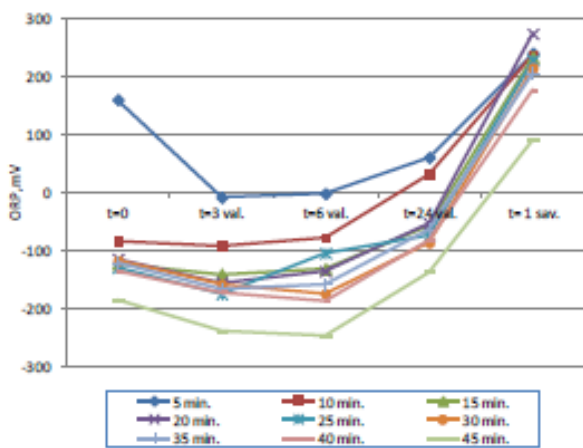
Po 3 val. šarminiame dejonizuotame vandenyje neigiama ORP reikšmė sumažėjo vidutiniškai 25 proc., palyginus su pradine, po 6 val. ORP reikšmė stabilizavosi. Po 24 val. ORP reikšmė vidutiniškai padidėjo 43,8 proc., po savaitės – 280 proc. nuo pradinės vertės. Šarminiame šaltinio vandenyje po 3 val. ORP reikšmė vidutiniškai padidėjo 5,2 proc., po 6 val. – 10,7 proc., po 24 val. ir po 1 sav. – atitinkamai 102,4 proc. ir 215,5 proc. nuo pradinės ORP reikšmės.



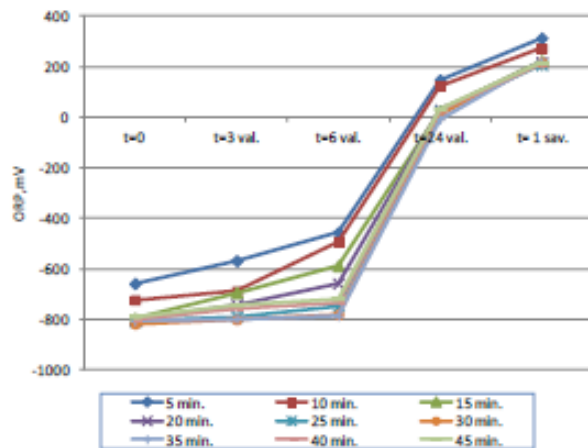
1 pav. Šarminio dejonizuoto vandens pH kitimas laike



2 pav. Šarminio šaltinio vandens pH kitimas laike



3 pav. Šarminio dejonizuoto vandens ORP (mV) kitimas laike



4 pav. Šarminio šaltinio vandens ORP (mV) kitimas laike

Išvados

1. ORP apibūdina tirpalo pajėgumą atiduoti ir prijungti elektronus. Oksidacijos – redukcijos potencialas yra labai svarbus gamtinių vandenų kokybės rodiklis. Jo dydis leidžia įvertinti oksidatorių ir reduktorių režimą ne tik paviršiniuose ir nutekamuosiuose vandenyse, bet ir distiliuotame vandenyje bei elektrolitų tirpaluose. Gamtinio vandens, turinčio nuolatinį kontaktą su atmosferos oru, skirtingai nei požeminio vandens, ORP labiau teigiamas. Vandens elektrolizės metu ant katodo susidaro molekulinis vandenilis, kuris yra reduktorius, būtent, jo tirpimas vandenyje ir tolygus pasiskirstymas po visą indo tūrį apsprendžia neigiamas katolito ORP reikšmes.
2. pH pokyčių tyrimo rezultatai parodė, kad po vienodos trukmės elektrolizės vandenilio jonų koncentracija dejonizuotame vandenyje labai mažai skiriasi nuo vandenilio jonų koncentracijos šaltinio vandenyje. Anodinis šaltinio vanduo yra rūgštesnis už anodinį dejonizuotą vandenį, o katodinis šaltinio vanduo yra silpniau šarminis negu katodinis dejonizuotas vanduo. Tai galima paaiškinti tuo, kad, leidžiant srovę, šaltinio vandenyje vandenilio jonų koncentracija kinta dėl jame esančių priemaišų, galinčių pernešti elektros krūvį. Katodinis šaltinio vanduo, matyt, dėl jame esančių gausesnių redukuojančių elektrocheminių priemaišų, yra silpniau šarminis. Savaitę laikyto elektrolizuoto vandens pH pokyčiai labai nedideli. Ilgainiui katodinio vandens šarminumas mažėja, t. y., aktyvuoto vandens

3. ORP pokyčių tyrimo rezultatai parodė, nutraukus aktyvaciją, vanduo tam tikrą laiką būna metastabilioje būsenoje, kuri gali išlikti neapibrėžtą laiką. Savaiminis vandens fizikinių – cheminių parametrų (pH, ORP) pasikeitimas baigus jį aktyvuoti rodo, kad tiek dejonizuotas, tiek šaltinio vanduo yra termodinamiškai pusiausviros sistemos, turinčios perteklinės vidinės energijos. Kai vandenyje yra energijos perteklius, cheminių reakcijų ir įvairių fizikocheminių procesų metu vyksta jos išsklaidymas. (Некрасова Л. П., 2013). Elektrochemiškai sužadintos sistemos parametrų sugrįžimo į pusiausvirinę būseną greitis yra tiesiog proporcingas pradinio nuokrypio dydžiui.

Literatūra

1. Klimaitė J., Maruška R., Žilaitis V., Motiejūnas A. (2003) Aktyvuoto vandens vartojimo in vitro galimybių įvertinimas. [Elektroninė versija]. Prieiga per internetą: <http://vetzoo.lva.lt/data/vols/2003/22/pdf/klimaite.pdf>
2. Беловолова Л. В., Глушков М. В., Виноградов Е. А. (2012) Релаксационные колебания характеристик сильно разбавленных водных растворов. [Elektroninė versija]. Prieiga per internetą: www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p5.pdf
3. Брездынюк А. Д., Резников К. М., Пустовалова И. В., Трофимова Т. Г. (2012) Возможность изменения окислительно-восстановительного потенциала

- жидкостей с исходным различным уровнем ОВП. [Elektroninė versija]. Prieiga per internetą: www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p6.pdf
4. Васильева Н. В. (2013). Особенности строения молекулы воды и способы изменения ее свойств. Челябинск, Южно-Уральский государственный университет. «Вода: химия и экология» № 1 за 2013 год, стр. 52-60.
 5. Гриншпан Д. Д., Гончар А. Н. (2011) Структура жидкой воды. Новый подход. «Вода: химия и экология» № 1 за 2011 год, стр. 52-60.
 6. Зацепина Г. Н. (1998) Физические свойства и структура воды. МГУ, 1998. 184с.
 7. Кошечев А. (2013) Вода: Релаксация ЭВР. [Elektroninė versija]. Prieiga per internetą: <http://www.koshcheev.ru/2013/01/30/h2o-elax/>
 8. Некрасова Л. П. (2013) Проблемы измерения и интерпретации окислительно-восстановительного потенциала активированных вод. [Elektroninė versija]. Prieiga per internetą: http://www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=4406
 9. Пискарев И. М., Ушканов В. А., Лихачев П. П., Мысливец Т. С. (2003) Окислительно-восстановительный потенциал воды, насыщенной водородом. [Elektroninė versija]. Prieiga per internetą: http://depni.sinp.msu.ru/~piskarev/V/water_red_ox.pdf

DETERMINATION OF THE STABILITY OF IONIZED WATER PARAMETERS

Summary

The study of oxidation – reduction (ORP) of ionized water (spring and deionized) and pH variation in time has been carried out. It was found that the ORP values of alkaline ionized water are unstable and change in time from – 818.9 to +312.5 mV, acidic ionized water remains relatively stable, but the data are not addressed in this article. The study of pH changes results showed that after equal periods of electrolysis hydrogen ion concentration in deionized water does not differ significantly from the hydrogen ion concentration in spring water. Anode spring water is more acidic than the anode deionized water, and cathode spring water is less alkaline than cathode ionized water. This can be explained by the fact that when passing the current, hydrogen ion concentration in water varies because it contains impurities that can carry an electrical charge. Cathodic water, apparently because of the numerous electrochemical reducing impurities, is less alkaline.

Key words: hydrogen bond, cluster, ionized water, activated water, alkaline water, catholyte, acidic water, anolyte, water anomalies, hydrogen ratio pH, electrochemical relaxation period, oxidation – reduction potential (ORP).