

CHARAKTERISTIKA ANORGANICKÝH LÁTOK A VODNÉHO KAMEŇA

Daniela CVELIHÁROVÁ - Alena PAULIKOVÁ

CHARACTERISTICS OF INORGANIC SUBSTANCES AND WATER STONE

METES

Motivation - Education - Trust - Environment - Safety 2020

ABSTRAKT

Voda je najrozšírenejšou látkou na Zemi. Je podstatnou zložkou biosféry a má popri pôde prvoradý význam pre zabezpečenie výživy ľudstva. Voda so sebou nesie chemikálie, minerály, či iné živiny. Anorganické látky sa v zemskej kôre nachádzajú najčastejšie v dvoch formách: ako horniny a ako minerály. Uhličitany sú veľmi rozšírené minerály a tvoria hlavnú zložku mnohých sedimentárnych hornín. Korózia a zanesenie potrubných rozvodov inkrustami môže vážne ohroziť dodávku vody ako aj jej kvalitu.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: horniny, minerály, uhličitany, modifikácie uhličitanu vápenatého, vodný kameň

ABSTRAKT

Water is the most abundant substance on Earth. It is an essential component of the biosphere and, in addition to the soil, is of paramount importance for the provision of human nutrition. Water carries chemicals, minerals or other nutrients.

Inorganic substances are most often found in the earth's crust in two forms: as rocks and as minerals. Carbonates are very common minerals and form a major component of many sedimentary rocks. Corrosion and clogging of pipelines with incrustations can seriously jeopardize the water supply as well as its quality.

KEY WORDS: rocks, minerals, carbonates, modifications of calcium carbonate, limescale

ÚVOD

Voda je najdôležitejšou zlúčeninou na zemskom povrchu. Voda predstavuje chemickú zlúčeninu dvoch atómov vodíka a jedného atómu kyslíka. Je to silne polárna zlúčenina. [16] Pokrýva 70 % povrchu, dávajúc planéte nádhernú modrú farbu, ktorú vidáme na fotografiách z vesmíru. Veľká väčšina 97,4 % svetovej vody nie je pitná ale slaná a tvorí oceány. Zvyšných 2,6 % predstavuje všetku pitnú vodu, čo máme. Navyše 86 % z tohto množstva nie je priamo prístupných, pretože sú zmrazené v ľadovcoch. [6] Vodu vyskytujúcu sa v prírode môžeme pokladať za roztok anorganických aj organických látok (plynných, kvapalných i tuhých). [19] Jedným z najlepších rozpúšťadiel na svete je voda. Má schopnosť rozpustiť akýkoľvek organický alebo anorganický materiál, ak je vystavený jej vplyvu dostatočne dlho. [18] Chemicky čistá je destilovaná voda. Z chemického hľadiska rozdeľujeme látky nachádzajúce sa vo vodách na anorganické a organické. [19]

Pitná voda je definovaná ako voda v pôvodnom stave alebo po úprave určená na pitie, varenie, prípravu potravín alebo na iné domáce účely bez ohľadu na jej pôvod a na to, či bola dodaná z rozvodnej siete, cisterny alebo ako voda balená do spotrebiteľského balenia a voda používaná v

potravínarských podnikoch pri výrobe, spracovaní, konzervovaní alebo predaji výrobkov alebo látok určených na ľudskú spotrebu. Nesmie obsahovať žiadne mikroorganizmy, parazity ani látky, ktoré v určitých množstvách alebo koncentráciách predstavujú riziko ohrozenia zdravia ľudí akútnym, chronickým alebo neskorým pôsobením a ktorej vlastnosti vnímateľné zmyslami nezabraňujú jej požívaniu alebo používaniu a splňa limity ukazovateľov kvality pitnej vody. Pitná voda musí byť teda zdravotne bezpečná. [10] Voda je obvykle významným a najjednoduchším každodenným zdrojom vápnika a horčíka pre organizmus človeka. (Tab.1)

*Tabuľka 1 - Látky, ktorých prítomnosť v pitnej vode je žiaduca
(Nariadenie vlády č. 354/2006 Z. z.)*

Ukazovateľ	Symbol	Limit	Jednotka
Horčík	Mg ²⁺	10 - 30 (odporúčaná hodnota) 125 (medzná hodnota)	mg/l mg/l
Vápnik	Ca ²⁺	> 30 (odporúčaná hodnota)	mg/l
Horčík a vápnik	Ca ²⁺ a Mg ²⁺	1,1 - 5,0 (odporúčaná hodnota)	mmol/l

Odporúčaná hodnota obsahu vápnika a horčíka pre pitnú vodu podľa vyššie uvedeného predpisu je 1,1-5 mmol/l (t.j. tvrdosť vody 6,16 až 28 °N). Pitná voda nikdy nie je chemicky čistou zlúčeninou H₂O, ale je systémom vo vode rozpustných plynov, minerálnych a organických látok. Pri hodnotení kvality pitnej vody musíme zohľadňovať dve hľadiská: po prvé neprítomnosť, resp. minimalizovanie obsahu látok pre zdravie škodlivých, po druhé prítomnosť látok pre zdravie prospešných. Pitná voda je zdrojom minerálnych látok a stopových prvkov, ktoré sú pre život človeka nevyhnutné, esenciálne, pretože organizmus si ich sám nevie vytvoriť a musia byť prijímané potravou a vodou. V pitnej vode sú obvykle v iónovej forme, dokonale rozpustené a preto ľahko vstrebateľné a využiteľné. [3]

ANORGANICKÉ LÁTKY

Medzi hlavné anorganické súčasti prírodných vôd patrí vápnik, horčík a sodík, ktoré sú prítomné prevažne ako kationy, a z aniónov hydrogenuhličitan, sírany a chloridy. V malých koncentráciách sú v prírodných vodách zastúpené ešte draslík, železo a mangán a v stopových koncentráciách mnoho ďalších kovov, ktorými sa voda obohacuje pri styku s pôdou, rôznymi minerálmi a horninami. Zo zlúčenín nekovov prichádzajú do úvahy v malých koncentráciách amoniak a amonné ióny, dusitany, dusičnany a fosforečnany. Do skupiny neiónovo rozpustných látok patria najmä zlúčeniny kremíka, bóru a titánu. [19] V nasledujúcich podkapitolách je objasnené zloženie vodného kameňa na príkladoch hornín a minerálov.

HORNINY

Horniny sú zhluky zvyčajne viacerých, no niekedy iba jedného či dvoch minerálov. Predstavujú zhluky rozličných zŕn minerálov, ktoré sú spojené tavením, stmelením alebo vzájomnou väzbou. Organické sedimenty usadených hornín sa skladajú zo skamenelín a z materiálov odumretých organizmov. Chemické sedimenty usadených hornín vznikajú chemickým vyzrážaním zlúčenín napr. soľ kamenná, kalcit.[1] Horniny sú agregátmi jedného alebo viacerých minerálov. Napriek tomu, že

druhý prípad je častejší, mnohé horniny, (Tab.2) vytvárajúce celé pohoria, obsahujú ako hlavnú zložku jediný minerál. To je napríklad prípad vápencov, ktoré obsahujú ako hlavný minerál kalcit. [3]

Tabuľka 2 - Horniny

Vyvreté horniny	Premenené horniny	Usadené horniny
Vznikajú kryštalizáciou roztaveného materiálu. Rztavená horninová hmota sa nazýva magma, keď sa dostane na povrch, nazýva sa láva.	Vznikajú premenou už existujúcich hornín, podmienkou na premenu je určitá teplota a tlak.	Vznikajú na pevninskom povrchu, na dne morí a oceánov. Usadené horniny sa ukladajú do vrstiev. Sú výsledkom zvetrávania, erózie a akumulácie častí tých hornín, ktoré už vznikli skôr.

Keď horninu tvoria len kryštáliky jedného druhu hovoríme o monominerálnej hornine. Takou sú napr. vápence, ktoré sú tvorené prevažne len kryštálikmi kalcitu (CaCO_3). Fyzikálne (a chemické) vlastnosti kryštálov určuje druh častíc ktoré tvoria kryštál a sily príťažlivosti medzi nimi. Kryštály kalcitu sú nevodivé, iónové kryštály. Sú tvorené pravidelne sa striedajúcimi kationmi a aniónmi, ktoré sú navzájom viazané elektrostatickými príťažlivými silami (nemajú smerovú povahu). Katióny alebo anióny môžu byť jednoduché (NaCl), alebo zložené (kalcit - CaCO_3). V štruktúre NaCl , a CaCO_3 , je každý kation obklopený šiestimi aniónmi a naopak. Takúto štruktúru možno zobrazit kryštalochemickým vzorcom $\{\text{Na}^+ \text{Cl}^- 6/6\}$, resp. $\{\text{Ca}^{2+} (\text{CO}_3^{2-}) 6/6\}$. [6]

SINTER

Medzi usadené horniny patrí sinter, jeho sedimentárne štruktúry tvorí uhličitan vápenatý, ktorý býva často sfarbený prímiesami, najmä oxidmi železa. Sintrové formy sa vyskytujú v podobe kvapľov a iných útvarov v jaskyniach vo vápencových oblastiach. (Obr.1) [1]



Obrázok 1 - Sintrová výzdoba v Belianskej jaskyni

Celá reakcia, kedy do nech vstupuje vápenec, voda a vo vode rozpustný oxid uhličitý a vzniká hydrogénuhličitan vápenatý je obojsmerná. K jaskynnej výplni zaraďujeme všetku kvapľovú hmotu z uhličitanu vápenatého, ktorú súborne nazývame ako sinter (Tab.3).

Z mineralogického hľadiska ide predovšetkým o kalcit. Okrem kalcitu vytvára jaskynnú výzdobu aj aragonit, ktorý sa v jaskyniach vyskytuje vo forme veľmi komplikovaných ihlicovitých, špirálovitých a kričkovitých tvarov.

Tabuľka 3 - Sinter (kalcit) CaCO_3 , fyzikálne vlastnosti

trieda	uhličitany
kryštálová sústava	trojuholníková
tvrdosť	3
hustota	2,71
štiepatelnosť	dokonalá
lom	nerovný

MINERÁLY

Minerály (slovo je odvodené od latinského minera – ruda). [5] Aj minerály sú buď iba voľnými, nezlúčenými rýdzimi prvkami, alebo sú to zlúčeniny prvkov. Okrem niekoľkých výnimiek (voda, ortuť) sú minerály zložené z pevných anorganických prvkov alebo tvoria zlúčeniny prvkov. Majú svoju charakteristickú atómovú štruktúru a chemické zloženie, ktoré sa mení iba v rámci určitých hraníc. Ich zloženie možno vyjadriť chemickým vzorcom. Minerály sú rozdelené do tried, a to podľa ich chemického zloženia a kryštálovej štruktúry. Prírodné prvky sú voľné, nezlúčené prvky, ktoré rozdeľujeme do troch skupín na kovy (napr. zlato, striebro), polokovy (napr. arzén, antimón) a nekovové prvky (vrátane síry a uhlíka). Nekovové prvky sú priehľadné až priesvitné, nevedú elektrický prúd a majú tendenciu tvoriť dokonale vyvinuté kryštály. Uhličitany sú zlúčeniny, v ktorých sa kovové či polokovové prvky (jeden alebo viac) zlučujú s uhličitanovým radikálom $(\text{CO}_3)^{2-}$. Napríklad najrozšírenejší uhličitan kalcit vzniká zlúčením vápnika s uhličitanovým radikálom. Uhličitany tvoria väčšinou dokonalé klencové kryštály. Ľahko sa rozpúšťajú v kyseline chlorovodíkovej a mávajú syté sfarbenie. Do triedy uhličitanov patrí okolo 200 minerálov. [1]

Tabuľka 4 - Štyri podskupiny uhličitanov

SKUPINA UHLIČITANY			
KALCITOVÁ s hexagonálnymi štruktúrami minerálov	ARAGONITOVÁ s ortorombickými štruktúrami minerálov	DOLOMITOVÁ dva rôzne katióny usporiadané do vrstiev	MONOKLINICKÁ uhličitany s OH - aniónmi

(MHC) Monohydrokalcit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) - sa v geologických podmienkach považuje za vzácny minerál kvôli svojej metastabilite. [8] Každá voda obsahuje vápnik v prírodnej podobe; jeho obsah závisí od geologickej skladby horniny, ktorou voda preteká. [4] Uhličitany (Tab.4) sú veľmi rozšírené minerály a tvoria hlavnú zložku mnohých sedimentárnych hornín. Mnohé z uhličitanov sú dôležitými priemyselnými surovinami a ťažia sa v obrovských množstvách. Niektoré uhličitany sú surovinou pre získavanie kovových resp. iných prvkov (Fe, Zn, Ba, Mg, Mn). Uhličitany tvoria zväčša dokonalé klencové útvary a sú svetlé, ale aj intenzívne sfarbené. [20]

UHLIČITAN VÁPENATÝ

Uhličitan vápenatý alebo CaCO_3 predstavuje viac ako 4% zemskej kôry a nachádza sa po celom svete. Najbežnejšou prírodnou formou je krieda, vápenec a mramor, ktoré sa produkujú sedimentáciou škrupín malých fosílnych slimákov, mäkkýšov a koralov v priebehu miliónov rokov. Uhličitan vápenatý je jedným z najužitočnejších a najuniverzálnejších známych materiálov. [9] Uhličitan vápenatý (CaCO_3) je chemická zlúčenina, ktorá sa v prírode vyskytuje ako minerály kalcit a aragonit, alebo ako hlavná súčasť vápenca – usadenej horniny prevažne biologického pôvodu. Je vo vode nerozpustný, ale reakciou s vodou nasýtenou rozpusteným oxidom uhličitým vnika rozpustný hydrogénuhličitan vápenatý. [12]



MODIFIKÁCIE CaCO_3

Uhličitan vápenatý kryštalizuje v najčastejšie sa vyskytujúcich kryštalografických modifikáciách, napr. ako kalcit, aragonit a vaterit. (Tab.5)

Tabuľka 5 - Porovnanie fyzikálnych vlastností vybraných modifikácií CaCO_3

	KALCIT	ARAGONIT	VATERIT
trieda	UHLIČITANY		
chemické zloženie	CaCO_3		
kryštalová sústava	trojuholníková trigonálna	kosoštvorcová ortorombická	šesťuholníkový hexagonálna
tvrdosť	3	3,5 - 4	3
hustota	2,71	2,94	2,54-2,65
štiepatelnosť	dokonalá	zreteľná	
lom	pololastúrovitý		

KALCIT

Kalcit je najčastejšie sa vyskytujúcou modifikáciou uhličitanu vápenatého v prírode. Kalcit je jedným z najbežnejších minerálov, je to horninový minerál vápenca. [15] Najtermodynamicky najstabilnejšou formou uhličitanu vápenatého pri 25 ° C a 1013 hPa je kalcit. (Obr. 2) Kalcit II sa teda tvorí pri 1,70 GPa a konvertuje sa pri 2,15 GPa na kalcit III, ktorý je pri izbovej teplote stabilný na 6,16 GPa. Pri rovnakom tlaku sa kalcit III premieňa na aragonit pri 345°C. Kalcit je, samozrejme, pevný, granulovaný, vláknitý alebo monokryštál a ako materiál tvoriaci horniny je jedným z najbežnejších hornín v štruktúre zemskej kôry. Nachádza sa v vápencových, mramorových a stalaktitových jaskyniach. Kalcit často pochádza z biomineralizácie, pretože mnoho morských organizmov ho môže ľahko tvoriť presýtením morskej vody CaCO_3 . [2] Kalcit je termodynamicky stabilná modifikácia pri normálnych podmienkach teploty a tlaku. Je obsiahnutý napr. vo vápencoch a v travertíne. [6] Existuje asi 300 rôznych odrôd kalcitu. Minerál je bezfarebný, priesvitný až priehľadný. Jeho jemnozrnná forma sa nazýva krieda. Kalcit sa využíva pri výrobe cementu a vápna. Vápenec sa ťaží povrchovým spôsobom a najväčšími odberateľmi tejto suroviny sú cementárne. [5] V podobe prímiesi kalcit obsahuje predovšetkým Mg, Fe, Mn a menej často tiež Sr, Ba, Zn, Pb a Co. Často sa nachádza krystalovaný v podobe klencových, skalenoedrických, prizmatických alebo tabuľkovitých kryštálov. [2]



Obrázok 2 - Až 2,5 cm veľké sklenoedrické kryštály kalcitu na fialovom fluorite. Elmwood mine, Carthage, Smith Co., Tennessee, USA. Foto: Peter Haas

Kalcit sa šumením rozpúšťa v studenej zriedenej kyseline chlorovodíkovej.[1] V porovnaní s inými minerálmi je kalcit ťažko odolný voči poveternostným vplyvom. Kalcit sa tvorí podľa chemickej rovnováhy:



Rovnováha vyššie uvedenej reakcie sa so zvyšujúcou sa teplotou stále viac posúva na pravú stranu. V teplých vodách môžu živé predmety tvoriť vodný kameň s menšou spotrebou energie. Týmto spôsobom sa usadzuje vodný kameň v parných kotloch a iných nádobách, v ktorých sa ohrieva vápenatá voda. [14] Kalcit stredne tvrdý minerál, čo znamená, že ho možno poškríbať medenou mincou. [11] Pri normálnom tlaku je kalcit stabilný až do bodu rozkladu (približne 900 ° C). [15] Kalcit sa môže meniť na aragonit napr. pri veľmi vysokom tlaku. Pri karbonatizácii vápna a zhydratovateľného cementu v betóne môže vznikáť okrem kalcitu prechodne aj vaterit a aragonit. Nestále modifikácie sa postupne premieňajú na stabilný kalcit. Minerály kalcit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) a magnezit (MgCO_3) sú hlavnými minerálnymi zložkami uhličitanových (karbonátových) hornín - vápencov, dolomitov a magnezitov. [6] Kalcit je jedinečný v tom, že jeho štiepenie má tri odlišné smery. Ďalšou dôležitou vlastnosťou kryštálu kalcitu je jeho vlastnosť dvojitého lomu. [9]

ARAGONIT

Aragonit v podobe prímiesí často obsahuje Sr, menej tiež Mg, Fe a Zn. Aragonit (Obr. 3) tvorí stebľovité, ihličkovité aj vláknité agregáty, ktoré majú často radiálne lúčovú alebo paralelnú stavbu. Aragonit je najčastejšie bezfarebný, biely, šedý, žltkastý, ružovkastý alebo fialový; tzv. "vřídlovec" je tvorený striedajúcimi sa svetle sfarbenými vrstvičkami s vrstvičkami sýto hnedé až fialovo hnedé či červenohnedej farby.



Obrázok 3 - Aragonit (tzv. „železný květ“), Ochtinská aragonitová jaskyňa, Slovensko

Aragonit je v prírode rozšírený ďaleko menej ako kalcit, ktorým býva často paramorfovaný. Stretávame sa s ním na hydrotermálnych žilách (Příbram), v dutinách čadičov (Hořenec u Bíliny, Hřídelec pri Novej Paky), príp. iných neovulkanitou; aragonit sa v podobe vriedlovca alebo hrachovca ukladá z horúcich minerálnych prameňov (Karlový Vary). Ako súčasť jaskynnej výzdoby je aragonit prítomný v jaskyniach Slovenského krasu a najmä vo Zbrašovských aragonitových jaskyniach u Teplic nad Bečvou. Aragonit je prítomný v kostiach stavovcov a vo schránkach mäkkýšov; sú ním tvorené aj pravé perly. [2]

Aragonit sa v prírode vyskytuje v menšej miere.[6] Aragonit vytvára prizmatické, predĺžené kryštály, často zdvojitý. Menej rozšírené sú kríčkovité agregáty (tzv. "Železný kvet" (floss ferri) alebo agregáty s pisolitickou stavbou "Hrachovec" (Obr. 11). Aragonit sa so šumením rozpúšťa v studenej zriedenej kyseline chlorovodíkovej. V ultrafialovom svetle často fluoreskuje. [1,2] Chemicky vzaté, aragonit je uhličitán vápenatý so zložením $\text{Ca} [\text{CO}_3]$

Aragonit je rovnomenný minerál zo skupiny minerálov s podobnou štruktúrou a / alebo zložením, aragonitová skupina. Aragonit je stabilný iba pri vysokom tlaku za podmienok vysokotlakovej / nízkoteplotnej metamorfózy. Preto je zriedkavé nájsť horninu s aragonitom, s výnimkou aragonitového mramoru. [14] Za normálnych podmienok sa aragonit mení veľmi pomaly na termodynamicky najstabilnejšiu formu kalcitu. Pri vysokých tlakoch alebo teplotách nad 70°C je to však najstabilnejšia modifikácia. Suchý aragonit je stabilný pri teplote miestnosti. [2]

Vysokotlakový modifikovaný aragonit (Obr. 12) je tiež stabilný za normálnych podmienok. Zvýšením teploty má tendencia prejsť na stabilnejší kalcit výhodne pri asi 400°C sa aragonit úplne premení na kalcit. [15] Na premenu aragonitu na kalcit postačuje prítomnosť rozpúšťadla alebo použitie minimálneho tlaku, napríklad v trecej miske. Aragonit sa ťažko ukladá v sladkej vode, jednotlivé výskyty sú preto charakteristické pre morské prostredie. [13]

VATERIT

Vaterit je v prírode veľmi vzácna a nestála modifikácia CaCO_3 . [6] Vaterit (Obr.4) je tretia modifikácia uhličitánu vápenatého. [15] Vaterit je termodynamicky nestabilná fáza uhličitánu vápenatého, ktorá existuje iba metastabilne pod 10°C . Vaterit kryštalizuje v hexagonálnom kryštalickom systéme [2] Vaterit je najmenej termodynamicky stabilná polymorfná forma bezvodého uhličitánu vápenatého.

Jeho existencia je v prírode veľmi zriedkavá, napríklad v niektorých skalných formáciách alebo ako zložka biominerálov produkovaných niektorými kôrovcami alebo vtákmi. Vaterit sa v prítomnosti vody ľahko premieňa na stabilnejší kalcit alebo aragonit. Kvôli svojej nestabilite je existencia vateritu v prírode veľmi zriedkavá. Zistilo sa, že sa vyskytuje v niektorých sedimentoch a horninách. [17]



Obrázok 4 - Vaterit

Pri teplotách nad $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ sa metastabilný vaterit mení na stabilnejší kalcit. Vaterit je metastabilná modifikácia uhličitanu vápenatého, ktorá sa vytvára pri teplote pod $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ z vodných, vysoko presýtených roztokov. Prírodný vaterit bol prvýkrát objavený v roku 1960 J.D.C. McDonnell našiel v Ballycraigy v Severnom Írsku. [14] Vzácná modifikácia CaCO_3 , ktorá je metastabilná pod približne $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Môže sa stabilizovať pomocou síranu. Suché kryštály sa po zahriatí na asi $440\text{ }^{\circ}\text{C}$ premenia na kalcit. Pri varení vo vode sa prevádza na aragonit alebo kalcit. Pri varení v roztoku NaCl sa prevedie na kalcit.

VODNÝ KAMEŇ

Prvou a hlavnou príčinou tvorby vodného kameňa s tzv. spätnou rozpustnosťou je uhličitan vápenatý, CaCO_3 . [21] Proces tvorby vodného kameňa je dôsledok toho, že prebieha tvorba zárodkov a rast kryštálov, ktoré spôsobujú tvrdosť vo vode ako aj vo vodných roztokoch. Spúšťačom procesu kryštalizácie je presýtenie, tzn. zvýšenie skutočnej koncentrácie kryštalizujúcej látky nad jej rovnovážnu rozpustnosť v danom roztoku. Termodynamický stav roztoku tvorí a určuje jeho štruktúru. Teda, pri kryštalizácii prebieha zmena štruktúry roztoku. Pomocou zmeny štruktúry roztoku, môžeme zmeniť kinetiku (rýchlosť) kryštalizácie. Ak soľ, ktorá iniciuje tvorbu vodného kameňa, kryštalizuje v rôznych kryštalografických modifikáciách, potom zmenou štruktúry roztoku, môžeme vyvolať kryštalizáciu danej kryštalografickej modifikácie, [21].

Soli nachádzajúce sa vo vode sú hydrogénuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, hydrogénuhličitan horečnatý $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, uhličitan vápenatý CaCO_3 a uhličitan horečnatý MgCO_3 . K tvrdosti vody môžu prispieť aj ďalšie prvky: hliník, mangán, zinok, bárium, stroncium, železo.

V pitnej vode je vysoký obsah týchto prvkov žiaduci, naopak v technologickej vode je príčinou tvorby tuhých nánosov (vodného kameňa). Predovšetkým z technického hľadiska bolo navrhnuté množstvo rozdelení tvrdosti vody (napr. veľmi mäkká - mäkká - stredne tvrdá - tvrdá - veľmi tvrdá). Optimálnu koncentráciu horčička a vápnika v pitnej vode nie je ľahké určiť a zdravotné požiadavky sa nemusia prelínať s technickými požiadavkami. [7]

Vodný kameň je vyzrážaný povlak uhličitanu vápenatého, na stenách nádob alebo potrubí, ktorými je vedená alebo predovšetkým zahrievaná a potom ochladzovaná tvrdá voda, ktorej teplota je nižšia ako 100 °C.

Procesy prebiehajúce pri doprave pitnej vody sa na zmene jej kvality môžu prejavovať do takej miery, že znehodnotia predchádzajúce náklady na úpravu. Tvorba vodného kameňa vo vodovodných zásobovacích potrubných systémoch je častým problémom, ktorý sa vyskytuje v rôznych municipalitách a regiónoch. (obr.5) [21]

Životnosť potrubí je daná materiálom použitým na ich výrobu. Pri prevádzkovaní potrubia bez úpravy vody dochádza k znehodnoteniu potrubia vodným kameňom. Po 10 rokoch sa priemer potrubia zmenší min. o 20 až 60 %. Čím je vyššia tvrdosť tým je vrstva nánosov vodného kameňa vyššia. [23] Inkrustácia je vznik príľnavých vrstiev určitého materiálu, potrubia, objektov a zariadení, tuhých látok vylúčených z vody a postupné upchávanie potrubí a zariadení týmito látkami.



Obrázok 5 - Vodný kameň na ohrievacej špirále (vľavo) a na stenách potrubia (vpravo)

Tvorba vodného kameňa je spôsobená zmenou rovnováhy medzi iónmi kyseliny uhličitej a hydroxidu vápenatého pri zmene teploty a ich vylúčením z vody. [25] Pri kontakte vody s materiálom potrubia (najmä kovovým) dochádza k tvorbe inkrustov (vyzrážavanie niektorých látok z vody a ich postupné usadzovanie na vnútornom povrchu potrubia, vrátane produktov korózie). Intenzita tohto procesu závisí od kvality vody, jej agresívnych vlastností a od použitého materiálu potrubia. [23]

Inkrusty sa vyskytujú vo vodovodnom potrubí ako mazľavý nános, alebo ako pevné alebo veľmi tvrdé usadeniny strupovitej povahy. Inkrustácia znižuje prietokový profil a zväčšuje drsnosť stien. To sa prejavuje stratou energie a sníženou odvádzacou kapacitou potrubia. [22]

Tvorba vodného kameňa má však aj jednu výhodu – poskytuje zariadeniu určitý čas ochranu proti korózii. Prechodnú, tzv. uhličitanovú, tvrdosť vody (tvorí ju hydrogenuhličitan vápenatý a horečnatý) môžeme odstrániť zohriatím vody, pričom vznikne uhličitan vápenatý, resp. horečnatý, ktorý sa usadzuje ako tzv. vodný kameň na potrubí, koncových zariadeniach, ako sú ohrievacia špirála, výmenník tepla, varná kanvica, alebo v hrncoch. Usadený vodný kameň spôsobuje celý rad funkčných porúch a znižuje energetickú účinnosť daného zariadenia. [24]

Metódy odstránenia vodného kameňa:

- Mechanické - odieranie vzniknutého kameňa použitím sily
- Chemické - rozpúšťanie pomocou kyselín (kyselina citrónová, kyselina chlorovodíková)
- Fyzikálne - magnetická, elektromagnetická, galvanická úprava

ZÁVER A DISKUSIA

Človek sa s vodou stretáva od svojho narodenia až do posledného dňa svojho života. Voda nás teda sprevádza počas celého života, hoci si to ani neuvedomujeme. Považujeme ju za samozrejmosť a spravidla jej nevenujeme veľkú pozornosť. Podľa kvality zdroja sa voda upravuje rôznym spôsobom. Požiadavky na kvalitu pitnej vody v SR sú ustanovené v právnych predpisoch a sú založené na medicínskych dôkazoch. Pitná voda nesmie obsahovať väčšie koncentrácie organických i anorganických látok. Jej kvalitu určujú normy. [10] Požiadavkám na kvalitu pitnej vody sa na medzinárodnej úrovni venujú renomované odborné inštitúcie, ktoré súčasne poznatky systematicky prehodnocujú a aktualizujú. Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z. z. uvádza ako odporúčanú hodnotu pre pitnú vodu obsah vápnika a horčíka 1,1 až 5 mmol/l (t. j. tvrdosť vody 6,16 až 28 °dH). [7] Hlavným cieľom článku bolo informovať o anorganických látkach vyskytujúcich sa v prírode a vo vode, ich vplyv na tvorbu vodného kameňa.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] PELLANT, CH. 1992. Horniny a minerály. Martin: Vydavateľstvo Osveta, š.p., 1994. 256 s. ISBN 80-217-0563-9, ISBN0-7513-10000 - X (anglický originál)
- [2] Zimák, J.: Systematická mineralogie: 2005: dostupné na internete: https://www.geology.upol.cz/upload/studijni_materialy/plne_texty_skript/2005_Zimak_Jiri_Sytematicka_mineralogie.pdf
- [3] KORPOVÁ, K. a kol. 2017. Význam obsahu stopových látok v pitnej vode pre zdravie človeka, (Informačný systém Pitná voda), ÚVZ SR, 7 strán. (http://www.uvzs.sk/docs/info/tb/22032017/UZV_Voda-letak.pdf)
- [4] <https://www.bvsas.sk/sk/o-vode/kvalita-vody/aku-vodu-pijeme/tvrdost-vody.html>
- [5] <https://fns.uniba.sk/fileadmin/prif/chem/kag/Zam-Jesenak/2005envi/ENV.03.pdf>
- [6] <https://vedanadosah.cvtisr.sk/zazrak-nazyvany-voda>
- [7] <http://pitnavoda.enviroportal.sk/ukazovatele-kvality-pitnej-vody>
- [8] Mikuš, T. a kol.: Mineralogická charakteristika asociácie sekundárnych karbonátov vápnika zo Španej Doliny - prvý nález monohydrokalcitu z rudných ložísk na území Slovenska, Bull Mineral Petrolog 25, 2, 2017. ISSN 2570-7337: Dostupné na internete: <http://bullmineral.cz/paper/download/165/fulltext>
- [9] https://www.ima-na.org/page/what_is_calcium_carb
- [10] Magazín o vode, meste a životnom štýle - občasník Východoslovenskej vodárenskej spoločnosti, a.s. 8/2018 Vydavateľ: Agentúra Penelopa, s.r.o., Košice ISSN: 2585-786X]
- [11] <https://de.wikipedia.org/wiki/Calcit>
- [12] https://sk.wikipedia.org/wiki/Uhl%C4%8Ditan_v%C3%A1penat%C3%BD
- [13] <https://de.wikipedia.org/wiki/Vaterit>
- [14] <https://de.wikipedia.org/wiki/Aragonit>
- [15] <https://core.ac.uk/download/pdf/12008833.pdf>
- [16] http://kekule.science.upjs.sk/chemia/digitalna_kniznica/assets/data/Voda%20a%20zdroje%20ej%20znecistenia.pdf
- [17] file:///C:/Users/Administrator/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/crystals-09-00223%20(1).pdf Pauliková, A.: SYSTÉM NA ÚPRAVU TEKUTÍN V PRIEMYSLE, Technická univerzita v
- [18] Košiciach Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Park Komenského 8, 041 87 Košice, Transfer inovácií 7/2004
- [19] <http://bigcichlids.6f.sk/voda-chemicke-zlozenie-vody.p93.html>
- [20] <https://fns.uniba.sk/fileadmin/prif/chem/kag/Zam-Jesenak/2005envi/ENV.03.pdf>
- [21] Pauliková, A., Paulová, L.: Úprava teplej úžitkovej vody v domácnostiach a priemyselných prevádzkach - fyzikálna úprava. Časopis: Plynár – vodár – kurenár + klimatizácia. č. 5/2009,

str. 36 – 40, ISSN 1335-9614

- [22] Kolektív autorů: Aktuální problémy provozů městských vodovodních sítí: Sborník přednášek: Dům techniky ČSVTS Brno, 1981: Ev. číslo: 60/515/81
- [23] <https://www.smv.cz/res/archive/015/001798.pdf?seek=1429083261>
- [24] <https://www.asb.sk/biznis/sprava-budov/prevenicia-tvorby-vodneho-kamena>
- [25] https://sk.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%BD_kame%C5%88

ADRESY AUTORIEK

doc. Ing. Alena PAULIKOVÁ, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Jána Bottu 25,
917 24 Trnava, Slovenská republika
e-mail: alena.paulikova@stuba.sk

Ing. Daniela CVELIHÁROVÁ

Technická univerzita v Košiciach, SvF Vysokoškolská 4, 04200 Košice, Slovenská republika
e-mail: daniela.cveliharova@gmail.com

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevkov zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.