

S T U • •
• • • • •
• M T F •
• • • • •

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
Materiálovotechnologická fakulta



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA



VODA

Lenka BLINOVÁ

Trnava 2009



Táto publikácia bola podporená
Agentúrou na podporu výskumu a vývoja
na základe zmluvy č. LPP-0171-07.



Publikácia je určená stredoškolským učiteľom na podporu vyučovania environmentálnej výchovy, ako aj študentom prejavujúcim záujem o štúdium environmentálne špecializovaných univerzitných študijných programov.

Autor: © Ing. Lenka Blinová

Recenzenti: Ing. Kristína Gerulová, PhD.
doc. Ing. Mária Linkešová, CSc.

Rok vydania: 2009

Vydalo: Tlačové štúdio Váry pre MTF STU v Trnave

Vytlačil: Tlačové štúdio Váry, Trnava

Ilustrácie použité v publikácii sú voľne dostupné na internete.

ISBN: 978-80-89422-05-0



Obsah

Úvod.....	4
Od Tálesa z Milétu po vodu na Mesiaci.....	5
Význam vody pre človeka	7
Som výnimočná.....	9
Obsahujem toho veľa	10
Moja štruktúra	11
Fyzikálne, chemické a senzorické vlastnosti	12
Poznaj ma a chráň	18
Moja nekonečná cesta atmosférou	19
Minerálne vody.....	24
Zrážkové (atmosférické) vody.....	25
Prevádzková a úžitková voda	26
Morská voda	26
Závlahová voda.....	27
Odpadová voda	27
Znečisťujú ma, nerob to aj ty.....	28
Zdroje znečistenia	30
Zlúčeniny fosforu	31
Zlúčeniny dusíka	32
Organické látky.....	34
Eutrofizácia.....	35
Moja kvalita	36
Záver	37



Voda

„Vode bola daná čarovná moc byť miazgou života na Zemi.“

Leonardo da Vinci

Úvod

Voda je najrozšírenejšou látkou na Zemi a súčasne aj nezastupiteľnou zložkou v životnom prostredí človeka. Ovplyvňuje chemické, fyzikálne a biologické procesy, ktoré v nej prebiehajú. Je dôležitou zložkou biosféry a má popri pôde prvoradý význam pre zabezpečenie výživy ľudstva. Využívame ju na osobnú potrebu a spotrebu, priemyselnú a poľnohospodársku výrobu, rekreáciu, premenu energetického potenciálu a dopravu. V rôznych formách vytvára podmienky pre život organizmov, čím ovplyvňuje existenciu prírodných ekosystémov, ktoré sú súčasťou krajiny a zároveň aj životným prostredím človeka. Je základnou zložkou biomasy, hlavným prostriedkom pre transport živín, pre ich prijímanie a vylučovanie. Voda je skutočne absolútne nepostrádateľnou pre všetky formy života, aké sa kedy vyvinuli na Zemi. V mnohých smeroch voda riadi náš život a podmieňuje, kde môžeme žiť.

Asi 2/3 nášho tela tvorí voda. Každý deň jej potrebujeme viac ako 2 litre. Nahrádza vodu, ktorú stratíme vylučovaním a dýchaním. Voda je dôležitejšia ako jedlo – väčšina ľudí môže prežiť 50–60 dní bez jedla, ale len 5–10 dní bez vody.

...22. marec je Svetový deň vody



Od Tálesa z Milétu po vodu na Mesiaci



Dejiny ľudských civilizácií sú dejinami vzťahov medzi vodou a človekom. Pre existenciu života je voda potrebná a ničím nenahraditeľná. Preto od najstarších dôb upútavala pozornosť nielen človeka v bežnom živote, ale aj filozofov a bádateľov z oblastí prírodných vied. Grécki filozofi sa intenzívne zaoberali zložením hmoty. Usilovali sa nájsť základnú látku, z ktorej sa podľa ich názoru skladá každá látka.

Táles z Milétu (asi 624–548 p. n. l.) považoval vodu za jedinu pralátku. Učil, že všetko vzniklo z vody.

Podľa *Empedokla* (asi 483–423 p. n. l.) vznikajú všetky veci, látky a pod. zmiešaním štyroch pralátok, „koreňov všetkých vecí“ – ohňa, vody, vzduchu a zeme a zanikajú rozložením ich zmesi.

Aristoteles (384–322 p. n. l.) vytvoril filozofiu viac zameranú na prírodu, a preto jeho názory mali veľký vplyv na vedecké myslenie. Podľa neho sa okolitý svet skladá zo štyroch základných elementov (zem, voda, oheň, vzduch).

Empedoklovo a Aristotelovo učenie o pralátkach viedlo neskôr k myšlienke premeny látok zmenou konštitúcie týchto základných látok a vzniku alchýmie a alchymistických teórií, možnosti transmutácie látok, prípravy elixíru života a ďalších.

Anglický chemik *H. Cavendish* (1731–1810) v roku 1784 ako prvý pripravil vodu z vodíka a kyslíka (spaľovaním vodíka) a tým dokázal, že voda nie je prvok. Zároveň aj určil objemový pomer vodíka a kyslíka vo vode.

Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) v roku 1783 rozložil „prvok“ vodu preháňaním vodných pár cez žeravé železo na vodík a kyslík. Je považovaný za tvorca základov modernej kvantitatívnej chémie a vytvoril základy chemickej analýzy vôd.

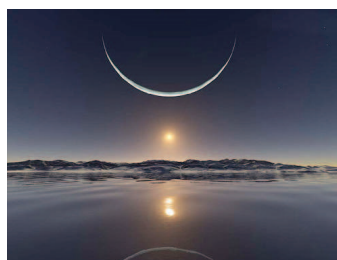
V roku 1841 *C. R. Fresenius* (1818–1867) prepracoval kvalitatívne delenie kationov sulfánom a analyzoval minerálne a povrchové vody.



Švédsky chemik *J. J. Berzelius* (1779–1848) sa v prvej polovici 19. storočia venoval analýze minerálnych vôd. Jeho práce prispeli k postaveniu balneológie na vedecký základ.

Rozvoj hydrochémie a technológie vody bol koncom 18. a v 19. storočí podporovaný rozvojom priemyslu a požiadavkami na kvalitu pitnej vody. Začal sa sledovať vplyv zloženia vody na výrobné procesy a kvalitu výrobkov (napr. už v roku 1791 bol známy vplyv vápnika a horčíka na technológiu farbenia tkanín). Zväčšujúce sa znečisťovanie povrchových vôd splaškovými a priemyselnými odpadovými vodami si vynútilo vypracovanie špeciálnych metód analýzy vody. V roku 1841 *Clark* navrhol stanovenie tvrdosti vody mydlovým roztokom a *Kubel* v roku 1866 metódu stanovenia organických látok vo vode ich oxidáciou manganistanom draselným. Prvým pokusom o zjednotenie metód rozboru vôd bolo vydanie amerických štandardných metód v roku 1905. V Československu boli vypracované jednotné metódy v roku 1928.

Život úplne závisí od vody, preto vedci hľadajú prítomnosť tejto vzácnej tekutiny aj v okolitom vesmíre. Najčastejšie sa hovorí o jej výskyte na Marse, ale astronómovia a planetológovia nachádzajú dôkaz o jej existencii aj na ďalších planétach a mesiacoch Slnčnej sústavy, dokonca



aj na samotnom Slnku. Aj napriek tomu, že Slnko je príliš horúce na to, aby tam bola voda, nachádza sa tu pochopiteľne iba v plynnom stave v centrálnych oblastiach slnečných škvŕn nazývaných umbra, ktoré majú relatívne nízku teplotu, t. j. menej ako 4000 Kelvinov. Voda sa taktiež objavuje aj vo vzdialenom vesmíre, kde sa veľké množstvo vody nachádza v molekulárnych mračnách v medzihviezdnom priestore. Aj protoplanetárna hmľa, z ktorej vzniklo Slnko a celá Slnčná sústava, obsahovala veľké množstvo vody, z ktorej časť sa zachovala v Oortovom mraku, kde sa z nej zrejme ešte dnes tvoria nové kométy. Jadrá komét obsahujú desiatky percent vody. Podľa jednej z teórií práve kométy priniesli na Zem väčšinu vody, ktorá sa tu v súčasnosti nachádza.



Ďalšou „mokrou“ zastávkou je Mesiac, ktorý časom bombardujú kométy a meteority. Slniečna energia ju následne rozštiepi na jej základné prvky vodík a kyslík, ktoré okamžite unikajú do vesmíru. Napriek tomu existuje hypotéza, že na Mesiaci sa môžu vyskytovať významné zvyšky vody, buď na povrchu alebo uväznené v kôre ako nerozmrazené kapsule ľadu. Podľa predpokladov sa voda nachádza takmer na všetkých planétach Slniečnej sústavy, či už v plynnom, kvapalnom alebo tuhom skupenstve, s výnimkou planéty Venuša.

Význam vody pre človeka

Jedným zo základných zdrojov biosféry je voda (hydrosféra), ktorá pre ľudskú spoločnosť plní mnoho funkcií. Hlavnou funkciou vody je jej biologická funkcia (výživa ľudstva, podnebný a pôdny činiteľ atď.), zdravotná a hygienická funkcia (osobná a verejná hygiena človeka, odstraňovanie odpadkov, čistenie, vykurovanie, klimatizácia atď.) a nakoniec tiež kultúrna a estetická funkcia (skrášlenie krajiny, rekreácia atď.). Voda je skrytá vo všetkom, s čím sa denne stretávame – jedlo, ktoré jeme, šaty, ktoré si obliekame, knihy, ktoré čítame, videokazety, ktoré pozeráme, CD, ktoré počúvame a skoro všetky priemyselné výrobky, aké si vieme predstaviť. Veľké množstvo vody je využívané na výrobu, spracovanie a dopravu priemyselného tovaru a potravy. Voda sa používa tiež vo vodných elektrárňach, v ktorých sa využíva energia padajúcej vody na pohon turbín, ktoré poháňajú generátory. Elektrická energia z vodných elektrární predstavuje lacný zdroj energie. Voda sa tiež využíva na zavlažovanie v poľnohospodárstve. Treba však rátať aj so spotrebou vody na prevádzku vlastných vodárenských zariadení, pričom vo vodovodnej sieti často vznikajú veľké straty vody.

Čím sa voda začala viac využívať, tým viac jej pomaly, ale isto začalo akosi ubúdať. Dnes na konci éry uhlia a nafty, v dobe elektriny, uránu a počítačov začína byť voda vážnym problémom. V dnešnej dobe zvlášť platia slová:





„Ak ma budeš mať v úcte, vážiť si ma a chrániť, budeš žiť, ak sa so mnou rozídeš, zomrieš“. Nesmieme zabudnúť, že voda má takúto silu a moc v našom živote. Musíme stále poznávať cenu vody, lebo až ju raz naozaj spoznáme, môže byť už neskoro.

Význam vody pre človeka a jeho životné prostredie bol všestranne a výstižne definovaný v 12 bodoch Európskej charty o vode, ktorá bola vyhlásená Európskou radou 6. 5. 1948 v Štrasburgu:

1. Bez vody niet života. Voda je drahocenná a pre človeka ničím nenahradiateľná surovina.
2. Zásoby sladkej vody nie sú nevyčerpatel'né. Preto je nevyhnutné udržiavať ich, chrániť a podľa možností zveľaďovať.
3. Znečisťovanie vody spôsobuje škody človeku a ostatným živým organizmom závislým od vody.
4. Kvalita vody musí zodpovedať požiadavkám pre rôzne spôsoby jej využitia, musí zodpovedať najmä normám ľudského zdravia.
5. Po vrátení použitej vody do zdroja kvalita vody nesmie zabrániť jej ďalšiemu použitiu na verejné i súkromné účely.
6. Pre zachovanie vodných zdrojov má zásadný význam rastlinstvo, predovšetkým les.
7. Vodné zdroje musia byť zachované.
8. Príslušné orgány musia plánovať účelné hospodárenie s vodnými zdrojmi.
9. Ochrana vody vyžaduje zintenzívnenie vedeckého výskumu, výchovu odborníkov a informovanie verejnosti.
10. Voda je spoločným majetkom, ktorého hodnota musí byť všetkými uznávaná. Povinnosťou každého je používať vodu účelne a ekonomicky.
11. Hospodárenie s vodnými zdrojmi by sa malo uskutočňovať v rámci prirodzených povodí a nie v rámci politických a správnych hraníc.
12. Voda nepozná hranice; ako spoločný zdroj vyžaduje medzinárodnú spoluprácu.



U nás je v súčasnosti environmentálna politika v ochrane vôd zahrnutá v dokumente: „Stratégia, priority a zásady štátnej environmentálnej politiky“. Ochrana a racionálne využívanie vôd je jeden z desiatich sektorov, ktoré daný dokument obsahuje a ktorý je zahrnutý v 11 bodoch.

Som výnimočná

Voda je najzaujímavejšia a najtajupľnejšia zlúčenina našej planéty, ktorá vznikla pred 4,5 miliardami rokov. Fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti vody vyplývajú z jej štruktúry a chemického zloženia. Z fyzikálneho a chemického hľadiska je voda veľmi komplikovanou zlúčeninou, ktorá sa vyznačuje množstvom špeciálnych chemických a fyzikálnych vlastností, ktoré vyplývajú z elektrónovej štruktúry jej molekúl. Často sa označuje ako „univerzálne rozpúšťadlo“ alebo „kvapalina života“.

Voda je výborným rozpúšťadlom pre širokú paletu látok, má relatívne vysokú teplotu varu a teplotu topenia a taktiež veľkú tepelnú kapacitu. Voda je tak všadeprítomná, že sa stala štandardom pre mnohé jednotky, ako napr. Celziovu teplotnú stupnicu, kilogram a kalóriu. Táto najbežnejšia kvapalina je plná prekvapení. Napríklad je prekvapujúce, že voda je kvapalina a nie plyn pri izbovej teplote (okolo 25 °C) a tlaku 101 325 Pa. Relatívna molekulová hmotnosť vody je 18,0 a skoro všetky látky s vyššou relatívnou molekulovou hmotnosťou sú za týchto podmienok plyny. Uvažujme 3 bežné atmosférické plyny: dusík má relatívnu molekulovú hmotnosť 28, kyslík 32 a oxid uhličitý 44. Všetky majú relatívnu molekulovú hmotnosť vyššiu ako voda a napriek tomu ich dýchame a nie pijeme. Voda má veľmi značne vysokú teplotu varu ($t_v = 100\text{ °C}$) a práve preto je kvapalinou. Táto teplota je jedným z určujúcich bodov Celziovej teplotnej stupnice. Druhým je teplota topenia alebo teplota zamŕzania vody ($t_t = 0\text{ °C}$). Keď voda mrzne, prejavuje sa jej anomália – rozpína sa (zväčšuje svoj objem), pričom iné kvapaliny kontrahujú (zmenšujú svoj objem), keď tuhnú. Voda existuje za termodynamickej rovnováhy súčasne vo všetkých troch skupenstvách (plynnom, kvapalnom a tuhom). Voda tento stav dosiahne pri teplote 0,01 °C (273,16 K) a tlaku 611,73 Pa. Táto hodnota teploty a tlaku vo

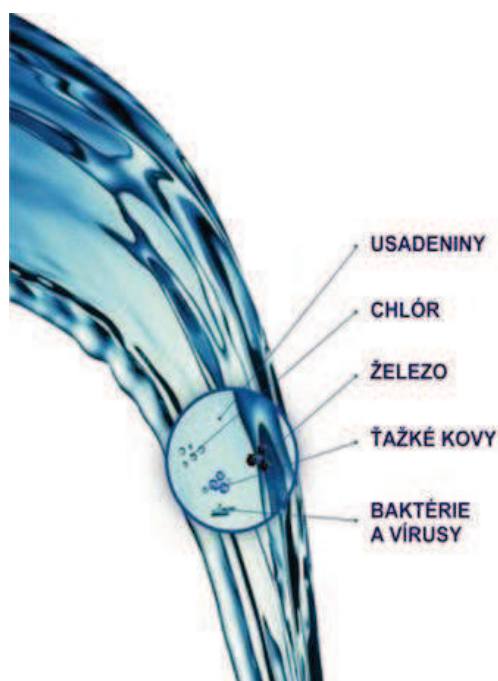


fázovom diagrame sa nazýva trojitý bod. Tieto a ďalšie nezvyčajné vlastnosti vyplývajú z chemického zloženia a molekulovej štruktúry vody.

Obsahujem toho veľa

Vodu vyskytujúcu sa v prírode môžeme pokladať za roztok anorganických aj organických látok (plynných, kvapalných i tuhých). Chemicky čistá je iba destilovaná voda. Z chemického hľadiska rozdeľujeme látky nachádzajúce sa vo vodách na anorganické a organické. Z fyzikálneho hľadiska môžu byť tieto látky prítomné ako iónovo rozpustené (elektrolyty), neiónovo rozpustené (neelektrolyty) alebo ako nerozpustené (neusaditeľné, usaditeľné a vznášavé).

Medzi hlavné anorganické súčasti prírodných vôd patrí vápnik, horčík, sodík, ktoré sú prítomné prevažne ako kationy a z aniónov sú to sírany, chloridy a hydrogenuhličitan. 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 amónne ióny, dusitany, dusičnany a fosforečnany. Do skupiny neiónovo rozpustných látok patria najmä zlúčeniny kremíka, bóru a titánu. Pomerné zastúpenie jednotlivých zložiek sa môže líšiť aj v prírodných vodách podľa ich genézy. V odpadových vodách môže byť toto zloženie úplne špecifické.



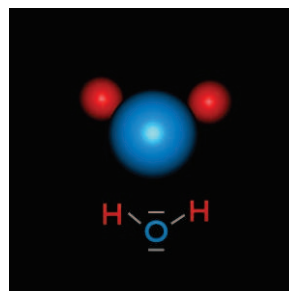


Z organických látok sa vo vode môžu nachádzať fenoly a fenolové zlúčeniny, pesticídy, karcinogénne látky, tenszidy, detergenty a ropné látky. Pôvod organických látok vo vode je veľmi rôznorodý. Prirodzené organické znečistenie prírodných vôd spôsobujú výluhy z pôdy a sedimentov, produkty životnej činnosti rastlinných a živočíšnych organizmov žijúcich vo vode. Príčinou umelého organického znečistenia je ľudský faktor a jeho civilizačná činnosť spojená so značným chemickým odpadom. Veľmi dôležitým faktorom vyplývajúcim z kontaminácie životného prostredia organickými látkami je často zabúdaný fakt ovplyvnenia biologického mikrosvetu, ktorý žije v symbióze s makrosvetom. Z hľadiska účinkov možno organické látky vo vodách rozdeliť na neškodné a škodlivé. Organické látky majú vplyv predovšetkým na kvalitu a vlastnosti prírodných vôd. Niektoré sú toxické, iné, aj keď netoxické, môžu veľmi negatívne ovplyvňovať kyslíkovú bilanciu toku alebo senzorické vlastnosti vody.

Moja štruktúra

Molekula vody (chemický vzorec H_2O) je binárna zlúčenina, ktorá vzniká spojením atómov vodíka s atómom kyslíka. Dva atómy vodíka a jeden atóm kyslíka v molekule vody sú viazané jednoduchou polárnou kovalentnou väzbou. Väzbový uhol je $104,4^\circ$. Keďže väzba O–H je v molekule vody veľmi polárna a molekula je zalomená, voda je silne polárna zlúčenina. Vďaka polárnej stavbe svojej molekuly sa orientujú molekuly vody navzájom voči sebe tak, aby sa opačne nabité póly priťahovali.

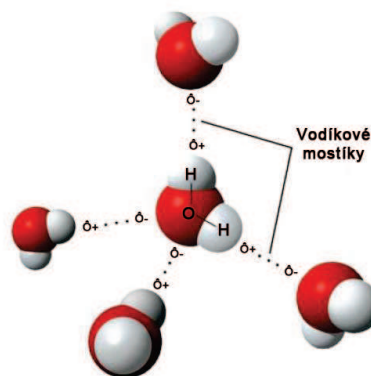
Štruktúra kvapalnej vody sa nedá jednoducho opísať, pretože každá molekula vody zmení orientáciu asi jedenkrát za mikrosekundu, čo spôsobuje veľký problém v určení okamžitej štruktúry vody. Iba simulácie v molekulovej





dynamike umožnili porozumieť kvapalnej vode na molekulovej úrovni. Molekuly kvapalnej vody sú viazané vodíkovými väzbami ku štyrom susedným molekulám. Tieto vodíkové väzby sú rovné a siete spojených molekúl sú nepravidelné. V kvapalnej vode sa bežne vyskytujú štvorčlenné až sedemčlenné kruhy molekúl spojených vodíkovými mostíkmi, kým ľad charakterizujú šesťčlenné kruhy. Kvapalná voda sa teda skladá z rýchle sa meniacej priestorovej siete molekúl vody spojených vodíkovými väzbami, ktoré v krátkych úsekoch pripomínajú štruktúru ľadu. Štruktúra ľadu je príkladom kumulácie síl mnohých vodíkových väzieb. Voda vďaka svojej štruktúre je jednou z mála látok, ktoré pri tuhnutí zväčšuje svoj objem asi o 9,2 %.

Voda sa v závislosti od teploty vyskytuje v skupenstve tuhom (ľadovec, ľad, sneh a pod.), kvapalnom (voda morí, riek, jazier, dážď, podzemná voda) a plynnom (vodné pary v ovzduší, v pôdach a dutinách zemskej kôry). Zmeny skupenských stavov vody môžu byť schematicky znázornené nasledovne:



ľad \longleftrightarrow voda \longleftrightarrow vodná para

Príslušné množstvá tepla potrebné na zmenu skupenstva sa nazývajú skupenské teplo topenia, resp. tuhnutia a vyparovania, resp. varu.

Fyzikálne, chemické a senzorické vlastnosti

Voda na našej planéte sa nevyskytuje takmer nikde v čistom stave, t. j. ako voda destilovaná. Vždy sú v nej prítomné rôzne prímеси a rozpustené rôzne zlúčeniny. Chemické vlastnosti vody sú podmienené obsahom rozpustených látok, ktoré sa v nej nachádzajú. Za normálnej teploty a tlaku je voda



bezfarebná číra kvapalina bez zápachu a chuti. Veľké objemy vody podliehajú teplotným zmenám pomaly, čím voda vykonáva funkciu termostatu, v ktorom môžu organizmy žiť bez nebezpečenstva prudkých teplotných zmien. Vlastnosti vôd pôsobiace na zmysly človeka, najmä na chuť, čuch, zrak a hmat nazývame senzorickými (organoleptickými) vlastnosťami vôd.

Povrchové napätie

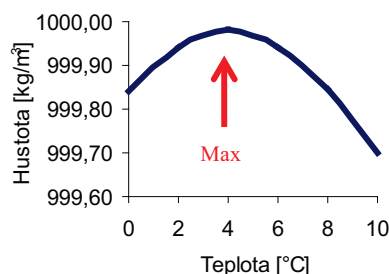
Okrem ortuti má voda najväčšie povrchové napätie zo všetkých bežných kvapalín. Veľkosť povrchového napätia závisí od kvapaliny, plynu a od ich teploty. Pri 20 °C je povrchové napätie vody $72,6 \cdot 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$. Povrchové napätie s



teplotou klesá a pri kritickej teplote je nulové. Vysoké povrchové napätie je príčinou kapilárnych javov, akými sú vzliavosť vody v kapilárach pôdy a hornín, udržiavanie prachu, drobného hmyzu a peľu na povrchu vody a pod. Čím väčšie je povrchové napätie kvapaliny, tým menšia je jej zmáčacia schopnosť.

Hustota vody

Hustota kvapalnej vody sa od 0 °C zväčšuje a pri 3,98 °C má maximálnu hustotu ($\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$), potom klesá až po teplotu varu ($\rho = 958,4 \text{ kg m}^{-3}$). Táto anomália vody má ďalekosiahle následky pre život vo vode a aj pre jej praktické použitie. Pri chladnutí do 4 °C voda klesá ku dnu, ale voda chladnejšia ako 4 °C, pretože je ľahšia, zostáva na povrchu, kde sa ďalším znižovaním teploty mení na ľad. Ľad ako ľahší pláva na vode a chráni ju pred ďalším premrzaním. Nebyť tejto anomálie, zamrzli by vody v prírode až ku dnu a zničil by sa v nich všetok život.





Oxidačno-redukčný (redoxný) potenciál

Oxidačno-redukčný potenciál prírodných vôd je obvykle daný koncentráciou rozpusteného kyslíka. Redoxný potenciál určuje oxidačné alebo redukčné podmienky vo vodách. Obvyklý rozsah v prírodných a úžitkových vodách je od -500 mV do 500 mV. Pozitívna hodnota potenciálu charakterizuje oxidačné procesy a negatívna hodnota redukčné procesy.

Elektrolytická konduktivita (vodivosť)

Vodivosť je funkciou obsahu iónov v roztoku, typu rozpustených látok a teploty. Pri vodách obsahujúcich zväčša anorganické látky (pri pitných, väčšine povrchových i niektorých odpadových vodách) sa elektrolytická konduktivita používa ako približná miera koncentrácie anorganických elektrolytov. Pri odpadových vodách, ktoré obsahujú soli organických kyselín a zásad je elektrolytická konduktivita približnou mierou koncentrácie anorganických i organických elektrolytov.

Viskozita

Hydraulické správanie sa vody podstatne ovplyvňuje hustota a viskozita vody (miera vnútorného trenia pohybujúcej sa vody). Od hodnoty viskozity závisí objem kvapaliny, ktorý pretečie kapilárnou rúrkou pri určitom pretlaku za určitý čas. Dynamická viskozita (vnútorné trenie) charakterizuje odpor, ktorý kladie voda vlastnému pohybu (toku) alebo inej vzájomnej zmene častíc vodnej masy. Zodpovedá sile potrebnej na posun 1 kg za 1 s o 1 m v určitom médiu. Viskozita vody klesá so vzrastajúcou teplotou, čiže v teplej vode je odpor proti pohybu menší ako v studenej vode.

Teplota

V závislosti od druhu vody sa jej teplota v prírode mení v širokom rozmedzí od 0 °C až skoro k teplote varu ($t_v = 100$ °C). Teplota podzemných vôd závisí od hĺbky vrstiev, z ktorých pochádza a je v priebehu roka približne rovnaká. Obyčajné podzemné vody majú teplotu v rozmedzí 5 °C až 13 °C. Vyššiu teplotu spravidla majú vody minerálne, resp. termálne. Teplota povrchových vôd



silne kolíše v priebehu ročných období i počas dňa (v rozmedzí od 0 °C po +25 °C). Ovpľyľňuje intenzitu samočistiacich procesov: čím nižšia je teplota vody, tým pomalšie tieto procesy prebiehajú. Pri vypúšťaní odpadových vôd do recipienta sa teplota vody nesmie oteplíť ani ochladiť o viac ako 5 °C.

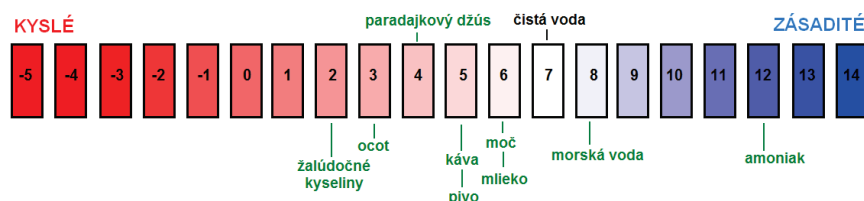
Hodnota pH

Je dôležitou veličinou na posudzovanie kyslosti alebo zásaditosti vody a je mierou obsahu látok, ktoré ju spôsobujú. Táto hodnota významne ovpľyľňuje chemické a biochemické procesy vo vodách a toxický vplyv látok na vodné organizmy.

pH je definované ako záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}^+), \text{ resp. } \text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

Vo vodných roztokoch môže byť hodnota pH od 0 do 14. Chemicky čistá voda pri +25 °C má pH = 7 (neutrálna), kyseliny od 0 do 7 (kyslá), hydroxidy od 7 do 14 (zásaditá).



Pach

Pachom vody označujeme vlastnosť vody zapríčinenú prítomnosťou prchavých látok vo vode, ktoré pôsobia na čuch. Zdroje pachu môžu byť primárne a sekundárne. Primárne zdroje pachu sú látky tvoriace prirodzenú súčasť vody (napr. sulfán), látky biologického pôvodu (vznikajú životnou činnosťou alebo odumieraním rastlín, rias, plesní, baktérií, húb, prvkov) a látky obsiahnuté v splaškových a priemyselných odpadových vodách. Sekundárny pach môže získať voda v priebehu jej technologickej úpravy (napr. chloráciou vody v prítomnosti fenolov vzniká vo vode typický chlórphenolový zápach).

Chuť



Chuť vody je podmienená prítomnosťou látok, ktoré sa do vody dostávajú prirodzenou cestou alebo sú dôsledkom znečistenia. Chuť vody významne ovplyvňuje obsah železa, mangánu, horčíka, zinku, medi, chloridov, síranov, hydrogenuhličitanov, oxidu uhličitého atď. Primerané množstvo solí a prítomnosť voľného oxidu uhličitého dodáva vode osviežujúcu príchuť. Vyšší obsah niektorých solí pôsobí nepriaznivo.

Farba

Farba vody je fyzikálnym indikátorom čistoty povrchových a podzemných vôd. Spôsobujú ju rozpustené aj nerozpustené látky. Čisté prírodné vody sú spravidla takmer bezfarebné, v hrubých vrstvách blankytne modré. Modrá farba je tým intenzívnejšia, čím menej menších suspendovaných látok voda obsahuje. Prítomnosť jemných rozptýlených látok spôsobuje prechod modrej farby do zelena. Zelenkastú farbu vody tiež spôsobuje obsah vápenatých solí a takmer zelenú farbu niektorých jazier spôsobuje útvár podlažia. Farba odpadových vôd môže mať najrozličnejšie odtiene. Pri pitnej vode tečúcej z vodovodu možno pozorovať biele zafarbenie, ktoré spôsobuje vzduch rozpustený vo vode alebo tiež hrdzavohnedé zafarbenie, ktoré je spôsobené časticami oxidu železa (tieto oxidy železa nie sú zdraviu škodlivé, väčšie množstvo ich uvoľnených častíc však negatívne pôsobí na vzhľad a chuť pitnej vody).



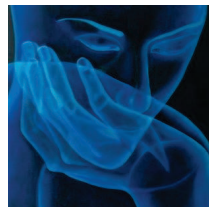
Zákal

Zákal vody spôsobujú nerozpustené aj koloidné látky anorganického pôvodu (ílové minerály, hydratované oxidy železa a mangánu atď.) a organického pôvodu (organické koloidy, baktérie, planktón atď.). Zakalené pitné a úžitkové vody majú nežiaduci vzhľad. Podzemné vody bývajú zakalené len veľmi zriedkavo a zákal tvoria zväčša anorganické látky. Povrchové vody bývajú veľmi často zakalené splachmi pôdných vrstiev alebo planktónom.



Priehľadnosť

Priehľadnosť vody závisí od jej farby a zákalu. Je to jedna z významných fyzikálnych vlastností ovplyvňujúcich množstvo prenikajúceho svetla vodným stĺpcom recipienta. V zime býva priehľadnosť väčšia ako v lete.



Tvrdosť vody

Pre bežného konzumenta vody je dôležitá jej tvrdosť. Vodu, ktorá obsahuje väčšie množstvo rozpustených solí vápnika a horčíka, nazývame tvrdá voda. Rozlišujeme karbonátovú (uhličitanovú) a nekarbonátovú tvrdosť vody – ich súčet tvorí tvrdosť celkovú. Karbonátová tvrdosť (predtým označovaná ako



prechodná – dá sa odstrániť varom) je tvorená rozpustnými hydrogenuhličitanmi vápenatými a horečnatými. Táto tvrdosť má primárny vplyv na chuť jedla a nápojov pripravených z teplej vody. Nekarbonátová tvrdosť (pôvodne

označovaná ako stála – nedá sa odstrániť varom) je tvorená chloridmi, síranmi, dusičnanmi a kremičitanmi vápenatými a horečnatými. Táto tvrdosť nemá vplyv na chuť vody a funkciu zariadení v domácnosti. Tvrdosť vody je príčinou tvorby vodného kameňa vytváraného v zariadeniach v domácnostiach, ktoré ohrievajú vodu, ovplyvňuje spotrebu pracích prostriedkov a iné. Tvrdosť vody sa v praxi hodnotí stupnicami tvrdosti vody: veľmi mäkká, mäkká, stredne tvrdá, tvrdá a veľmi tvrdá.

Rozpúšťacia schopnosť

Významnou vlastnosťou vody je jej rozpúšťacia schopnosť. Voda je v prírode najdôležitejším a takmer univerzálnym rozpúšťadlom. Rozpustnosť anorganických zlúčenín závisí od pH, teploty aj od prítomnosti ďalších látok. Vo vode ako polárnej kvapaline sa dobre rozpúšťajú polárne kvapaliny, ako sú anorganické a niektoré organické kyseliny a niektoré alkoholy. Plyny sa vo vode nerozpúšťajú v ľubovoľnom množstve, ich rozpustnosť závisí od tlaku a teploty



(rozpustnosť sa znižuje zvyšovaním teploty). Rozpustnosť plynov v kvapalinách vyjadruje Henryho zákon, podľa ktorého množstvo rozpusteného plynu je pri stálej teplote úmerné jeho tlaku nad roztokom. Rozpustnosť plynov obyčajne klesá s rastúcou teplotou, takže varom môžeme plyny z kvapaliny vypudiť. Zvýšený obsah soli vo vode znižuje rozpustnosť plynov, preto je rozpustnosť kyslíka v morskej (slanej) vode nižšia ako vo vode riečnej (sladkej).

Salinita

Salinita (slanosť) je koncentrácia rozpustených minerálnych látok (solí) v 1 kg morskej vody. Najčastejšie býva meraná v promile (‰) alebo v gramoch na liter. Priemerná slanosť svetového oceánu je 35 ‰ (35 g soli v 1000 g vody). Slanosť morskej vody ovplyvňuje nielen množstvo a druh rozpustných látok, ale aj výpar z hladiny, zrážky, prítok riečnej vody, zamŕzanie a rozmŕzanie, vertikálne premiešavanie a horizontálny prenos morskej vody.

Podobne ako pri teplote, aj v rozdelení slanosti sa prejavuje pásovitosť, ktorá je však narušovaná morskými prúdmi a prítokmi veľkých riek. V oblasti rovníka sa vyskytuje pásmo zníženej slanosti spôsobené veľkým množstvom zrážok a zníženým výparom. Od rovníka sa slanosť zvyšuje. V subtropických oblastiach, kde výpar prevyšuje zrážky, je slanosť najvyššia. Od subtropov smerom k polárnym oblastiam sa slanosť opäť znižuje. Podobne aj rozdelenie slanosti od hladiny ku dnu ovplyvňujú klimatické pomery, vertikálne premiešavanie a horizontálny prenos vody.

Poznaj ma a chráň

Množstvo dostupnej a teda využiteľnej vody pre naše použitie je asi 0,03 % z celkovej zásoby vody. Veľká väčšina, až 97,4 % svetovej vody nie je pitná, je slaná a tvorí oceány. Ľadovce a dlhodobá snehová pokrývka predstavujú približne 1,9 %. Povrchová voda na Zemi, kde patria sladkovodné jazerá, slané jazerá, umelé vodné nádrže, močiare, bažiny a korytá riek predstavuje necelé 0,02 %. Podpovrchová voda zahrňujúca pôdnu vlhu, vodu v pásme prevzdušnenia (zóna aerácie) a vodu v pásme nasýtenia (zóna saturácie) predstavuje približne 0,65 %. Distribúcia vody na zemskom povrchu

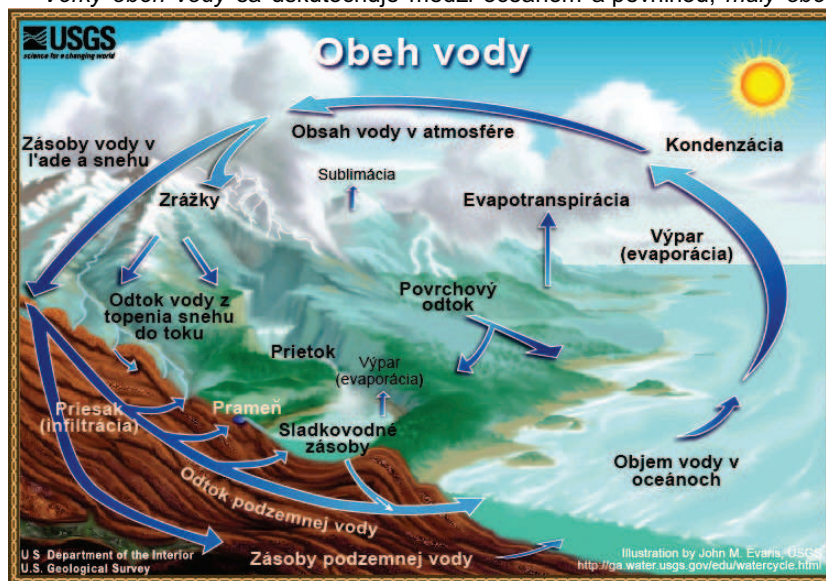


kolíše zmenou ročných období z roka na rok, ale celkové množstvo vody na zemskom povrchu zostáva v podstate konštantné.

Moja nekonečná cesta atmosférou

Jedným z najvzrušujúcejších aspektov vody je jej neustály pohyb. Voda kontinuálne recykluje a vracia sa do ekosystému, tento uzavretý cyklus sa nazýva hydrologický cyklus – kolobeh vody. Na obeh vody v prírode pôsobia základné zložky: výpary, zrážky, povrchový, podpovrchový a podzemný odtok, voda akumulovaná v prírodných a umelo vybudovaných nádržiach. Nepretržitá cirkulácia vody je vyvolaná slnečnou energiou a zemskou gravitáciou.

Veľký obeh vody sa uskutočňuje medzi oceánom a pevninou, malý obeh



vody vzniká nad oceánmi a úplne samostatný obeh vzniká nad bezodtokovými oblasťami. Zem prijíma žiarenie od slnka, zemský povrch sa zohrieva, voda sa premieňa na paru. Neustálym vyparovaním z oceánov, morí, riek, jazier, vlhkej pôdy i transpiráciou rastlín sa voda vo forme vodných pár dostáva do atmosféry. Z množstva slnečnej energie, ktorá sa po prechode atmosférou dostane

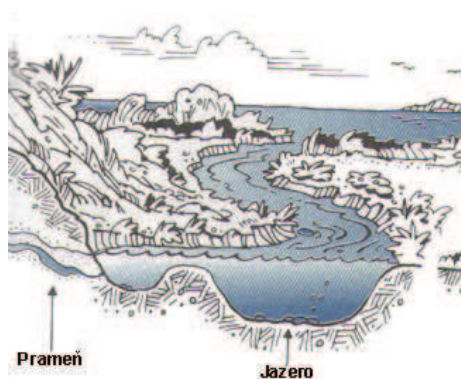


k zemskému povrchu, sa takmer 23 % spotrebuje na vyparovanie vody. Výpar takto tvorí štartovací prvok obehu vody. V chladnejšom prostredí atmosféry sa vodné pary kondenzujú, tvoria oblaky, v kvapalnej alebo tuhej forme padajú na zemský povrch a začínú stekať po ňom alebo vsakovať do zeme. Časť zrážok sa opäť vyparí. Určitý podiel vsiaknutej vody využije rastlinstvo, zvyšok sa pôsobením gravitácie dostáva späť do morí a oceánov, a tým sa celý cyklus uzatvára. Na obeh vody má podstatný podiel voda, ktorá sa každoročne vyparí z povrchu svetového oceánu. Práve v oblasti oceánov je najintenzívnejší výpar, aj najväčšie zrážky.

Pôvod a vývoj hydrosféry je úzko spojený s vývojom ostatných častí Zeme. Medzi plášťom a zemskou kôrou, medzi hydrosférou, atmosférou, litosférou a biologickou hmotou dochádza neustále k výmene vody, ktorá spôsobuje zmeny chemického a izotopového zloženia vôd. Vodu rozdeľujeme podľa rôznych kritérií, najčastejšie podľa skupenstva (plynná, kvapalná, tuhá), podľa miesta výskytu – pôvodu (zrážková, povrchová, podzemná, minerálna, morská) a podľa využitia (pitná, úžitková, priemyselná, závlahová, odpadová).

Podzemné vody

Podzemné vody predstavujú všetku vodu, ktorá sa nachádza v rôznych hĺbkach pod zemským povrchom (až 6,5 km), hlavne v póroch medzi časticami pôdy a v miestach, kde je narušená kontinuita hornín. Väčšina podzemnej vody



pochádza z povrchu, kde voda vsakuje do zeme cez póry hornín alebo cez pukliny, trhliny a skalné dutiny a iba menšia časť má pôvod z vnútra zeme. Vyznačuje sa pomerne stálou teplotou a typickým, pomerne konštantným chemickým zložením (nizky obsah rozpustených tuhých látok, plynov a mikroorganizmov), ktoré je



ovplyvnené zložením hornín, ktorými pretekala. Tieto vody predstavujú neoceniteľný, dobre dostupný a z kvantitatívneho a ekonomického hľadiska najvhodnejší zdroj pitnej vody. Výtok podzemnej vody môže byť zjavný v podobe typického prameňa, ale aj utajený, ak vyteká rozptýlene aj väčšie množstvo vody do koryta rieky dnom, alebo z brehu.

Povrchové vody

Tieto vody sú z národohospodárskeho hľadiska najdôležitejšie, lebo sú zdrojom prevádzkovej, úžitkovej a najnovšie aj pitnej vody. Je to voda odtekajúca alebo zadržovaná v prirodzených a umelých nádržiach na zemskom povrchu. Vzniká zo zrážok, z výronov podzemnej vody a z roztápania ľadovcov. Vodný recipient (vodný útvar prijímajúci vodu z určitého povodia) vzniká buď prirodzenou cestou alebo umelo – zásahom človeka.

Vody v recipiente rozdeľujeme na:

- stojaté: a) prirodzené (moria a oceány, jazerá, močiare),
b) umelé (rybníky, priehradné nádrže);
- tečúce: a) prirodzené (potoky, rieky, bystriny),
b) umelé (kanály, prieplavy).

Podľa lokality sa povrchové vody delia na:

- morské vody,
- povrchové vody kontinentálne.

Pitná voda

Pitná voda je pre svoju nezastupiteľnú úlohu v živote človeka najdôležitejším druhom prírodnej vody. Z hľadiska kvality sa kladú na ňu vysoké nároky. Vyžaduje sa, aby nielenže neškodila ľudskému organizmu, ale aby mala aj biologickú hodnotu, mala by obsahovať množstvo látok, predovšetkým stopové biogénne prvky v takom množstve a pomere, aby sa zabezpečila ich optimálna využiteľnosť ľudským



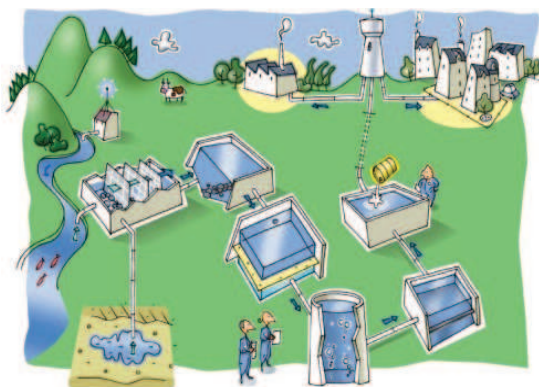


organizmom. Pitná voda pochádzajúca z akéhokoľvek prírodného zdroja (podzemnej alebo povrchovej vody) musí vyhovovať predpísaným zdravotným a technickým požiadavkám. Má byť chutná, bez nepríjemného pachu, má mať dobrý vzhľad a primeranú teplotu, aby pôsobila osviežujúco. V norme na kvalitu pitnej vody sú uvedené dve skupiny požiadaviek: jednak bakteriologické a biologické, jednak chemické a fyzikálne požiadavky. Z hľadiska biologických a bakteriologických vlastností pitná voda nesmie obsahovať žiadne choroboplodné zárodky. Fyzikálne a chemické vlastnosti pitnej vody sú pevne dané. Úprava povrchovej vody na pitnú sa robí vo vodárňach.

Podzemná voda je svojimi vlastnosťami a zložením ako pitná voda najvhodnejšia. Zo zdrojov podzemnej vody možno čerpať vodu s vysokou biologickou hodnotou a s priaznivými fyzikálnymi a bakteriologickými vlastnosťami. Obyčajne nevyžaduje zvláštnu úpravu, iba zabezpečenie po zdravotnej stránke (napr. dezinfekciu). Povrchová voda sa svojimi vlastnosťami a zložením nevyrovná podzemnej vode. Vzhľadom na obmedzené zdroje podzemnej vody a rastúcu potrebu pitnej vody význam povrchových vôd pre zásobovanie obyvateľstva rastie. V povrchovej vode sa negatívne prejavuje nestálosť zloženia, kolísanie teploty, nedostatok biogénnych prvkov a najmä jej stále rastúce znečistenie. Tieto skutočnosti spôsobujú, že úprava povrchovej vody je náročný a nákladný technologický proces.

Úprava surovej vody na pitnú vodu

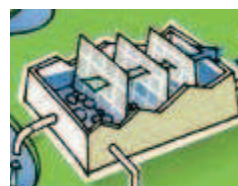
Pri úprave surovej vody na pitnú sa používajú najmä tieto procesy: mechanické predčistenie, sedimentácia, filtrácia, čírenie, odkysľovanie, odstraňovanie železa a mangánu, adsorpcia na aktívnom uhlí a hygienické zabezpečenie. Okrem nich sa v niektorých druhoch podzemných vôd musí znížiť (zmäkčovanie vody) alebo zvýšiť (stvrďovanie vody) obsah Ca a Mg na hodnotu danú normou. Napriek neustálemu zdokonaľovaniu úpravárenskej technológie mnoho rezistentných látok z povrchových vôd sa dostáva až k spotrebiteľovi (napr. zvyšky pesticídov, ropné látky, fenoly, dusičnany a pod.).



Na nasledujúcich obrázkoch sú znázornené postupy úpravy vody na pitnú vodu. Po odobraní vody zo zdroja prechádza táto niekoľkými druhmi spracovania, až kým sa z vody stane voda vhodná na konzumáciu.

Filtrácia a cedenie

Voda je najskôr filtrovaná cez jednoduchú mriežku, aby sa zachytili najväčšie častice prítomné vo vode (lístie, hmyz, čiastočky väčšie ako 1 mm). Ďalej prechádza sitom s jemnými otvormi, ktoré zachytávajú menšie častice.



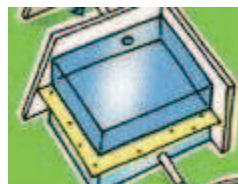
Vločkovanie a odkalovanie



Do vody je pridaný koagulátor na uľahčenie zrážania vločiek odpadu, ktoré ešte zostali vo vode (prach, zvyšky zeminy, rybie ikry atď.). Tieto vločky, ktoré sú ťažšie ako voda, sa usadia na dne sedimentačnej nádrže a takto sa odstráni 90 % látok.

Filtrácia na jemnom piesku

Voda sa filtruje na jemnom piesku a/alebo na aktívnom uhlí. Filtrácia na piesku odstráni iba látky viditeľné voľným okom. Filtre na báze aktívneho uhlia zachytia mikroskopické znečisťujúce látky ako pesticídy a pohlť časť látok organického pôvodu. Existujú tiež ďalšie spôsoby filtrácie, napr. cez membránový filter.





Ozonizácia

Voda sa dezinfikuje ozónom, ktorý má antibakteriálne a antivírusové účinky.



Tento plyn zmiešaný s vodou reaguje na látky organického pôvodu a rozbieja ich na malé častice, zlepšuje farbu a chuť vody. Ozón, plyn namodralej farby, je výsledkom premeny kyslíka, obsiahnutého vo vzduchu, vplyvom elektrických výbojov alebo ultrafialových lúčov. Úprava vody ozónom je ekologická a šetrná k životnému prostrediu.

Chlórovanie

Chlór sa pridáva do vody až pri výstupe z úpravne vody s cieľom zachovať kvalitu vody aj počas distribúcie a má tiež zabrániť náhodnej sekundárnej kontaminácii.



Minerálne vody

Podľa mineralizácie (celkového množstva rozpustených anorganických látok) a obsahu plynov sa delia podzemné vody na obyčajné (vody s nízkym obsahom rozpustených tuhých látok, plynov, či mikroorganizmov, ktoré nespĺňajú žiadne z kritérií pre minerálnu vodu) a minerálne (čerpajú sa z hĺbky niekoľko sto metrov z vodonosných vrstiev, z ktorých získali anorganické látky alebo iné rozpustené zložky, ktoré zvyrazňujú jej chuť alebo spôsobujú jej liečebné účinky). Minerálne vody sa od obyčajných podzemných vôd odlišujú svojím chemickým zložením a fyzikálnymi vlastnosťami. Sú to v podstate veľmi zriedené roztoky rozličných solí, stopových prvkov a plynov. O prírodnej minerálnej vode hovoríme vtedy, keď 1 liter obsahuje aspoň 1 gram tuhých rozpustných látok.

Podľa chemického zloženia väčšinou obsahujú minerálne vody katióny lítia, sodíka, draslíka, vápnika, horčíka a z aniónov najmä fluór, chlór, bróm, jód. Podľa prevládajúceho katiónu ich delíme na vody: sodné, horečnaté, vápenaté a s iným katiónom. Podľa prevládajúceho aniónu ich delíme na vody: hydro-uhličitanové, uhličitanové, síranové, chloridové a vody s iným aniónom.



Ak minerálna alebo stolová voda obsahuje v 1 litri aspoň 1 gram rozpusteného oxidu uhličitého, je to kyselka (medokýš), ak obsahuje v 1 litri 1 miligram sulfánu, je to sírna voda. Veľká časť našich prírodných minerálnych prameňov sú kyselky s obsahom oxidu uhličitého. Ten sa však k minerálnej vode môže pridať aj umelo (karbonizovaná voda). Ak má prírodná voda liečivé účinky, je to liečivá voda. Tieto vody delíme na: sírne, jódové, železnaté, so zvýšeným obsahom arzénu a so zvýšeným obsahom jednotlivých iónov. Podľa celkovej mineralizácie sa delia na slabo mineralizované (do 1000 mg/l), stredne mineralizované (1000–5000 mg/l), silne mineralizované (5000–15 000 mg/l) a soľanky (nad 15 000 mg/l). Podľa prirodzenej teploty pri prameni sa vody s teplotou vyššou ako 25 °C označujú ako termálne a podľa osmotického tlaku sú hypotonické, izotonické a hypertonické.

Slovensko je krajina, ktorá sa radí množstvom, výdatnosťou a chemickým zložením minerálnych vôd medzi najvýznamnejšie štáty sveta. V súčasnosti je evidovaných 1626 prameňov s rôznym chemickým zložením, výdatnosťou i teplotou. Zatiaľ, čo minerálna voda v horských a podhorských oblastiach sa na zemský povrch dostáva prirodzenými vývermi, v nížinných oblastiach prevažujú hydrogeologické vrty.

Zrážkové (atmosférické) vody

Zrážková voda je stálou súčasťou atmosféry, kde sa vyskytuje vo forme pár ako vlhkosť ovzdušia, vo forme kvapiek, zrníek a kryštálikov tvoriacich oblaky a vo forme atmosférických zrážok, ktoré padajú na zem. V závislosti od teploty a stupňa nasýtenia vzduchu parami môže ísť o zrážky kvapalné (dážď, rosa, hmla) a tuhé (sneh, ľadovec, inovať, poľadovica). Táto voda je najčistejším druhom prírodnej vody, avšak kvapky dažďa aj sneh počas prechodu vrstvou atmosféry „vymývajú“ zo vzduchu značné množstvo aerosólov, ktorých najdôležitejšie zdroje sú kontinentálny prach, soli strhávané vetrom z povrchu ľadu, z hladiny morí, vulkanická





činnosť a antropogénna činnosť. Zrážkové vody obsahujú predovšetkým rozpustené plyny, ktoré tvoria normálne zloženie vzduchu (kyslík, dusík, oxid uhličitý a vzácne plyny), ďalej plynné znečisteniny ovzdušia (oxid siričitý, oxid sírový, oxidy dusíka, amoniak atď.), ako aj tuhé látky (dym, prach atď.). Prirodzená kyslosť zrážkovej vody v rovnováhe s atmosférickým oxidom uhličitým spôsobuje hodnotu pH 5,65.

Prevádzková a úžitková voda

Prevádzková (technologická) voda sa používa na rôzne prevádzkové účely v priemysle a poľnohospodárstve. Delí sa podľa účelu použitia na vody výrobné, chladiace, závlahové, pracie a pod. Pri výrobných procesoch v priemysle sú potrebné vody veľmi odlišných vlastností. Závisí to od druhu závodu a od technologických procesov výroby. Nevhodná akosť prevádzkovej vody môže spôsobiť zhoršenie kvality výrobkov a koróziu zariadení. Okrem špecifických požiadaviek na akosť vody pre rôzne priemyselné odvetvia sú niektoré požiadavky spoločné pre väčšinu prevádzok.

Úžitková voda je voda hygienicky nezávadná, ale nepoužíva sa ako pitná voda a ani na varenie. Môže pochádzať z akéhokoľvek zdroja, ak vyhovuje zdravotným a technickým požiadavkám, používa sa na umývanie, kúpanie a na výrobné účely. Na úžitkovú vodu sa nekladú také prísne kritériá, pokiaľ ide o fyzikálne vlastnosti (teplota, farba, zákal), ako na pitné vody, ale nesmie byť odpudivá, nesmie obsahovať toxické látky a zo zdravotného hľadiska musí vyhovovať norme platnej pre pitnú vodu.

Morská voda

Morská (slaná) voda je voda z mora, oceánu alebo slaného jazera obsahujúca chemické látky, ktoré spôsobujú jej slanosť, rozdielnu hustotu a napríklad aj rozdielnu teplotu mrznutia ako u sladkej vody. Je to hlavne chlorid sodný a plyny ako dusík, kyslík či oxid uhličitý. Ďalšími zložkami sú síran sodný, síran vápenatý, chlorid horečnatý, síran horečnatý, chlorid draselný, síran draselný, uhličitan strontnatý, zlato, mangán, striebro, meď, nikel, kobalt, fluór,



antimón, železo, kremík, selén, síra, zinok a jód. Ďalšie zložky sa vyskytujú v príliš malých množstvách. Z rozpustených látok zloženie a vlastnosti morskej vody najviac ovplyvňujú soli. Priemerná slanosť svetového oceánu je 35 ‰. Priemerná hustota morskej vody na povrchu oceánu je 1025 kg m^{-3} , t. z. že morská voda má väčšiu hustotu než sladká voda. Slaná voda mrzne v priemere až pri teplote $-2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Vo svetovom oceáne sústavne prebiehajú fyzikálne, chemické, biologické procesy, ktoré znižujú alebo zvyšujú salinitu.

Závlahová voda

Na závlahu sa smie používať voda, ktorá negatívne neovplyvní zdravotný stav ľudí a zvierat, výšku úrod a kvalitu produkcie, vlastnosti pôd, kvalitu povrchových a podzemných vôd. Vplyv závlahovej vody na vlastnosti pôdy a na kvalitu pestovaných plodín je veľmi zložitý a závisí od mnohých faktorov. Na objektívne posúdenie negatívnych účinkov závlahových vôd zníženej kvality na pestované plodiny, vlastnosti pôdy a prírodné prostredie je potrebné poznať vzájomné interakcie jednotlivých zložiek biosféry (pôda – voda – atmosféra – rastlina).

Odpadová voda

Voda sa nepoužíva iba na pitné účely, ale i na mnohé ďalšie činnosti. Odpadová voda vzniká činnosťou človeka v domácnosti, poľnohospodárstve a priemysle. Dostáva sa tak do nej mnoho druhov nečistôt, ktoré je nutné odstrániť predtým, než je vypustená do riek. Odpadová voda opúšťa naše domácnosti v stave, ktorý ovplyvňujeme





my sami a aj stupeň jej znečistenia závisí hlavne od nás. Stačí napríklad nezbavovať sa prostredníctvom výleviek alebo záchodových mís neužitých liekov alebo liekov po expirácii, nových alebo použitých ropných produktov, prebytočných zásob farieb, lakov alebo riedidiel, prípravkov proti škodcom, zvyškov jedlých olejov a pod. Týchto látok by sme sa mali zbavovať prostredníctvom systému likvidácie nebezpečného odpadu. Odpadové vody z priemyselných činností majú rôzne zloženie v závislosti od priemyslu, z ktorého pochádzajú. Odpadové vody sa odvádzajú kanalizáciou do čistiarní odpadových vôd, kde sa voda čistí pomocou troch stupňov – mechanického, biologického a chemického. Po takejto úprave je možné vodu vypustiť do riek, potokov atď.

Znečisťujú ma, nerob to aj ty

Ani voda najčistejších riek, jazier, morí, oceánov nie je úplne čistá. Zloženie prírodných vôd je ovplyvnené rozpustnosťou tuhých látok a plynov,



výmenou iónov medzi kvapalnou a tuhou fázou (pôdou, horninami), chemickými, oxidačno-redukčnými a biologickými procesmi. Voda sa znehodnocuje mnohými zdrojmi, pričom najčastejšie je to ľudský a živočíšny odpad, chemické látky, ropné produkty (ekologické katastrofy), ťažké kovy, rádioaktívny odpad a splaškové vody. Medzi najväčšie zdroje znečisťovania patrí výroba celulózy, papiera a spracovanie ropy (ropné uhľovodíky spôsobujú pachové a chuťové závady vôd). Každý vodný tok je znečisťovaný inak, pretože príslušné

povodie je charakterizované vždy inou špecifickou antropogénnou činnosťou. Znečisťovanie vody sa prejavuje zmenou fyzikálnych vlastností (tepelné a rádioaktívne znečistenie), zmenou chemického zloženia (zvýšený obsah rôznych anorganických a organických látok) a aj zmenou biologického oživenia



(zvýšený obsah baktérií, rias a ďalších mikroorganizmov). Povrchové vody obsahujú obvykle väčšie množstvá organických látok (napr. humínové látky a iné polyfenoly, produkty životnej činnosti vodných organizmov – prirodzené zdroje), ako aj organické znečisteniny splaškových a priemyselných odpadových vôd – umelé zdroje. Medzi zložky, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú stav vodných tokov a zloženie vody v nich, patria:

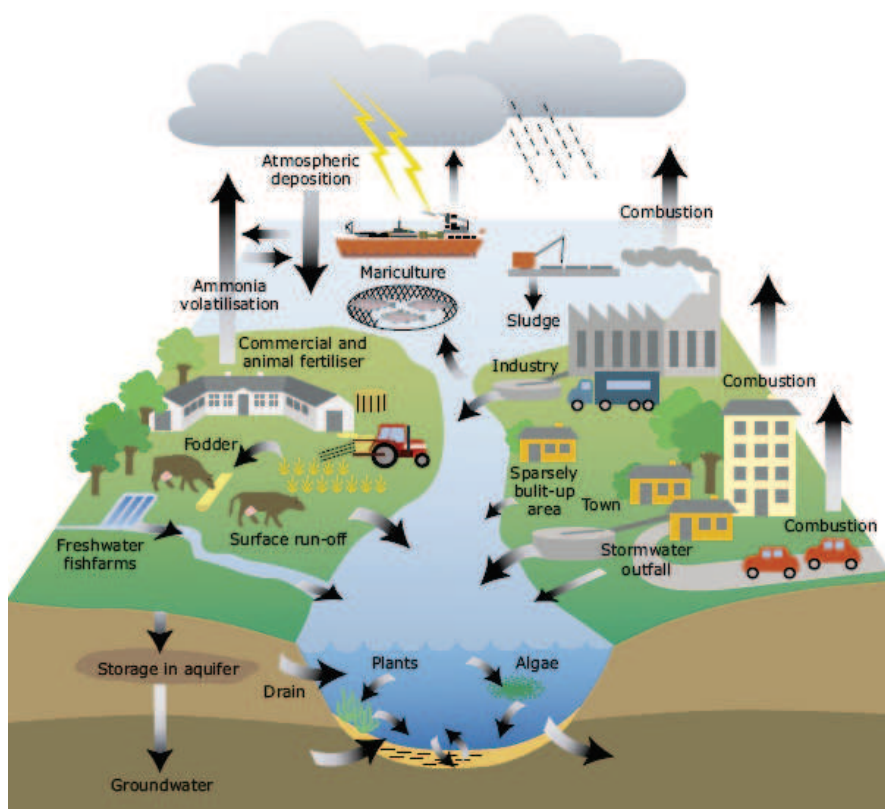
1. látky ľahšie ako voda, ktoré plávajú na hladine (tuhé látky pôsobia esteticky odpudivo, oleje a tuky, ktoré sa na hladine rozprestierajú – izolujú vodu, čím bránia rozpúšťaniu vzdušného kyslíka vo vode),
2. látky ťažšie ako voda, ktoré sa v pomalších úsekoch vodného toku usadzujú na dne, zanášajú ho a ničia tým jeho ekosystém,
3. látky rozpustné vo vode, ktoré pôsobia v celom objeme vodného toku, organické látky podliehajú biochemickému rozkladu, a tým dochádza ku zníženiu koncentrácie kyslíka vo vode,
4. špecifické látky z priemyselnej výroby (napr. kyseliny, zásady, soli ťažkých kovov, ropné látky, fenoly, kyanidy, tenzidy, pesticídy), ktoré ovplyvňujú pH vody, pôsobia na jej toxicitu (kyanidy, pesticídy, ťažké kovy, fenoly), chuť (fenoly – hlavne po dezinfekcii vody chloráciou, pričom vznikajú chlórphenoly a ďalšie chlórované látky) a fyzikálno-chemické vlastnosti (tenzidy znižujú povrchové napätie, čo je príčinou silnej penivosti vody a emulgovaniu tukov – utopenie vodných vtákov po odmastení ich peria),
5. rádioaktívne látky, ktoré podľa svojho charakteru poškodzujú organizmy rôznymi druhmi žiarenia a môžu prechádzať aj do potravinových reťazcov,
6. mikroorganizmy – baktérie, vírusy a iné.





Zdroje znečistenia

Domácnosti, priemysel a poľnohospodárstvo patria medzi hlavné zdroje znečistenia vody. Splaškové odpadové vody sú odpadové vody z domácností a zo sociálnych zariadení priemyselných a poľnohospodárskych závodov. Priemyselné odpadové vody sa podľa technologických procesov, v ktorých bola voda použitá, vzájomne líšia charakterom znečistenia, chemickým zložením a fyzikálnymi vlastnosťami. Poľnohospodárske odpadové vody tvoria osobitnú skupinu odpadových vôd vzhľadom na svoj charakter a spôsob ich likvidácie.





Podľa pôsobenia možno zdroje znečistenia vody rozdeliť do dvoch hlavných kategórií:

1. bodové zdroje – kontaminácia pochádza z jedného zdroja. Pri takomto znečistení je pôvodca znečistenia známy (napr. výuste kanalizácie, odpadové vody z mestských čistiarní, vody z povrchovej úpravy kovov, ťažba a transport ropy a pod.),
2. plošné zdroje (difúzne zdroje) – zasahujú podzemné aj povrchové vody. Plošné znečistenie je charakterizované zaťažovaním prostredia chemickými látkami, často ťažko rozložiteľnými alebo toxickými, aplikovanými na veľkých plochách. Nie je ľahké ich lokalizovať, pretože znečistenie pochádza z viacerých zdrojov (napr. odpadové vody z poľnohospodárstva dostávajúce sa do vodných tokov dažďom alebo priesakmi, splachy z okolitej pôdy, kyslé depozície a pod.).

Zlúčeniny fosforu

V prírode sa fosfor nikdy nevyskytuje vo voľnej forme, ale nachádza sa prakticky len v podobe fosforečnanov – soli kyseliny trihydrogenfosforečnej, polyfosforečnany a organicky viazaný fosfor (P_{org}). V podzemných vodách sa fosforečnany vyskytujú iba v malých koncentráciách, pretože sa v pôde zachytávajú chemicky aj fyzikálne, najmä v kyslom prostredí. Vyššie koncentrácie fosforečnanov v povrchových vodách sú nežiaduce, pretože sú jednou z príčin eutrofizácie. Zdrojom fosforečnanov je ich prítomnosť v pracích prostriedkoch a tiež ich používanie v poľnohospodárstve (hnojivá). Organicky viazaný fosfor je produktom biologických procesov. Obsah fosforečnanov v podzemných vodách určených na zásobovanie pitnou vodou sa považuje za indikátor fekálneho znečistenia, pokiaľ sú organického pôvodu.

Degradáciou organických látok či hydrolýzou polyfosforečnanov sa všetok fosfor transformuje na formu soli kyseliny trihydrogenfosforečnej. Pri biologickom čistení odpadových vôd dochádza vždy k čiastočnému odstraňovaniu fosforu z odpadových vôd alebo je tento nutrient súčasťou novej syntetizovanej biomasy odstraňovanej ako prebytočný kal z čistiarní



odpadových vôd (ČOV). Samostatne alebo v kombinácii s biologickým odstraňovaním sa môže použiť tiež chemické zrážanie fosforu pridaním železnatých, železitých alebo hlinitých solí.

Zlúčeniny dusíka

Dusík sa vo vode vyskytuje v rôznych formách a podlieha množstvu mikrobiologických, chemických a fyzikálnych procesov. Patrí medzi najdôležitejšie makrobiogénne prvky a uplatňuje sa pri všetkých biologických procesoch prebiehajúcich v povrchových, podzemných a odpadových vodách a pri biologických procesoch čistenia a úpravy vody.

V prírode sú veľmi stabilné formy dusíka: maximálne redukovaná forma (amoniak a organický dusík), neutrálna forma (molekulový dusík) a úplne oxidovaná forma (dusičnany). Okrem týchto stabilných foriem dusíka pri jeho reakčných zmenách vznikajú rôzne medziprodukty. Oxidy NO_x (NO a NO_2) s N_2O zohrávajú dôležitú úlohu pri procesoch v atmosfére a stratosfére – teda vo vzduchu a dusitany ovplyvňujú kvalitu vody, resp. vodných tokov.

Amoniakálny dusík

Ako minerály sa jednoduché amónne soli nevyskytujú. Tieto sú súčasťou niektorých dusíkatých hnojív, z poľnohospodárskych plôch sa dostávajú do podzemných a povrchových vôd a sekundárne môžu amónne zlúčeniny vznikať priamo vo vodách redukciou dusičnanov (v podzemných vodách vo väčších hĺbkach, ktoré obsahujú zvýšené koncentrácie železa a mangánu, prípadne aj sulfán a jeho iónové formy). Amoniakálny dusík obsahujú odpadové vody (z plynární, koksární, galvanizovní), atmosférické vody (z priemyselných exhalátov) a môžu ho obsahovať aj pitné vody dezinfikované chlóramináciou. Vzniká tiež rozkladom rastlinných a živočíšnych organických dusíkatých látok.

Dusitany

Ak sú dusitany prítomné vo vodách, vznikajú biochemickou oxidáciou amoniakálneho dusíka alebo biochemickou redukciou dusičnanov. Dusitany anorganického pôvodu sú v atmosférických vodách, kde sa môžu tvoriť



oxidáciou elementárneho dusíka pri elektrických výbojoch v atmosfére. Veľa dusitanov obsahujú aj niektoré priemyselné odpadové vody z výroby farbív, zo strojárenských závodov (kvapaliny sa tu používajú na chladenie obrábacích strojov) a tiež sú súčasťou aj niektorých rozmrazovacích kvapalín. Dusitany spravidla sprevádzajú dusičnany a amoniakálny dusík. V čistých podzemných a povrchových vodách nie sú prítomné vôbec alebo len v stopových koncentráciách.

Dusičnany

V malom množstve sú dusičnany takpovediac všadeprítomné na Zemi, nakoľko sú súčasťou tzv. dusíkového cyklu. Dusičnany vznikajú pri rozklade organických dusíkatých látok v toxickom prostredí a sekundárne pri nitrifikácii amoniakálneho dusíka. Bohužiaľ, vplyvom hnojenia liadkovými hnojivami, únikom odpadových vôd zo žump či septikov, organických hnojív atď. sa dusičnany stali v súčasnej dobe vážnou hrozbou aj všetkých studní a vrtov. Dusičnany sa pri nadmernom hnojení kumulujú napr. v mrkve a špenáte. Pre človeka sú same osebe málo škodlivé, môžu však škodiť nepriamo tým, že sa v gastrointestinálnom trakte môžu redukovať bakteriálnou činnosťou na toxickéjšie dusitany. Pokiaľ nedochádza k redukcii na dusitany, sú dusičnany vylučované močom. Čím je hodnota pH žalúdočných štiav vyššia, tým ľahšie sa dusičnany redukujú na dusitany. Ďalším negatívnym rysom dusičnanov je ich toxicita spočívajúca v tom, že môžu byť prekurzormi N-nitroamínov. Z tohto hľadiska sú škodlivé aj pre dospelých ľudí.

Odstraňovanie dusíkatých látok z vôd sa môže uskutočňovať zachytávaním na vymieňačoch iónov, stripovaním vzduchom, oddestilovaním z alkalického prostredia, vyzrážaním vo forme fosforečnanu amónno-horečnatého a biologickým odstraňovaním. Biologické odstraňovanie anorganického dusíka spočíva v biochemickej oxidácii amoniakálneho dusíka na dusitany a dusičnany (nitrifikácia) a v nasledujúcej redukcii na plynný dusík (denitrifikácia).



Organické látky

Organické znečistenie vody môže byť v zásade prírodného pôvodu, či ide o výluhy z organicky bohatých zemín, lesa, rašeliniska, alebo aj o rozklad živočíšneho alebo rastlinného tela priamo v studni, alebo môže byť aj pôvodu umelého.

1. Fenoly a fenolové zlúčeniny

Fenoly vo vodách môžu byť prirodzeného (jednoduché rastlinné fenoly, rastlinné triesloviny, ligníny a humínové látky) alebo antropogénneho pôvodu (moč, odpadové vody – z tepelného spracovania uhlia a z rafinérií ropy). Pre vodné organizmy nie sú veľmi toxické (najcitlivejšie reagujú ryby).

2. Pesticídy

Pesticídy sú prostriedky používané v poľnohospodárstve, v lesnom a vodnom hospodárstve, verejnom zdravotníctve a hygiene určené na ničenie rastlinných a živočíšnych škodcov. Najväčšie množstvo sa koncentruje v sedimentoch na dne riek, jazier a oceánov.

3. Karcinogénne látky

Ako karcinogénne látky môžu pôsobiť nielen rôzne chemické látky (napr. pesticídy, detergenty, ťažké kovy vo forme organických komplexov, nitrozoamíny, nitroz zlúčeniny, niektoré aromatické aj alifatické amíny atď.), ale aj fyzikálne faktory (napr. ultrafialové žiarenie) alebo vírusy, a to buď same alebo vo vzájomnej kombinácii. Sú to látky, ktoré majú schopnosť vyvolať u organizmov nádorový rast sprevádzaný všetkými príznakmi malignity.

4. Tenzidy a detergenty

Veľkú skupinu organických látok znečisťujúcich hydrosféru tvoria prípravky so všeobecným názvom tenzidy (povrchovo aktívne látky) a detergenty. Tenzidy majú široké uplatnenie v poľnohospodárstve, textilnom, potravinárskom, garbiarskom a ropnom priemysle, pri výrobe a spracovaní polymérnych látok, pri výrobe celulózy a papiera. Ich výskyt vo vodách spôsobuje vyššiu rozpustnosť iných organických zlúčenín a často sú veľmi ťažko biologicky odbúrateľné.



Aktívne uhlie sa používa pri odstránení mikroznečisťujúcich látok, ako sú napr. detergenty, pesticídy, ropa, ropné produkty a iné organické látky. Odstraňovanie týchto látok sa môže uskutočniť aj destiláciou, reverznou osmózou, ale aj kombináciou absorpcie a iónov.

Eutrofizácia

Eutrofizácia je súbor prírodných a umelo vytvorených procesov, ktoré vedú k zvyšovaniu koncentrácie biogénnych prvkov (dusík, fosfor) vo vodách (najmä v stojatých a pomaly tečúcich) a v pôde. Jej hlavnou príčinou je vysoký prísun živín do vodného recipienta, čo vedie k



porušeniu rovnováhy potravinového reťazca a vysokej koncentrácii biomasy tvorenej fytoplanktónom v postihnutej vrstve vody. Tento stav môže viesť ku tvorbe vodného kvetu, ktorého priamym dôsledkom je nadmerná spotreba kyslíka v blízkosti dna vodného telesa.

Za normálnych okolností rastú na dne vodného recipienta makrofyty, fytoplanktón nebráni prenikaniu svetla až ku dnu, vo vode sa rozmnožujú a žijú ryby, mäkkýše a kôrovce. S vyšším prísunom živín začnú rýchlejšie rásť krátkodobé makrofyty, ktoré sú väčšie a začnú sa objavovať nové druhy, ktoré svojim agresívnejším rastom potláčajú rast pôvodného rastlinstva. Niekedy dochádza aj k masívnemu rozvoju fytoplanktónu. Rast makrofytov spolu s voľne plávajúcimi riasami a fytoplanktónom bráni prenikaniu svetla ku dnu a začne sa objavovať nízka koncentrácia kyslíka. V extrémnych podmienkach je úbytok kyslíka taký vysoký, že zaniká akýkoľvek život a prežívajú len druhy, ktoré majú veľmi nízku spotrebu kyslíka. Zvyšujúci sa obsah organických sedimentov ešte zvyšuje spotrebu kyslíka. V konečnom štádiu aeróbny život zaniká.

Zdrojom antropogénnych emisií uvedených látok je poľnohospodárska činnosť (nadmerná aplikácia NPK hnojív do pôdy, produkcia odpadových látok z chovu zvierat), produkcia splaškových odpadových vôd a priemyselná činnosť.



Moja kvalita

Kvalita vody sa hodnotí a kontroluje podľa ukazovateľov kvality vody a ich hygienických limitov. Tieto limity závisia od toho, na čo sa voda využíva. Je samozrejmé, že voda určená na pitie má iné požiadavky na kvalitu ako voda určená na zavlažovanie, kúpanie, vodu v priemysle atď. Najprísnejšie kritériá sa kladú na pitnú vodu a na produkciu potravín, najmenšie nároky sa kladú na vodu využívanú v priemysle. Tá zvyčajne nesmie obsahovať veľké množstvo tuhých látok a nesmie mať korozívne účinky. Pre dopravu a energetické využitie vody v priehradách je jediným limitujúcim faktorom jej dostatok.

Riešenie problémov ochrany, úpravy vody a čistenia odpadových vôd si vyžaduje veľmi presné stanovenie druhu a množstva znečisťujúcich látok vo vodách rôzneho pôvodu a v rôznych štádiách ich úpravy a čistenia. Zvýšené požiadavky kontroly, ktoré si vyžaduje zhoršujúca sa akosť pitných, povrchových a odpadových vôd, požiadavky hygienických orgánov, inšpekcie životného prostredia a priemyselných závodov čistiacich svoje odpadové vody, atď. kontrolný systém v úpravniach a čistiarňach vôd si vyžadujú použitie jednotných metód na odber vzoriek a na zisťovanie fyzikálnych, chemických a biologických vlastností vôd.

V analytickej chémii vôd pri stanovení anorganických súčastí vody sa vo veľkej miere uplatňujú metódy klasickej analytickej chémie, ako je napr. gravimetria (napr. stanovenie vápnika, kyslíka, ozónu, uhličitanov, siričitanov). Z fyzikálnochemických metód sa najčastejšie používajú kolorimetrické a fotometrické metódy (napr. stanovenie železa, hliníka, chlóru, dusitanov, siričitanov, fosforečnanov). Na vyjadrenie celkového množstva organických látok sa najčastejšie používa chemická a biochemická spotreba kyslíka. Na identifikáciu a stanovenie organických stopových znečistenín sa používajú chromatografické, spektrofotometrické metódy a hmotnostná spektrometria. Na anorganické stopové znečisteniny sa používajú spektrofotometrické, elektrochemické metódy a neutrónová aktivačná analýza. K chemickému a bakteriologickému rozboru (účelom je zistiť obsah choroboplodných zárodkov) sa pripája aj biologický rozbor.



Záver

Dostatok vody na Zemi je nevyhnutnou podmienkou života a hospodárskeho a civilizačného vývoja. V prírode má osobitný význam, pretože sa ustavične mení a regeneruje cestou svojho obehu v prírode. Do tohto obehu neprestajne zasahuje človek a vzniká tak dôležitý vzťah medzi vodou a spoločnosťou. Donedávna bol tento vzťah jednoduchý a bez problémov. Požiadavky spoločnosti na vodu bolo možné uspokojiť bez ťažkostí. Postupné zvyšovanie počtu obyvateľstva, neprestajné zvyšovanie životnej úrovne podmienené rastom výroby vyvolali určité rozpory vo vzťahu voda – spoločnosť. Tento vzťah v súčasnosti možno charakterizovať zvýšenými požiadavkami spoločnosti na vodu a zvýšeným znečisťovaním vodných zdrojov. V niektorých oblastiach na zemi sa už voda stala limitujúcim článkom ďalšieho rozvoja spoločnosti. Tam, kde sú porušené práva vody, dochádza k vážnym problémom, a to sú: nedostatok vodných zdrojov, suchá, živelné pohromy, povodne, záplavy, nedostatok potravín, strata biodiverzity i degradácia prírodných ekosystémov. Preto je našou povinnosťou vodu chrániť a šetriť ňou.

Ak by sme v našom živote zabudli na materiálne hodnoty, otvorilo by nám to oči i dušu a pochopili by sme napríklad aj to, že v kvapke vody sa odráža celý svet. Preto musíme vodu spoznať, aby sme pochopili jej význam pre človeka.



Literatúra

BRANIŠ, M. *Základy ekologie a ochrany životního prostředí*. Praha : Informatorium, 2004. 203 s. ISBN 80-7333-024-5

CHMIELEWSKÁ, E. *Ochrana vôd*. Bratislava : Epos, 2004. 111 s. ISBN 80-8057-620-3

KOTEN, P. Je vesmír opravdu plný vody?. In *21. století* [online] 20.10.2006 [cit. 2009-11-4] Dostupné z <<http://www.21století.cz/view.php?cislocianku=2006102034>>

KRAVČÍK, M. *Voda pre tretie tisícročie*. 1. vydanie. Košice : Občianske združenie Ľudia a voda, 2000. 159 s. ISBN 80-968031-3-1

LICHVÁROVÁ, M. a kol. *Vlastnosti vody* [online] In Projekt KEGA č. 3/3004/05, [cit. 2008-6-26]. Dostupné z <http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/VODA/VlastnostiVody.htm#_Toc132037245>

ŠLÉGL, J. a kol. *Ekologie a ochrana životního prostředí*. 1. vydanie. Praha : Fortuna, 2005. 160 s. ISBN 80-7168-828-2

TÖLGYESSY, J., PIATRIK, M. *Technológia vody, ovzdušia a tuhých odpadov*. 1. vydanie. Bratislava : STU, Edičné stredisko SVŠT, 1994. 283 s. ISBN 80-227-0619-1

TÖLGYESSY, J. a kol. *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. 2. vydanie. Bratislava : VEDA, 1989. 536 s. ISBN 80-224-0034-3

VIRTANEN, T. a kol. *Chémia vody*. Banská Bystrica : Univerzita Mateja Bela, 2001. 118 s. ISBN 80-88784-35-2



Autor: Ing. Lenka Blinová
Názov: Voda
Miesto vydania: Trnava
Vydavateľ: Tlačové štúdio Váry pre MTF STU v Trnava
Rok vydania: 2009
Vydanie: prvé
Rozsah: 40
ISBN: 978-80-89422-05-0

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
Materiálovotechnologická fakulta
Paulínska 16
917 24 Trnava
www.mtf.stuba.sk

