



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

213 008

(H)

(B1)

(61)

(23) Výstavná priorita

(22) Prihlášené 11 08 80

(21) PV 5510-80

(51) Int. Cl.³

C 02 F 1/58, 1/64

(40) Zverejnené 31 08 81

(45) Vydané 01 01 84

(75)

Autor vynálezu RADČENKO IGOR ing. CSc., HAUSKRECHT IVAN ing., BRATISLAVA
MERTA STANISLAV ing., BRNO

(54)

Spôsob úpravy podzemnej vody pomocou zariadenia na jej aeráciu a infiltráciu

1

Vynález rieši efektívny spôsob úpravy podzemnej vody kontaminovanej rozpustenými organickými látkami, ako napr. ropnými, resp. nimi indukovanými, alebo prírodné sa vyskytujúci-
mi látkami Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , NH_4^+ jej aeráciou a následnou infiltráciou prostredníctvom in-
filtračného objektu v oblasti exploatačnej studne, alebo sústavy studní priamo v pásme hy-
gienickej ochrany 1. stupňa.

Primárny zdroj pitnej a užitkovej vody pre obyvateľstvo tvoria dynamické zásoby podzem-
nej vody, ktoré sú z kvantitatívneho hľadiska sústredené v prevážnej miere v údolných ni-
vách vodných tokov. Ich značná časť má nevhodnú kvalitu z hľadiska zvýšeného obsahu železa
a mangánu a iných komponentov a vyžaduje si preto technologickú úpravu. S rastom počtu
obyvateľstva, rastem ich životnej úrovne bude sa zväčšovať i potreba vody. Vzrast a inten-
zifikácia priemyselnej a poľnohospodárskej výroby prináša však so sebou aj pri platnosti
zákonných opatrení a nariadení negatívne vplyvy na kvalitu podzemnej vody. Vyskytujú sa ha-
varijné prípady znečistenia podzemnej vody z bodových, líniových a plošných zdrojov znečis-
tenia, ktoré ohrozujú vodárenské oblasti a znehodnocujú aj sanotné zdroje podzemnej vody.
V takýchto prípadoch je potrebné pristupovať k asanačným opatreniam smerujúcim k obnove
pôvodných kvalitatívnych vlastností vody. Osobitná pozornosť preventívnej ochrany podzemnej
vody sa zameriava proti znečisťovaniu chemickými látkami a ropnými uhľovodíkmi. Pri prieni-
ku ropných látok do podzemnej vody časť z nich sa rozpúšťa podľa fyzikálno-chemických

zákonitostí a spôsobuje nepoužitelnosť podzemnej vody pre pitné účely v dôsledku prítomnosti uhľovodíkov, alebo iných organických látok v nadlimitných koncentráciách. Okrem toho rozpustné ropné látky degradujú samotné horninové prostredie, čím sa vytvoria fyzikálno-chemicky odlišné podmienky od prírodného stavu, vedúce k indukovaniu termodynamicky možných reakcií a výskytu závadných látok, ako sú Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , NH_4^+ a ďalších. Procesy regenerácie fyzicko-chemických vlastností zvodneného horninového systému a kvality samotnej podzemnej vody prirodzenou cestou trvajú veľmi dlhú dobu, alebo vôbec nemusia nastať. Technologická úprava podzemnej vody kontaminovanej rozpustnými ropnými látkami sa vymyká z rámca bežných technologických postupov. Doterajší spôsob technologickej úpravy podzemnej vody obsahujúcej nadlimitné koncentrácie ťažkých kovov jedno, alebo dvojstuňovou technológiou odželezovania a odmanganovania je investične a prevádzkovo mimoriadne nákladný.

Vyššie uvedené nedostatky doterajších vodárenských spôsobov úpravy takto znečistenej podzemnej vody rieši spôsob jej úpravy "in situ" podľa vynálezu, ktorého podstata spočíva v tom, že zo záchytnej studne odčerpávame znečistenú podzemnú vodu, ktorú intenzívne prevzdušníme prechodom cez aeračné zariadenie a potom ju necháme následne infiltrovať do horninového prostredia. Prechodom cez aeračné zariadenie sa podzemná voda s nízkym, alebo nulovým parciálnym tlakom rozpustného kyslíka PO_2 okyslíči na maximálny obsah voľného vzdušného kyslíka zodpovedajúceho novým termodynamickým podmienkam. Počas aerácie súčasne dochádza v dôsledku veľkej špecifickej kontaktnej plochy znečistenej podzemnej vody so vzduchom k uvoľňovaniu prchavých látok. Tento efekt sa dosahuje na aeračnej bakterií, ktorej prvky tvoria smerom nahor otočené sprchovacie ružice, rozprašovacie dýzy, alebo iné vhodné aerátory, zabezpečujúce čo najdlhší kontakt vodných častíc pri ich veľkej kontaktnej špecifickej ploche so vzduchom. Pokračovaním tejto prvej fázy úpravy podzemnej vody podľa vynálezu je následná infiltrácia vody s novozískanými fyzikálno-chemickými vlastnosťami späť do horninového systému prostredníctvom infiltračného objektu. Pritom v systéme hornina-voda-plyn-biomasa dochádza k pokračovaniu procesu združenej úpravy vody, t.j. k oxidačnému odbúraniu zvyškov organických látok v aeróbnom prostredí s vyššími pozitívnymi hodnotami redox-potenciálu p_E , precipitácií rozpustných foriem Fe^{2+} , Mn^{2+} na nerozpustné minerály Fe^{3+} , Mn^{4+} , a oxidácii niektorých látok ako sú NO_2^- , NH_4^+ , a ďalších. Infiltračné horizontálne objekty otvoreného, alebo zakrytého typu sú v ideálnom prípade realizované v tvare kruhu okolo exploatačnej studne. V prípade, že sa jedná o systém exploatačných studní vodného zdroja je možné realizovať infiltračný objekt optimálne vzhľadom na rozmiestnenie týchto studní a dané hydraulické podmienky prúdenia podzemnej vody. Na vodorovné dno infiltračného objektu otvoreného typu sa uloží vynimateľná vrstva triedeného riečneho štrku, hrubá 50 cm, frakcie 12 až 35 mm. Okrem fyzikálno-chemických procesov prebiehajúcich v tzv. prvej fáze úpravy, dochádza k novým, termodynamickými podmienkami vynútenému pokračovaniu procesov úpravy v systéme hornina-voda-plyn-biomasa. Preto časť zvodneného horninového prostredia nachádzajúceho sa medzi infiltračným objektom a exploatačnou studňou nazývame "polotvorenou zónou oxi-redukčných procesov". Reakcie v systéme hornina-voda-plyn-biomasa smerujú k vytvoreniu rovnovážneho stavu, zodpovedajúceho jeho novým termodynamickým podmienkam.

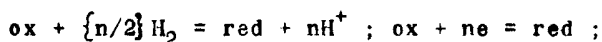
Z termodynamického hľadiska je možné predvídať ktorým smerom budú v systéme prebiehať reakcie, ktoré látky budú sa vo vode rozpúšťať, ktoré oxidovať, redukovať, alebo zrážať. V prírodných podzemných vodách sa vytvárajú oxidačno-redukčné a acidobázické rovnováhy medzi minerálnymi komponentami, vodou a plynmi napr. voda-minerály železa-mangánu atď. Oxidačný, alebo redukčný charakter systému hornina-voda-plyn je závislý od redox-potenciálu p_E a pH. Vysoké pozitívne hodnoty redox-potenciálu reprezentujú silne oxidačné podmienky, pokiaľ nízke pozitívne, alebo až negatívne hodnoty p_E zodpovedajú výrazne redukčným podmienkam systému. Hodnoty redox-potenciálu p_E vo vodných roztokoch pri danom pH závisia od parciálnych tlakov vodíka P_{H_2} a kyslíka P_{O_2} .

Pre túto závislosť platia nasledovné vzťahy:

$$\log P_{H_2} = 0 - 2 \text{ pH} - 2 p_E ;$$

$$\log P_{O_2} = - 83,1 + 4 \text{ pH} + 4 p_E .$$

Redukčné a oxidačné reakcie vo vodnom roztoku sú spojené všeobecne s prenosom "n" elektrónov a sú formulované nasledovnými rovnicami, ktoré sú analogické s acidobázickými reakciami :



$$p_E = \{1/n\} \log. K^x + \{1/n\} \log \left[\frac{\{\text{ox}\}}{\{\text{red}\}} \right] ;$$

$$p_E = p_E^\circ + \{1/n\} \log \left[\frac{\{\text{ox}\}}{\{\text{red}\}} \right] ;$$

$$p_E = \Delta G^\circ / n \cdot 2,3 RT + \{1/n\} \log \left[\frac{\{\text{ox}\}}{\{\text{red}\}} \right] ;$$

$$G = - nFE_H ; E_H - \text{elektrochemický potenciál} ;$$

$$p_E = E_H / 2,3 RTF^{-1}$$

$$p_E = E^\circ / 2,3 RTF^{-1} + \{1/n\} \log \left[\frac{\{\text{ox}\}}{\{\text{red}\}} \right] ;$$

$$E_H = E_H^\circ + \{2,3 RT/nF\} \log \left[\frac{\{\text{ox}\}}{\{\text{red}\}} \right] ;$$

Pri prieniku organických látok, v danom prípade ropných, do zvodneného horninového prostredia dochádza k radikálnej spotrebe rozpustného kyslíka O_2 , a poklesu redox potenciálu p_E až do zápornej hodnoty. Tým nadobúda systém hornina-voda-plyn redukčný charakter, spôsobujúci fyzikálno-chemické reakcie vedúce k rozpúšťaniu minerálov železa, mangánu a k redukcii NO_3^- na NO_2^- , S^{2-} na HS^- a ďalších, ktoré v konečnom dôsledku zhoršujú kvalitu vody. Takéto podmienky, ako negatívny p_E nízky alebo nulový parciálny tlak kyslíka, sa vyskytujú v značnej miere aj v časti podzemnej vody nívnych náplavových depozitov nekontaminovaných ropnými látkami. Spôsob úpravy podľa vynálezu rieši teda združenú úpravu podzemnej vody kontaminovanej ropnými látkami v nadlimitných koncentráciách a nimi indukovanými, alebo prírodne sa vyskytujúcimi znečisťujúcimi látkami efektívnym technicky nenáročným spôsobom : čerpanie $\longrightarrow$ aerácia $\longrightarrow$ infiltrácia $\longrightarrow$ exploatácia s neporovnateľne nižšími investičnými nákladmi, než ako si vyžadujú vodárenské technológie úpravy podzemnej vody jedno, alebo dvojstupňovými spôsobmi odželezovania a odmangánovania. Špecifické podmienky pre aplikáciu spôsobu podľa vynálezu vo vodárenských oblastiach alebo ich častiach je možné vyšetriť pred jeho realizáciou investičnou nenáročnosťou, prieskumnými metódami.

V porovnaní s posiaľ používanými, klasickými vodárenskými metódami a technológiou odželezovania a odmangánovania, združený spôsob podľa vynálezu má rad výhod, z ktorých za najzávažnejšie pokladáme neporovnateľne nižšie investičné a prevádzkové náklady na jej úpravu. Voda upravená spôsobom a zariadením podľa vynálezu okrem optimálnej konštantnej teploty nadobúda vlastnosti pravej podzemnej vody, požadované normatívne ČSN 83 0611 "pitná voda". Ďalšou výhodou je regenerácia samotného horninového systému a obnovenie jeho pôvodnej samočistiacej schopnosti.

Spôsob združenej úpravy znečistenej podzemnej vody zariadením na jej aeráciu a filtráciu podľa vynálezu, v porovnaní s dosiaľ používanými úpravárenskými technológiami jedno, alebo dvojstupňového odželezovania a odmangánovania má ďalšie výhody v tom, že na jeho realizáciu sa nevyžaduje žiadne špeciálne technologické zariadenia, zložité postupy a nadzemné stavebné objekty. Pri tomto spôsobe odpadá potreba akýchkoľvek chemických látok na úpravu znečistenej podzemnej vody, pričom sa dosahuje nový, a vyšší účinok. Na rozdiel od umelej infiltrácie povrchovej vody, používanej pri obohacovaní dynamických zásob podzemnej vody nedochádza pri použití spôsobu podľa vynálezu k rýchlemu mechanickému zakolmatovaniu hydraulicky účinnej plochy infiltračného objektu, pretože podzemná voda, vyťažená zo záchytnej studne neobsahuje mechanický kolmatátor. Prebiehajúca chemická a čiastočne aj biologická kolmatácia v dôsledku odbúravania a vypadávania nežiadúcich minerálov v nerozpustnej forme sa odohráva hlavne vo vymeniteľnej štrkovej vrstve rozprestrenej na dne infiltračného objektu otvoreného typu. Jej účinok na znižovanie vsakovacej schopnosti infiltračného objektu prebieha z hľadiska času pozvoľne, pričom sa vôbec neohrozujú filtračné a hydraulické vlastnosti samotného zvodneného horninového prostredia, ale naopak, dochádza k regenerácii jeho pôvodných, prírodných vlastností.

Na pripojeném výkrese je schematicky zrázornené usporiadanie zariadenia na úpravu takto znečistenej podzemnej vody podľa vynálezu, kde obr. 1 je jeho pôdorys a obr. 2 rez A-A a na obrázku 3, 4 sú znázornené dve variantné riešenia infiltračného objektu. Varianta na obr. 3 je detail A a predstavuje infiltračný objekt otvoreného typu, varianta B je na obr. 4 a je zakrytého typu.

Podzemná voda obsahujúca nadlimitné koncentrácie rozpustených ropných látok a tiež nadlimitné množstvo rozpusteného železa, mangánu, NO_2^- , NH_4^- a ďalších prúdí zvodneným horninovým prostredím smerom 1 k odberným zariadeniam vodného zdroja. Proti smeru prúdenia kontaminovanej podzemnej vody vzhľadom na polohu exploatačnej studne vybudujeme záchytnú studňu 2 pro ťažbu kontaminovanej podzemnej vody. Znečistená podzemná voda, alebo voda nevyhovujúcej kvality sa od čerpadla inštalovaného v studni 2 privádza výtlačným potrubím 3 k aeračnej batérii 4. Aeračná batéria môže tvoriť samostatný funkčný celok v blízkosti vlastného infiltračného objektu, alebo je priamo súčasťou infiltračného objektu 5, otvoreného typu. Okolo exploatačnej studne 6, pre ťažbu sa v tvare kruhu o polomere zodpovedajúcom špecifickým podmienkam daného vodného zdroja vybuduje infiltračný objekt otvoreného - detail A, alebo uzatvoreného typu - detail B. Niveleta vodorovného dna infiltračného objektu 5 sa realizuje tak, aby hydraulicky účinná plocha infiltračného objektu bola zarezaná v priepustných aluviálnych náplavoch 11 nachádzajúcich sa pod pokryvnými, málopriepustnými hlinitými vrstvami 9 a nad nepriepustným podložím 10.

Vyťažená podzemná voda zo studne 2 prechodom cez aeračnú batériu 4 sa pozbaví prchavých organických látok a nasýtená vzdušným kyslíkom infiltruje cez vymeniteľnú štrkovú vrstvu o hrúbke 40 až 50 cm a ostatnú časť hydraulicky účinnej plochy vsakovacieho objektu späť do horninového prostredia. Prechodom oksyločenej vody cez priepustné aluviálne náplavy 11 dochádza v druhej fáze úpravy k odbúraní rozpustných ropných látok, precipitácii železa a ďalších komponentov. V tomto procese dochádza súbežne v dôsledku nových termodynamických podmienok prúdiacej predupravenej vody k regenerácii zvodneného horninového prostredia. Infiltračným prítokom do hladiny podzemnej vody sa vyvolá elevácia pod infiltračným objektom 5, ktorá predstavuje zároveň pozitívnu a aktívnu hydraulickú bariéru, brániacu prieniku znečistenej podzemnej vody do tzv. zóny oxidačno-redukčných procesov 7.

P R E D M E T V Y N Á L E Z U

1. Spôsob úpravy podzemnej vody kontaminovanej organickými látkami a nimi indukovanými, resp. prírodne sa vyskytujúcimi rozpustenými látkami, ako sú Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , NH_4^+ a ďalším, vyznačujúci sa tým, že odčerpaná znečistená podzemná voda sa prevzdušní, pričom dochádza k uvoľňovaniu prchavých organických látok, nasýteniu vody vzdušným kyslíkom ak jej infiltrácii cez zónu oxidačno-redukčných procesov počas ktorej dochádza k oxidačnému odbúraní zostatkov organických látok v aerobnom prostredí a ďalej k precipitácii rozpustených foriem železa a mangánu na nerozpustné látky.
2. Spôsob úpravy podzemnej vody podľa bodu 1, vyznačujúci sa tým, že vplyvom zvýšeného parciálneho tlaku voľného kyslíka vo vode sa regeneruje znečistené horninové prostredie a dochádza k elevácii hladiny podzemnej vody pod infiltračným objektom.
3. Zariadenie na vykonávanie spôsobu podľa bodu 1 vyznačujúce sa tým, že proti smeru (1) prúdenia znečistenej podzemnej vody sa vzhľadom na polohu exploatačnej studne (6) vybuduje záchytná studňa (2), ktorá je potrubím (3) spojená s aeračnou batériou (4) tvoriacou súčasť infiltračného objektu (5) umiestneného v oblasti exploatačnej studne (6), pričom hydraulicky účinná plocha infiltračného objektu (5) je zarezaná v priepustných aluviálnych náplavoch (11) nachádzajúcich sa pod pokryvnými málo priepustnými hlinitými vrstvami (9) a nad nepriepustným podloží (10), pričom na dne infiltračného objektu je navrstvená vymeniteľná vrstva (12) z triedeného štrku, ktorá je súčasťou zóny (7) oxidačno-redukčných procesov.

