



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

215462

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
C 02 F 1/00

(22) Přihlášeno 07 01 81

(21) (PV 130-81)

(40) Zveřejněno 15 09 81

(45) Vydáno 01 01 85

(75)

Autor vynálezu

PASTUSZEK FRANTIŠEK, prom. geol., HAMPEL JIŘÍ ing., FOUSEK
MILAN prom. geol., KRUPKA IVAN, PRAHA

(54) Způsob úpravy podzemní vody in situ

Vynález řeší problém kvalitativní předúpravy jímané podzemní vody in situ v horninovém prostředí, přičemž řeší některé nevýhody a nedostatky dosavadních vodárenských způsobů úpravy podzemní vody s ohledem na požadavky normy pro pitnou vodu. Ve vynálezu se využívá přirozených chemických a biochemických pochodů ve vodoносné vrstvě v oblasti t. zv. „reaktorové zóny“ jímacího objektu. Aplikací teorie řízení provozu chemických průtočných reaktorů vytváří podmínky pro řízení procesu předúpravy kvalitativního složení jímané podzemní vody. Na základě ověření závislosti výstupní koncentrace předupravované složky podzemní vody na čerpaném množství vody z objektu, hydraulických charakteristikách horninové vrstvy v okolí objektu a znalosti pohybu vstupní plochy reaktorové zóny v jeho okolí řídí a optimalizuje provoz přirozeného reaktoru. Řízení celého procesu je prováděno úpravou doby zdržení podzemní vody v reaktorové zóně v okolí jímacího objektu, volbou optimálního množství jímané podzemní vody z objektu, změnou hydraulických vlastností horninové vrstvy vedoucí podzemní vodu k jímacímu objektu, případně změnou, resp. volbou technického vybavení a vystrojení jímacího objektu.

Vynález se týká způsobu úpravy podzemní vody in situ. Ve vynálezu se řeší efektivní způsob úpravy kvalitativního složení podzemní vody, především rozpustných látek jako je NO_3^- , Fe^{3+} , Mn^{2+} a dalších včetně mikrobiologického oživení podzemní vody bez použití chemických či jiných látek ovlivňujících průběh chemických a biochemických reakcí přímo v horninové vrstvě vedoucí vodu k jímacímu objektu.

Nejdůležitějším a hlavním zdrojem pitné a užitkové vody pro obyvatelstvo je podzemní voda. Značná část podzemních vod má často nevyhovující kvalitu z hlediska požadavků ČSN 83 0611 „Pitná voda“ především obsahu iontů NO_3^- , železa, manganu a dalších včetně mikrobiologického oživení. Proto si tyto vody často vyžadují technologickou úpravu, která se provádí investičně i energeticky náročným způsobem v úpravnách vod. Současně s růstem počtu obyvatel a se zvyšováním jejich životní úrovně vzrůstají i nároky na potřebu vody. Vzhledem a intenzifikace průmyslové a zejména zemědělské výroby přináší s sebou však i při platnosti zákonných opatření a nařízení vzrůst negativního ovlivnění kvality podzemní vody. Tím dochází ke vzrůstu nároků a potřeb na úpravě podzemních vod, přičemž některé z těchto látek jako jsou např. dusičnany, nejsou často běžnými technologickými postupy odstranitelné nebo jsou odstraňovány postupy vysoce nákladnými. Doposud používané technologické způsoby úpravy podzemních vod jsou investičně, provozně i energeticky mimořádně nákladné.

Výše uvedené nedostatky a nevýhody dosavadních vodárenských způsobů úpravy podzemní vody s ohledem na požadavky ČSN 83 0611 řeší způsob úpravy podzemní vody in situ podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že úprava chemického a mikrobiologického složení jímání vody se provádí ve vodonosné horninové vrstvě v okolí jímacího objektu, přičemž průběh úpravy se řídí volbou optimální hodnoty jímání množství vody z objektu nebo/a koeficientu filtrace a efektivní pórovitosti horninové vrstvy vedoucí vodu k jímacímu objektu nebo/a technického vybavení a vstrojení jímacího objektu. Vynález je objasněn na připojených výkresech, na kterých obr. 1 zobrazuje schem. průběh koncentrací podle času čerpání a obr. 2 zobrazuje typy závislosti složky i na čase.

Výhodou je, že se využívá přirozených chemických, mikrobiologických a biochemických pochodů ve vodonosné vrstvě v okolí jímacího objektu podzemní vody, které řídí a optimalizuje pomocí odběrného zařízení podzemní vody přímo v jímacím objektu. Vychází z odlišnosti chemického složení podzemní vody v horninovém prostředí a v jímacím objektu, která je vyvolána odlišností určujících termodynamických faktorů (oxidačně-redukční potenciál E_h , koncentrace vodíkových iontů pH, parciální tlak kyslíčnicku uhličitýho P_{CO_2}) a dále přítomností a metabolismem mikroorganismů v horninovém prostředí. Horninové prostředí v okolí jímacího objektu funguje jako chemický

a biochemický průtočný reaktor. Zároveň pro mikroorganismy představuje kontinuální kultivátor. Probíhající chemické a biochemické procesy ve svém důsledku způsobují zanášení horninového prostředí v okolí jímacího objektu, vrt stárne. Doba zdržení v tomto reaktoru, tj. v našem případě v horninovém okolí jímacího objektu, kde probíhají chemické reakce, určuje dobu po kterou probíhají reakce ovlivňující výsledné chemické složení podzemní vody odebírané z tohoto objektu.

Reakce v systému voda–hornina–plyn–biomasa směřují k vytvoření rovnovážného stavu, jenž je určován vztahy s povrchovou atmosférou ve vrtu nebo v jímacím objektu. Porézní prostředí horninové vrstvy v okolí vrtu nasycené podzemní vodou odpovídá průtočné soustavě s velmi pomalým průtokem u níž jsou výchozí látky kontinuálně přiváděny na vstup (vstup do reaktoru – imaginární válcová plocha v okolí vrtu, t. zv. reaktorová zóna vrtu) a současně na výstupu (vlastní jímací objekt) dostáváme směs výstupních produktů. Přeměna (konverze) v reaktorech je dána zlomkem $c_{t,i}/c_{o,i}$ je koncentrace složky i na vstupu do reaktorové zóny v okolí vrtu a $c_{t,i}$ je koncentrace téže složky na výstupu – jímací objekt. Obecně lze psát pro reakci n-tého řádu:

$$(c_{t,i}/c_{o,i})^n R_i + (c_{t,i}/c_{o,i}) - 1 = 0$$

kde R_i – rychlost chemické reakce v jednotce objemu.

Výsledná koncentrace složky i podléhající reakci v depresním kuželi jímacího objektu při postupném rozšiřování poloměru deprese velmi prudce klesá. Praktická ověření však ukázala, že dochází nejen k poklesu ale i ke vzrůstu nebo stagnaci koncentrací složek podléhající reakcím. Schematické průběhy koncentračních změn s časem v čerpaných vrtech při konstantním čerpaném množství Q (snížení hladiny podzemní vody je funkcí doby čerpání) jsou uvedeny na obr. č. 1. Pohyb bodu vzniku chemických reakcí (imaginární vstupní reaktorová plocha) vyvolaných rozdílností podmínek ve vrtu a v horninovém prostředí je pomalejší nežli je pohyb okraje depresního kužele směrem od vrtu.

Vývoj koncentrací v závislosti na čase v čerpaném vrtu odpovídá závislostem uvedeným na obr. č. 1, 2. Přitom pohyb počátečního bodu (plochy) je relativně pomalý, jak ukázaly praktické zkušenosti. Zjišťovaná změna koncentrací probíhá podle závislosti:

$$\log c_{t,i} = A \cdot \log t_g + B$$

t_g – doba čerpání

A, B – konstanty

Znamená to, že doba průběhu reakcí roste nebo klesá logaritmičtě a tedy i rychlost pohybu počátečního bodu (plochy) od vrtu nebo k vrtu se mění logaritmičtě.

Předpokládejme nyní, že pro poloměr deprese jímacího objektu R bude platit:

$$R > R_R > r_s$$

r_s – poloměr jímacího objektu

R_R – poloměr reaktorové zóny

t. zn., že vstupní plocha reaktoru (reaktorová zóna) má poloměr menší než poloměr jímacího objektu. Dále můžeme předpokládat, že hodnota R_R může nabývat limitních hodnot

1. $R_R = \text{konst.}$ (křivka č. 2 na obr. 1)
2. $\lim_{t \rightarrow \infty} R_R \rightarrow R$ (křivka č. 1 na obr. 1)
3. $\lim_{t \rightarrow \infty} R_R \rightarrow r_s$ (křivka č. 3 na obr. 1)

Řešme nejprve případ ad 1) (konstantní poloměr vstupní plochy). Vyjdeme z hydraulické charakteristiky reaktoru s neideálním tokem. V první fázi čerpání dochází ke zmenšování konverze reaktoru v důsledku zkracování doby zdržení v reaktoru. V okamžiku, kdy depresní kužel projde do vzdálenosti větší jak R_R je rychlost snižování hladiny v bodě R_R od tohoto okamžiku stejná jako rychlost snižování hladiny v čerpaném vrtu. T. zn., že spád hladiny podzemní vody k vrtu je od tohoto bodu konstantní a při čerpání $Q = \text{konst.}$ je konstantní i doba zdržení v takovém reaktoru. Časový průběh vývoje koncentrací v jímacím objektu je v takovém případě dán obalovou křivkou postupných rozdělení koncentrací, jejímž znázorněním je přímka rovnoběžná s časovou osou. Velikost konverze je konstantní, ustavuje se stacionární stav reaktoru, koncentrace výstupních produktů je časově neměnná (obr. 2a). Vzdálenost R_R je určena velikostí poloměru deprese R v okamžiku, kdy dochází k nástupu přímkové závislosti výstupní koncentrace složky i na čase.

Případ ad 2) (zvětšující se R_R s časem): Vstupní plocha reaktoru se v čase čerpání vzdaluje od vrtu. Tím dochází k prodlužování doby zdržení v reaktoru, což má za následek zvětšování konverze s časem. Rychlost zvětšování poloměru R_R může být maximálně shodná se zvětšováním poloměru deprese. Průběh koncentrací (zvětšující se konverze) pak ukazuje obr. č. 2b. Inflexní bod obalové křivky na tomto obr. 2b udává poloměr zóny ovlivnění vodonosné vrstvy nečerpaným vrtem.

Případ ad 3) (zmenšující se R_R s časem): Vstupní plocha reaktoru se přibližuje k vrtu. Teoreticky bychom v takovém případě měli dostat po určité době ve vrtu vodu shodného složení jako je v horninovém prostředí. Musíme si však uvědomit, že čím blíže se dostáváme ke vstupní ploše reaktoru, tím více se zvětšuje rychlost reakcí. Platí proto:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E_m \rightarrow 0$$

kde E_m je konverze. Průběh koncentrací s časem čerpání znázorňuje obr. č. 2c. Inflexní bod křivky $c_{t,i} = f(t_e)$ opět určuje dosah ovlivnění nečerpaným vrtem.

Všechny uvedené závěry platí za předpokladu,

že nedochází ke změnám ve složení podzemní vody na vstupu do reaktorové zóny vrtu. V případě, že k těmto změnám dochází, projeví se tyto modifikací typových křivek uvedených na obr. č. 2c po době odpovídající době průchodu podzemní vody od vstupní plochy reaktoru do vrtu.

Experimentální měření ukázala, že rychlost pohybu počátečního bodu (plochy) reakcí modifikuje tyto závislosti v bilogaritmickém vyjádření na přímky, t. zn. dochází k transformacím na typ závislosti $\log - \log$.

Způsob úpravy podzemní vody podle vynálezu řeší technologii úpravy vody efektivním, investičně a energeticky nenáročným způsobem, kdy na základě ověření závislosti výstupních koncentrací složky i v jímacím objektu na čerpaném množství vody, hydraulických charakteristikách horninové vrstvy v okolí objektu a znalosti pohybu vstupní plochy reaktorové zóny v okolí tohoto objektu řídí provoz existujícího přirozeného reaktoru a provádí optimalizaci jeho funkce.

Řízení celého procesu je prováděno s ohledem na to, že se jedná o kontinuálně průtočné systémy, úpravou doby zdržení podzemní vody v reaktorové zóně okolo jímacího objektu, t. zn. úpravou reakční doby. Využívá přitom přirozených biochemických a chemických procesů vedoucích zejména k odbourávání NO_3^- , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} a dalších včetně snižování celkového počtu mikroorganismů. Úprava reakční doby je vyvolávána:

a) volbou optimálního množství jímané podzemní vody z objektu prostřednictvím odběrného zařízení,

b) změnou hydraulických charakteristik horninové vrstvy vedoucí vodu k jímacímu objektu (koeficient filtrace, efektivní pórovitosti) použitím regeneračních metod.

Lze ji také ovlivnit volbou (u nových) příp. změnou technického vybavení a vystrojení jímacího objektu.

Probíhající chemické a biochemické reakce společně s mikrobiologickým oživením vyvolávají vypadávání nežádoucích látek z podzemní vody přímo v horninovém prostředí, čímž dochází k urychlení pochodů kolmatace jímacího objektu. Podstatou způsobu úpravy podzemní vody podle tohoto vynálezu je totiž záměrné urychlení pochodů kolmatace, vedoucí ke zlepšení kvalitativních parametrů získávané podzemní vody. Po dosažení určité hranice kolmatace je nutné cyklicky provádět úpravu hydraulických vlastností horninové vrstvy v okolí jímacího objektu (viz úprava reakční doby použitím regeneračních metod). Délka jednotlivých cyklů je závislá na intenzitě vyvolaných chemických a biochemických procesů v okolí jímacího objektu, na míře konverze reaktoru a činí většinou 2–3 roky.

Příklad

Jako příklad využití vynálezu uvádíme řešení úpravy obsahu železa v jímané podzemní vodě. Před použitím řešení podle vynálezu byl obsah

železa v jímané vodě při čerpaném množství $Q = 3 \text{ l.s}^{-1}$ 3 mg Fe.l^{-1} . Úpravou hodnot koeficientů filtrace v nejbližším okolí vrtu poklesl obsah železa v jímané vodě při využití optimalizačního řešení podle vynálezu na hodnotu 1 mg Fe.l^{-1} při shodném čerpaném množství.

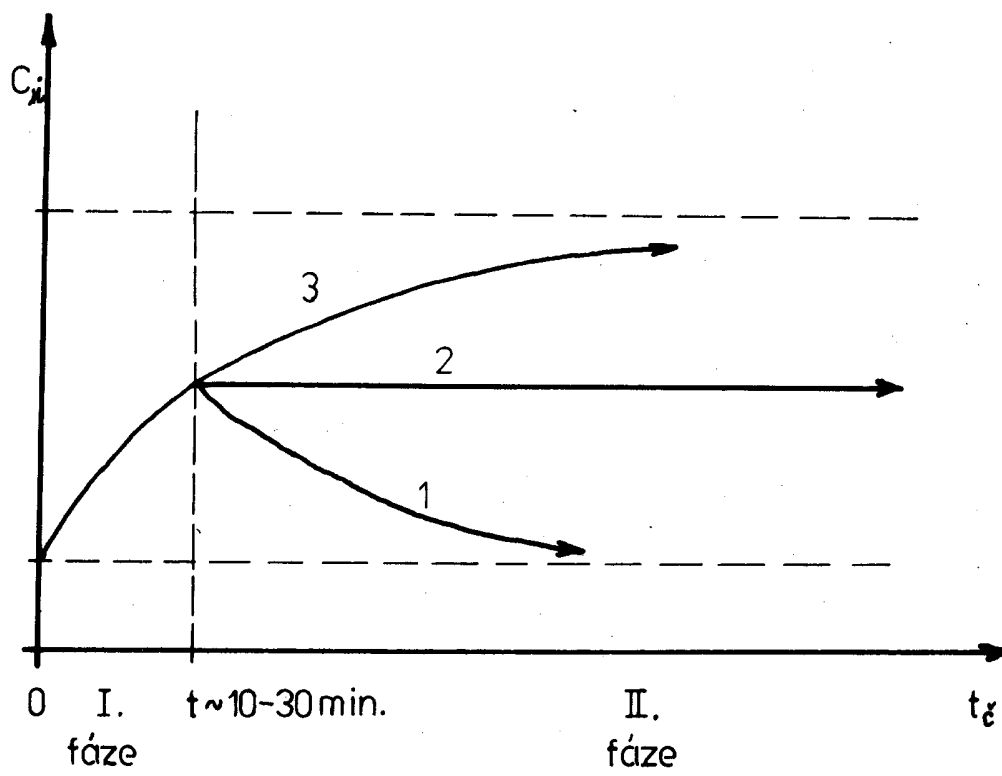
V jiném případě kolísal obsah dusičnanových iontů v jímané podzemní vodě od 90 do $110 \text{ mg NO}_3^- \text{.l}^{-1}$. Změnou jímaného množství vody z objektu a úpravou hodnot koeficientů filtrace poklesl obsah dusičnanových iontů v jímané vodě na hodnoty $49\text{--}60 \text{ mg NO}_3^- \text{.l}^{-1}$.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

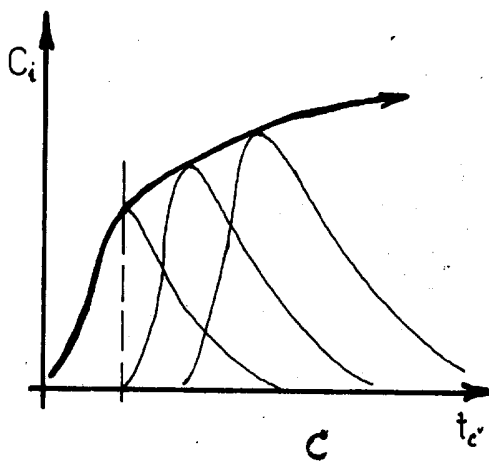
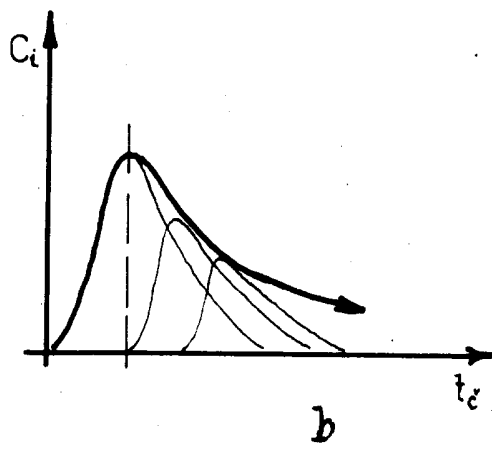
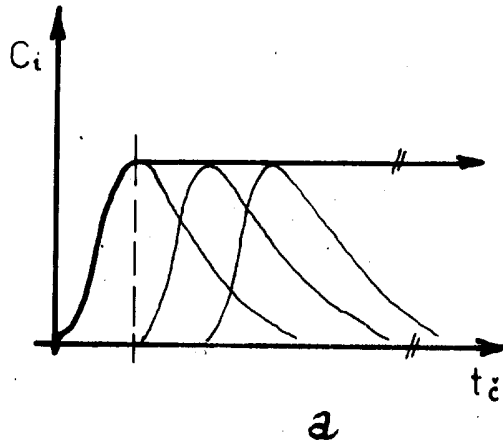
Způsob úpravy podzemní vody in situ, především podzemní vody obsahující dusičnanové, železnaté, železité a manganové ionty, včetně mikrobiologického oživení podzemní vody, vyznačující se tím, že úprava chemického a mikrobiologického složení jímané vody se provádí ve vodonosné horninové vrstvě v okolí jímacího objektu, přičemž

průběh úpravy se řídí volbou optimální hodnoty jímaného množství vody z objektu nebo/a koeficientů filtrace a efektivní pórovitosti horninové vrstvy vedoucí vodu k jímacímu objektu nebo/a technického vybavení a vystrojení jímacího objektu.

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2