

# OBSAH

OBSAH	5
SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	9
ÚVOD	13
1 PŘEHLED POUŽITÍ METOD <i>IN SITU</i>	17
2 GEOCHEMICKÉ ZÁKLADY CHEMICKÝCH SANAČNÍCH PROCESŮ	21
2.1 Stabilita oxidačně-redukčních podmínek	21
2.2 Kvantitativní vyjádření redoxního potenciálu	22
2.3 Měření redoxního potenciálu	24
2.4 Stabilita vody a diagramy pH- $E_H$	25
2.5 Problémy měření a interpretace redoxních potenciálů	26
2.6 Princip sanačních oxidačních a redukčních technologií	29
2.7 Ovlivnění přirozeného redoxního potenciálu antropogenní činností	32
Literatura	32
3 OXIDAČNÍ METODY SANACE	33
3.1 Přehled chemických oxidačních činidel	35
3.1.1 Manganistan draselný	35
3.1.2 Peroxid vodíku	38
3.1.3 Peroxodisíran sodný	43
3.2 Laboratorní experimenty	44
3.2.1 Manganistan draselný	45
3.2.2 Fentonovo činidlo	47
3.2.3 Peroxodisíran sodný (persulfát)	48
3.3 Pilotní aplikace Fentonova činidla	48
3.3.1 Příklad pilotní zkoušky - lokalita Farmak	49
3.4 Sanační aplikace s manganistanem draselným	55
3.4.1 Příklad sanační aplikace - lokalita Kuřívody	55
3.5 Shrnutí	60
Literatura	61
4 VYUŽITÍ NANOŽELEZA V SANACÍCH	63
4.1 Vlastnosti železných nanočástic a způsoby jejich povrchové stabilizace	63
4.1.1 Chemické vlastnosti	64
4.1.2 Fyzikální vlastnosti	66
4.1.3 Příprava/výroba nanoželeza	66
4.1.4 Povrchové úpravy nanočástic	69
4.1.5 Analytické techniky	72
4.1.6 Shrnutí	75
4.2 Interakce nanoželeza s organickými kontaminanty	76
4.2.1 Metodika provádění testů	76
4.2.2 Příprava suspenze nanoželeza	77
4.2.3 Popis standardní metodiky	78
4.2.4 Metodika vyhodnocování výsledků	79
4.2.5 Příklady vyhodnocení reálných testů	83
4.2.6 PCB	84

4.2.7	Nitrosloučeniny	85
4.2.8	AOX	86
4.3	Měření migračních schopností nanoželeza a návrh modelu migrace	87
4.3.1	Laboratorní testy migrace nanoželeza – kolonové testy	87
4.3.2	Numerický model kolony	90
4.3.3	Model migrace nanoželeza při sanačním zásahu	92
4.3.4	Shrnutí	94
4.4	Využití nanočástic kovů pro imobilizaci anorganických látek	94
4.4.1	Princip interakce s chromem	94
4.4.2	Princip interakce s arsenem	95
4.4.3	Princip interakce s dalšími prvky a ionty	97
4.4.4	Laboratorní poznatky o kinetice, vlivu pH a účinnosti metody	97
4.4.5	Laboratorní experimenty s odstraněním uranu a dalších těžkých kovů	101
4.4.6	Laboratorní experimenty s odstraněním těžkých kovů a chlorovaných uhlovodíků	104
4.4.7	Shrnutí	104
4.5	Experimentální porovnávání vlastností nanočástic	106
4.5.1	Materiál	106
4.5.2	Vsádkové experimenty	106
4.5.3	Velikostní distribuce nanočástic a povrchový náboj ( $\zeta$ -potenciál)	109
4.5.4	Sedimentační experimenty	112
4.5.5	Kolonové srovnávací experimenty	115
4.5.6	Shrnutí	118
4.6	Pilotní aplikace nanoželeza	118
4.6.1	Charakterizace prostředí	119
4.6.2	Cíle pilotní zkoušky	121
4.6.3	Hlavní činnosti v rámci realizace pilotních zkoušek	121
4.6.4	Rozvolňování horninového prostředí	127
4.6.5	Vyhodnocení základních parametrů sanačního systému	129
4.6.6	Příklad využití nanoželeza v dobře propustném kvartérmím kolektoru – lokalita Piešťany	131
4.6.7	Příklad push-pull pilotní aplikace – lokalita Permon Křivoklát	136
4.6.8	Příklad využití nanoželeza v puklinově propustném kolektoru rozvolněném torpedací – lokalita Kuřívody	141
4.7	Aplikace sanační	144
4.7.1	Typ a rozsah kontaminace	144
4.7.2	Cílové parametry sanace	145
4.7.3	Způsob aplikace nanoželeza	146
4.7.4	Forma nanočástic a jejich dispergace a aplikace	148
4.7.5	Monitoring sanace	150
4.7.6	Příklad sanace za pomoci nanoželeza – lokalita Hořice v Podkrkonoší	154
4.8	Shrnutí	163
	Literatura	164
<b>5</b>	<b>DALŠÍ METODY IN SITU</b>	<b>169</b>
5.1	Mikrobiálně podpořená reduktivní dehalogenace	169
5.1.1	Princip metody	170
5.1.2	Použitelnost a výhody použití anaerobní dehalogenace	172
5.1.3	Podpůrné látky	177
5.1.4	Příklad využití bioremediace a její srovnání s výsledky použití nanoželeza – lokalita Kuřívody	182
5.1.5	Laboratorní výzkum kombinované metody	186
5.1.6	Shrnutí	188

5.2	Další chemické reduktivní metody	188
5.2.1	Redukce šestimocného chromu dithioničitanem sodným	190
5.2.2	Redukce šestimocného chromu disiřičitanem	195
5.3	Propustné reaktivní bariéry	198
5.3.1	Použitelnost PRB	198
5.3.2	Charakterizace lokalit vhodných pro použití PRB	199
5.3.3	Výběr reaktivního materiálu	200
5.3.4	Laboratorní zkoušky	202
5.3.5	Modelování jako podpora k projektování a návrhu monitoringu PRB	203
5.3.6	Typy reaktivních bariér	203
5.3.7	Instalace PRB	206
5.3.8	Monitoring	206
5.3.9	Návrh další manipulace s PRB	206
5.3.10	Příklad využití abiotické PRB – lokalita Hluk	207
5.4	Mokřadní systémy využívané pro čištění kyselých důlních a odkalištních vod	213
5.4.1	Principy odstraňování dominantních kontaminantů v pasivních systémech čištění	214
5.4.2	Přírodní mokřadní systém	216
5.4.3	Pilotní projekt bioremediační technologie	220
5.5	Huminové látky a jejich použití v sanačních technologiích	225
5.5.1	Vlastnosti huminových látek	225
5.5.2	Aplikace huminových látek v sanačních technologiích	228
5.6	Fytoremediace s využitím energetických rostlin a dekontaminačních substrátů	231
5.6.1	Výběr vhodných rostlin a komponent dekontaminačních substrátů	232
5.6.2	Polní parcelové experimenty	233
5.6.3	Odběry a analýza půdních a rostlinných vzorků	236
5.6.4	Hodnocení experimentů	237
5.7	Souhrn	239
	Literatura	240
<b>6</b>	<b>VYUŽITÍ IMOBILIZOVANÝCH MIKROORGANISMŮ PŘI ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD</b>	<b>243</b>
6.1	Využití Biotechnologie lentikats® pro čištění odpadních vod	244
6.1.1	Výhody Biotechnologie lentikats® pro čištění odpadních vod	246
6.1.2	Příklad použití: odstraňování dusíkatého znečištění	247
6.1.3	Příklad použití: čištění komunálních odpadních vod	249
6.1.4	Příklad použití: čištění průmyslových vod	250
6.1.5	Srovnání Biotechnologie lentikats® s klasickými technologiemi	253
6.2	Využití nanovláknenných materiálů jako nosiče biomasy	255
6.2.1	Čištění odpadních vod na biofilmových reaktorech	255
6.2.2	Přínos imobilizace mikroorganismů v biofilmu	256
6.2.3	Vláknenné nosiče	259
6.2.4	Pilotní zkoušky	262
6.2.5	Shrnutí	265
6.3	Aplikace nanovláknenných sítí v bio-dekontaminaci iontů těžkých kovů	266
6.3.1	Fenotyp derivátů kmene <i>Saccharomyces cerevisiae</i> W303	267
6.3.2	Biosorpce těžkých kovů v populacích kmene <i>S. cerevisiae</i> W303 a jeho derivátů	272
6.3.3	Souhrn technologicky významných znaků fenotypu derivátů kmene <i>Saccharomyces cerevisiae</i> W303	273
6.3.4	Buněčná kolonizace nanovláknenné sítě	274
	Literatura	276



<b>7</b>	<b>KAROTÁŽNÍ MĚŘENÍ A ODBĚRY VZORKŮ</b>	<b>281</b>
7.1	Metodika karotážních měření	281
7.2	Příklady měření	283
7.2.1	Studie hydraulického chování velmi blízkých vrtů	283
7.2.2	Ověření proudění podzemní vody reaktivní bránou	286
7.2.3	Přirozené proudění podzemní vody a směr horizontálního proudění ve vrtu	289
7.2.4	Shrnutí	293
7.3	Využití akustické karotáže	293
7.3.1	Metodika zpracování dat akustické karotáže se záznamem plného vlnového obrazu	294
7.3.2	Příklady měření	296
7.3.3	Zpracování vlnového obrazu ve variantě Cementlog	298
7.3.4	Shrnutí	299
7.4	Selektivní odběry vzorků v maloprůměrových vrtech	300
7.4.1	Vrtné práce pro technologii odběru selektivních vzorků	300
7.4.2	Technologie odběru vzorků	303
7.4.3	Využití pro hydrodynamické testování	309
7.4.4	Ověření metodiky	309
7.4.5	Shrnutí	310
	Literatura	311
<b>8</b>	<b>RIZIKA NANOŽELEZA PRO MIKROORGANISMY</b>	<b>313</b>
8.1	Vztah nanoželeza k fyzikálně-chemickým vlastnostem prostředí	314
8.2	Interakce nanoželeza s buňkami	316
8.2.1	Železo jako esenciální živina	318
8.2.2	Změny morfologie buňky	318
8.2.3	Oxidační stres	319
8.2.4	Obranné a opravné mechanismy buňky	320
8.3	Otázky, na které zatím chybí odpověď	321
	Literatura	321
<b>9</b>	<b>MOŽNÉ PŘÍSTUPY KE ZKOUMÁNÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI SANAČNÍCH PROCESŮ</b>	<b>325</b>
9.1	Možné přístupy ke zkoumání efektivity sanačních procesů	326
9.1.1	Problematika stanovení nákladů	326
9.2	Modelové řešení problematiky stanovení nákladů	328
9.3	Aplikace modelového nástroje	331
9.3.1	Porovnání dvou oxidačních metod a metody propařování	331
9.3.2	Porovnání dvou redukčních metod	335
9.4	Shrnutí	336
	Literatura	337
	<b>ZÁVĚR</b>	<b>339</b>
	<b>REJSTRÍK</b>	<b>342</b>