

# OBSAH

- 1 Úvod ...15
- 2 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody ...17
- 3 Složení povrchové vody ...23
  - 3.1 Chemické složení ...23
    - 3.1.1 Minerální látky ...23
      - 3.1.1.1 Sloučeniny hliníku ...23
      - 3.1.1.2 Sloučeniny železa ...26
      - 3.1.1.3 Sloučeniny manganu ...29
      - 3.1.1.4 Sloučeniny křemíku ...31
      - 3.1.1.5 Sloučeniny vápníku a hořčíku ...32
    - 3.1.2 Přírodní organické látky ...33
      - 3.1.2.1 Huminové látky ...33
      - 3.1.2.2 Produkty sinic a řas – AOM ...38
  - 3.2 Stupeň disperzity ...42
    - 3.2.1 Koloidní disperze ...43
  - 3.3 Kinetická (sedimentační) stabilita ...44
  - 3.4 Původ povrchového náboje částic ...45
    - 3.4.1 Rozpouštění iontů ...45
    - 3.4.2 Povrchová ionizace ...46
    - 3.4.3 Izomorfní substituce ...47
    - 3.4.4 Specifická adsorpce iontů ...48
  - 3.5 Agregátní stabilita koloidních disperzí ...48
- 4 Interakce a stabilita koloidů ...49
  - 4.1 Van der Waalsovy síly ...49
    - 4.1.1 Hamakerův přístup ...51
    - 4.1.2 Lifshitzův přístup ...52
    - 4.1.3 Retardace („zpoždování“) ...54
  - 4.2 Elektrická dvojvrstva ...56
  - 4.3 DLVO teorie ...58
  - 4.4 Solvatační (strukturní) interakce ...60
    - 4.4.1 Hydratační interakce ...62
    - 4.4.2 Hydrofobní interakce ...64
  - 4.5 Sterické interakce ...64

4.6	Tvorba polymerních můstků (polymer bridging)	...66
4.7	Depleční interakce – vliv neadsorbovaných polymerů	...67
<b>5</b>	<b>Tvorba separovatelné suspenze</b>	<b>...69</b>
5.1	Činidla	...69
5.1.1	Hydrolyzující činidla (soli Al a Fe, kovové koagulanty)	...69
5.1.2	Předpolymerizovaná činidla	...73
5.1.3	Polymery	...74
5.1.3.1	Aktivovaný oxid křemičitý (aktivovaná kyselina křemičitá)	...74
5.1.3.2	Přírodní polymery (polyelektrolyty)	...75
5.1.3.3	Syntetické polymery	...77
5.2	Destabilizace, mechanismy působení činidel	...82
5.2.1	Potlačení elektrické dvojvrstvy	...82
5.2.2	Adsorpce a nábojová neutralizace	...83
5.2.3	Zachycování částic nečistot ve sraženině (enmeshment)	...84
5.2.4	Destabilizace polymery	...84
5.2.5	Faktory ovlivňující destabilizaci	...85
5.3	Agregace	...86
5.3.1	Perikinetická agregace – Brownův pohyb	...88
5.3.2	Vertikální ortokinetická agregace – diferenční sedimentace	...89
5.3.3	Horizontální ortokinetická agregace – pohyb kapaliny	...90
5.3.4	Agregace a rozbíjení agregátů v turbulentním proudění	...94
5.3.5	Modelování kinetiky agregace	...97
5.3.5.1	Zahrnutí procesu rozbíjení do původní Smoluchovského rovnice	...97
5.3.5.2	Model turbulentní agregace a rozbíjení s použitím teorie lokální izotropní turbulence	...99
5.3.5.3	Model turbulentní agregace a rozbíjení s použitím turbulentního difuzního koeficientu	...100
5.3.5.4	Uplatnění fraktální dimenze (hustoty) při modelování agregace	...101
5.3.5.5	Restrukturalizace agregátů	...103
5.3.5.6	Mechanistický model agregace	...103
<b>6</b>	<b>Vlastnosti agregátů</b>	<b>...111</b>
6.1	Velikost a velikostní distribuce	...112
6.2	Pevnost (odolnost vůči rozbíjení)	...116
6.2.1	Koeficient pevnosti vloček $\gamma$	...117

6.2.2	Pevnostní faktor (strength factor)	...120
6.2.3	Pevnost vloček $\sigma$ (floc strength)	...123
6.3	Hustota a pórozita	...123
6.4	Usazovací (sedimentační) rychlost	...126
6.4.1	Nepropustný kulový agregát	...126
6.4.2	Propustný agregát	...127
6.5	Využití fraktální dimenze pro charakterizaci vlastností agregátů	...128
6.5.1	Hustota a fraktální dimenze	...131
6.5.2	Usazovací rychlost a fraktální dimenze	...131
6.6	Faktory ovlivňující vlastnosti agregátů	...132
6.6.1	Vliv složení vloček – nečistot obsažených ve vodě a použitého koagulačního činidla	...133
6.6.2	Vliv gradientu rychlosti (intenzity míchání)	...135
6.6.3	Vliv doby míchání	...139
<b>7</b>	<b>Metody měření vlastností agregátů</b>	<b>...147</b>
7.1	Mikroskopické techniky	...147
7.2	Obrazová analýza	...148
7.2.1	Dynamická obrazová analýza	...153
7.2.2	Particle vision and measurement (PVM)	...153
7.3	Počítání částic a třídění podle velikosti (sizing) – techniky se snímací zónou	...154
7.3.1	Čítače s elektrickou snímací zónou (electrozone counters, Coulter counters)	...154
7.3.2	Čítače s optickou snímací zónou (optical sensing zone counters)	...155
7.4	Focused beam reflectance measurement (FBRM)	...155
7.5	Fluktuace zákalu (turbidity) – (PDA – photometric dispersion analyzer)	...157
7.6	Laserová difrakce	...158
7.6.1	Mieova (Lorenzova–Mieova) teorie	...161
7.6.2	Rayleighův rozptyl	...162
7.6.3	Rayleighův–Debyeův–Gansův (RDG) rozptyl	...163
7.6.4	Fraunhoferova difrakce	...164
7.6.5	Anomální difrakce	...164
7.7	Dynamický rozptyl světla (DLS – dynamic light scattering)	...165
7.8	Sedimentace	...165
7.8.1	Sedimentace v gravitačním poli	...166
7.8.2	Sedimentace v odstředivém poli	...168
7.8.3	Sedimentační frakcionace tokem v poli	...170

7.9	Techniky pro určení fraktální dimenze	...172
7.9.1	Obrazová analýza	...172
7.9.2	Rozptyl světla (light scattering)	...173
7.9.3	Sedimentace	...175
<b>8</b>	<b>Míchání</b>	<b>...177</b>
8.1	Homogenizační míchání	...177
8.2	Agregační míchání	...178
8.3	Design technologie homogenizačního míchání	...180
8.3.1	Mechanické mísiče	...180
8.3.2	Hydraulické (průtočné) mísiče	...181
8.3.2.1	Statické mísiče	...182
8.3.2.2	Změny tvaru potrubí	...182
8.3.2.3	Potrubí se clonou	...187
8.3.2.4	Difuzní rošt v kanálu	...189
8.3.2.5	Vodní skok v kanálu	...189
8.3.3	Průtočné mísiče s možností řízení gradientu rychlosti	...191
8.4	Design technologie agregačního míchání	...194
8.4.1	Flokulační kanál (baffle chamber)	...194
8.4.2	Děrované stěny (perforated baffle chamber)	...196
8.4.3	Vrstva zrnitého materiálu (granular media bed)	...198
8.4.4	Rozptýlený vzduch (diffused air)	...200
8.4.5	Rotační (mechanická) míchadla (rotating mixers)	...201
8.4.6	Míchadla s vratným pohybem (reciprocating mixers)	...207
8.5	Míchání s ohledem na vlastnosti a separaci agregátů	...209
8.5.1	Jednostupňová separace pískovou filtrací	...210
8.5.2	Dvoustupňová separace sedimentací a pískovou filtrací	...211
8.5.3	Dvoustupňová separace flotací a pískovou filtrací	...213
<b>9</b>	<b>Hodnocení a optimalizace destabilizace a agregace</b>	<b>...215</b>
9.1	Hodnocení účinnosti destabilizace a agregace	...215
9.1.1	Neodstranitelný podíl, stanovení účinnosti destabilizace a agregace	...215
9.1.2	Test agregace	...222
9.2	Optimalizace podmínek destabilizace a agregace	...223
9.2.1	Sklenicová optimalizační zkouška	...223
9.2.1.1	Laboratorní vybavení ke sklenicové zkoušce	...228
9.2.1.2	Pracovní postup	...229
9.2.1.3	Vyhodnocení sklenicové zkoušky	...232
9.2.1.4	Míchadla pro sklenicové zkoušky	...236

9.2.2 Poloprovozní (kontinuální) modelové zkoušky ...239

**10 Úprava různých typů přírodních povrchových vod koagulací ...243**

10.1 Koagulace částic jílových minerálů ...243

10.1.1 Hydrolyzující destabilizační činidla ...243

10.1.2 Polymerní činidla ...244

10.2 Koagulace huminových látek ...245

10.2.1 Mechanizmy destabilizace huminových látek ...246

10.2.1.1 Destabilizace neutralizací náboje ...246

10.2.1.2 Destabilizace adsorpcí a zachycováním ve sraženině ...246

10.2.2 Destabilizační činidla ...246

10.2.2.1 Hydrolyzující destabilizační činidla ...247

10.2.2.2 Kationtové polyelektrolyty ...247

10.3 Koagulace buněk řas a sinic ...248

10.4 Koagulace produktů řas a sinic (AOM) ...250

10.5 Vliv AOM na koagulaci dalších látek ...253

10.6 Vliv pH na koagulaci přírodních znečišťujících příměsí ...257

10.7 Alternativy koagulace a odstraňování dalších nežádoucích příměsí ...259

**Literatura ...261**

**Přílohy ...287**

**Seznam zkratk ...297**

**Seznam symbolů ...301**

**Rejstřík ...317**