

Obsah

| | | |
|----------|---|-----|
| 1 | Průběh biochemické spotřeby kyslíku | 11 |
| 1.1 | Matematické vyhodnocování křivky průběhu BSK bez lagové fáze | 13 |
| 1.1.1 | Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce I. řádu | 14 |
| 1.1.1.1 | Stanovení K_1 a L metodou podle Reeda a Theriaulta | 15 |
| 1.1.1.2 | Stanovení k_1 a L „momentovou“ metodou | 17 |
| 1.1.2 | Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce II. řádu | 20 |
| 1.2 | Matematické vyhodnocování křivky průběhu BSK s lagovou fází | 22 |
| 1.2.1 | Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce I. řádu | 22 |
| 1.2.1.1 | Stanovení K_1 , L a t_0 metodou podle Reeda a Theriaulta | 22 |
| 1.2.1.2 | Stanovení k_1 , L a t_0 „momentovou“ metodou | 25 |
| 1.2.2 | Zpracování podle rovnice pro kinetiku reakce II. řádu | 28 |
| 1.3 | Jiné způsoby vyhodnocování křivky průběhu BSK | 30 |
| | Literatura | 31 |
| 2 | Samočištění | 33 |
| 2.1 | Rovnovážná koncentrace kyslíku ve vodě | 34 |
| 2.2 | Přestup kyslíku ze vzduchu do vody | 35 |
| 2.3 | Spotřeba kyslíku při rozkladu organických látek | 36 |
| 2.4 | Kyslíkové poměry v toku. Streeterova–Phelpsova rovnice | 38 |
| 2.4.1 | Výpočet kritické doby t_k a kritického deficitu D_k | 41 |
| 2.4.2 | Určení konstant k_1 a k_r | 43 |
| 2.4.2.1 | Výpočet konstant k_1 a k_r z dat naměřených ve dvou profilech | 43 |
| 2.4.2.2 | Odhad konstant k_1 a k_r z laboratorních a hydrologických dat | 45 |
| 2.4.3 | Výpočet maximálně přípustného znečištění řeky | 49 |
| | Literatura | 51 |
| 3 | Adsorpce z roztoků | 52 |
| 3.1 | Příčiny a typy adsorpce | 54 |
| 3.2 | Adsorpční rovnováha. Adsorpční izotermy | 55 |
| 3.3 | Kinetika adsorpce | 62 |
| 3.4 | Charakterizace adsorbentů | 67 |
| 3.4.1 | Zrnitost adsorbentů | 67 |
| 3.4.2 | Charakteristiky pórovitosti | 69 |
| 3.4.3 | Specifický povrch adsorbentu | 70 |
| 3.5 | Adsorbenty používané v technologii vody | 70 |
| 3.5.1 | Aktivní uhlí | 70 |
| 3.5.2 | Neionogenní polymerní sorbenty | 73 |
| 3.6 | Faktory ovlivňující adsorpci z roztoků | 74 |
| 3.6.1 | Vlastnosti adsorbentu, adsorbátu a rozpouštědla | 74 |
| 3.6.2 | Vliv relativní molekulové hmotnosti adsorbátu na adsorpci | 76 |
| 3.6.3 | Vliv pH na adsorpci | 78 |
| 3.6.4 | Vliv teploty na adsorpci | 79 |
| 3.7 | Používaná zařízení a způsoby provozu | 79 |
| 3.7.1 | Jednostupňová adsorpce | 79 |
| 3.7.2 | Odstupňovaná adsorpce | 84 |
| 3.7.3 | Protiproudá adsorpce | 88 |
| 3.7.4 | Dynamická adsorpce (Ing. O. Holeček, CSc.) | 91 |
| | Literatura | 106 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4 | Vyrovňávání změn průtoku a kvality odpadních vod | 108 |
| 4.1 | Vyrovňávání změn průtoku | 111 |
| 4.2 | Vyrovňávání kvality odpadních vod | 113 |
| 4.2.1 | Promíchávané egalizační nádrže | 114 |
| 4.2.2 | Průtočné egalizační nádrže | 119 |
| 4.2.2.1 | Průtočné nádrže s konstantním průtočným profilem | 120 |
| 4.2.2.2 | Nádrže s konstantní průtočnou rychlostí | 123 |
| | Literatura | 125 |
| 5 | Biologické aerobní čištění | 126 |
| 5.1 | Mechanismus odstraňování organických látek z odpadních vod | 126 |
| 5.2 | Růst a množení mikroorganismů | 127 |
| 5.2.1 | Jednorázové systémy. Růstová křivka | 128 |
| 5.2.2 | Kontinuální systémy | 133 |
| 5.2.3 | Aplikace Monodovy rovnice na směsné kultury | 136 |
| 5.3 | Kinetika odstraňování organických látek z odpadních vod | 139 |
| 5.4 | Aktivace | 150 |
| 5.4.1 | Nejdůležitější technologické parametry aktivace | 157 |
| 5.4.2 | Základní typy aktivačního procesu | 162 |
| 5.4.2.1 | Jednorázový (diskontinuální) systém | 162 |
| 5.4.2.2 | Semikontinuální systém | 164 |
| 5.4.2.3 | Kontinuální systém s postupným tokem | 167 |
| 5.4.2.4 | Kontinuální systém na principu úplného míšení | 170 |
| 5.4.2.5 | Stupeň podélného míšení v provozních nádržích s postupným tokem | 172 |
| 5.4.2.6 | Stupeň konverze v nádržích s postupným tokem a v nádržích směšovacích | 175 |
| 5.4.3 | Vliv základních veličin na čisticí účinnost aktivace | 180 |
| 5.4.3.1 | Vliv doby zdržení | 180 |
| 5.4.3.2 | Vliv koncentrace a kvality aktivovaného kalu | 181 |
| 5.4.3.3 | Vliv teploty | 184 |
| 5.4.3.4 | Vliv koncentrace organického znečištění a složení odpadní vody | 185 |
| 5.4.3.5 | Vliv obsahu suspendovaných látek v odtocích z dosazovací nádrže | 187 |
| 5.4.4 | Přehled hlavních technologických modifikací aktivace | 191 |
| 5.4.5 | Kalové poměry a produkce směsné kultury v aktivaci | 197 |
| 5.4.5.1 | Výpočet koncentrace biomasy v nádrži a produkce biomasy | 197 |
| 5.4.5.2 | Výpočet koncentrace sušiny aktivovaného kalu v nádrži a produkce kalu | 203 |
| 5.4.5.3 | Vyjádření koeficientu produkce kalu v různých jednotkách a výpočet procentuality syntézy a oxidace | 208 |
| 5.4.5.4 | Závislost koncentrace sušiny kalu v nádrži na kalovém indexu a recirkulačním poměru | 215 |
| 5.4.6 | Spotřeba a potřeba kyslíku a vzduchu | 217 |
| 5.4.6.1 | Reakce v aktivační nádrži spotřebovávající kyslík | 217 |
| 5.4.6.2 | Rovnice spotřeby kyslíku | 219 |
| 5.4.6.3 | Přestup kyslíku do vody bez jeho současné spotřeby | 221 |
| 5.4.6.4 | Přestup kyslíku do vody při jeho současné spotřebě | 222 |
| 5.4.6.5 | Oxygenační kapacita | 223 |
| 5.4.6.6 | Faktory ovlivňující oxygenační kapacitu | 225 |
| 5.4.6.7 | Výpočet potřebné oxygenační kapacity a intenzity aerace | 231 |
| 5.4.7 | Výpočet a navrhování aktivačních nádrží | 235 |
| 5.4.7.1 | Aktivace s aerobní stabilizací kalu | 235 |
| 5.4.7.2 | Dvoustupňová aktivace | 248 |
| 5.4.7.3 | Aktivace s oddělenou regenerací kalu | 251 |
| 5.4.7.4 | Klasická aktivace | 257 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.4.7.5 | Postupně zatěžovaná aktivace | 269 |
| 5.4.7.6 | Aktivace s nitrifikací | 273 |
| 5.5 | Biologické filtry | 278 |
| 5.5.1 | Náplň biofiltrů | 279 |
| 5.5.2 | Nejdůležitější technologické parametry biofiltrů | 280 |
| 5.5.3 | Vztah objemového látkového a hydraulického povrchového zatížení k funkci biofiltru s kamennou náplní | 281 |
| 5.5.3.1 | Vztah objemového látkového zatížení k funkci biofiltru | 281 |
| 5.5.3.2 | Vztah hydraulického povrchového zatížení k funkci biofiltru | 281 |
| 5.5.4 | Recirkulace | 282 |
| 5.5.5 | Veličiny ovlivňující čisticí účinnost biofiltru | 284 |
| 5.5.5.1 | Vliv doby styku | 284 |
| 5.5.5.2 | Vliv teploty | 286 |
| 5.5.5.3 | Vliv množství a aktivity mikroorganismů | 286 |
| 5.5.5.4 | Vliv přestupu kyslíku do biologické blány | 287 |
| 5.5.5.5 | Vliv recirkulace | 288 |
| 5.5.6 | Výpočet biofiltrů | 291 |
| 5.5.6.1 | Výpočet pomocí kinetické rovnice prvního řádu | 291 |
| 5.5.6.2 | Výpočet podle kinetické rovnice druhého řádu | 292 |
| 5.5.6.3 | Výpočet pomocí bezrozměrných kritérií | 292 |
| 5.6 | Rotační diskové reaktory RDR | 301 |
| 5.6.1 | Konstrukční a technologické uspořádání RDR | 302 |
| 5.6.2 | Mechanismus a kinetika odstraňování organických látek v RDR | 302 |
| 5.6.3 | Základní technologické parametry RDR | 303 |
| 5.6.4 | Veličiny ovlivňující čisticí účinnost RDR | 304 |
| 5.6.4.1 | Doba styku odpadní vody s biofilmem | 304 |
| 5.6.4.2 | Vliv teploty | 305 |
| 5.6.4.3 | Koncentrace a aktivita biomasy | 305 |
| 5.6.4.4 | Přestup kyslíku do biologické blány | 305 |
| 5.6.5 | Výpočet a navrhování RDR | 305 |
| 5.7 | Stabilizační nádrže | 309 |
| 5.7.1 | Rozdělení stabilizačních nádrží | 309 |
| 5.7.2 | Mechanismus čištění odpadních vod ve stabilizačních nádržích | 311 |
| 5.7.3 | Všeobecné zásady pro navrhování stabilizačních nádrží | 312 |
| 5.7.4 | Výpočet stabilizačních nádrží | 312 |
| | Literatura | 314 |
| 6 | Biologické anaerobní čištění | 322 |
| 6.1 | Mechanismus rozkladu organických látek při anaerobním vyhnívání | 323 |
| 6.1.1 | Hydrolyza a kyselé kvašení | 323 |
| 6.1.2 | Methanové kvašení | 324 |
| 6.1.3 | Sírné kvašení | 325 |
| 6.2 | Vliv různých faktorů na anaerobní vyhnívání | 326 |
| 6.2.1 | Vliv teploty | 326 |
| 6.2.2 | Vliv pH | 328 |
| 6.2.3 | Vliv míchání | 328 |
| 6.2.4 | Vliv složení odpadní vody | 329 |
| 6.3 | Anaerobní vyhnívání biologických kalů | 329 |
| 6.3.1 | Normální vyhnívání a rychlovyhnívání, doba zdržení a zatížení | 330 |
| 6.3.2 | Složení a vlastnosti surového a vyhnílého kalu | 332 |
| 6.3.3 | Snížení obsahu organické sušiny a praktický stupeň vyhníti | 334 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.3.4 | Kalový plyn (bioplyn) | 335 |
| 6.3.5 | Kalová voda | 338 |
| 6.4 | Navrhování vyhnivacích nádrží | 339 |
| 6.4.1 | Navrhování vyhnivacích nádrží na základě potřebného objemu na jednoho obyvatele | 340 |
| 6.4.2 | Navrhování vyhnivacích nádrží na základě objemového látkového zatížení a doby zdržení | 342 |
| 6.5 | Anaerobní čištění odpadních vod | 344 |
| 6.5.1 | Anaerobní aktivace | 345 |
| 6.5.2 | Anaerobní kolony s náplní | 347 |
| 6.6 | Biologická denitrifikace | 349 |
| 6.6.1 | Navrhování a výpočet denitrifikačních reaktorů | 352 |
| 6.7 | Tepelná bilance vyhnivacích nádrží | 355 |
| 6.7.1 | Množství tepla potřebné k ohřátí kalu | 356 |
| 6.7.2 | Množství tepla potřebné k vyrovnání tepelných ztrát | 356 |
| 6.8 | Odvodňování a vysoušení vyhnílého kalu na kalových polích | 364 |
| | Literatura | 368 |
| 7 | Usazování | 370 |
| 7.1 | Pád izolované částice v klidné kapalině | 370 |
| 7.1.1 | Odpor prostředí podle Stokese | 371 |
| 7.1.2 | Odpor prostředí podle Oseena | 372 |
| 7.1.3 | Odpor prostředí podle Newtona | 372 |
| 7.1.3.1 | Vliv tvaru částic na koeficient odporu prostředí | 373 |
| 7.1.4 | Výpočet rychlosti pádu částice v kapalině | 374 |
| 7.1.5 | Výpočet průměru částice | 376 |
| 7.2 | Usazování suspenzí | 378 |
| 7.2.1 | Prosté usazování | 379 |
| 7.2.2 | Rušené usazování | 381 |
| 7.2.3 | Zahušťování suspenze | 383 |
| 7.2.3.1 | Oblast volné sedimentace | 385 |
| 7.2.3.2 | Deformační oblast | 387 |
| 7.2.3.3 | Kompresní oblast | 389 |
| 7.3 | Usazovací nádrže | 391 |
| 7.3.1 | Výpočet usazovacích nádrží při prostém usazování bez přihlídnutí k vlivu turbulence | 400 |
| 7.3.1.1 | Pravoúhlé nádrže s horizontálním průtokem | 400 |
| 7.3.1.2 | Kruhové nádrže s horizontálním průtokem | 402 |
| 7.3.1.3 | Nádrže s vertikálním průtokem | 403 |
| 7.3.2 | Vliv turbulence na proces usazování v usazovacích nádržích | 407 |
| 7.3.2.1 | Posouzení usazovacích nádrží z hlediska vyplavování usazených částic | 408 |
| 7.3.2.2 | Výpočet usazovacích nádrží při prostém usazování, přihlížíme-li k vlivu turbulence | 412 |
| 7.3.3 | Výpočet usazovacích nádrží při rušeném usazování | 420 |
| 7.3.4 | Výpočet nádrží, ve kterých dochází k zahušťování suspenzi | 420 |
| 7.3.4.1 | Dekantační zahušťovací nádrže | 420 |
| 7.3.4.2 | Průtočné zahušťovací nádrže | 422 |
| 7.3.5 | Etážové a lamelové usazovací nádrže | 434 |
| 7.3.5.1 | Etážové usazovací nádrže | 434 |
| 7.3.5.2 | Lamelové usazovací nádrže | 438 |
| 7.4 | Usazování městských odpadních vod | 443 |
| 7.4.1 | Lapáky písku | 443 |
| 7.4.1.1 | Lapáky písku s horizontálním průtokem | 444 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 7.4.1.2 | Lapáky pisku s vertikálním průtokem | 454 |
| 7.4.1.3 | Lapáky pisku s příčnou cirkulací | 455 |
| 7.4.2 | Usazovací nádrže | 458 |
| 7.4.2.1 | Pravouhlé nádrže s horizontálním průtokem | 458 |
| 7.4.2.2 | Kruhové nádrže s horizontálním průtokem | 460 |
| 7.4.2.3 | Usazovací nádrže s vertikálním průtokem | 460 |
| 7.4.3 | Štěrbinové nádrže | 462 |
| 7.4.4 | Dosazovací nádrže | 464 |
| 7.4.4.1 | Odhad množství kalu zadržovaného v dosazovací nádrži | 466 |
| 7.4.4.2 | Optimalizace soustavy: aktivační nádrž–dosazovací nádrž | 476 |
| | Literatura | 483 |
| 8 | Čiření | 485 |
| 8.1 | Disperzní soustavy | 485 |
| 8.1.1 | Klasifikace koloidních disperzí | 486 |
| 8.1.2 | Micelární koloidy a jejich klasifikace | 486 |
| 8.2.2 | Koloidní soly a jejich stabilita | 488 |
| 8.3 | Destabilizace koloidních solí | 489 |
| 8.3.1 | Destabilizace pomocí elektrolytů | 490 |
| 8.3.2 | Destabilizace pomocí opačně nabitých solí | 491 |
| 8.3.3 | Destabilizace pomocí molekulárních koloidů | 492 |
| 8.4 | Odstraňování molekulárních a micelárních koloidů z vody | 494 |
| 8.5 | Destabilizační, koagulační a flokulační činidla | 496 |
| 8.5.1 | Vysokomolekulární organické flokulanty | 496 |
| 8.5.2 | Ostatní používané koagulanty a chemické reakce při čiření | 497 |
| 8.6 | Dávka koagulantu | 498 |
| 8.7 | Kinetika koagulace | 499 |
| 8.7.1 | Perikinetická koagulace | 500 |
| 8.7.2 | Ortokinetická koagulace | 503 |
| 8.7.2.1 | Vertikální ortokinetická koagulace | 503 |
| 8.7.2.2 | Horizontální ortokinetická koagulace | 504 |
| 8.8 | Míchání při chemickém čiření | 505 |
| 8.8.1 | Rychlé míchání | 506 |
| 8.8.1.1 | Rychlé míchání řešené mechanicky | 507 |
| 8.8.1.2 | Rychlé míchání řešené hydraulicky | 508 |
| 8.8.2 | Pomalé míchání | 512 |
| 8.8.2.1 | Vločkovací nádrže s míchadly | 512 |
| 8.8.2.2 | Provzdušňované vločkovací nádrže | 516 |
| 8.8.2.3 | Využití horizontální ortokinetické koagulace pro pomalé míchání | 518 |
| 8.8.2.4 | Pomalé míchání řešené hydraulicky | 520 |
| | Literatura | 521 |
| 9 | Filtrace | 523 |
| 9.1 | Tok čistých kapalin vrstvou zrnitého materiálu | 526 |
| 9.1.1 | Stabilní filtrační vrstva | 526 |
| 9.1.1.1 | Výpočet ztráty tlaku podle Kozenyho rovnice | 526 |
| 9.1.1.2 | Výpočet ztráty tlaku podle Erguna | 530 |
| 9.1.1.3 | Výpočet ztráty tlaku pomocí bezrozměrných kritérií | 531 |
| 9.1.2 | Fluidní vrstva | 533 |
| 9.2 | Tok málo koncentrovaných suspenzí vrstvou zrnitého materiálu (Ing. F. Hereit, CSc.) | 537 |
| 9.2.1 | Typy filtrů | 537 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 9.2.2 | Filtrační cyklus | 542 |
| 9.2.2.1 | Stadium vlastní filtrace | 542 |
| 9.2.2.2 | Stadium prání | 545 |
| 9.2.3 | Matematický popis filtračního procesu | 546 |
| 9.2.3.1 | Matematické vyjádření podle Iwasakiho a Steina | 547 |
| 9.2.3.2 | Matematické vyjádření podle Mince | 547 |
| 9.2.3.3 | Matematické vyjádření podle Ivese | 549 |
| 9.2.3.4 | Matematické vyjádření pro „mechanickou představu“ filtračního procesu | 550 |
| 9.2.4 | Matematický model filtrace | 551 |
| 9.2.5 | Výpočet délky filtračního cyklu a spotřeby prací vody | 554 |
| 9.2.5.1 | Kalová kapacita, její stanovení a výpočet délky cyklu | 554 |
| 9.2.5.2 | Orientační určení parametrů otevřených rychlofiltrů podle Kijačka | 558 |
| 9.2.5.3 | Orientační určení délky cyklu pro standardní suspenzi podle „mechanické představy“ procesu filtrace | 560 |
| 9.2.5.4 | Výpočet délky cyklu pomocí matematického modelu na samočinném počítači | 564 |
| 9.2.5.5 | Návrh parametrů filtrů na základě poloprovodních pokusů | 564 |
| 9.2.6 | Výpočet plochy filtrů | 565 |
| 9.2.7 | Výpočet tlakových filtrů (Ing. A. Brodský, CSc.) | 567 |
| 9.3 | Zachycování suspendovaných látek z koncentrovaných suspenzí na filtrační přepážce | 573 |
| 9.3.1 | Rovnice pro rychlost filtrace | 574 |
| 9.3.2 | Vliv tlakového spádu na specifický filtrační odpor | 576 |
| 9.3.3 | Vztah objemu koláče a hmotnosti tuhých částic v koláči k objemu filtrátu | 576 |
| 9.3.4 | Stanovení konstant filtrační rovnice | 577 |
| 9.3.4.1 | Výpočet konstant za použití diferencí měřených veličin | 578 |
| 9.3.4.2 | Výpočet konstant za použití integrované filtrační rovnice | 581 |
| 9.3.4.3 | Výpočet konstant z měření s konstantní výškou koláče | 583 |
| 9.3.5 | Výpočet kalolisů a vakuových filtrů (Ing. V. Linek, CSc.) | 585 |
| 9.3.5.1 | Výpočet kalolisové stanice | 586 |
| 9.3.5.2 | Bubnové vakuové filtry | 596 |
| | Literatura | 598 |
| 10 | Spalování odpadních vod (Ing. L. Včelák, CSc., Ing. J. Kočica) | 600 |
| 10.1 | Látková bilance při spalování. Složení spalin | 602 |
| 10.2 | Tepelná bilance při spalování odpadních vod | 608 |
| 10.3 | Teplota hoření při spalovacím procesu | 616 |
| 10.4 | Likvidace odpadních vod v prostoru ohniště parního kotle | 621 |
| 10.5 | Likvidace zahuštěných odpadních vod s velkým obsahem anorganických solí spalováním | 626 |
| | Literatura | 626 |
| | Rejstřík | 627 |