

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 aktivizačního 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 čističí 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 aktivizační 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 aktivizačních 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 vyhnití	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 suspenzí	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	Pravoúhlé 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	Číření	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 solů	489
8.3.1	Destabilizace pomocí elektrolytů	490
8.3.2	Destabilizace pomocí opačně nabitých solů	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 číření	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 číření	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	Provdzdušňované 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 Kljačka	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 spalín	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