

# OBSAH

|          |                                                                                                                                    |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|          | <b>Předmluva</b> . . . . .                                                                                                         | 9  |
|          | <b>Úvod</b> . . . . .                                                                                                              | 11 |
|          | <b>Literatura</b> . . . . .                                                                                                        | 13 |
| <b>1</b> | <b>Odpadní vody</b> . . . . .                                                                                                      | 15 |
| 1.1      | Produkce odpadních vod z chemickotechnologických procesů výroby léčivých látek, vitamínů a antibiotik . . . . .                    | 15 |
| 1.2      | Množství a charakteristika odpadních vod z některých výrobních druhů znečištění . . . . .                                          | 20 |
|          | <b>Literatura</b> . . . . .                                                                                                        | 31 |
| <b>2</b> | <b>Odkanalizování</b> . . . . .                                                                                                    | 32 |
| 2.1      | Rozdělení odpadních vod . . . . .                                                                                                  | 32 |
| 2.2      | Vnitřní a vnější systémy podnikové kanalizace . . . . .                                                                            | 33 |
| 2.3      | Podmínky pro vypouštění odpadních vod . . . . .                                                                                    | 35 |
| <b>3</b> | <b>Čištění odpadních vod</b> . . . . .                                                                                             | 44 |
| 3.1      | Zdroje a charakter farmaceutických odpadů . . . . .                                                                                | 44 |
| 3.1.1    | Tuhé odpady . . . . .                                                                                                              | 45 |
| 3.1.2    | Kapalné odpady . . . . .                                                                                                           | 46 |
| 3.2      | Biochemická rozložitelnost některých látek vyskytujících se v odpadních vodách z výroby léčiv . . . . .                            | 48 |
| 3.3      | Toxické účinky látek přítomných v odpadních vodách farmaceutických závodů na biologické čištění . . . . .                          | 51 |
| 3.4      | Předčištění odpadních vod . . . . .                                                                                                | 53 |
| 3.5      | Biologické čištění odpadních vod z farmaceutických závodů . . . . .                                                                | 54 |
| 3.5.1    | Laboratorní aktivační čištění a čištění na biofiltrech . . . . .                                                                   | 54 |
| 3.5.2    | Provozní čištění aktivací a na biologických filtrech . . . . .                                                                     | 57 |
| 3.5.3    | Biologické rozbory aktivovaného kalu . . . . .                                                                                     | 59 |
| 3.5.4    | Anaerobní způsoby čištění . . . . .                                                                                                | 59 |
| 3.5.5    | Dočišťování odpadních vod . . . . .                                                                                                | 61 |
| 3.5.6    | Spalování . . . . .                                                                                                                | 61 |
| 3.5.7    | Kalové hospodářství . . . . .                                                                                                      | 62 |
| 3.6      | Experimentální pokusy s čištěním odpadních vod ze závodu na výrobu antibiotik a lysinu v provozní čistírně odpadních vod . . . . . | 62 |
| 3.6.1    | Množství a kvalita odpadních vod z jednotlivých výrobních druhů . . . . .                                                          | 63 |
| 3.6.2    | Odstranění vlivů škodlivých pro biologické čištění odpadních vod . . . . .                                                         | 65 |
| 3.6.3    | Testování provozu čistírny, zejména aktivace při nižších zatíženích kalu . . . . .                                                 | 66 |
| 3.6.4    | Nizkozatížená aktivace . . . . .                                                                                                   | 68 |
| 3.6.4.1  | Zhodnocení pokusů s nizkozatíženou aktivací . . . . .                                                                              | 70 |
| 3.6.5    | Vysokozatížená aktivace . . . . .                                                                                                  | 80 |
| 3.6.5.1  | Zhodnocení pokusů s vysokozatíženou aktivací . . . . .                                                                             | 81 |
| 3.7      | Celkové závěry . . . . .                                                                                                           | 85 |
|          | <b>Literatura</b> . . . . .                                                                                                        | 88 |

|          |                                                                                                            |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4</b> | <b>Teorie biologického čištění odpadních vod aktivovaným kalem</b>                                         | <b>90</b>  |
| 4.1      | Stanovení organických látek v odpadních vodách                                                             | 90         |
| 4.1.1    | Stanovení jako CHSK                                                                                        | 90         |
| 4.1.2    | Stanovení jako BSK                                                                                         | 94         |
| 4.1.3    | Stanovení jako $C_{org}$                                                                                   | 99         |
| 4.1.4    | Vztahy mezi TSK, CHSK, BSK a $C_{org}$                                                                     | 100        |
| 4.2      | Biologické čištění odpadních vod aktivovaným kalem                                                         | 102        |
| 4.2.1    | Růst a množení mikroorganismů                                                                              | 102        |
| 4.2.1.1  | Jednorázové systémy. Růstová křivka a Monodova rovnice                                                     | 103        |
| 4.2.1.2  | Kontinuální systémy bez recirkulace biomasy                                                                | 109        |
| 4.2.1.3  | Aplikace Monodovy rovnice na směsné kultury. Přirozená selekce mikroorganismů                              | 111        |
| 4.2.2    | Kinetika odstraňování organických látek z odpadních vod                                                    | 114        |
| 4.2.3    | Aktivační proces a aktivovaný kal                                                                          | 121        |
| 4.2.4    | Hlavní technologické parametry aktivního procesu                                                           | 128        |
| 4.2.5    | Základní způsoby kultivace aktivovaného kalu                                                               | 130        |
| 4.2.5.1  | Jednorázový (diskontinuální) systém                                                                        | 130        |
| 4.2.5.2  | Semikontinuální systém                                                                                     | 130        |
| 4.2.5.3  | Kontinuální systém s postupným tokem                                                                       | 132        |
| 4.2.5.4  | Kontinuální systém na principu ideálního směšování                                                         | 134        |
| 4.2.6    | Produkce biomasy a aktivovaného kalu                                                                       | 135        |
| 4.2.6.1  | Výpočet koncentrace biomasy v nádrži a produkce biomasy                                                    | 135        |
| 4.2.6.2  | Výpočet koncentrace aktivovaného kalu a jeho produkce                                                      | 140        |
| 4.2.7    | Spotřeba kyslíku a vzduchu                                                                                 | 142        |
| 4.2.7.1  | Reakce v aktivní nádrži spotřebovávající kyslík                                                            | 142        |
| 4.2.7.2  | Rovnice spotřeby kyslíku                                                                                   | 144        |
| 4.2.7.3  | Přestup kyslíku do vody                                                                                    | 145        |
| 4.2.7.4  | Oxygenační kapacita                                                                                        | 146        |
| 4.2.7.5  | Výpočet potřebné oxygenační kapacity a intenzity aerace                                                    | 148        |
|          | <b>Literatura</b>                                                                                          | <b>149</b> |
| <b>5</b> | <b>Čištění odpadních vod z chemické výroby léčivých látek</b>                                              | <b>151</b> |
| 5.1      | Podnik se zaměřením na výrobu léčivých látek purinové řady, sulfonamidů a antipyretik                      | 151        |
| 5.2      | Podnik s výrobou syntetických antibiotik, barbiturových, purinových a salicylových přípravků a antipyretik | 156        |
| 5.3      | Podnik s výrobou sulfonamidů, antipyretik, syntetických antibiotik a syntetických steroidních hormonů      | 161        |
| 5.4      | Podnik s malotonážní výrobou vicestupňovými procesy                                                        | 169        |
|          | <b>Literatura</b>                                                                                          | <b>175</b> |
| <b>6</b> | <b>Čištění odpadních vod z výroby vitamínů</b>                                                             | <b>176</b> |
| 6.1      | Podnik vyrábějící vitamín B a C a lékové formy                                                             | 176        |
| 6.2      | Podnik s velkokapacitní výrobou vitamínů $A_1$ , $B_1$ , $B_2$ a C                                         | 180        |
| 6.3      | Podnik vyrábějící vitamíny $B_1$ , $B_2$ , C, E a lékové formy                                             | 191        |
| 6.3.1    | Čištění odpadních vod                                                                                      | 191        |
| 6.3.2    | Intenzifikace provozu biologických čistíren                                                                | 203        |
|          | <b>Literatura</b>                                                                                          | <b>208</b> |

|          |                                                                                                                                         |     |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7        | <b>Čištění odpadních vod z výroby antibiotik</b>                                                                                        | 209 |
| 7.1      | Podnik s výrobou antibiotik                                                                                                             | 209 |
| 7.2      | Podnik s výrobou antibiotik a lékových forem                                                                                            | 213 |
|          | <b>Literatura</b>                                                                                                                       | 216 |
| 8        | <b>Opětovné využívání odpadních vod</b>                                                                                                 | 217 |
| 8.1      | Obecné zásady                                                                                                                           | 217 |
| 8.2      | Opětne využívání vyčištěných farmaceutických odpadních vod                                                                              | 219 |
| 8.2.1    | Tvorba kotelního kamene a biologických nárůstů v pokusných podmínkách při použití terciárně vyčištěné odpadní vody v cirkulačním okruhu | 223 |
| 8.2.2    | Příprava a využití terciárně vyčištěné odpadní vody pro cirkulační chladicí okruhy v provozně výzkumných podmínkách                     | 227 |
| 8.3      | Zdravotně hygienické aspekty zásobování technickou vodou                                                                                | 228 |
|          | <b>Literatura</b>                                                                                                                       | 229 |
| 9        | <b>Zpracování kalu</b>                                                                                                                  | 230 |
| 9.1      | Charakteristika odpadních kalů                                                                                                          | 230 |
| 9.2      | Množství kalu                                                                                                                           | 235 |
| 9.2.1    | Množství primárního kalu z vertikálních usazovacích nádrží (čišτίrna typu a)                                                            | 235 |
| 9.2.2    | Množství vyhnílého kalu odstraňovaného ze šterbinových nádrží (čišτίrna typu b)                                                         | 236 |
| 9.2.3    | Množství přebytečného aktivovaného kalu                                                                                                 | 236 |
| 9.3      | Metody zpracování odpadních kalů                                                                                                        | 238 |
| 9.3.1    | Biologické způsoby stabilizace kalů                                                                                                     | 239 |
| 9.3.1.1  | Anaerobní vyhnívání ve šterbinových usazovacích nádržích                                                                                | 239 |
| 9.3.1.2  | Aerobní stabilizace                                                                                                                     | 240 |
| 9.3.1.3  | Kompostování kalů                                                                                                                       | 242 |
| 9.3.2    | Chemické metody stabilizace kalů                                                                                                        | 244 |
| 9.3.2.1  | Vápnění kalů                                                                                                                            | 244 |
| 9.3.3    | Odvodňování kalů                                                                                                                        | 246 |
| 9.3.3.1  | Sušení kalů v přirozených podmínkách                                                                                                    | 246 |
| 9.3.3.2  | Odvodňování kalů ve vakuových filtrech                                                                                                  | 248 |
| 9.3.3.3  | Odvodňování kalů v odstředivkách                                                                                                        | 250 |
|          | <b>Literatura</b>                                                                                                                       | 252 |
| 10       | <b>Provoz čištění odpadních vod</b>                                                                                                     | 253 |
| 10.1     | Uvedení čišτίrny do provozu, její seřízení a vlastní provoz                                                                             | 253 |
| 10.1.1   | Usazovací nádrže                                                                                                                        | 254 |
| 10.1.2   | Šterbinové usazovací nádrže                                                                                                             | 255 |
| 10.1.3   | Aktivační nádrže                                                                                                                        | 257 |
| 10.1.4   | Dosazovací nádrže                                                                                                                       | 260 |
| 10.1.5   | Dočišτίvání odpadních vod                                                                                                               | 260 |
| 10.1.6   | Zařízení na odvodňování kalu                                                                                                            | 262 |
| 10.1.6.1 | Kalová pole                                                                                                                             | 262 |
| 10.1.6.2 | Vakuové filtry                                                                                                                          | 262 |
| 10.2     | Kontrola a řízení procesů čištění odpadních vod                                                                                         | 264 |
| 10.3     | Bezpečnostní opatření při čištění odpadních vod                                                                                         | 266 |

|        |                                                                                                                                                      |     |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11     | Technickoekonomická analýza různých metod a schémat čištění odpadních vod, zpracování čistírenských kalů a likvidace nevyužitelného odpadu . . . . . | 268 |
| 11.1   | Praktické příklady technickoekonomických výpočtů různých metod a schémat . . . . .                                                                   | 271 |
| 11.1.1 | Čištění odpadních vod s částečným zužitkováním nečistot . . . . .                                                                                    | 271 |
| 11.1.2 | Čištění odpadních vod s částečnou likvidací nečistot . . . . .                                                                                       | 275 |
|        | <b>Příloha</b> . . . . .                                                                                                                             | 278 |
|        | <b>Rejstřík</b> . . . . .                                                                                                                            | 281 |