

Spis treści

| | |
|---|-----------|
| Wykaz ważniejszych oznaczeń, jednostek, czynników konwersji i przedrostków do tworzenia nazw i symboli | 15 |
| Przedmowa | 19 |
| Wstęp | 21 |
| Wprowadzenie | 23 |
| 1. Charakterystyka zanieczyszczeń środowiska | 29 |
| 1.1. Wprowadzenie | 29 |
| 1.2. Antropogeniczne zanieczyszczenia atmosfery | 29 |
| 1.2.1. Charakterystyka głównych zanieczyszczeń atmosfery | 33 |
| 1.2.2. Tlenki azotu NO _x | 33 |
| 1.2.3. Tlenki siarki | 34 |
| 1.2.4. Tlenki węgla | 36 |
| 1.2.5. Związki organiczne w spalinach | 38 |
| 1.2.6. Sadza | 39 |
| 1.2.7. Pyły i popioły | 39 |
| 1.2.8. Pozostałe szkodliwe produkty spalania węgla | 40 |
| 1.2.9. Fluorowodór | 41 |
| 1.2.10. Ozon | 42 |
| 1.3. Antropogeniczne zanieczyszczenia wód | 43 |
| 1.3.1. Znaczenie wody dla organizmów żywych | 43 |
| 1.3.2. Rodzaje zanieczyszczeń wody | 44 |
| 1.3.3. Zanieczyszczenia wody związane z energetyką | 47 |
| 1.4. Antropogeniczne zanieczyszczenia gleby | 49 |
| 1.4.1. Charakterystyka zanieczyszczeń gleby | 49 |
| 1.4.2. Metale ciężkie | 49 |
| 1.4.3. Odpady paleniskowe żużel, popiół i pozostałości z odsiarczania | 52 |
| 1.5. Skażenie środowiska ciepłem | 53 |
| 1.5.1. Przyczyny skażenia środowiska ciepłem | 53 |
| 1.5.2. Skutki zrzutów ciepła do środowiska | 54 |
| 1.5.3. Sposoby przeciwdziałania skażeniu środowiska ciepłem | 55 |
| 1.6. Przyczyny skażenia środowiska promieniowaniem | 56 |
| 1.6.1. Skutki oddziaływania promieniowania na środowisko | 57 |
| 1.6.2. Sposoby przeciwdziałania skażeniu środowiska promieniowaniem | 60 |
| 1.7. Skutki zanieczyszczeń środowiska | 61 |

| | |
|--|-----------|
| 1.8. Podsumowanie | 61 |
| Bibliografia | 62 |
| 2. Skazenie powietrza w Polsce i udział w nim di tlenku węgla | 66 |
| 2.1. Wprowadzenie | 66 |
| 2.2. Skazenie środowiska w Polsce | 66 |
| 2.3. Źródła i rodzaje skażeń | 68 |
| 2.3.1. Przemysłowe skażenie środowiska | 69 |
| 2.3.2. Energetyka i skażenie środowiska | 71 |
| 2.4. Ditlenek węgla i jego rola w środowisku | 71 |
| 2.4.1. Efekt cieplarniany | 72 |
| 2.4.2. Ditlenek węgla a globalne ocieplenie | 73 |
| 2.4.3. Rehabilitacja ditlenku węgla | 77 |
| 2.5. Co dalej z ditlenkiem węgla | 79 |
| 2.5.1. O konieczności redukcji emisji CO ₂ | 79 |
| 2.5.2. Metody usuwania CO ₂ | 80 |
| 2.6. Podsumowanie | 81 |
| Bibliografia | 81 |
| 3. Ochrona powietrza - odpylanie suche | 84 |
| 3.1. Wprowadzenie | 84 |
| 3.2. Główne źródła zapylenia powietrza w Polsce | 84 |
| 3.2.1. Budowa autostrad | 85 |
| 3.2.2. Budownictwo mieszkaniowe | 85 |
| 3.2.3. Zapylenie i skażenie wywołane odzyskiem materiałów | 86 |
| 3.3. Metody usuwania zanieczyszczeń z powietrza | 86 |
| 3.4. Podział i skuteczność odpylaczy | 87 |
| 3.5. Odpylacze grawitacyjne | 87 |
| 3.5.1. Typy grawitacyjnych odpylaczy | 87 |
| 3.5.2. Podstawy teoretyczne grawitacyjnego odpylacza komorowego | 89 |
| 3.5.3. Rodzaje grawitacyjnych odpylaczy komorowych | 90 |
| 3.5.4. Grawitacyjne odpylacze półkowe | 91 |
| 3.5.5. Grawitacyjne odpylacze przewodowe | 92 |
| 3.5.6. Charakterystyka techniczna odpylaczy grawitacyjnych | 93 |
| 3.6. Odpylacze inercyjne | 94 |
| 3.6.1. Odpylacze inercyjno-uderzeniowe | 95 |
| 3.6.2. Odpylacze inercyjno-odśrodkowe | 95 |
| 3.6.3. Multicyklony | 100 |
| 3.7. Odpylacze filtracyjne | 101 |
| 3.7.1. Filtracja | 101 |
| 3.7.2. Etapy filtrowania | 102 |
| 3.7.3. Filtry z tkaninami filtracyjnymi | 104 |
| 3.7.4. Charakterystyka filtrów tkaninowych | 105 |
| 3.7.5. Rodzaje filtrów tkaninowych | 105 |
| 3.7.6. Filtry z wypełnieniem warstwowym | 108 |

| | |
|--|------------|
| 3.7.7. Filtry z wypełnieniem ceramicznym | 111 |
| 3.8. Elektrofiltry | 111 |
| 3.8.1. Zależności opisujące zjawisko elektro filtracji | 112 |
| 3.8.2. Elektrofiltry | 113 |
| 3.8.3. Elektrostatyczny separator | 114 |
| 3.9. Podsumowanie | 116 |
| Bibliografia | 116 |
| 4. Odpylanie i oczyszczanie mokre | 118 |
| 4.1. Wprowadzenie | 118 |
| 4.2. Mechanizm odpylania mokrego | 118 |
| 4.3. Płuczki bez wypełnienia - Skrubery | 120 |
| 4.3.1. Odpylacze natryskowe | 120 |
| 4.3.2. Mokre odpylacze inercyjne | 121 |
| 4.3.3. Skrubery Venturiego | 122 |
| 4.3.4. Skrubery odśrodkowe | 124 |
| 4.4. Skrubery z wypełnieniem do odpylania i oczyszczania gazu | 124 |
| 4.4.1. Sposoby rozwinięcia powierzchni wymiany masy | 125 |
| 4.4.2. Rodzaje wypełnień stałych | 126 |
| 4.4.3. Skrubery z wypełnieniem stałym | 126 |
| 4.4.4. Skrubery z wypełnieniem ciekłym, barbotażowe i półkowe | 128 |
| 4.4.5. Skrubery pianowe | 130 |
| 4.5. Podsumowanie | 131 |
| Bibliografia | 132 |
| 5. Odsiarczanie węgla - separatory | 133 |
| 5.1. Wprowadzenie | 133 |
| 5.2. Metody odsiarczania paliw stałych | 133 |
| 5.3. Grawitacyjne odsiarczanie węgla i usuwanie skały płonnej | 135 |
| 5.3.1. Podstawy teoretyczne separacji grawitacyjnej wplynie | 135 |
| 5.3.2. Podstawy teoretyczne separatorów odśrodkowych - hydrocyklonów | 137 |
| 5.3.3. Rodzaje separatorów | 139 |
| 5.4. Grawitacyjno-inercyjne odsiarczanie węgla | 141 |
| 5.4.1. Osadzarki | 141 |
| 5.4.2. Wzbogacalniki stożkowe | 143 |
| 5.4.3. Wzbogacalniki strumieniowe | 143 |
| 5.4.4. Wzbogacalniki zawieszinowe | 144 |
| 5.4.5. Wzbogacalniki zawieszinowe odśrodkowe | 146 |
| 5.4.6. Wzbogacanie węgla na stołach koncentracyjnych | 147 |
| 5.4.7. Podsumowanie grawitacyjno-inercyjnego odsiarczania węgla | 148 |
| 5.5. Odsiarczanie przez flotacyjne wzbogacanie węgla | 149 |
| 5.5.1. Proces flotacji | 149 |
| 5.5.2. Środki flotacyjne | 150 |
| 5.5.3. Flotatory do wzbogacania węgla | 150 |
| 5.6. Podsumowanie | 152 |

| | |
|---|------------|
| Bibliografia | 153 |
| 6. Odsiarczanie gazu, ropy naftowej i ropopochodnych | 155 |
| 6.1. Wprowadzenie | 155 |
| 6.2. Zestawienie metod odsiarczania | 155 |
| 6.3. Odsiarczanie surowej ropy | 156 |
| 6.3.1. Termiczne odsiarczanie surowej ropy | 156 |
| 6.3.2. Biotechnologiczne odsiarczanie surowej ropy | 157 |
| 6.4. Odsiarczanie gazów | 157 |
| 6.4.1. Odsiarczanie aminowe gazów zawierających siarkowodór | 158 |
| 6.4.2. Redukcyjno-utleniająca konwersja H ₂ S | 160 |
| 6.4.3. Adsorpcyjna metoda desulfuryzacji gazów zasiarczonych | 160 |
| 6.4.4. Proces Clausa | 161 |
| 6.5. Odsiarczanie produktów z ropy naftowej | 162 |
| 6.5.1. Wstępna rafinacja ropopochodnych | 163 |
| 6.5.2. Hydroodsiarczanie HDS | 163 |
| 6.5.3. Desulfuryzacja oksydacyjna | 164 |
| 6.5.4. Technologia ULSD | 166 |
| 6.5.5. Proces Merox | 167 |
| 6.6. Charakterystyka aparatury do odsiarczania ropopochodnych | 168 |
| 6.6.1. Płuczka wstępnego ługowania | 168 |
| 6.6.2. Reaktor Merox | 169 |
| 6.6.3. Filtr piaskowy | 169 |
| 6.6.4. Oddzielacz ługu | 171 |
| 6.6.5. Płuczka wodna | 171 |
| 6.6.6. Filtr solny | 171 |
| 6.6.7. Filtr z ziemią bielącą Fullera | 172 |
| 6.7. Podsumowanie | 172 |
| Bibliografia | 172 |
| 7. Ochrona powietrza przez odsiarczanie spalin | 175 |
| 7.1. Wprowadzenie | 175 |
| 7.2. Odsiarczanie spalin w palenisku | 175 |
| 7.3. Podział technologii odsiarczania spalin | 176 |
| 7.3.1. Odsiarczanie mokre | 177 |
| 7.3.2. Metoda sucha | 180 |
| 7.3.3. Odsiarczanie półsuche | 181 |
| 7.3.4. Odsiarczanie adsorpcyjno-utleniające | 185 |
| 7.3.5. Odsiarczanie metodą RESOX | 186 |
| 7.4. Absorbery | 187 |
| 7.4.1. Wprowadzenie | 187 |
| 7.4.2. Przegląd absorberów | 187 |
| 7.5. Podsumowanie | 190 |
| Bibliografia | 190 |

| | |
|---|------------|
| 8. Ochrona powietrza przez ograniczanie emisji NO_x | 193 |
| 8.1. Wprowadzenie | 193 |
| 8.2. Ograniczenie powstawania NO _x w procesie spalania | 195 |
| 8.3. Mechanizmy powstawania NO _x | 196 |
| 8.3.1. Mechanizm termiczny | 196 |
| 8.3.2. Mechanizm szybki | 197 |
| 8.3.3. Mechanizmy paliwowy | 197 |
| 8.3.4. Mechanizmy powstawania NO za pośrednictwem N ₂ O | 198 |
| 8.3.5. Mechanizm tworzenia się ditlenku azotu NO ₂ | 199 |
| 8.3.6. Porównanie metod powstawania NO _x w procesach spalania | 199 |
| 8.4. Metody pierwotne obniżania emisji NO _x w spalinach | 200 |
| 8.4.1. Palniki niskoemisyjne | 201 |
| 8.4.2. Obniżenie temperatury spalania przez recyrkulację spalin | 203 |
| 8.4.3. Niskoemisyjne paleniska | 203 |
| 8.4.4. Wielostrefowe spalanie paliwa | 204 |
| 8.4.5. Zastosowanie wiru niskotemperaturowego | 205 |
| 8.4.6. Redukcja NO _x przez spalanie paliw w cyrkulującej warstwie fluidalnej | 207 |
| 8.5. Podsumowanie | 209 |
| Bibliografia | 210 |
| | |
| 9. Metody usuwania NO_x ze spalin | 212 |
| 9.1. Wprowadzenie | 212 |
| 9.2. Przegląd suchych metod usuwania tlenków azotu ze spalin | 213 |
| 9.2.1. Selektywna niekatalityczna redukcja NO _x | 213 |
| 9.2.2. Selektywna sucha redukcja katalityczna NO _x | 215 |
| 9.2.3. Nieselektywna sucha redukcja katalityczna NO _x | 216 |
| 9.2.4. Katalityczny suchy rozkład NO _x | 217 |
| 9.2.5. Sucha adsorpcja NO _x | 218 |
| 9.2.6. Sucha radiacyjna metoda usuwania NO _x | 220 |
| 9.3. Wtórne mokre metody obniżania emisji NO _x w spalinach | 222 |
| 9.3.1. Usuwanie NO _x w ciekłych absorberach alkalicznych | 223 |
| 9.3.2. Adsorpcja w EDTA | 223 |
| 9.3.3. Metody utleniająco-absorpcyjne | 224 |
| 9.3.4. Metody z zastosowaniem silnych utleniaczy i absorpcji | 224 |
| 9.3.5. Metody absorpcyjne redukujące | 226 |
| 9.4. Biotechnologiczne metody usuwania NO _x i CO ₂ ze spalin | 226 |
| 9.5. Nakłady inwestycyjne na redukcję NO _x | 228 |
| 9.6. Jednoczesne usuwanie NO _x i SO ₂ | 228 |
| 9.6.1. Metoda SHL | 229 |
| 9.6.2. Metoda WSA-SNOX | 229 |
| 9.6.3. Zmodyfikowana metoda suszenia rozpyłowego SDA | 231 |
| 9.7. Katalityczne utlenianie CO, węglowodorów i SO ₂ | 231 |
| 9.7.1. Dopalenie katalityczne | 232 |
| 9.7.2. Technologia Swingtherm | 232 |

| | |
|--|------------|
| 9.8. Fotokataliza heterogeniczna | 233 |
| 9.8.1. Mechanizm fotokatalizy heterogenicznej | 233 |
| 9.8.2. Reakcje fotokatalitycznego rozkładu NO _x , SO ₂ i VOC | 234 |
| 9.8.3. Reaktory fotokatalityczne | 235 |
| 9.9. Technologie związane z CO ₂ | 236 |
| 9.9.1. Metody usuwania ditlenku węgla z gazów | 236 |
| 9.9.2. Metody zagospodarowania ditlenku węgla | 241 |
| 9.9.3. Wykorzystanie ditlenku węgla w przemyśle chemicznym | 241 |
| 9.9.4. Niekonwencjonalne sposoby wykorzystania ditlenku węgla | 243 |
| 9.10. Podsumowanie | 244 |
| Bibliografia | 245 |
| 10. Wpływ energetyki i przemysłu na hydrosferę Polski | 250 |
| 10.1. Wprowadzenie | 250 |
| 10.2. Hydrosfera | 250 |
| 10.2.1. Zasoby hydrologiczne świata | 250 |
| 10.2.2. Światowy potencjał hydroenergetyczny | 251 |
| 10.2.3. Zasoby wodne Polski | 253 |
| 10.2.4. Zasoby hydroenergetyczne Polski | 253 |
| 10.3. Wpływ energetyki wodnej na środowisko wodne Polski | 254 |
| 10.3.1. Zalety i wady DEW | 254 |
| 10.3.2. Wpływ MEW na środowisko | 256 |
| 10.4. Wpływ energetyki konwencjonalnej na hydrosferę Polski | 257 |
| 10.4.1. Skażenie wód produktami spalania | 258 |
| 10.4.2. Straty ekologiczne związane z uzdatnianiem wody | 258 |
| 10.4.3. Straty wody w procesach technologicznych elektrowni | 259 |
| 10.4.4. Straty wody związane z odprowadzaniem żużla | 259 |
| 10.4.5. Pośrednie oddziaływanie energetyki parowej na środowisko | 259 |
| 10.5. Podsumowanie | 260 |
| Bibliografia | 260 |
| 11. Gospodarka wodna w zakładzie energetycznym | 262 |
| 11.1. Wprowadzenie | 262 |
| 11.2. Gospodarka wodna w elektrociepłowni | 262 |
| 11.3. Charakterystyka obiegów wodnych w energetyce | 264 |
| 11.3.1. Obieg wodno-parowy | 264 |
| 11.3.2. Obieg chłodzący | 265 |
| 11.3.3. Obieg wody ruchowej | 267 |
| 11.3.4. Obieg hydrotransportu żużla | 267 |
| 11.3.5. Obiegi ciepłownicze | 270 |
| 11.4. Wpływ otwartych obiegów w elektrowni na środowisko | 272 |
| 11.4.1. Charakterystyka zagrożeń związanych ze wzrostem temperatury | 272 |
| 11.4.2. Wpływ temperatury na skład chemiczny wód powierzchniowych | 273 |
| 11.4.3. Wpływ temperatury na procesy biologiczne wód powierzchniowych | 274 |

| | |
|---|-----|
| 11.4.4. Metody walki ze skażeniem bakteryjnym wód chłodzących | 275 |
| 11.4.5. Wpływ otwartego obiegu wód chłodzących na życie flory i fauny | 275 |
| 11.4.6. Wpływ zamkniętych obiegów chłodni na otoczenie | 277 |
| 11.5. Podsumowanie | 278 |
| Bibliografia | 279 |

12. Procesy mechaniczne gospodarki wodnej **281**

| | |
|--|-----|
| 12.1. Wprowadzenie | 281 |
| 12.2. Operacje mechaniczne w czerpaniu i uzdatnianiu wody | 281 |
| 12.2.1. Podział urządzeń mechanicznych stosowanych w gospodarce wodnej | 282 |
| 12.3. Urządzenia oczyszczania wstępnego | 283 |
| 12.3.1. Kraty | 283 |
| 12.3.2. Sita | 284 |
| 12.3.3. Przykłady krat i sit | 285 |
| 12.3.4. Urządzenia do transportu i zagęszczania skratek | 287 |
| 12.3.5. Mikrosita | 287 |
| 12.3.6. Przykłady mikrosit | 289 |
| 12.4. Urządzenia separacji z wykorzystaniem różnicy gęstości | 290 |
| 12.4.1. Podstawy teoretyczne separacji grawitacyjnej | 290 |
| 12.4.2. Piaskowniki | 292 |
| 12.4.3. Tłuszczowniki - separatory tłuszczu | 293 |
| 12.4.4. Flotatory | 294 |
| 12.4.5. Osadniki | 297 |
| 12.5. Operacje mieszania cieczy i rodzaje mieszalników | 298 |
| 12.5.1. Metody mieszania cieczy i rodzaje mieszalników | 299 |
| 12.5.2. Mieszanie pneumatyczne | 299 |
| 12.5.3. Mieszanie hydrauliczne | 301 |
| 12.5.4. Mieszanie mechaniczne | 303 |
| 12.5.5. Mieszalniki | 306 |
| 12.6. Napowietrzanie wody - aeratory | 306 |
| 12.6.1. Podstawy teoretyczne | 307 |
| 12.6.2. Podział aeratorów | 310 |
| 12.6.3. Aeratory stosowane do odżelaziania wody | 314 |
| 12.6.4. Aeratory stosowane do oczyszczania ścieków | 317 |
| 12.7. Podsumowanie | 318 |
| Bibliografia | 319 |

13. Urządzenia hydromechaniczne i ich wpływ na środowisko **321**

| | |
|--|-----|
| 13.1. Wprowadzenie | 321 |
| 13.2. Operacje hydrotransportu | 321 |
| 13.2.1. Podział pomp | 321 |
| 13.2.2. Pompy wyporowe | 322 |
| 13.2.3. Pompy wirowe | 324 |
| 13.2.4. Współpraca pompy z rurociągiem | 326 |

| | |
|--|------------|
| 13.2.5. Pompowanie hydromieszanin (płynu i zawiesin) | 326 |
| 13.2.6. Rodzaje pomp | 328 |
| 13.2.7. Pompy obiegu głównego zasilania kotłów | 328 |
| 13.2.8. Pompy obiegów chłodniczych | 329 |
| 13.2.9. Pompy obiegów pomocniczych i wspomagających | 330 |
| 13.3. Rurociągi | 330 |
| 13.3.1. Rury | 330 |
| 13.3.2. Łączenie rur | 332 |
| 13.4. Zawory | 334 |
| 13.4.1. Typy i budowa zaworu | 335 |
| 13.4.2. Zawory wzniosowe | 336 |
| 13.4.3. Zawory zasuwowe | 341 |
| 13.4.4. Zawory klapowe | 342 |
| 13.4.5. Zawory kurkowe | 342 |
| 13.4.6. Zawory specjalne | 345 |
| 13.5. Uszczelnienia i zadławienia | 346 |
| 13.5.1. Uszczelnienia spoczynkowe | 346 |
| 13.5.2. Podstawy teoretyczne płaskich uszczelnień kołnierzowych | 347 |
| 13.5.3. Przykłady spoczynkowych uszczelnień kołnierzowych | 348 |
| 13.5.4. Uszczelnienia ruchowe (zadławienia) | 349 |
| 13.6. Podsumowanie | 351 |
| Bibliografia | 351 |
| 14. Operacje fizykochemiczne stosowane w uzdatnianiu wody | 352 |
| 14.1. Wprowadzenie | 352 |
| 14.2. Pierwszy etap uzdatniania wody - klarowanie przez koagulację koloidalnych zanieczyszczeń | 354 |
| 14.2.1. Teoria koloidów | 355 |
| 14.2.2. Koagulacja koloidów | 357 |
| 14.2.3. Koagulanty | 358 |
| 14.2.4. Mechanizm działania koagulantów | 359 |
| 14.2.5. Technologia koagulacji | 360 |
| 14.2.6. Przygotowanie roztworów koagulantów | 361 |
| 14.2.7. Reaktory koagulacyjne | 362 |
| 14.2.8. Komory flokulacji | 363 |
| 14.2.9. Osadzanie zanieczyszczeń i klarowanie | 366 |
| 14.3. Filtracja | 368 |
| 14.3.1. Podstawy teoretyczne filtracji | 369 |
| 14.3.2. Podział filtrów | 370 |
| 14.3.3. Rodzaje filtrów piaskowych stosowanych do uzdatniania wody | 370 |
| 14.4. Mikro i ultrafiltracja | 372 |
| 14.4.1. Mikrofiltracja | 372 |
| 14.4.2. Ultrafiltracja | 373 |
| 14.4.3. Mikro i ultrafiltracja w obiegach chłodzących w energetyce | 373 |
| 14.5. Podsumowanie | 374 |

| | |
|---|------------|
| Bibliografia | 374 |
| 15. Procesy chemiczne uzdatniania wody | 376 |
| 15.1. Wprowadzenie | 376 |
| 15.2. Odżelazianie wody | 377 |
| 15.2.1. Formy występowania żelaza w wodzie | 377 |
| 15.2.2. Odżelazianie wód obojętnych i lekko zasadowych | 377 |
| 15.2.3. Odżelazianie wód kwaśnych | 378 |
| 15.2.4. Odżelazianie wód powierzchniowych | 379 |
| 15.2.5. Urządzenia do odżelaziania wody | 379 |
| 15.3. Odmanganianie wody | 380 |
| 15.3.1. Reakcje odmanganiania | 381 |
| 15.3.2. Urządzenia do odmanganiania wody | 381 |
| 15.3.3. Inne metody i uwarunkowania odmanganiania wody | 382 |
| 15.4. Odgazowanie wody | 382 |
| 15.4.1. Korozyjne działanie gazów rozpuszczonych w wodzie | 383 |
| 15.4.2. Metody odgazowania wody | 384 |
| 15.4.3. Odgazowувacze | 387 |
| 15.4.4. Zastosowania praktyczne odgazowувaczy | 390 |
| 15.5. Fotokatalityczne uzdatnianie wody | 391 |
| 15.5.1. Mechanizm fotokatalitycznego oczyszczania wody | 391 |
| 15.5.2. Reaktory do fotokatalitycznego oczyszczania wody | 392 |
| 15.6. Podsumowanie | 393 |
| Bibliografia | 393 |
| 16. Zmiękczenie wody | 396 |
| 16.1. Wprowadzenie | 396 |
| 16.2. Metody zmiękczenia | 398 |
| 16.3. Dekarbonizacja termiczno-chemiczna | 398 |
| 16.4. Dekarbonizacja chemiczna | 399 |
| 16.4.1. Zmiękczenie wody wapnem | 400 |
| 16.4.2. Zmiękczenie sodą | 403 |
| 16.4.3. Zmiękczenie wody ługiem sodowym | 404 |
| 16.4.4. Zmiękczenie wapnem i sodą | 405 |
| 16.4.5. Metoda fosforanowa | 406 |
| 16.5. Jonitowe zmiękczenie wody | 409 |
| 16.5.1. Charakterystyka wymiany jonowej | 409 |
| 16.5.2. Układy wymienników jonowych | 412 |
| 16.5.3. Jonitowe sposoby zmiękczenia wody | 412 |
| 16.5.4. Budowa wymienników jonowych | 415 |
| 16.5.5. Cykl pracy wymienników jonowych | 416 |
| 16.6. Membranowe techniki zmiękczenia wody | 418 |
| 16.6.1. Przegląd technik membranowych | 418 |
| 16.6.2. Podstawy teoretyczne technik membranowych | 419 |
| 16.6.3. Zjawiska osmozy w demineralizacji wody | 420 |

| | |
|--|-----|
| 16.6.4. Odwrócona osmoza | 421 |
| 16.6.5. Wykorzystanie odwróconej osmozy w energetyce | 423 |
| 16.6.6. Elektrodializa ED | 424 |
| 16.6.7. Elektrodializa odwracalna EDR | 426 |
| 16.6.8. Elektrodejonizacja | 428 |
| 16.6.9. Membranowe układy hybrydowe demineralizacji wody | 429 |
| 16.7 Analiza wpływu poszczególnych etapów uzdatniania wody na środowisko | 429 |
| 16.7.1. Środowiskowe oddziaływanie gospodarki wodnej elektrociepłowni | 430 |
| 16.7.2. Oddziaływanie mechanicznych metod oczyszczania wody na środowisko | 430 |
| 16.7.3. Wpływ pracy hydromechanicznych urządzeń na środowisko | 431 |
| 16.7.4. Operacje fizykochemiczne uzdatniania wody i ich wpływ na środowisko | 431 |
| 16.7.5. Chemiczne uzdatnianie wody w aspekcie ochrony środowiska | 432 |
| 16.7.6. Oddziaływanie produktów zmiękczenia, dekarbonizacji i demineralizacji wody na środowisko | 432 |
| 16.8. Podsumowanie | 433 |
| Bibliografia | 433 |

17. Litosfera i wpływ na nią energetyki konwencjonalnej 435

| | |
|---|-----|
| 17.1. Wprowadzenie | 435 |
| 17.2. Gleba | 436 |
| 17.2.1. Procesy glebotwórcze | 436 |
| 17.2.2. Rodzaje gleb | 437 |
| 17.2.3. Charakterystyka gleb | 438 |
| 17.2.4. Gleby antropogeniczne | 439 |
| 17.2.5. Zanieczyszczenia gleby | 440 |
| 17.2.6. Czynniki wpływające na samooczyszczanie się gleby | 442 |
| 17.3. Wpływ produktów spalania na litosferę | 442 |
| 17.3.1. Skutki zmiany pH gleby | 442 |
| 17.4. Odpady z przemysłu paliwowo-energetycznego | 444 |
| 17.4.1. Zagospodarowanie odpadów przemysłu wydobywczo-paliwowego | 444 |
| 17.4.2. Wtórne odpady przemysłu energetycznego i ich zastosowanie | 445 |
| 17.4.3. Charakterystyka popiołów i żużli węglowych | 446 |
| 17.4.4. Skład chemiczny popiołów i żużli węglowych | 447 |
| 17.4.5. Promieniotwórczość węgla i produktów jego spalania | 448 |
| 17.5. Mokre składowanie odpadów paleniskowych | 450 |
| 17.5.1. Własności filtracyjne popiołów i żużli paleniskowych | 450 |
| 17.5.2. Charakterystyka wody nadosadowej w składowiskach mokrych | 451 |
| 17.5.3. Wpływ składowisk popiołów i żużli na hydrosferę | 452 |
| 17.6. Suche składowanie odpadów paleniskowych | 453 |
| 17.6.1. Składowanie odpadów paleniskowych z kotłów fluidalnych | 453 |
| 17.6.2. Wpływ składowisk popiołów i żużli na atmosferę | 454 |
| 17.6.3. Wpływ stałych produktów spalania na organizmy żywe | 455 |

| | |
|---|------------|
| 17.6.4. Metody przeciwdziałające pyleniu składowisk | 457 |
| 17.6.5. Rekultywacja składowisk odpadów paleniskowych | 457 |
| 17.7. Składowanie odpadów z odsiarczania spalin | 459 |
| 17.7.1. Odpady z mokrej IOS | 459 |
| 17.7.2. Specyfika składowania odpadów z mokrej IOS | 459 |
| 17.7.3. Odpady z półsuchej technologii odsiarczania spalin | 460 |
| 17.8. Zagospodarowanie odpadów z przemysłu energetycznego | 460 |
| 17.8.1. Tradycyjne sposoby recyklingu odpadów z energetyki | 460 |
| 17.8.2. Typy, rodzaje, sortymenty i gatunki pyłów i żużli | 461 |
| 17.8.3. Wytwarzanie i zagospodarowanie popiołów lotnych w Polsce | 463 |
| 17.8.4. Zagospodarowanie UPS w Polsce, UE i USA | 464 |
| 17.9. Lekkie kruszywa budowlane z suchych popiołów lotnych | 465 |
| 17.9.1. Technologia pollytag | 465 |
| 17.9.2. Własności mechaniczne kruszyw lekkich pollytag | 467 |
| 17.9.3. Mit o radioaktywności kruszyw lekkich pollytag | 467 |
| 17.9.4. Zalety kruszyw lekkich pollytag | 469 |
| 17.9.5. Proekologiczność pollytagu i prognozy jego dalszych zastosowań | 470 |
| 17.9.6. Postscriptum | 471 |
| 17.10. Technologia otrzymywania z żużlu i popiołu budowlanej wełny mineralnej | 472 |
| 17.10.1. Chińska jednoczesna produkcja energii i materiałów budowlanych | 472 |
| 17.10.2. Technologia produkcji materiałów budowlanych z ciekłego żużla | 472 |
| 17.10.3. Wełna mineralna z ciekłego żużla | 473 |
| 17.11. Podsumowanie | 475 |
| Bibliografia | 476 |
| Skorowidz | 479 |