

Předmluva	1
1. Uran - hlavní palivový materiál jaderné energetiky	2
1.1. Historický úvod	2
1.2. Použití uranu v jaderné energetice.	3
2. Zpracování uranových rud - výroba tzv. chemického koncentrátu	4
2.1. Výskyt uranu v přírodě a hlavní typy uranových rud	4
2.1.1. Zastoupení uranu v přírodě	4
2.1.2. Klasifikace uranových rud	5
2.2. Obecné schéma zpracování uranových rud na tzv. chemický koncentrát	7
2.3. Mechanické a fyzikální procesy předúpravy rudy	9
2.3.1. Drcení, mletí, třídění, zahušťování, filtrace, sedimentace	9
2.3.2. Fyzikální procesy obohacení a úpravy rud	17
2.3.3. Termické metody úpravy uranových rud	19
2.4. Loužení uranových rud	21
2.4.1. Základní aspekty a kriteria procesu loužení	21
2.4.2. Kyselý způsob loužení uranových rud	22
2.4.2.1. Chemismus loužení	22
2.4.2.2. Technologické parametry loužícího procesu	24
2.4.2.3. Typy loužících reaktorů	25
2.4.3. Karbonátový způsob loužení uranových rud	27
2.4.3.1. Chemismus loužení	27
2.4.3.2. Technologické parametry loužícího procesu	28
2.4.3.3. Typy loužících reaktorů	29
2.4.4. Speciální postupy loužení	30
2.4.4.1. Jednotlivé typy postupů	30
2.4.4.2. Podzemní loužení	31
2.4.4.3. Haldové loužení	33
2.4.4.4. Bakteriologické loužení	33
2.4.4.5. Záměsové loužení, sulfatační pražení, horká digesce	34
2.4.4.6. Perkolační loužení	36
2.4.4.7. Nevodné loužení, sorpční loužení, chlorace rud	36
2.5. Získávání uranu z kyselých výluhů	38
2.5.1. Sorpční procesy	38
2.5.1.1. Typy měničů iontů	38
2.5.1.2. Chemismus sorpčních a desorpčních procesů	41
2.5.1.3. Technologické postupy získávání uranu z kyselých výluhů pomocí měničů iontů	46
2.5.1.4. Ionexová zařízení	49
2.5.2. Kapalinové - extrakční procesy	58
2.5.2.1. Typy kapalinových extrakčních činidel	58
2.5.2.2. Chemismus extrakčních a reextrakčních procesů	62
2.5.2.3. Technologické postupy získávání uranu z kyselých výluhů pomocí kapalinových extrakčních činidel	67
2.5.2.4. Extrakční zařízení	70

2.5.3.	Kombinace ionexových a extrakčních procesů	77
2.5.4.	Srážecí procesy	78
2.6.	Získávání uranu z karbonátových výluhů a z mořské vody	81
2.6.1.	Sorpční procesy	81
2.6.1.1.	Typy měničů iontů a chemismus sorpčních a desorpčních procesů	81
2.6.1.2.	Technologické postupy získávání uranu z karbonátových výluhů pomocí měničů aniontů	84
2.6.1.3.	Získávání uranu z mořské vody	85
2.6.2.	Kapalinové - extrakční procesy	86
2.6.3.	Srážecí procesy	87
2.7.	Složení chemického koncentrátu (žlutého koláče)	89
3.	Příprava nukleárně čistých uranových sloučenin	91
3.1.	Nukleární čistota uranových sloučenin	91
3.2.	Technologické postupy přípravy uranových sloučenin nukleární čistoty	93
3.2.1.	Rafinace pomocí kapalinové extrakce (aplikace TBP)	93
3.2.1.1.	Chemismus rafinačního procesu	93
3.2.1.2.	Technologické schéma rafinačního procesu	95
3.2.2.	Rafinace pomocí srážecích postupů	97
3.2.2.1.	Srážení peroxidu uranylu	97
3.2.2.2.	Srážení amoniumuranyltrikarbonátu (AUC-proces)	97
3.2.3.	Rafinační postupy zaměřené na přípravu UF ₆ a UF ₄	98
3.2.3.1.	Konverze chemického koncentrátu na UF ₆	98
3.2.3.2.	EXCER - proces	99
3.2.3.3.	PNC - proces	101
4.	Výroba kovového uranu a jaderného keramického paliva	102
4.1.	Základní typy jaderných paliv	102
4.2.	Přehled technologických postupů	105
4.3.	Technologické postupy "suché cesty"	107
4.3.1.	Výroba kovového uranu	107
4.3.1.1.	Obecná problematika výroby kovového uranu	107
4.3.1.2.	Výroba fluoridu uraničitého	109
4.3.1.3.	Redukce UF ₄ a příprava ingotů metalického uranu	119
4.3.2.	Výroba fluoridu uranového a jeho rekonverze na UF ₆	122
4.3.2.1.	Obecná problematika výroby UF ₆	122
4.3.2.2.	Výroba fluoridu uranového	124
4.3.2.3.	Rekonverze UF ₆ na UF ₄	127
4.3.3.	Výroba práškového oxidu uraničitého keramického stupně a jeho tablet	127
4.3.3.1.	Charakteristika výrobního procesu a vlastností UO ₂ , c.g.	127
4.3.3.2.	Přehled postupů přípravy práškového UO ₂ , c.g. - kromě rekonverze UF ₆	129
4.3.3.2.1.	Popis jednotlivých postupů	129
4.3.3.2.2.	Výsledky hodnocení postupů přípravy UO ₂ , c.g.	133
4.3.3.3.	Rekonverze UF ₆ na práškový UO ₂ , c.g.	134
4.3.3.3.1.	Obecná problematika rekonverze UF ₆ na UO ₂	134
4.3.3.3.2.	ADU - proces	135
4.3.3.3.3.	AUC - proces	136
4.3.3.3.3.	IDR - proces	136

4.3.3.4.	Výroba tablet	137
4.3.4.	Výroba směsných paliv na bázi oxidické keramiky	140
4.3.4.1.	Obecná problematika přípravy směsných oxidických paliv	140
4.3.4.1.1.	Typy směsných paliv a koncepce jejich použití	140
4.3.4.1.2.	Požadované vlastnosti směsných paliv	140
4.3.4.1.3.	Aspekty bezpečnosti práce	142
4.3.4.2.	Technologické principy výroby směsných oxidických paliv ve formě tablet	143
4.3.4.2.1.	Obecný postup a výchozí materiály	143
4.3.4.2.2.	Příprava směsných paliv na bázi $UO_2 + PuO_2$	144
4.3.4.2.3.	Příprava směsných paliv na bázi $ThO_2 + UO_2$	145
4.3.5.	Příprava pokročilých typů jaderných paliv rychlých reaktorů	147
4.3.5.1.	Obecná problematika přípravy pokročilých typů paliv	147
4.3.5.2.	Karbidy uranu a plutonia	147
4.3.5.3.	Nitridy uranu a plutonia	150
4.4.	Technologické postupy "mokrých cesty" - výroba UF_4	151
4.4.1.	Obecná problematika výroby UF_4 pomocí postupů "mokrých cesty"	151
4.4.2.	Modifikace procesu EXCER	153
4.4.3.	FLUOREX - proces	156
4.5.	Sol - gel procesy	157
4.5.1.	Technologické a teoretické principy sol - gel procesů	157
4.5.1.1.	Typy sol - gel procesů	157
4.5.1.2.	Příprava solů	159
4.5.1.3.	Příprava gelů	160
4.5.1.4.	Příprava solidifikátů	162
4.5.1.5.	Operace promývání a sušení kuliček gelů, příp. solidifikátů	163
4.5.1.6.	Operace kalcinace, redukce a sintrace	164
4.5.1.7.	Problematika dispergační operace	164
4.5.2.	Technologické postupy pravých sol - gel procesů	165
4.5.2.1.	Příprava kuliček UO_2	165
4.5.2.2.	Příprava kuliček $(U,Pu)O_2$	167
4.5.3.	Technologické postupy procesů typu KEMA a SNAM	169
4.5.3.1.	Příprava kuliček UO_2 pávodními procesy KEMA a SNAM a modifikace těchto procesů	169
4.5.3.2.	Příprava kuliček $(Th,U)O_2$	170
4.5.3.3.	Příprava kuliček $(U,Pu)O_2$	173
4.5.3.4.	Příprava kuliček karbidů uranu	173
4.6.	Povlékané částice (tzv. coated particles)	174
4.6.1.	Obecná problematika aplikace a přípravy povlékaných částic	174
4.6.2.	Technologické postupy povlékání	176
5.	Obhacování uranu	177
5.1.	Obecná problematika procesu a principy používaných metod	177
5.1.1.	Obecná problematika procesu obhacování uranu	177
5.1.2.	Principy a vývoj obhacovacích procesů	179
5.1.2.1.	Izotopové jevy	179
5.1.2.2.	Difuzní metoda (difuze plynu porézní přepážkou)	179
5.1.2.3.	Odstředivková metoda (separace v tíhovém poli)	180
5.1.2.4.	Aerodynamické metody	182
5.1.2.5.	Laserové metody	183

5.1.2.6. Chemické separační metody	184
5.2. Kriteria separačního procesu	188
5.2.1. Separační, koncentrační a obohacovací faktor a tzv. řez separačního stupně	188
5.2.2. Separační práce (kapacita) a separační výkon	189
5.3. Technologická realizace procesu separace izotopů	192
5.3.1. Multiplikace izotopových jevů	192
5.3.1.1. Symetrická a nesympetrická kaskáda	192
5.3.1.2. Ideální kaskáda	194
5.3.1.3. Reálná kaskáda: čtvercovaná a čtvercová kaskáda	196
5.3.2. Technologická řešení obohacování uranu vybranými postupy	197
5.3.2.1. Plynová difuze	197
5.3.2.2. Plynové odstředivky	199
5.3.2.3. Aerodynamické procesy	199
5.3.2.4. Chemické separační procesy	200
5.3.2.4.1. CHEMEX - proces	200
5.3.2.4.2. ACEP (ASAHI) - proces	203
6. Stručný přehled výroby palivových článků energetických reaktorů	206
6.1. Typy reaktorů	206
6.2. Obecné aspekty výroby palivových článků	208
6.2.1. Technologie výroby palivových článků	208
6.2.2. Vyhřívající absorbatory neutronů	209
6.2.3. Bezpečnost výroby palivových článků	210
6.3. Technologické postupy výroby základních typů palivových článků	210
6.3.1. Výroba palivových článků na bázi kovového uranu	210
6.3.2. Výroba palivových článků na bázi oxidické keramiky	212
6.3.2.1. Články s palivem ve formě tablet	212
6.3.2.2. Články reaktorů FBR s vibračně hutněným palivem	215
6.3.3. Výroba palivových článků pro reaktory HTGR	216
6.3.3.1. Koncepční řešení palivových článků HTGR	216
6.3.3.2. Kulové palivové články	217
6.3.3.3. Hexagonální palivové články	218
Doslov	219
Použitá literatura	220
Obsah	222

