

OBSAH

	Předmluva k ruskému vydání	13
	Úvod	15
I.	OBECNÉ OTÁZKY	19
1.	Principy elektrochemických zdrojů proudu	19
1.1	Základní pojmy	19
1.2	Chemické reakce probíhající v elektrochemických zdrojích proudu	20
1.2.1	Proudotočné reakce	20
1.2.2	Vedlejší reakce	24
1.3	Bezproudivé napětí a pracovní napětí. Proudová hustota	25
1.4	Faradayovy zákony. Měrná spotřeba reaktantů	27
1.5	Termodynamické vztahy	28
1.5.1	EMN a termodynamické funkce	28
1.5.2	Nernstova rovnice	31
1.6	Období elektrochemických zdrojů proudu	33
2.	Druhy elektrochemických zdrojů proudu	35
2.1	Různé elektrochemické systémy zdrojů proudu	35
2.1.1	Požadavky na elektrochemické systémy	35
2.1.2	Elektrochemické zdroje proudu zajímavé z historického hlediska	36
2.1.3	Moderní zdroje proudu	39
2.1.4	Elektrochemické zdroje proudu v budoucnosti	40
2.2	Konstrukční typy zdrojů	40
2.2.1	Články s tuhými reaktanty	40
2.2.1.1	Elektrody ve zdrojích s tuhými reaktanty	40
2.2.1.2	Galvanické články (primární a sekundární) s tuhými reaktanty	41
2.2.2	Články s kapalnými a plynnými reaktanty	43
2.2.3	Články s plynulou dodávkou tuhých reaktantů	44
2.2.4	Baterie s bipolárními elektrodami	45
2.2.5	Záložní (rezervní) elektrochemické zdroje proudu	46
3.	Charakteristiky elektrochemických zdrojů proudu	47
3.1	Základní elektrické charakteristiky	47
3.1.1	Bezproudivé napětí, vybíjecí napětí	47
3.1.2	Vybíjecí proud. Výkon	49
3.1.3	Kapacita. Energetická zásoba	50
3.1.4	Elektrické charakteristiky akumulátorů	52
3.1.5	Elektrické charakteristiky palivových článků	53
3.2	Provozní parametry elektrochemických zdrojů proudu	54
3.3	Srovnávací charakteristiky elektrochemických zdrojů proudu	55
4.	Elektrochemické aspekty práce elektrochemických zdrojů proudu	59
4.1	Elektroodový potenciál	59
4.1.1	Galvanického potenciál	59
4.1.2	Obvody vodičů	60

4.1.3	Lokalizace bezproudového napětí	61
4.1.4	Elektrodotový potenciál	62
4.1.5	Rovnovážné a nerovnovážné elektrodotové potenciály	63
4.1.6	Různé stupnice elektrodotových potenciálů	64
4.1.7	Měření elektrodotového potenciálu	65
4.2	Elektrodoty. Průchod proudu a přenos iontů a reagentů	66
4.2.1	Migrace iontů a elektrická vodivost elektrodoty	66
4.2.2	Různé formy elektrodotů	67
4.2.2.1	Vodné roztoky	68
4.2.2.2	Nevodné roztoky	68
4.2.2.3	Taveniny soli	68
4.2.2.4	Tuhé elektrodoty	68
4.2.2.5	Matricové elektrodoty	69
4.2.2.6	Iontové výměnné elektrodoty (ionity, polymerní elektrodoty)	69
4.2.3	Přenos hmoty v elektrodoty	70
4.3	Polarizace elektrodot	72
4.3.1	Koncentrační polarizace	72
4.3.2	Aktivační polarizace	73
4.3.3	Krystalizační polarizace	74
4.3.4	Pasivace elektrodot	75
4.4	Vyrovnávací efekty. Systémy s rozloženými parametry	75
4.5	Samovybíjení elektrodot	78
4.6	Elektrokatalýza	81
5.	Reálné elektrodoty	85
5.1	Obecné vlastnosti pórovitých a disperzních systémů	85
5.1.1	Prachy, vlákna	85
5.1.2	Pórovitá tělesa	87
5.1.3	Funkční parametry pórovitých těles	89
5.1.4	Pasty a zahustěné elektrodoty	91
5.2	Aktivní hmota	91
5.2.1	Přísady k aktivní hmotě	92
5.2.1.1	Vodivé přísady	92
5.2.1.2	Pojiva	92
5.2.1.3	Hydrofobizační a hydrofilizační přísady	93
5.2.1.4	Ostatní přísady	93
5.2.2	Technologické aspekty výroby aktivních hmot a elektrodot	93
5.3	Sekundární změny v elektrodotách	94
5.4	Druhy pórovitých elektrodot. Makrokinetika procesů v pórovitých elektrodotách	95
5.4.1	Obecné zákonitosti	95
5.4.2	Procesy v kapalinových elektrodotách	97
5.4.3	Plynové difúzní elektrodoty	101
6.	Zvláštnosti konstrukce a práce elektrochemických zdrojů proudu	106
6.1	Obecné otázky konstrukce	106
6.1.1	Konstrukční požadavky	106
6.1.2	Bilance aktivních látek	107
6.1.3	Tloušťka elektrodoty	107
6.1.4	Velikost	108
6.1.5	Etiketování	108
6.2	Ohmické ztráty	108
6.3	Separátory	109
6.3.1	Funkce separátorů a požadavky na ně kladené	109
6.3.1.1	Vodivost	110
6.3.1.2	Filtrace kapaliny	110

6.3.1.3	Selektivita	110
6.3.1.4	Schopnost potlačit růst dendritů	110
6.3.1.5	Mechanické a chemické vlastnosti	111
6.3.2	Separátory používané v elektrochemických zdrojích proudu	111
6.3.2.1	Jednoduché vložky	111
6.3.2.2	Pórovité separátory	111
6.3.2.3	Botnavé separátory (membrány)	113
6.3.3	Použití separátorů	114
6.4	Zvláštnosti činnosti baterií	115
6.4.1	Převybíjení jednotlivých článků	115
6.4.2	Zvláštnosti akumulátorových baterií	116
6.4.3	Kapalinové spoje	117
6.5	Hermetizace	118
6.5.1	Obecné otázky	118
6.5.2	Částečná hermetizace	119
6.5.3	Úplná hermetizace	120
6.5.4	Konstrukční a technologické problémy hermetizace	123
6.6	Tepelné procesy v elektrochemických zdrojích proudu	123
6.7	Záložní (rezervní) zdroje proudu	127
6.7.1	Nálevné a vodou aktivované EZP	127
6.7.2	Ampulové EZP	127
6.7.3	Termální EZP	128
7.	Problémy provozu elektrochemických zdrojů proudu	129
7.1	Provoz primárních zdrojů	129
7.2	Provoz akumulátorů	130
7.2.1	Režimy provozu	130
7.2.2	Způsoby nabíjení akumulátorů	130
7.2.3	Činnost akumulátorů v režimu přepínání (bateriový provoz)	133
7.2.4	Činnost akumulátorů ve vyrovnávacím režimu	134
7.2.5	Činnost akumulátorů v pohotovostním režimu	135
7.3	Obecné otázky údržby a obsluhy	135
7.4	Nabíjecí zařízení	137
7.4.1	Motorové generátory	137
7.4.2	Polovodičové diody	138
7.4.3	Nabíjecí zařízení s polovodičovými komponentami	138
7.4.4	Zařízení pro nabíjení akumulátorů asymetrickým proudem	139
7.4.5	Stabilizace proudu a napětí	140
7.5	Přechodové procesy v elektrochemických zdrojích proudu	140
7.5.1	Povaha reaktance zdroje	141
7.5.2	Vlastní šumy elektrochemických zdrojů proudu	144
7.6	Spolehlivost elektrochemických zdrojů proudu	144
8.	Oblasti použití elektrochemických zdrojů proudu	147
8.1	Současné oblasti použití	147
8.1.1	Dopravní prostředky (startovací a pomocné baterie)	147
8.1.2	Trakční baterie	148
8.1.3	Staniční zařízení (staniční baterie)	149
8.1.4	Přenosné a domácí přístroje	149
8.1.5	Speciální oblasti použití	150
8.2	Problematické oblasti použití	151
8.2.1	Použití v energetice (elektrochemická energetika)	151
8.2.2	Problém elektromobilu	153
8.2.3	Použití v medicíně (implantovaná zařízení)	154
8.3	Ekonomické problémy výroby a využití	155

II.	RŮZNÉ SYSTÉMY ELEKTROCHEMICKÝCH ZDROJŮ PROUDU	158
9.	Olověné (kyselé) akumulátory	158
9.1	Obecné znalosti	158
9.2	Elektrochemické a další fyzikálně chemické procesy	159
9.2.1	Proudovorné reakce	159
9.2.2	Zvláštnosti vybíjení a nabíjení	160
9.2.3	Pasivace	162
9.2.4	Vliv materiálu mřížky (proudového sběrače)	163
9.2.5	Samovybíjení	163
9.2.6	Koroze mřížek kladných elektrod	164
9.2.7	Opadávání aktivní hmoty z kladné elektrody	164
9.2.8	Zkratky	165
9.2.9	Sulfatace	165
9.3	Konstrukce a technologie	166
9.3.1	Konstrukce elektrod	166
9.3.1.1	Velkopovrchové (Plantého) elektrodové desky	166
9.3.1.2	Pastované (mřížkové, mazané) elektrodové desky	166
9.3.1.3	Skříňkové elektrody	167
9.3.1.4	Trubkové elektrody	167
9.3.2	Technologické otázky	168
9.3.2.1	Aktivní hmota	168
9.3.2.2	Výroba pastovaných elektrod	169
9.3.2.3	Formování elektrod	169
9.3.2.4	Sušení elektrod	170
9.3.2.5	Elektrolyt	170
9.3.3	Konstrukce akumulátorů	171
9.4	Charakteristiky	172
9.4.1	Obecné vybíjecí a nabíjecí charakteristiky	172
9.4.2	Srovnání vlastností různých variant akumulátorů	174
9.4.2.1	Startovací akumulátorové baterie	175
9.4.2.2	Trakční akumulátory	174
9.4.2.3	Staniční akumulátory	176
9.5	Zvláštnosti údržby a používání	176
9.6	Další vývoj olověných akumulátorů	177
10.	Niklkadmiové a niklželezné akumulátory	180
10.1	Obecné znalosti	180
10.2	Elektrochemické a ostatní fyzikálně chemické procesy	181
10.3	Konstrukce a technologie niklželezných a niklkadmiových akumulátorů	183
10.3.1	Konstrukce elektrod	133
10.3.1.1	Kapsové (lamelové) elektrody	183
10.3.1.2	Slinované (sintrované) elektrody	184
10.3.1.3	Lisované elektrody	185
10.3.2	Technologické otázky	185
10.3.2.1	Aktivní hmota kapsových a lisovaných elektrod	185
10.3.2.2	Elektrolyt	186
10.3.3	Konstrukce akumulátorů	186
10.4	Charakteristiky	189
10.4.1	Obecné vlastnosti různých typů akumulátorů	189
10.4.2	Elektrické charakteristiky	189
10.4.3	Doba provozu, životnost v cyklech a samovybíjení	191
10.5	Zvláštnosti údržby a provozu	192
10.6	Nový typ niklželezného akumulátoru	193

11.	Burelové články se solnými elektrolyty	195
11.1	Obecné znalosti	195
11.2	Elektrochemické a další fyzikálně chemické procesy	196
11.2.1	Proudovorné reakce	196
11.2.2	Samovybíjení	198
11.2.3	Prolínání elektrolytu	199
11.2.4	Možnost vícenásobného použití článků	199
11.3	Konstrukce a technologie burelových článků	199
11.3.1	Konstrukce článků a baterií	199
11.3.2	Modifikace a druhy oxidu mangančitého	202
11.3.2.1	Přírodní ruda	203
11.3.2.2	Aktivovaný pyrolusit	203
11.3.2.3	Elektrolytický oxid mangančitý	203
11.3.2.4	Syntetický oxid mangančitý	203
11.3.3	Záporná elektroda	204
11.3.4	Elektrolyt	204
11.3.5	Burelové články se stálým napětím	204
11.3.6	Burelovzdušné články	205
11.4	Charakteristiky burelových článků	206
12.	Alkalické elektrochemické zdroje proudu se zinkovou anodou	209
12.1	Zinková elektroda v alkalickém roztoku	209
12.1.1	Zinková elektroda pro jedno vybití	209
12.1.2	Zinková elektroda pro vícenásobné použití	211
12.2	Alkalické články měď—zinek	213
12.2.1	Uspořádání	213
12.2.2	Charakteristiky	214
12.3	Články rtuť—zinek	215
12.3.1	Uspořádání	216
12.3.2	Charakteristiky	218
12.3.3	Nabíjitelné články	219
12.4	Alkalické burelové články	219
12.4.1	Uspořádání	220
12.4.2	Charakteristiky	222
12.4.3	Nabíjitelné články	223
12.5	Články stříbro—zinek (stříbro—kadmium)	224
12.5.1	Uspořádání stříbrozinkového akumulátoru	224
12.5.2	Procesy na kladné elektrodě	225
12.5.3	Charakteristiky	226
12.5.4	Samovybíjení	227
12.5.5	Životnost v cyklech a doba provozu	228
12.5.6	Provozní zvláštnosti	228
12.5.7	Primární články a stříbrozinkové baterie	228
12.5.8	Články stříbro—kadmium	229
12.5.9	Ekonomické parametry	229
12.6	Nikl-zinkové akumulátory	229
12.6.1	Zvláštnosti elektrochemických procesů	230
12.6.2	Charakteristiky	230
12.6.3	Životnost v cyklech	231
12.6.4	Vyhledky použití	231
13.	Kombinované elektrochemické zdroje proudu	233
13.1	Vzdušné (kyslíkové) elektrody	233
13.1.1	Mechanismus redukce (ionizace) kyslíku	234
13.1.2	Konstrukce a technologie	235

13.2	Články vzduch—kov	237
13.2.1	Primární články vzduch—kov	237
13.2.1.1	Články vzduch—zinek	237
13.2.1.2	Články vzduch—železo	238
13.2.2	Obnovitelné články vzduch—zinek	239
13.2.3	Akumulátory vzduch—kov	240
13.2.3.1	Problém reverzibilní kyslíkové elektrody	240
13.2.3.2	Třielektrodové uspořádání	240
13.2.3.3	Bifunkční elektrody	240
13.2.3.4	Akumulátory vzduch—zinek	242
13.2.3.5	Akumulátory vzduch—železo	242
13.2.4	Články vzduch—zinek s cirkulující suspenzí zinku	242
13.3	Niklvodíkové a stříbrovodíkové akumulátory	243
13.3.1	Konstrukce	244
13.3.2	Zvláštnosti procesů	245
13.3.3	Konstrukční varianty	246
13.3.4	Charakteristiky	246
13.4	Chlorzinkové akumulátory	247
13.5	Lithiové články s vodným elektrolytem	249
14.	Různé elektrochemické zdroje proudu s vodnými roztoky	253
14.1	Problém využití hořčíku a hliníku	253
14.2	Články burel—hořčík	255
14.2.1	Uspořádání	256
14.2.2	Charakteristiky	256
14.3	Rezervní články a baterie s hořčíkovými anodami aktivované vodou	257
14.3.1	Reakce	257
14.3.2	Uspořádání	258
14.3.3	Charakteristiky	259
14.4	Elektrochemické zdroje proudu s organickými reaktanty	260
14.5	Různé zdroje proudu s elektrodami z PbO_2	262
14.5.1	Olověné zdroje proudu s rozpustnými elektrodami	262
14.5.2	Články olovo—zinek a olovo—kadmium	263
14.6	Standardní články	264
15.	Elektrochemické zdroje proudu s nevodnými roztoky	267
15.1	Lithiové články s elektrolyty na bázi aprotických rozpouštědel	267
15.1.1	Obečná charakteristika	267
15.1.2	Lithiové články s tuhými oxidačními činidly	270
15.1.3	Lithiové články s kapalnými oxidačními činidly	271
15.1.4	Akumulátory s elektrolyty na bázi aprotických rozpouštědel	274
15.2	Zdroje proudu aktivované amoniakem	274
16.	Elektrochemické zdroje proudu s tuhými a roztavenými elektrolyty	277
16.1	Tuhé elektrolyty	277
16.1.1	Mechanismus unipolární iontové vodivosti	277
16.1.2	Typy tuhých elektrolytů	279
16.2	Nízkoteplotní malé články s tuhým elektrolytem	279
16.3	Akumulátory síra—sodík	281
16.3.1	Proudovorné reakce	281
16.3.2	Elektrolyt	282
16.3.3	Uspořádání akumulátoru	282
16.3.4	Charakteristiky	284
16.4	Akumulátory s roztaveným elektrolytem	286
16.4.1	Záporná elektroda	286
16.4.2	Kladná elektroda	287

16.4.3	Elektrolyt	288
16.4.4	Konstrukce a charakteristiky	288
16.5	Tepelné elektrochemické zdroje proudu	289
16.5.1	Elektrolyt	289
16.5.2	Anody	289
16.5.3	Katodové materiály	290
16.5.4	Konstrukce	290
16.5.5	Charakteristiky	290
17.	Palivové články a elektrochemické generátory	293
17.1	Problém palivových článků	293
17.1.1	Historický přehled	294
17.2	Konstrukce palivových článků a elektrochemických generátorů	296
17.3	Reaktanty pro palivové články	298
17.4	Pomocné systémy	300
17.4.1	Přísun reaktantů	301
17.4.2	Odvod produktů	301
17.4.3	Odvádění tepla	301
17.4.4	Regulace výměny tepla a hmoty	301
17.4.5	Regulace a monitorování elektrických parametrů	302
17.4.6	Pomocná akumulátorová baterie	302
17.5	Palivové články kyslík (vzduch)—vodík s alkalickým elektrolytem	302
17.5.1	Baterie firmy Union Carbide (USA)	303
17.5.2	Zařízení firmy Allis-Chalmers (USA)	305
17.5.3	Zařízení firmy Pratt and Whitney (USA)	306
17.5.4	Další typy alkalických kyslíkovodíkových článků	308
17.6	Kyslíkovodíkové články s kyselým elektrolytem	309
17.7	Kyslíkovodíkové články s iontově výměnnými membránami	310
17.8	Hydrazinové palivové články	311
17.9	Nízkoteplotní palivové články s organickým palivem	313
17.10	Vysokoteplotní palivové články	314
17.10.1	Palivové články s roztavenými elektrolyty	315
17.10.2	Palivové články s tuhým oxidovým elektrolytem	316
17.11	Perspektivy použití palivových článků	317
18.	Další rozvoj elektrochemických zdrojů proudu	320
	Příloha	323
	Rejstřík	335