

1	ÚVOD	9
1.1	Terminologie.....	9
1.2	Historické úvahy, souvislosti a data.....	11
2	PRINCIPY TVORBY BIOPLYNU	17
2.1	Obecné procesy vedoucí ke vzniku bioplynů.....	17
2.2	Přehled biochemických principů tvorby methanu.....	19
2.3	Praktické aspekty života methanogenních mikroorganismů.....	24
2.3.1	Filmové a vrstevnaté struktury.....	24
2.3.2	Vlivy teploty a tlaku.....	25
2.3.3	Vlivy pH.....	27
2.3.4	Požadavky na nutrienty a substrát.....	36
2.4	Rostlinná biomasa jako surovina pro biomethanizaci.....	37
2.5	Anaerobní rozložitelnost organických látek a aktivita anaerobní biomasy.....	42
2.5.1	Metody stanovení aktivity anaerobních mikroorganismů.....	43
2.5.2	Zhodnocení a porovnání metod stanovení aktivity.....	51
2.5.3	Rozložitelnost organických látek za anaerobních podmínek.....	52
2.6	Řízení anaerobních procesů a jejich intenzifikace.....	57
2.6.1	Metody kontroly a řízení procesu.....	57
2.6.2	Řízení procesu.....	63
2.6.3	Zpracování anaerobních reaktorů.....	64
2.6.4	Možné poruchy procesu a jejich odstraňování.....	67
2.6.5	Teoretické možnosti intenzifikace procesu methanizace.....	70
2.6.6	Stimulace anaerobních rozkladných procesů buněčným lyzátem.....	72
2.6.7	Nové metody předúpravy čistírenských kalů.....	76
2.7	Termofilní procesy – vliv teploty na anaerobní stabilizaci kalů.....	80
2.7.1	Teoretický rozbor problému.....	80
2.7.2	Provozní ověřování termofilní stabilizace na ÚČOV Praha.....	83
3	CHEMICKÉ SLOŽENÍ BIOPLYNU	89
3.1	Majoritní složky v bioplynech.....	89
3.1.1	Složení skládkových plynů.....	90
3.1.2	Formalizované složení plynů.....	93
3.2	Minoritní složky v bioplynech.....	97
3.2.1	Bioplyn a síra.....	99
3.2.2	Bioplyn a halogeny.....	104
3.2.3	Bioplyn a křemík.....	110
3.2.4	Bioplyn a další minoritní složky.....	126
3.2.5	Bioplyn reaktorový a skládkový plyn – podobnosti a rozdíly.....	129
3.3	Praktické poznámky k chemické a instrumentální analýze bioplynů.....	130
4	FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI BIOPLYNŮ	137
4.1	Některé základní a odvozené měrové jednotky.....	137
4.1.1	Základní měrové jednotky.....	137
4.1.2	Některé odvozené měrové jednotky.....	138
4.2	Stavové chování.....	143
4.2.1	Ideální plyn, dokonalý plyn a reálný plyn.....	143

4.2.2	Kritické veličiny, acentrický faktor a dipólový moment	146
4.2.3	Reálný plyn.....	148
4.2.4	Teorém korespondujících stavů a pseudokritické veličiny	153
4.2.5	Základy termodynamiky.....	156
4.3	Spalování bioplynu	160
4.3.1	Základy termochemie	160
4.3.2	Závislost reakční entalpie na teplotě (Kirchhoffova věta).....	166
4.3.3	Tabelace termochemických veličin	168
4.3.4	Látková a entalpická bilance reaktoru	172
4.3.5	Adiabatická teplota reakce.....	175
4.3.6	Základy spalování látek a jejich směsí	178
4.3.7.	Methanové číslo.....	188
4.3.8	Záměnnost topných plynů – Wobbeho index	189
4.4	Fázové rovnováhy.....	192
4.4.1	Vlhkost plynu	192
4.4.2	Rozpustnost plynů v kapalinách (absorpce)	201
4.4.3	Adsorpce.....	207
4.5	Transportní vlastnosti plynů	210
4.5.1	Viskozita.....	211
4.5.2	Tepelná vodivost.....	214
4.5.3	Difúze	216
5	TECHNOLOGIE VÝROBY REAKTOROVÉHO BIOPLYNU	219
5.1	Historický vývoj	219
5.2	Technologické systémy a jejich části.....	220
5.2.1	Reaktory	220
5.2.2	Plynojemy	225
5.2.3	Technologie čištění a úpravy bioplynu.....	227
5.2.4	Uživatelská zařízení a prvky plynových tras	237
5.3	Systémové a chemické inženýrství biomethanizace	241
5.3.1	Technologická kinetika suspenzních reaktorů.....	241
5.3.2	Důležité aspekty chemického inženýrství technologie anaerobní fermentace v suspenzních reaktorech	249
5.4	Technol. systémy anaerobní fermentace odpadů a biomasy v prakt. příkladech	263
5.4.1	Měrné výtěžky methanu	263
5.4.2	Anaerobní fermentace odpadů v České republice	266
5.4.3	Biomethanizace v příkladech světových zkušeností a výzkumně-vývojových výsledků.....	269
5.5	Anaerobní čištění odpadních vod	307
5.5.1	Vývoj a klasifikace reaktorů pro anaerobní čištění odpadních vod	308
5.5.2	Reaktory se suspenzní biomasou	310
5.5.3	Imobilizace biomasy.....	313
5.5.4	Biofilmové reaktory.....	314
5.5.5	Reaktory s agregovanou biomasou	322
5.5.6	Kritéria volby typu anaerobního reaktoru.....	328
5.5.7	Příklady anaerobního čištění odpadních vod v ČR.....	329
5.6	Kombinace anaerobních a aerobních procesů.....	333
5.6.1	Anaerobně-aerobní čištění odpadních vod	333

5.6.2	Dočištění anaerobně předčištěných vod	334
5.6.3	Technologické varianty anaerobně-aerobního čištění odpadních vod.....	339
5.6.4	Vzájemný vliv aerobní a anaerobní biomasy	344
5.6.5	Integrace anaerobních a aerobních čistírenských systémů	346
5.6.6	Nové postupy zpracování kalové vody	347
6	TECHNOLOGIE TESTOVÁNÍ, ZNEŠKODŇOVÁNÍ A VYUŽITÍ SKLÁDKOVÝCH PLYNŮ	351
6.1	Historický vývoj.....	351
6.2	Specifické podmínky vzniku bioplynu ve skládkách biologicky rozložitelných odpadů.....	352
6.2.1	Skládkový plyn a voda	353
6.3	Migrace skládkových plynů	366
6.3.1	Teoretické základy procesů migrace skládkových plynů	368
6.3.2	Experimentální metody pro sledování tvorby a migrace skládkových plynů.....	384
6.4	Metody a technologie odplyňování skládek	402
6.4.1	Odplyňovací systémy	402
6.4.2	Teoretické základy odsávání plynu perforovanými drenážemi	417
6.4.3	Modelování časového vývoje procesů tvorby skládkového plynu	426
6.5	Zneškodňování skládkových plynů.....	428
6.5.1	Spalování skládkového plynu na flérách.....	429
6.5.2	Biooxidace methanu.....	429
6.6	Využívání skládkových plynů.....	434
6.6.1	Predikce výtěžnosti plynu a jeho kvality	434
6.6.2	Zušlechťování skládkového plynu na kvalitu náhradního zem. plynu	436
6.6.3	Proces Selexol – Zkušenosti při úpravě skládkového plynu	438
6.6.4	Praktická zpracování LFG	440
6.6.5	Využití skládkového plynu k odparu výluhů	441
6.7	Některé specifické problémy skládek odpadů ve vztahu k produkci plynu	445
6.7.1	Problematika ucpávání drenáží	445
6.7.2	Sesuvy skládkových těles.....	445
6.7.3	Odplynění výluhů.....	447
7	BIOPLYN A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	449
7.1	Skládkový bioplyn a požární bezpečnost	449
7.2	Skládkový bioplyn - ohrožení výbuchem a některé explozní nehody	451
7.3	Toxická rizika spojená s výrobou a využíváním bioplynu	458
7.4	Bioplyn a „skleníkový efekt“	461
7.5	Bioplyn a účinky na rostlinstvo.....	465
7.6	Bioplyn a kombinační možnosti technologie anaerobní biomethanizace.....	466
7.6.1	Palivový ethanol.....	467
7.6.2	Ekologické přínosy využití biomasy a odpadů v kombinovaných biotechnologiích anaerobní biomethanizace a řasové kultivace	476
	LITERATURA	485
	REJSTŘÍK	513