

SSAH

ÚVOD	9
Terminologie	9
Historické úvahy, souvislosti a data	21
PRINCIPY TVORBY BIOPLYNU	27
Obecné procesy vedoucí ke vzniku bioplynů	27
Přehled biochemických principů tvorby methanu	30
Praktické aspekty života methanogenních mikroorganismů	34
Filmové a vrstevnaté struktury	34
Vlivy teploty a tlaku	36
Vlivy pH	38
Požadavky na nutrienty a substrát	49
Chemická složení substrátů pro biomethanizaci	50
Polysacharidy a rostlinná biomasa	50
Biologicky stabilní složky rostlinných biomas	54
Lipidy	59
Proteiny	62
Specifické problémy biologické rozložitelnosti jednotlivých hlavních substrátových skupin	65
Anaerobní rozložitelnost organických látek a aktivita anaerobní biomasy	66
Metody stanovení aktivity anaerobních mikroorganismů	67
Zhodnocení a porovnání metod stanovení aktivity	75
Rozložitelnost organických látek za anaerobních podmínek	76
CHEMICKÉ SLOŽENÍ BIOPLYNU	91
Majoritní složky v bioplynech	91
Složení skládkových plynů	92
Formalizované složení plynů	95
Minoritní složky v bioplynech	99
Bioplyn a síra	101
Bioplyn a halogeny	106
Bioplyn a křemík	113
Bioplyn a další minoritní složky	129
Bioplyn reaktorový a skládkový plyn – podobnosti a rozdíly	133
Praktické poznámky k chemické a instrumentální analýze bioplynů	134
Bioplyn a zápach	139
Zápach a jeho hedonické zbarvení	140
Zápach a chemická struktura látek	142
Zápach a dráždivé vlivy	148
Pachy a vůně jako funkce chemické struktury molekul	150
Pachy a vůně jako funkce koncentrace čistoty	154
Odorizace topných plynů	155
Měření zápachu	159
Odběry vzorků pro měření zápachu	164
Bioplyn, zápach a aktuální legislativní prostředí v ČR	168
Některé praktické výsledky měření pachů na skládkách odpadů a v technologiích zpracování odpadů	175
Závěrečné hodnocení problému měření zápachu	181
Korozní vlastnosti bioplynů	182
Mikrobiologická koroze	182

4	FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI BIOPLYNŮ	185
4.1	Některé základní a odvozené měrové jednotky	185
4.1.1	Základní měrové jednotky	185
4.1.2	Některé odvozené měrové jednotky	186
4.2	Stavové chování	191
4.2.1	Ideální plyn, dokonalý plyn a reálný plyn	191
4.2.2	Kritické veličiny, acentrický faktor a dipólový moment	194
4.2.3	Reálný plyn	196
4.2.4	Teorém korespondujících stavů a pseudokritické veličiny	201
4.2.5	Základy termodynamiky	204
4.3	Spalování bioplynu	208
4.3.1	Základy termochemie	208
4.3.2	Závislost reakční entalpie na teplotě (Kirchhoffova věta)	214
4.3.3	Tabelace termochemických veličin	216
4.3.4	Látková a entalpická bilance reaktoru	220
4.3.5	Adiabatická teplota reakce	223
4.3.6	Základy spalování látek a jejich směsí	227
4.3.7	Methanové číslo	236
4.3.8	Záměnnost topných plynů – Wobbeho index	237
4.4	Fázové rovnováhy	240
4.4.1	Vlhkost plynu	240
4.4.2	Rozpustnost plynů v kapalinách (absorpce)	249
4.4.3	Adsorpce	255
4.5	Transportní vlastnosti plynů	258
4.5.1	Viskozita	259
4.5.2	Tepelná vodivost	262
4.5.3	Difúze	264
5	TECHNOLOGIE VÝROBY REAKTOROVÉHO BIOPLYNU	267
5.1	Historický vývoj	267
5.2	Technologické systémy a jejich části	268
5.2.1	Reaktory pro suspenzní materiály	268
5.2.2	Plynojemy	274
5.2.3	Technologie čištění a úpravy bioplynu	276
5.2.4	Uživatelská zařízení a prvky plynových tras	286
5.3	Systémové a chemické inženýrství biomethanizace	291
5.3.1	Kinetika procesů v suspenzních reaktorech	291
5.3.2	Důležité aspekty chemického inženýrství technologie anaerobní fermentace v suspenzních reaktorech	299
5.4	Řízení anaerobních procesů	313
5.4.1	Metody kontroly a řízení procesu	313
5.4.2	Řízení procesu	318
5.4.3	Zpracování anaerobních reaktorů	319
5.4.4	Možné poruchy procesu a jejich odstraňování	323
5.5	Možnosti intenzifikace procesu biomethanizace	325
5.5.1	Kinetické aspekty procesu	325
5.5.2	Kvalita a množství biomasy v reaktoru	326
5.5.3	Zlepšení biologické rozložitelnosti organických látek	326
5.5.4	Stimulace anaerobních rozkladných procesů buněčným lyzátem	327
5.6	Termofilní procesy – vliv teploty na anaerobní stabilizaci kalů	339
5.6.1	Teoretický rozbor problému	339

6.2	Provozní ověřování termofilní stabilizace na ÚČOV Praha.....	342
6.3	Způsoby zpracování termofilie.....	347
7	Anaerobní čištění odpadních vod.....	352
7.1	Vývoj a klasifikace reaktorů pro anaerobní čištění odpadních vod.....	352
7.2	Reaktory se suspenzí biomasou	354
7.3	Imobilizace biomasy	357
7.4	Biofilmové reaktory	358
7.5	Reaktory s agregovanou biomasou	366
7.6	Kritéria volby typu anaerobního reaktoru	372
7.7	Příklady anaerobního čištění odpadních vod v ČR	373
8	Kombinace anaerobních a aerobních procesů	377
8.1	Anaerobně-aerobní čištění odpadních vod	377
8.2	Dočištění anaerobně předčištěných vod.....	378
8.3	Technologické varianty anaerobně-aerobního čištění odpadních vod.....	383
8.4	Vzájemný vliv aerobní a anaerobní biomasy	388
8.5	Integrace anaerobních a aerobních čistírenských systémů.....	390
8.6	Nové postupy zpracování kalové vody	391
9	Technologické systémy anaerobní fermentace odpadů a biomasy v praktických příkladech.....	394
9.1	Měrné výtěžky methanu.....	394
9.2	Anaerobní fermentace odpadů v České republice	399
9.3	Biomethanizace v příkladech světových zkušeností	403
9.4	Biomethanizace odpadů ze zpracování ovoce a zeleniny.....	409
9.5	Biomethanizace odpadů z potravinářského průmyslu.....	412
9.6	Biomethanizace lignocelulózových surovin.....	416
9.7	Biomethanizace zelené biomasy	425
9.8	Biomethanizace živočišných odpadů	428
9.9	Pěstování „energetické“ biomasy pro účely biomethanizace	432
9.10	Anaerobní fermentace organické frakce TKO	436
10	Další informace o procesu biomethanizace odpadů	450
10.1	Jednoduché reaktory používané v rozvojových zemích.....	450
10.2	Vlivy indického konopí na proces biomethanizace rostlinných a živočišných odpadů.....	451
TECHNOLOGIE TESTOVÁNÍ, ZNEŠKODŇOVÁNÍ A VYUŽITÍ SKLÁDKOVÝCH PLYNŮ		453
1	Historický vývoj	453
2	Specifické podmínky vzniku bioplynu ve skládkách biologicky rozložitelných odpadů	454
2.1	Skládkový plyn a voda.....	455
3	Migrace skládkových plynů.....	472
3.1	Teoretické základy procesů migrace skládkových plynů.....	474
3.2	Experimentální metody pro sledování tvorby a migrace skládkových plynů.....	491
4	Metody a technologie odplynování skládek.....	509
4.1	Odplynovací systémy.....	509
4.2	Teoretické základy odsávání plynu perforovanými drenážemi	526
4.3	Modelování časového vývoje procesů tvorby skládkového plynu	535
5	Zneškodňování skládkových plynů.....	537
5.1	Spalování skládkového plynu na flérách.....	538
5.2	Biooxidace methanu	538
6	Využívání skládkových plynů.....	549
6.1	Predikce výtěžnosti plynu a jeho kvality	549
6.2	Zušlechťování skládkového plynu na kvalitu náhradního zemního plynu	551
6.3	Proces Selexol – Zkušenosti při úpravě skládkového plynu	553

6.6.4	Praktické zpracování LFG	555
6.6.5	Využití skládkového plynu k odparu výluhů	556
6.6.6	Reaktorové skládky	559
6.7	Některé specifické problémy skládek odpadů ve vztahu k produkci plynu	561
6.7.1	Problematika ucpávání drenáží	561
6.7.2	Sesuvy skládkových těles	562
6.7.3	Odplynění výluhů a problémy využitelnosti skládkových vod pro zalévání rekultivačních ploch	564
7	BIOPLYN A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	567
7.1	Skládkový bioplyn a požární bezpečnost	567
7.2	Skládkový bioplyn - ohrožení výbuchem a některé explozní nehody	569
7.3	Toxická rizika spojená s výrobou a využíváním bioplynu	576
7.4	Bioplyn a „skleníkový efekt“	580
7.5	Bioplyn a účinky na rostlinstvo	584
7.6	Bioplyn a kombinační možnosti technologie anaerobní biomethanizace	585
7.6.1	Palivový ethanol - bioethanol	586
7.6.2	Methylestery mastných kyselin - bionafta	602
7.6.3	Využití biomasy a odpadů v kombinovaných biotechnologiích anaerobní biomethanizace a řasové kultivace (ABC – proces)	604
7.7	Biovodík	613
7.7.1	Obecné postupy pro výrobu vodíku	613
7.7.2	Technologie výroby biovodíku ve fotosyntetických a kombinovaných procesech	615
7.7.3	Anaerobní fermentace rostlinných materiálů se zaměřením na produkci biovodíku	619
8	LITERATURA (řazení podle kapitol)	635
9	SEZNAM POUŽITÝCH TECHNICKÝCH ZKRATEK	673
10	REJSTŘÍK	677
11	REJSTŘÍK OBRÁZKŮ	691
12	REJSTŘÍK TABULEK	701