

MOŽNOSTI PRODUKCE BIOPLYNU Z MELASOVÝCH VÝPALKŮ A ODPADNÍCH VOD LIHOVARŮ

Ing. Pavel JENÍČEK, CSc., VŠCHT Praha, Ústav technologie vody a prostředí
Ing. Miroslav SÝKORA, VÚFB Praha, Ekopol

579.663

Klíčová slova: *lihovarské melasové výpalky, odpadní vody, anaerobní technologie, úspory energie, výroba bioplynu.*

ÚVOD

Energetická náročnost lihovarnických technologií je dána jejich charakterem a je vysoká. Vzhle-

dem k rostoucím cenám energií je logické, že v soutěži o dobré postavení na trhu bude, vedle samozřejmých kritérií jako je kvalita produkce,

hrát nejdůležitější roli ekonomičnost výroby, kterou silně ovlivňuje spotřeba energie a stále více i vliv na životní prostředí.

Jednou z možností jak snížit spotřebu energie v lihovaru je použití bioplynu jako alternativní suroviny k výrobě tepla nebo energie. Zdrojem bioplynu mohou být odpady z výroby ať už odpadní vody nebo melasové výpalky, pokud pro ně není efektivnější využití.

K podobným závěrům ohledně využití melasových výpalků docházejí Melzoch a kol. [1]: „V tzv. rozvojových zemích se aplikují melasové výpalky nejčastěji na závlahy polí a luk jako hnojivo nebo se přímo vypouštějí do vodních toků. Vyspělé státy se naopak snaží o maximální využití výpalků, nejčastěji na výrobu bioplynu.“

V mnoha lihovarech v zahraničí, ale i u nás (Olomouc, Kojetín), bylo prokázáno v poloprovozním i provozním měřítku, že odpady z výroby lihu jsou vhodné pro zpracování anaerobní biotechnologií produkující bioplyn. Ten se využívá buď jako plynné palivo, nebo k výrobě elektrické energie.

Prudký rozvoj technologie anaerobního čištění odpadních vod v posledních letech přinesl nové poznatky o mechanismu produkce methanu a vlastnostech metanogenních mikroorganismů a v návaznosti na teoretické poznatky i modernizaci reaktorové techniky. Anaerobní zpracování odpadních vod se tak stalo lákavou a úspěšnou alternativou pro klasické aerobní čištění odpadních vod.

ROZBOR PROBLÉMU

Zajímavé je porovnání aerobního a anaerobního způsobu čištění odpadních vod. Ač jsou to oba principiálně shodné biologické procesy, v řadě aspektů se liší.

- Anaerobní proces je méně energeticky náročný, protože nevyžaduje intenzivní provzdušňování.
- Vedlejším produktem anaerobního procesu je bioplyn, jehož převažující složkou je methan.
- Produkce přebytečné biomasy je výrazně nižší v anaerobních podmínkách, z toho plynou nižší náklady na zpracování kalu.
- Anaerobní proces je méně náročný na nutriční prvky dusík, fosfor apod.
- V anaerobním systému je možné udržet vyšší koncentraci biomasy a efektivně ji využít, protože její aktivita není limitována koncentrací kyslíku.
- Biologická rozložitelnost některých látek je hlubší nebo rychlejší v anaerobním prostředí u jiných v aerobním, proto může být z hlediska účinnosti čištění nejefektivnější kombinace [2].

V některých aspektech naopak zůstává aerobní technologie výhodnější (nižší citlivost aerobních mikroorganismů vůči prudkým změnám podmínek, nižší koncentrace organických látek v odtoku, lepší možnosti odstranění dusíku a fosforu).

Vhodnou kombinací aerobie a anaerobie však lze využít výhody obou procesů a tato technologická varianta se také velice akcelerovaně začíná v lihovarech prosazovat.

Porovnání odpadních vod našich a zahraničních lihovalů naráží na skutečnost, že ve světě je charakteristická diverzifikace surovin pro výrobu lihu, zatímco u nás je dosud lih ve velkých lihovarech vyráběn výhradně z melasy. V převážné většině zahraničních lihovalů se lih vyrábí střídavě z několika surovin podle jejich sezónní dostupnosti a tak se i kvalita odpadů během roku mění. Výchozí materiály jsou např. různé druhy obilí, vinná réva, cukrová řepa, přebytek ovoce apod., melasa zpravidla představuje jen zálohu pro období, kdy je nedostatek ušlechtlejších (cukernatějších) surovin.

V každém případě však zůstávají po destilaci lihu destilační zbytky, tzv. výpalky, které musí lihoval nějakým způsobem zužitkovat nebo zlikvidovat. Složení výpalků samozřejmě závisí na úrovni lihovarské technologie, ale hlavně na výchozí surovině. Příklady uvádí *tabulka 1*.

Tab. 1. Složení různých druhů výpalků

	pH	sušina (g · l ⁻¹)	org. podíl (%)	CHSK (g · l ⁻¹)	lit.
vinná réva	3,2–5,6	0,4– 8,7	70–92	26– 33	[3]
broskve	3,7–4,0	32 – 33	85–90	36– 38	[4]
datle	3,5–3,9	24 – 26	85–95	35– 39	[4]
pšenice	3,8–4,0	40 – 65	85–90	60– 70	[5]
brambory	3,9–4,9	20 – 50	75–85	22– 60	[5]
topinambur	3,4–3,6	30 – 40	80–85	33– 45	[5]
cukrová řepa	3,4–4,3	15 – 45	70–80	17– 46	[5]
třtinová melasa	4,5–5,0			80–105	[6]
řepná melasa				115–176	[7]
řepná melasa	4,6	48 – 63	77–83	45– 50	[8]
řepná melasa	3,8–4,5	105 –125	65–75	80–100	[9]

Z tabulky je zřejmé, že výpalky se liší jak v závislosti na druhu surovin, ale někdy i dost významně pro totožnou surovinu, viz řepná melasa. Lze však konstatovat, že charakterem a složením jsou si blízké a co je nejdůležitější, u všech uvedených odpadů bylo prokázáno, že z nich lze efektivně vyrábět bioplyn.

Provozní zkušenosti s výrobou bioplynu v lihovarech jsou již dnes velice bohaté, jak ukazují následující příklady.

Běžně fungují anaerobní stupně v čistírnách odpadních vod v Itálii jak na odpadní vody, tak na běžné druhy výpalků. Téměř všechny velké lihovary zde mají anaerobní stupeň. Celkový objem anaerobních reaktorů v roce 1989 byl 128 000 m³ a tyto reaktory vyprodukovaly 36 000 000 m³ bioplynu. Lihovarnický průmysl je zde na prvním místě ve využívání odpadů k výrobě bioplynu [10].

V Nizozemí, kolébce anaerobních technologií, je výroba kvasného lihu relativně malá, ale i zde jsou zpracovávány odpadní vody producentů lihu

převážně anaerobně. Lihovar firmy Nedalco v Bergen op Zoom čistí denně 2 040 m³ odpadních vod o koncentraci CHSK 4–5 g · l⁻¹ v anaerobním reaktoru UASB o objemu 700 m³ s průměrnou účinností 92 %. Zajímavé je ekonomické hodnocení investice. Náklady na postavení anaerobního stupně čistírny byly 1,6 milionu guldenů, za vypouštění nečistěných vod by však závod zaplatil ročně na úplatách 2 miliony guldenů. Kromě toho anaerobní reaktor vyprodukuje denně asi 3 500 m³ bioplynu [11].

Anaerobní náplňový reaktor (objem 1 700 m³) s průtokem shora dolů pracuje ve francouzské Société Industrielle de sucrerie (Guadelupe). Lihovar zde produkuje 420 m³ třtinových výpalků o koncentraci 55–65 g · l⁻¹ denně — objemová produkce bioplynu 6,5 m³ · m⁻³ · d⁻¹ znamená energetický přínos ekvivalentní 4,3 t topných olejů denně, a to představuje 60 % energetické spotřeby lihovaru [12].

Dobré zkušenosti s produkcí bioplynu mají v řadě dalších zemí, např. i v Číně, kde na zkušebním provozním reaktoru typu UASB zjistili pro řepné výpalky s průměrnou koncentrací CHSK 100 g l⁻¹, že z 1 m³ výpalků jsou schopni vytěžit 49 m³ bioplynu s podílem methanu 60 % [13].

Ve většině vyspělých zemí je již dnes ekologická legislativa natolik přísná, že bez ohledu na přínos bioplynu je anaerobní technologie velmi výhodná, a proto rozšířená, díky své efektivitě a provozní úspornosti. V řadě rozvojových zemí je jediným důvodem k výstavbě anaerobních reaktorů vysoká rentabilita výroby bioplynu a ekologické hledisko je druhoplánová záležitost.

Příkladem může být jeden z prvních anaerobních reaktorů, firmy Baccardi Corporation, postavený v roce 1982 v Portoriku. Reaktor s objemem 13 600 m³ pouze předčistí odpadní vody o koncentraci 85 až 105 g · l⁻¹ CHSK s účinností 65–70 %, ale produkuje 36 800 až 48 100 m³ bioplynu denně [6].

Při zpracování výpalků odpadkou jsou vyráběny zahuštěné výpalky — druhotná surovina, kterou lze použít za určitých podmínek jako hnojivo. V našich podmínkách však lihovary zpravidla platí firmám, které jsou ochotny výpalky odebrat. To je hlavní důvod, proč celková bilance nákladů na provoz dvou základních variant zpracování výpalků (odparka nebo výroba bioplynu) vychází výrazně příznivěji pro bioplyn.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro aplikaci anaerobní technologie čištění odpadních vod v lihovarech existují dvě základní možnosti:

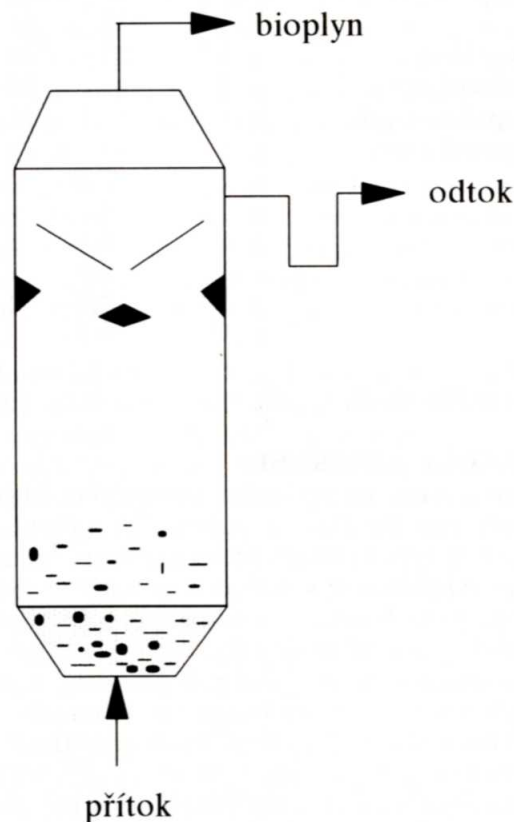
1. čištění směsi odpadních vod (bez výpalků),
2. čištění směsi všech odpadních vod včetně výpalků.

Obě varianty byly experimentálně ověřovány

v laboratorním měřítku a na základě pozitivních výsledků i v poloprovodním měřítku. Prezentace poloprovodních výsledků je součástí tohoto článku.

Anaerobní reaktor

Pro poloprovodní pokusy byl vybrán anaerobní reaktor s kalovým mrakem typu UASB (upflow anaerobic sludge blanket reactor). Reaktor patří mezi nejvýkonnější a nejrozšířenější anaerobní reaktory. Odpadní voda je zde přiváděna do spodní části reaktoru, přítokovým systémem je rozdělena po celé ploše reaktoru a postupuje vzhůru přes vrstvu biomasy (kalové lože + kalový mrak). Zde probíhají rozhodující biodegradační procesy odstraňující organické znečištění. V horní části reaktoru je separátor, který zajišťuje efektivní oddělení plynné, kapalně a pevně fáze reakční směsi a brání nežádoucímu vyplavování biomasy. Zjednodušené schéma reaktoru ukazuje obr. 1. Válcovitý reaktor má kuželové dno a duplikátorový plášť umožňující ohřev teplou vodou. Výška reaktoru je 5,5 m, průměr 1,4 m, pracovní objem 5,6 m³, plynový prostor 0,8 m³.



Obr. 1. Schéma poloprovodního reaktoru UASB

Složení vod

Charakter znečištění odpadních vod i výpalků je vzhledem k jejich vzniku podobný, výrazný rozdíl je však v koncentracích znečišťujících látek, které jsou ve výpalcích řádově vyšší. Hlavní po-

zornost proto byla věnována kvalitativnímu složení výpalků, které hlavní měrou ovlivňují složení odpadních vod. Všechna analytická stanovení byla prováděna podle standardních chemických a fyzikálních analýz vod [14]. Údaje o složení bioplynu byly stanovovány plynovou chromatografií [15].

Chemické složení tmavohnědé kapaliny odpadající po destilaci lihu — melasových výpalků — se mění podle původu melasy a lihovarnické technologie. Přesto lze konstatovat, že výsledky analýz dobře korespondují s údaji řady souhrnných studií o výpalcích [7]. Charakteristická je extrémně vysoká hodnota chemické spotřeby kyslíku CHSK, relativně nízký podíl nerozpuštěných látek na veškerých látkách, nízká hodnota pH a také mimořádně vysoká koncentrace draslíku. Výsledky několikaměsíčního monitorování složení melasových výpalků zaměřeného na parametry důležité z čistírenského hlediska uvádí tabulka 2.

Tab. 2. Charakteristika čištěných výpalků

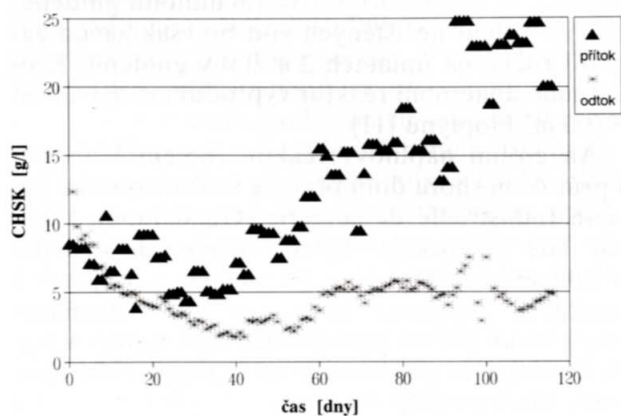
pH		4,3— 4,9
CHSK _{Cr}	g . l ⁻¹	74 — 95
BSK ₅	g . l ⁻¹	33 — 51
veškeré látky	g . l ⁻¹	72 — 109
rozpuštěné látky	g . l ⁻¹	69 — 98
nerozpuštěné látky	g . l ⁻¹	2,7— 10,9
anorganické soli	g . l ⁻¹	17 — 29
K ⁺	g . l ⁻¹	2,5— 5,4
Na ⁺	g . l ⁻¹	1,0— 1,8
Ca ²⁺	g . l ⁻¹	0,3— 3,2
Cl ⁻	g . l ⁻¹	0,9— 1,8
SO ₄ ²⁻	g . l ⁻¹	2,3— 2,8
PO ₄ ³⁻	g . l ⁻¹	0,2— 0,6
dusík	g . l ⁻¹	2,5— 3,4
amoniakální dusík	g . l ⁻¹	0,2— 0,4

VÝSLEDKY A DISKUSE

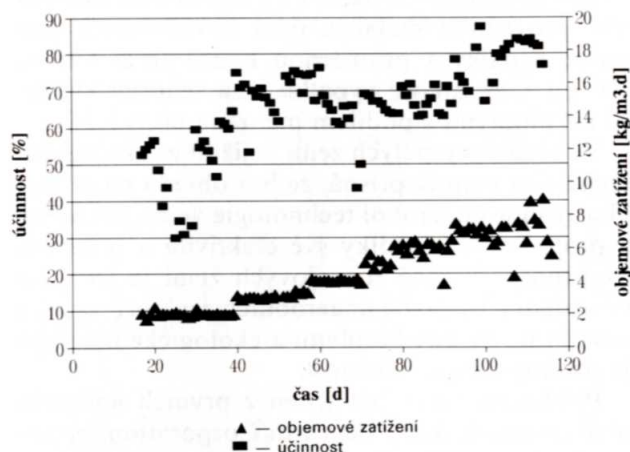
Zpracování anaerobního reaktoru je klíčová operace pro dosažení uspokojivých výkonů na moderních typech anaerobních reaktorů. Jejím cílem je vykultivovat v reaktoru dostatečné množství anaerobní biomasy s optimálním bakteriálním složením pro dané podmínky. Na základě výsledků laboratorních testů byl poloprovozní reaktor inokulován anaerobním kalem z methanizační nádrže komunální čistírny odpadních vod tak, že počáteční koncentrace kalu byla 15,2 g . l⁻¹ a organická sušina 8,3 g . l⁻¹. Od počátku byl kal uvnitř reaktoru silně vertikálně stratifikovaný, takže u dna byly tyto koncentrace zhruba trojnásobné.

Průběh zpracování byl řízen podle látkového zatížení reaktoru, které bylo postupnými kroky zvyšováno v týdenních intervalech až k požadovaným hodnotám. Zvyšování zatížení bylo realizováno za konstantního průtoku zvyšováním koncentrace odpadní vody — menším ředěním. Zpracování

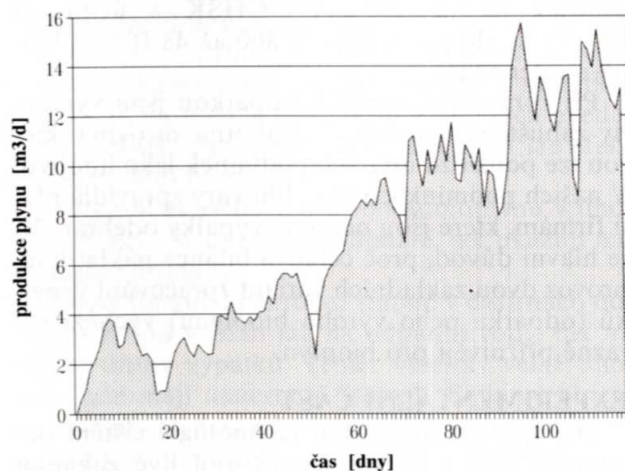
anaerobního reaktoru je záležitost týdnů až měsíců, z toho důvodu lze jeho průběh hodnotit jako rychlý a bezproblémový, což potvrzují i obr. 2, 3 a 4, které názorně ilustrují proces zapracování podle vývoje základních technologických parametrů.



Obr. 2. Přítokové a odtokové CHSK



Obr. 3. Vývoj zatížení a účinnosti



Obr. 4. Denní produkce bioplynu

Anaerobní reaktor byl v provozu téměř dva roky, během nichž bylo odzkoušeno čištění samotných odpadních vod lihovaru i melasových výpal-

ků naředených těmito vodami v různých poměrech. Kromě toho byla potvrzena také možnost přerušovaného provozu reaktoru, tzn. například odstavení reaktoru na několik týdnů v době letního útlumu výroby a opětovné spuštění s dosažením plného výkonu do dvou týdnů.

K velice cenným pozitivním poznatkům patří především to, že po celou dobu experimentů byl čisticí proces spolehlivý, stabilní a nedošlo k žádným výkyvům v jeho fungování, které by si vyžádaly okamžité operativní zásahy.

Průměrné výsledky základních dvou etap provozu, tj. čištění samotných odpadních vod bez výpalků a nezahuštěných melasových výpalků ve směsi s ostatními odpadními vodami v reálném poměru 1 : 3, uvádí *tabulka 3*.

Tab. 3. Výsledky poloprovozních experimentů

	Odpadní vody	odp. v. + výpalky
T (°C)	33	32
pH _{přítok}	5,11	5,31
pH _{odtok}	7,63	8,15
hydraulická doba zdržení (d)	0,95	3,24
hydraulické zatížení (m ³ · m ⁻² · d ⁻¹)	3,82	1,12
objemové látkové zatížení (kg · m ⁻³ · d ⁻¹)	6,83	7,11
CHSK _{přítok} (g · l ⁻¹)	6,49	23,2
CHSK _{odtok} (g · l ⁻¹)	1,88	4,9
účinnost čištění (%)	71,0	78,9
SPP (m ³ · kg ⁻¹)	0,44	0,47
OPP (m ³ · m ⁻³ · d ⁻¹)	0,86	2,6
EP (m ³ · m ⁻³)	2,0	8,5
podíl methanu v bioplynu (%)	69	75

Pozn.

SPP = specifická produkce bioplynu (produkce bioplynu vztahovaná na jednotku odstraněné CHSK)

OPP = objemová produkce bioplynu (produkce bioplynu vztahovaná na jednotku objemu anaerobního reaktoru)

EP = energetický potenciál (množství bioplynu, jež lze vytěžit z jednotkového objemu odpadu)

Získané výsledky ukazují, že i v našich podmínkách lze anaerobní technologii v lihovarech úspěšně aplikovat. Přes nízké pH čištěných vod, daleko od neutrálních hodnot, které jsou optimální pro methanogenní bakterie, nebylo nutné přidávat neutralizační činidla, protože organické kyseliny podílející se na nízkém pH byly velice rychle rozkládány a v odtoku, ale i ve spodních částech reaktoru bylo pH dostatečně vysoké.

Účinnost odstranění organického znečištění, sledovaná podle CHSK, byla stabilně vysoká a potvrdila dříve získané výsledky ukazující, že cca 85 % organického znečištění připadá na látky dobře rozložitelné v anaerobním prostředí.

Produkce bioplynu prokázala zvláště u výpalků vysokou hodnotu z energetického hlediska. Vzhledem k tomu, že z výpalků ředěných ostatními vodami v poměru 1 : 3 se dá vyprodukovat 8,5 m³ bioplynu z 1 m³ odpadní směsi, je zřejmé, že melasové výpalky skutečně představují materiál, který lze zařadit mezi energetické suroviny. Pro odhad potenciální produkce bioplynu v lihovarech je možné použít vztah:

$$1 \text{ m}^3 \text{ nezahuštěných melasových výpalků} = 30 \text{ m}^3 \text{ bioplynu}$$

Znamená to tedy například, že lihovar s denní produkcí 400 m³ (před zahuštěním na odparce) by mohl teoreticky ve prospěch své energetické základny získat denně 12 000 m³ plynu kvalitativně srovnatelného se zemním plynem.

O užití anaerobní technologie ve specifických podmínkách toho kterého lihovaru však vždy budou rozhodovat konkrétní ekonomické i ekologické faktory. Předností alternativy čištění výpalků je možnost dalšího zhodnocení obrovského množství bioplynu, nevýhodou je nutnost intenzivního dočištění aerobního odtoku před jeho vypouštěním do kanalizace nebo recipientu. Alternativa čištění vod bez výpalků je jednodušší z hlediska dočištění, investičně méně náročná (menší objemy reaktorů), ale přináší také mnohem menší energetické zisky.

Anaerobní technologie nabízí lihovarům produkci energie z odpadů výroby. V souvislostech snažení o posun výrobních cen v českých lihovarech k výrobním cenám světovým, může být snížení energetické náročnosti výroby cenným příspěvkem.

Anaerobní proces je primárně technologií ekologickou a také z tohoto hlediska může řadě lihovarů aplikace anaerobního čištění pomoci z existenčních problémů, protože omezování výroby z ekologických příčin bude brzy běžnou skutečností.

Literatura

- [1] MELZOCH, K., et al.: Kvas. prům. **39**, 1993, 141
- [2] CHUDOBA, J., DOHÁNYOS, M., WANNER, J.: Biologické čištění odpadních vod, SNTL Praha, 1991
- [3] RACAULT, Y., MENIER, M.: Tribune de l'Eau. **41**, 1988, 17
- [4] GARAVINI, G., et al.: Proc. Fifth Int. Symp. Anaerobic Digestion — posters, 509, Bologna, 1988
- [5] WEILAND, P., THOMSEN, H.: Water Sci. Technol., **22**, 1990, 385
- [6] SZENDREY, L. M.: Proc. Third Int. Symp. Anaerobic Digestion, **13**, Boston, 1983
- [7] BASU, A. K.: J. Water Pollut. Control Fed., **47**, 1975, 2184
- [8] BRAUN, R., HUSS, S.: Water Res., **16**, 1982, 1167
- [9] JENÍČEK, P., DOHÁNYOS, M.: Sborník mezinár. konf. Aqua Příbram 1993, **52**, Příbram, 1993

- [10] DE POLI, F., et al.: Proc. Int. Symp. Waste management problems in agroindustries, 383, Istanbul, 1989
- [11] HULSHOFF POL, L., LETTINGA, G.: Water Sci. Technol., **18**, 1986, 41
- [12] BAZILE, F., BORIES, A.: Proc. Sixth Int. Symp. Anaerobic Digestion — posters, **77**, Sao Paulo, 1991
- [13] WANG XI CHUN, WANG CHANG RONG: Proc. Sixth Int. Symp. Anaerobic Digestion-posters, **110**, Sao Paulo, 1991
- [14] HORÁKOVÁ M., LISCHKE P., GRÜN WALD A.: Chemické a fyzikální metody analýzy vod, SNTL Praha, 1986
- [15] ZÁBRANSKÁ J., POKORNÁ D., DOHÁNYOS M.: Sborník konf. Hydrochémiá '87, 295, Bratislava, 1987

*Lektoroval ing. Josef Miňovský
Do redakce došlo 10. 10. 1994*

Jeníček, P.—Sýkora, M.: Možnosti produkce bioplynu z melasových výpalků a odpadních vod lihovarů. Kvas. prům., **40**, 1994, č. 12, s. 361—366.

Melasové výpalky jako odpad při výrobě lihu musí být určitým způsobem využity nebo likvidovány. Práce shrnuje současné zkušenosti s alternativou využití výpalků a/nebo odpadních vod lihovarů k výrobě bioplynu. Tato varianta, ve vyspělých zemích hodnocená jako nejprogressivnější, je úspěšná jak ekologicky, tak energeticky. Problémy s likvidací melasových výpalků jsou u nás vyhraněné více než jinde, protože melasa je zde absolutně dominantní surovinou. Kromě příkladů provozních výsledků ze světa jsou uvedeny i výsledky tuzemských poloprovozních pokusů na anaerobním reaktoru typu UASB potvrzující vysokou efektivitu anaerobního čištění a výjimečné produkce bioplynu, zvláště pro čištění melasových výpalků.

Jeníček, P.—Sýkora, M.: Possibilities of Biogas Recovery from Molasse Stillage and Distillery Plants Effluents. Kvas. prům., **40**, 1994, No. 12, pp. 361—366.

Molasses stillage abundant as a waste during spirit production must be in a certain way utilized or disposed. The work gives a survey of current experience as well as alternatives with respect to stillage application or distillery plants effluents destined for biogas production. This variant of utilization which is being considered in advanced countries as the most progressive one enjoys both environmental and energetical appraisal. The problems appearing in connection with molasse stillage disposal are more acute in Czech Republic than in any other country, because of the molasse being here an absolutely indispensable raw product. Besides the examples illustrating operational results in the world there are also given re-

sults gained from domestic semi-pilot plant UASB reactor, confirming a high effectivity of anaerobic treatment and extraordinary biogas production, especially with respect to molasse stillage treatment.

Jeníček, P.—Sýkora, M.: Möglichkeiten der Biogasproduktion aus Melasseschlempe und Spiritusbrennerei-Abwässer. Kvas. prům., **40**, 1994, Nr. 12, S. 361—366.

Die bei der Spiritusproduktion abfallende Melasseschlempe muß entweder irgendwie ausgenutzt oder liquidiert werden. Die Arbeit faßt die gegenwärtigen Erfahrungen mit der Alternative der Ausnützung von Schlempe oder Abwasser zur Biogaserzeugung zusammen. Diese Variante, die in den hochentwickelten Ländern als die progressivste bewertet wird, weist ökologische sowie auch ökonomische Vorteile auf. Die Entsorgungsprobleme mit der Melasseschlempe sind in der Tsch. Rep. besonders betont, denn Melasse stellt in der hiesigen Brennereiindustrie den absolut dominanten Rohstoff dar. Neben Beispielen der Betriebsergebnisse aus dem Ausland werden auch Ergebnisse inländischer halbbetrieblicher Versuche angeführt, die auf dem anaeroben Reaktor des Typs UASB durchgeführt wurden und die hohe Effektivität der anaeroben Reinigung und ausserordentlicher Produktion von Biogas sowie auch die spezielle Eignung für die Reinigung von MelasseSchlempe bestätigen.

Йеничек, П.—Сыкора, М.: Возможности продукции биогаза из паточной барды и сточных вод спиртозаводов. Квас. прум., **40**, 1994, № 12, стр. 361—366.

Паточная барда как отход при производстве спирта должна определенным способом использоваться или ликвидироваться. В работе подведен объем современного опыта по альтернативе использования паточной барды или сточных вод спиртозаводов для производства биогаза. Последний вариант, в развитых странах оценивающийся как наиболее прогрессивный, успешный с точки зрения экологии и энергетики. Проблемы ликвидации паточной барды в ЧР заострены больше, чем в других странах, так как меласса здесь является абсолютно доминантным сырьем. Кроме примеров эксплуатационных результатов из других стран проводятся и результаты отечественных полупроизводственных экспериментов в анаэробном реакторе типа УАСБ, подтверждающие высокую эффективность анаэробной очистки и исключительной продукции биогаза, особенно для очистки паточной барды.