

Производство на биогаз от активна утайка в пречиствателна станция за отпадни води Стара Загора

Г. Прегъов ^{*.1}, Г. Костадинова ^{**2}, Б.Захаринов ¹, Д. Дерменджиева², Б. Байков¹

¹ Нов Български Университет, Департамент „Природни науки” ул. Монтевидео 21, София 1618, България

² Тракийски Университет, Катедра “Приложна екология и зоохигиена”, Студентски град, Стара Загора 6000, България

Biogas production of active sludge of Stara Zagora wastewater treatment plant

G. Pregiov¹, G. Kostadinova², B.Zaharinov, D. Dermendjieva², B. Baykov¹,

1. New Bulgarian University, Department Nature Science
Montevideo str, 21, Sofia, Bulgaria

2. Trakia University, Department of Applied Ecology and Animal Hygiene, Stara Zagora 6000, Bulgaria

Key words biogas, excess active sludge, wastewater treatment plant.

The purpose of this research is to illustrate the methods, processes and effectiveness of the production cycle of biogas from EAS in WWTP Stara Zagora. The produced biogas is used to give power to both a co-generator in order to generate electricity and a boiler in order to generate heat. During anaerobic fermentation a partial mineralization of nitrogen and phosphorus occurs. What is more, the residual product of fermentation is an excellent quality fertilizer which could be used for soil nourishing.

1 Въведение

Производството на биогаз е най-старата биотехнология за производство на енергия от биомаса. Всяка година обемът на производството на биогаз в Европейския съюз се увеличава с около 20%. Водеща роля в тази област играе добива на биогаз от депа на органични отпадъци и от органични торове и от биоразградими отпадъци от бита (49,2%). На второ място е добива от специално отглеждани енергийни култури, следван от този в пречиствателни станции за отпадъчни води.

В България по-голямата част от съществуващите пречиствателни инсталации се нуждаят от реконструкция и модернизация. Основен проблем е, че в резултат на аеробното разграждане в биобасейните се образува голямо количество микробна биомаса (активна тиня, утайка), оползотворяването на която е свързано с много екологични и икономически проблеми (Щачев, [1]). Досегашните ни проучвания показват, че оптимално решение е използване на утайката като субстрат за производство на биогаз. В момента обаче, в България само една пречиствателна станция за отпадъчни води (ПСОВ) край Кубратово, Софийско има модул за производство на биогаз. ПСОВ край Стара Загора е втората голяма пречиствателна станция и единствената, която още при пускане функционира с модул за производство на биогаз. Стратегията в икономически аспект е да бъдат намалени експлоатационните разходи чрез оползотворяване на биогаза, който се получава при обработката на отпадъчните води. В екологичен аспект чрез производството на биогаз се решават редица агроекологични и санитарни проблеми (микробно деконтаминиране на биошлама, дозирано

* Автор за кореспонденция: e-mail x.y@xxx.yyy.zz, Phone: +00 999 999 999, Fax: +00 999 999 999

** e-mail x.y@xxx.yyy.zz, Phone: +00 999 999 999, Fax: +00 999 999 999

минерализиране на органичните съединения в субстрата, отстраняване на неприятните миризми и др.) (Байков, [2]).

При производство на биогаз от утайки от ПСОВ се наблюдават известни затруднения. Математическите модели на Байков [3], Вауков & Тугawska [4], Vöhm,[6] показват че метаногенезата в течна среда е оптимална при съдържание на сухо вещество в субстрата около 7%.

За разлика от зърнените култури, или оборския тор, съдържанието на сухо вещество в утайките е относително ниско - от порядъка на 2 - 3%. Ако в биогазовата инсталация ферментира единствено тази сурвина, продуктивността е много ниска, което означава излишно големи и неоправдани икономически разходи. За да се преодолее този недостатък и едновременно с това да се оползотвори този ресурс, утайките от отпадните води биха могли да се комбинират с други субстрати, така че органичното сухо вещество да достигне 7%, а според някои автори 10 - 12% в субстрата.

С настоящото изследване си поставихме за цел да се проучат възможностите за екологосъобразно производство на биогаз от активна утайка (АУ) в пречиствателна станция за отпадни води Стара Загора.

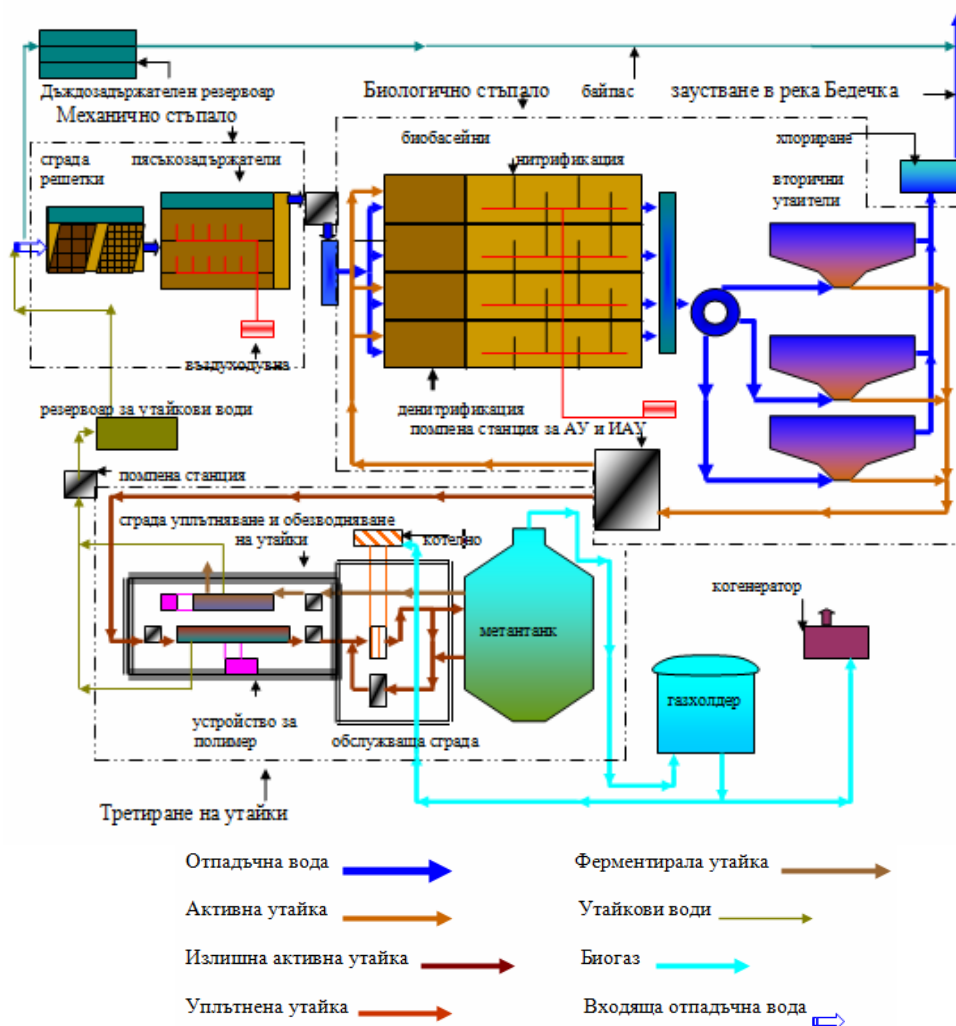
2 Материали и методи

Проучванията са проведени в ПСОВ Стара Загора през периода 2012-2013 г.

Производството на биогаз от ПСОВ Стара Загора може да бъде обобщено в четири основни етапа:

1. Предварително механично уплътняване на утайките;
2. Анаеробно разграждане при контролирани условия;
3. Механично уплътняване (обезводняване биошлама) в производството се използва и термина изгнила утайка;
4. Оползотворяване на биогаза.

Съоръженията в ПСОВ и движението на водите, утайката и произведения биогаз са представени на фиг. 1.



Фиг.1 Технологична схема на ПСОВ Стара Загора

3 Резултат и дискусия

Утайката, натрупана на дъното на вторичните утайтели, се изтегля към помпена станция за рециркулираща активна утайка (РАУ) и ИАУ. Натрупаната утайка се разделя на две: обратна утайка и излишна утайка. Обратната утайка е необходима за правилното протичане на биологичния процес и трябва да се върне на входа на биобасейна. Излишната утайка е микробната биомаса, която не е необходима за нормално функциониране на процеса на минерализация в биобасейните. Тя се препомпва чрез помпите за ИАУ към изравнителен силос. Целта на този резервоар е да създаде балансиращ обем, тъй като не е възможно напълно да се съгласува работата на помпите за ИАУ със запазващите помпи на лентовите преси за предварително механично уплътняване (утайкоуплътнители), към които се подава утайката.

Утайкоуплътнителите са предназначени за намаляване влажността на подаваните към метантанковете сурови утайки. Уплътнената утайка има съдържание на сухо вещество (СВ) 6% и това покрива изискванията за съдържание на сухо вещество поне 5%. Преди всеки утайкоуплътнител има автоматично устройство за дозиране на полимер. Този полимер служи за повишаване на възможността

за физическо отделяне на водата от ИАУ. Стъстената утайка се подава в метантанка посредством системата за циркулация на утайката, чрез миксер за подквасване. Той е инсталиран от долната страна на топлообмения.

Табл.1 Технически данни за лентовите уплътнители

Обем на утайката	715 kgCB/h
Работно време	8ч/д , 7дни/седмица
Ширина на лентата	2050mm
Съдържание на СВ в уплътнената утайка	6%
Повдигателно устройство	Да (моно релса)
Вентилационна система от тръби за контрол на миризмата	Да

Табл.2. Технически данни за устройство за дозиране на полимера

	Устройство за дозиране на полимера
Брой на дозаторните устройства	1
Капацитет на всяка полимерна инсталация	2150 L/h , концентрация 0.5%
Брой на полимерните дозаторни помпи	3 работни + 1 резервна , ексцентрик винтови помпи
Капацитет на помпите	720 L/h
Технологична вода за разреждане на полимера	Да (разтвора се разрежда до 0.1%)

Анаеробното разграждане на утайката се осъществява при мезофилен температурен режим за 17 дни. Имайки предвид дневното количество на стъстената утайка $Q_s \text{ tot} = 272 \text{ m}^3/\text{д}$, необходимия обем на метантанка е $4,622 \text{ m}^3$. Окончателният обем на метантанка е $4,679 \text{ m}^3$.

Табл.3. Технологични параметри на метановата ферментация в метантанка

	Метантанк
Брой метантанкове	1
Диаметър	18,00 m
Обща височина	25,75 m
Пълен ефективен обем	4,679 m ³
Хидравличен времепрестой	17 дни
Дневен товар по сухо вещество	17,171 kg СВ/д
Съдържание на сухо вещество	6%
Обемно натоварване по органични вещества /ОВ/	2,3 kg ОВ/m ³
Степен на разграждане на органичните вещества	45%
Крайно съдържание на сухо вещество	4.25%
Изваждане на утайка	Чрез изместване , сифонна тръба
Отстраняване на пяна (кора)	Да, чрез сифонна тръба
Устройство за размесване	Да тръбовиден миксер
Вътрешно рециркуляционно отношение	1д-1
Отстраняване на газ	Да
Оборудване за отстраняване на газ	Да, газов капак с люк за наблюдение
Шахта за събиране на плаващи вещества	Да
Вид на шахтата за събиране за плаващи вещества	Външна с фото електричен контрол
Предпазно оборудване	Да, защитна тръба с воден затвор за предпазване от свръх или недостиг на налягане
Измерване на нивото	Да
Измерване на температурата	Да

Преценката на получените резултати е на база реализиран проект (табл. 2 и 3) и получени резултати в преходен сезон - данните са от м. март 2013 г., но резултатите са аналогични и при останалите проучвания.

При нашите изследвания се прави преценка на ефективността на инсталацията по екологични критерии, които са разгледани и анализирани в монографията на Захаринов [5]. На основата на математическо моделиране при използване на модела на Chen & Haschimoto [по 5] като приемлива основна величина за екологична ефективност се приема степен на разграждане на органиката 48 - 50%. По отношение на съдържанието на сухо вещество математическите модели допускат диапазон 2 - 12% при оптимум 7%. В конкретния случай проектът изисква 6% а е постигнато 3,20 - 3,45% (таблица 4). Независимо че този нисък процент е икономически нецелесъобразен, той е в рамките на допустимия диапазон. Производството на биогаз и степента на разграждане на органичните вещества в субстрата зависи от множество технологични параметри, между които е температурата във ферментора. При технологична норма 33oC е постигнат режим 30,1 - 31,5oC, което е в същия температурен диапазон, но с очевидна редуция на количеството на произведения биогаз. Установява се рН в граничната зона, тъй като съгласно технологията за мезофилна анаеробна деградация е необходимо поддържането на рН около 7 с отклонения до 0,4. С цел да се осигури подходящо размесване и еднакви условия за утайката във всяка част на метантанка, при оптимален разход на електроенергия, има инсталиран специален тръбовиден миксер, с пропелер, който позволява утайката да минава през тръбната му част във възходяща или низходяща посока и така да се размесва. В горната си част, миксерът е оборудван със система за разбиване на кората, с оглед на това да се избегне наличието на кора вътре в метантанка.

Табл. 4. Резултати от изследване на субстрат в метантанка за месец март 2013 г.

МЕТАНТАНК
м. Март / 2013

Дата	рН	t° C	CaCO ₃ mg/l	Орг.к-на mg Нас/l	Сухо в- во на	% вода уплътняван	Неорг.в- ва 600 С°	Орг.в-ва 600 С°	% вода пресите	Неорг.в- ва 600 С°	Орг.в-ва 600 С°
01.03.13	6,76	31,2	2208	378	3,26%	95,47%	34,95%	65,05%	88,42%	39,11%	60,89%
04.03.13	6,77	30,7	2309	376	3,30%	95,65%	33,58%	66,42%	86,12%	38,34%	61,66%
05.03.13	6,80	30,8	2084	317	3,35%	94,75%	33,98%	66,02%	87,26%	38,17%	61,83%
06.03.13	6,75	30,3	1984	290	3,28%	95,24%	33,60%	66,40%	88,36%	38,00%	62,00%
07.03.13	6,74	30,4	2072	376	3,29%	94,09%	33,22%	66,78%	86,30%	37,31%	62,69%
08.03.13	6,75	30,3	2232	447	3,28%	94,96%	33,91%	66,09%	88,24%	38,58%	61,42%
11.03.13	6,74	30,5	2204	418	3,29%	94,99%	33,26%	66,74%	87,94%	38,44%	61,56%
12.03.13	6,84	30,3	2270	363	3,39%	94,83%	32,68%	67,32%	88,46%	38,48%	61,52%
13.03.13	6,76	30,1	2050	345	3,34%	96,39%	33,05%	66,95%	88,07%	38,93%	61,07%
14.03.13	6,71	30,0	2109	332	3,30%	95,38%	32,41%	67,59%	87,91%	38,81%	61,19%
15.03.13	6,73	30,2	2137	325	3,39%	95,05%	32,59%	67,41%	87,62%	38,73%	61,27%
18.03.13	6,75	30,4	2356	395	3,45%	96,09%	32,34%	67,66%	88,62%	38,75%	61,25%
19.03.13	6,73	31,2	2091	293	3,34%	96,19%	33,23%	66,77%	87,78%	38,52%	61,48%
20.03.13	6,71	30,8	2046	358	3,27%	95,25%	33,02%	66,98%	87,86%	38,90%	61,10%
21.03.13	6,78	31,0	2306	369	3,42%	95,14%	31,85%	68,15%	87,52%	38,52%	61,48%
22.03.13	6,75	31,2	2171	315	3,18%	93,60%	31,68%	68,32%	87,89%	38,63%	61,37%
25.03.13	6,72	31,5	2275	328	3,41%	95,59%	32,12%	67,88%	87,43%	38,62%	61,38%
26.03.13	6,74	31,6	2074	351	3,34%	94,42%	31,40%	68,60%	87,44%	38,84%	61,16%
27.03.13	6,70	31,3	2002	323	3,39%	94,06%	32,00%	68,00%	87,45%	39,54%	60,46%
28.03.13	6,69	31,2	2183	327	3,41%	94,91%	31,42%	68,58%	88,80%	38,60%	61,40%
29.03.13	6,71	31,0	2083	350	3,44%	94,28%	31,75%	68,25%	87,69%	38,57%	61,43%
Средно	6,74	30,8	2155	351	3,34%	95,06%	32,76%	67,24%	87,77%	38,59%	61,41%

Проведените изследвания показват, че при използване само на АУ като субстрат за производство на биогаз в регламентирания в технологията мезофилен режим не се постига възможния ефект на

анаеробно разграждане, преценен по екологични критерии. За да се преодолее този недостатък и едновременно с това да се оползотвори ресурса за производство на газово гориво и продукт за повишаване на плодородието на почвите, колективът моделира процесите на анаеробно разграждане в лабораторна инсталация, в която се използват различни комбинации от субстрати, като принципно АУ се комбинира с енергийни култури (в т.ч. и Пауловния).

Ферментиралата утайка от метантанка се подава към лентови филтър преси за обезводняване. Обезводняването на утайката е необходимо с оглед оползотворяване на частично дехидратираната утайка, която може да се транспортира с камион и да се компостира, да се използва за производство на пелети за горене или за повишаване на плодородието на почвата.

Табл. 5. Технически параметри на лентовите филтър преси

	Съоръжение за уплътняване и обезводняване на утайките
Брой на филтър пресите	3 (2 работни , 1 резервна)
Обем на утайките	1370 kg СВ/h
Работно време	8 ч/д , 7 дена в седмицата
Ширина на лентата на пресата	2000 mm
Филтърна площ на лентовата преса	42 m ²
Съдържание на сухо вещество в кека	18%
Повдигателно устройство	Да
Вентилация на въздуха и тръбна система за контрол на миризмите	Да

Произведеният в метантанка биогаз се събира в газхолдер. Предназначението на резервоара за съхранение на газа е да балансира количеството и качеството на газа. Той служи и като компенсатор на налягането в цялата газова система. Максимално налягане на газа около 35 – 50 мили бара може да бъде постигнато и поддържано в газовата система без използването на външна енергия. Продукцията на газ не е равномерна през деня. Тя зависи от режима на захранване и подаването на гигиенични елементи (сухо органично вещество) в процеса на изгниване. Поради тази причина е необходимо балансиране на продукцията на биогаз. Газхолдера е с обем 1500 m³, отнесено към дневната продукция това прави около 10 часа време за съхранение на газа.

Табл. 6. Технически параметри на газхолдера

Параметри	Газхолдер
Брой резервоари	1
Вид на резервоара	Стоманен резервоар за сухо съхранение на газ със синтетична мембрана и баластна плоча
Налягане в системата	Ниско налягане
Средно / максимално работно налягане	30-50 милибара /mBar/
Общ ефективен обем	1500 m ³
Капацитет за съхранение на газа	9,45 часа спрямо средната дневна продукция
Дрениране на вътрешното дъно на резервоара	Да
Механичен индикатор за съдържанието	Да (часовников тип)
Устройство за облекчаване на налягането	да
Отвори за инспекция	да
Ями за конденз	Да (на вход и изход)
Байпас на резервоара	да

Произведеният биогаз се използва за получаване на топлина, необходима за поддържане на мезофилния режим във ферментора или чрез когенерация за производство на електрическа енергия. Алгоритимът на това производство е: от газхолдера биогазът се подава към когенератор за производство на електроенергия и към котелно, където се загрява циркулиращата утайка през метантанка.

4 Заключение

Проведените проучвания показват висока екологична ефективност при комбиниране на аеробното пречистване със стъпало за анаеробно разграждане на органичните съединения в АУ. В проекта на ПСОВ Стара Загора са заложили параметри, които се доближават до тези получени при математическо моделиране на база на лабораторни експерименти. В периода на изследване (който е преходен в експлоатацията на ПСОВ) се установяват резултати за степен на минерализиране при възможност около 50% в моделите реално е постигнато 37-39%, което за етап на оптимизиране на биотехнологията за анаеробно разграждане на биомасата преценяваме като приемлив.

Ниското съдържание на сухо вещество в субстрата, както и необходимостта от съчетаване на екологичните критерии с икономически (икономически ефективно производство на биогаз), е основание да се търсят възможности за комбиниране на субстрати (в т.ч. и от енергийни култури) за оптимизиране на съдържанието сухо вещество до оптимума съгласно технологията 6-7% и за постигане на степен на минерализация на субстрата около 50%.

Благодарности Настоящата разработка е реализирана благодарение на финансовата помощ на ФНИ в рамките на изпълнение на договор ДФНИ-Е01/3 от 27.11.2012 г=.

Литература

- [1] Цачев Ц., Пречистване на битови отпадъчни води, Изд. Техника, София, 2001г.
- [2] Цачев Ц., Пречистване на битови отпадъчни води, Изд. Техника, София, 2001г.
- Байков, Б., Дисертация за присъждане на научната степен доктор на науките, С., 1987
- [3] Цачев Ц., Пречистване на битови отпадъчни води, Изд. Техника, София, 2001г.
- Байков, Б., Екология, София, НБУ, 2012.
- [4] Цачев Ц., Пречистване на битови отпадъчни води, Изд. Техника, София, 2001г.
- Вауков В., D. Тугawska, Ecological studies in antropogenic edcosystem, Warsaw, Poland, IE, pp.1-190, 1991.
- [5] Цачев Ц., Пречистване на битови отпадъчни води, Изд. Техника, София, 2001г.
- Захаринов, Б., Биомаса, биогаз, биошла в енергетиката на антропогенни екосистеми, София, НБУ, 2013.
- [6] Цачев Ц., Пречистване на битови отпадъчни води, Изд. Техника, София, 2001г.
- Böhm, R., Hygienic aspects of recycling of organic residuals and wastes to agriculture. ISAH, Warsaw, Poland, Vol. 1, 59 – 63. 2005.