УДК 628.35: 628.336.5:628.336.6

ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ

Ю. М. Садова, А. О. Дичко
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"
вул. Борщагівська, 115/3, 03056, Україна. E-mail: L-y@mail.ru

Розглядаються питання отримання біогазу зі стічних вод при біохімічному очищенні. Здійснено експериментальні дослідження виділення біогазу, який утворився в результаті обробки стоків в анаеробних умовах з використанням деструктивних методів. Проаналізовано вплив хімічної та механічної дезінтеграції і термолізу на швидкість та кількість виділення біогазу. При підтримання оптимальної концентрації активного мулу та застосування хімічної, механічної деструкції у процесі, досягнуто максимальної кількості біогазу. Розроблена математична модель процесу біохімічного очищення промислових та побутових стічних вод анаеробним способом та отримання біогазу зі стічних вод, яка дозволить визначити оптимальний режим технології очистки стічних вод та отримання біогазу.

Ключові слова: метантенк, активний мул, біогаз, деструкція.

ПОЛУЧЕНИЕ БИОГАЗА В РЕЗУЛЬТАТЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

Ю. М. Садовая, А. О. Дичко
Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"
ул. Борщаговськая, 115/3, 03056, Украина. E-mail: L-y@mail.ru

Рассматриваются вопросы получения биогаза из сточных вод при биохимическом очистке. Проведены экспериментальные исследования выделение биогаза, который образовался в результате обработки стоков в анаэробных условиях с использованием деструктивных методов. Проанализировано влияние химического и механической дезинтеграции и термолиза на скорость и количество выделения биогаза. При поддержании оптимальной концентрации активного ила и применения химической, механической деструкции в процессе, получено максимальное количество биогаза. Разработана математическая модель анаеробного процесса биохимической очистки промышленных и бытовых сточных вод и получения биогаза из сточных вод, что позволит определить оптимальный режим технологии очистки сточных вод и получения биогаза.

Ключевые слова: метантанк, активный ил, биогаз, деструкция.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На сьогоднішній день рівень забрудненості навколишнього середовища продуктами життєдіяльності людини досягає критичної точки. Особливий вплив припадає на водні джерела. Оптимальним способом очистки стічних вод є біологічний.

Слід підкреслити, що низка органічних сполук не піддаються біохімічному руйнування внаслідок токсичної дії на мікроорганізми. Окремі органічні сполуки розпадаються, але продукти розпаду не окислюються до вуглекислого газу і води. Іноді біохімічний розпад неможливий через високу концентрацію забруднень в стічних водах, що надає токсичного впливу на мікроорганізми або вимагає дуже великого розведення. Недосконалість існуючих технологій очищення стічних вод призводить до забруднення водних об'єктів, підвищення кількості шкідливих речовин в них та зниження якості води.

Тому існує необхідність інтенсифікації процесу біохімічної очистки, що дозволить підвищити ступінь очищення, скоротити його тривалість та буде економічно та екологічно доцільним.

Водночас суттєвою проблемою в Україні є загострення енергетичної кризи за умов зростаючого дефіциту викопного органічного палива. Слід ширше використовувати нетрадиційні поновлювальні джерела енергії у комунальному господарстві, зокрема біогаз, що утворюється на очисних спорудах каналізації при анаеробній обробці стічних вод та їх осадів.

Метою роботи є аналіз можливості отримання біогазу за рахунок інтенсифікації біологічного очищення стічних вод.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Сутність проблеми полягає у тому, що традиційні біологічні споруди працюють нестабільно через нерівномірну подачу вод на очистку, як за кількістю, так і за якістю очищуваних стоків з коливанням ХСК від 800 до 3000 мг/л. Це викликає порушення кисневого режиму очисних споруд, зміну вмісту водневих іонів, масовим розвитком нитчастих мікроорганізмів, збільшенням мулового індексу і виносом активного мулу з очисних споруд [1].

Відомо багато методів і способів для покращення та поглиблення процесів біологічного очищення стічних вод. Останнім часом дедалі більшого значення для вирішення цієї проблеми набувають методи, які базуються на попередній підготовці чи обробці стоків; регулюванні значень основних факторів очищення стоків; конструкційних змінах у біологічних реакторах; контролі за коливанням кількості активного мулу; покращенні процесів нітрифікації/денітрифікації; використанні коагулянтів, флокулянтів, сорбентів та інших активуючих речовин; впливі на мікроорганізми магнітного, електричного полів та ультразвуку; використанні систем автоматичного управління та контролі біохімічного процесу; хімічному мутагенезу та ін.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Анаеробний біохімічний метод застосовують для очищення стічних вод, обробки осадів первинних відстійників і надлишкового активного мулу очисних споруд каналізації. Метанове зброджування або біометаногенез – давно відомий процес перетворення біомаси в джерело енергії [2, 3].

У процесі очищення стічних вод технологія анаеробної обробки осадів з отриманням біогазу має позитивний баланс, тобто шляхом утилізації біогазу можливе вироблення більшого обсягу енергії, ніж витрачено на анаеробну обробку осадів [2].

У результаті життєдіяльності біоценозу метантенка відбувається зниження концентрації органічних речовин і утворення біогазу, що є екологічно чистим паливом. Для отримання біогазу можуть використовуватися відходи сільського господарства, стоки переробних підприємств, що містять цукор, побутові відходи, стічні води міст, спиртних заводів і т.д.

Метантенк є герметичним ферментер об’ємом в декілька кубічних метрів з перемішуванням, який обов'язково обладнується газовіддільниками з протиполум’яними пастками. Метантенки працюють в безперервному або періодичному режимі завантаження відходів, або стічних вод з постійним відбором біогазу і вивантаженням твердого осаду після завершення процесу.

На першому ступені очищення стічних вод відбувається біотрансформація складних органічних забруднень, присутніх в стоках, на більш прості сполуки з незначним утворенням біогазу.

На другому ступені метанового бродіння відбувається більш глибоке анаеробне очищення стічних вод з утворенням біогазу із більшим вмістом метану [4].

Перевагами анаеробного методу є низька енергозатратність (енергоспоживання процесів анаеробного очищення становить ~ 10% від енергоспоживання аеробного очищення), високі навантаження, одержання метану як енергоносія, утворення невеликої кількості надлишкового мулу, невеликі площі для споруд, можливість застосування модулів доочищення. Крім того, вартість анаеробного очищення становить суму в 13 разів меншу, ніж аеробного [4].

Застосування сучасних анаеробних реакторів для очищення стічних вод дозволить вирішити відразу кілька проблем: забезпечення високої продуктивності очисних споруд, підвищення якості очищення стічної води, зменшення кількості надлишкового мулу, зниження споживання покупного газу (за рахунок використання на підприємстві біогазу, що утворюється).

Інтенсифікація процесів зброджування в метантенках здійснюється підігрівом і перемішуванням завантажуваного субстрату із зрілим збродженим субстратом.

Безперервне завантажування–розвантажування попередньо підігрітих осадів надає можливість стабілізувати швидкість анаеробного розкладання органічної складової осаду, що зброджується, і забезпечує рівномірне видалення біогазу протягом доби. Перемішування осаду в резервуарах метантенків з оптимальною інтенсивністю забезпечує ефективне використання всього об’єму резервуару, виключає утворення «мертвих» зон, розшарування осаду, відкладання мінералізованого осаду та утворення кірки, а також сприяє вирівнюванню температурного поля, покращенню газоутворення.

За оптимальну температуру зброджування слід прийняти мезофільний режим (32–35 ºС) як більш економічний і такий, що дозволяє використовувати скидне тепло від двигунів генераторів на біогазі [5, 6].

Результати досліджень [7] підтверджують можливість інтенсифікації процесу метанового бродіння шляхом підвищення концентрації активного мулу в метантенку.

Показано, що при підвищеній концентрації активного мулу можна зменшити час метанового бродіння до 12 годин у порівнянні з 48–60 годинами у традиційному режимі. Це відбувається при концентрації активного мулу в межах 34–36 г/л по сирій біомасі [7].

Біогаз – це суміш CH_4(65–70 %) і CO_2 (25–30 %) та гази-домішки NH_3, H_2, SH_2 (≈2 %) – продукт анаеробної ферментації органічних речовин. Ці речовини розкладаються метаноутворювальними бактеріями за таких основних сприятливих умов для їхньої життєдіяльності: відсутності вільного кисню; достатньої кількості азоту; наявності нейтрального середовища (pH=6,6…7,2); відсутності світла; відповідного значення температури (t=25–45 °С); високої вологості (вище 50 %) [8].

Більша кількість енергії на експлуатацію метантенків витрачається на підігрівання стічних вод до необхідної температури ведення процесу (до 90 %); на компенсацію тепловитрат в середньому йде 7,5 % тепла, а на роботу електрообладнання – 2,5 %. Тому з метою інтенсифікації процесів в метантенку та отримання більшої кількості біогазу доцільною може бути обробка частини активного мулу за допомогою деструктивних способів.

У результаті аналізу літературних джерел та проведення експерименту щодо визначення можливості інтенсифікації процесу біохімічного очищення, внаслідок деструкції частини клітин мікроорганізмів активного мулу шляхом хімічної та механічної дезінтеграції, термолізу, виділено оптимальні способи інтенсифікації з екологічної та енергетичної точок зору. Ними є хімічна та механічна дезінтеграція [9].

Одним з найпоширеніших окислювальних методів обробки води є знешкодження стічних вод хлором, або його сполуками – діоксидом хлору, гіпохлоритами, хлораміном. Іноді з цією метою застосовують пероксид водню, озон тощо. За допомогою цих методів можна видалити з води домішки біологічного походження, гумусові речовини, молекулярні органічні речовини, в тому числі пестициди та ін.

Застосування методів деструкції біомаси згаданими реагентами при очищенні стічних вод може дати значний ефект, оскільки при цьому підвищується ступінь біотрансформації забруднюючих речовин за рахунок їх окиснення, а також збільшення активності мулу в біореакторі [9].

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Проаналізувавши технологію очищення стічних вод на кожному етапі процесу станції очисних споруд КП "Житомирводоканал", ми дійшли висновку про можливість піддання стоків анаеробній біообробці. У вимірювальній лабораторії поверхневих, стічних та зворотних вод КП "Житомирводоканал" було досліджено можливість виробництва біогазу з суміші промислових і побутових стоків.

Нами здійснено експериментальні дослідження з анаеробної біологічної очистки комунальних стічних вод. Частина активного мулу в лабораторному метантенку була оброблена трьома способами: хімічною (пероксидом водню) та механічною дезінтеграцією, застосуванням термолізу при 90ºС.

Вологість субстрату (мул + вода) становила 89%, тому умови для життєдіяльності анаеробних бактерій були сприятливими. Кислотність субстрату в експерименті становила 6,5–7,0, температура – 24±1°С.

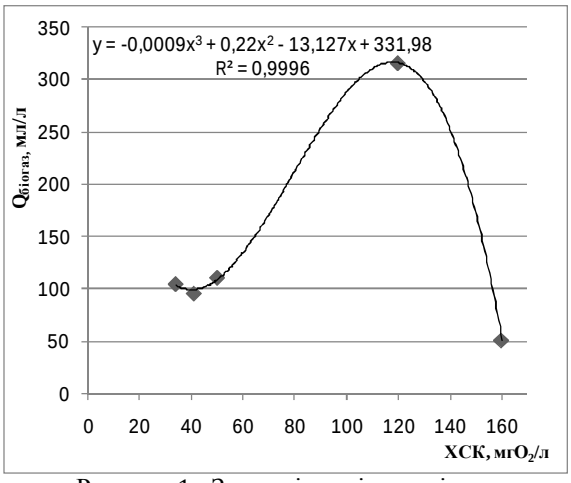

Рисунок 1– Залежність кількості утворення біогазу від знятого ХСК після застосування пероксиду водню

Отримана залежність кількості утворення біогазу від знятого показника ХСК відображена на графіку рис.1, де знак мінус характеризує спадний характер кривої.

Графік зміни біогазу від зниження показника ХСК описаний наступним рівнянням:
$y=-0{,}0009x^3+0{,}22x^2-13{,}127x+331{,}98$ ($R^2=0{,}9996$).

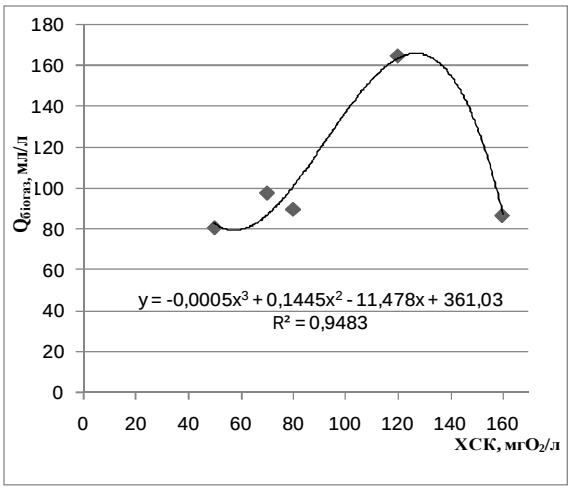

Рисунок 2 – Залежність кількості утворення біогазу від знятого ХСК після застосування механічної дезінтеграції

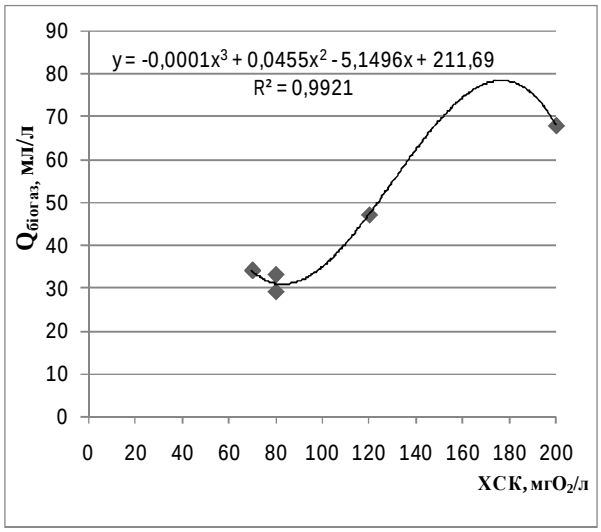

Рисунок 3 – Залежність кількості утворення біогазу від знятого ХСК при термолізі

Як видно з графіків, біогаз утворюється навіть при зниженні показника ХСК, тому сумарний його вихід зростає. Після 5 діб бродіння отримали такий вихід біогазу: при використанні хімічної дезінтеграції – до 800 мл/л, при механічній дезінтеграції – до 520 мл/л, при термолізі – біля 210 мл/л, порівняно зі звичайним очищенням, яке проходить у метантенках, – 170 мл/л.

На основі експериментальних досліджень розроблена математична модель процесу біохімічного очищення промислових та побутових стічних вод анаеробним способом та отримання біогазу зі стічних вод, яка дозволить визначити оптимальний режим технології очистки стічних вод та отримання біогазу.

Адже при зміні параметрів очищення, які до неї входять, можна досягти видалення органічних речовин до потрібних значень, підібрати оптимальні умови функціонування мікроорганізмів активного мулу та одержати біогаз.

ВИСНОВКИ. Каналізаційні стоки є суттєвим джерелом сировини для отримання біогазу. В існуючий технологічний процес ми рекомендуємо залучити анаеробне перероблення для отримання біогазу, яке практикують у передових країнах світу.

Використання енергії біогазу, який утворюється в метантенках при анаеробному очищенні стічних вод з використання процесів деструкції біомаси, є цілком реальним.

В результаті підтримання оптимальної концентрації активного мулу і застосування хімічної та механічної дезінтеграції біомаси досягається максимальна кількість утворення біогазу.

З метою підвищення ступеню видалення органічних речовин та отримання біогазу рекомендується застосовувати розроблену математичну модель, що описує процес біохімічного очищення.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбань Н.С., Мацюк С.А., Ревякіна Н.Ю., Топчій Р.В. Современные методы очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки. – Харків, 2001. – С. 177–181.

2. Крупский К.Н. Андреев Е.Н., Ютина А.С. Использование биогаза в качестве источника энергии: Обзорная информация. – М.: ЦБНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1988. – 43 с.

3. Гюнтер Л.И. Гольдфарб Л.Л. Метантенки. – М.: Стройиздат, 1991. – 128 с.

4. Дичко А.О. Біотехнологія локального очищення жировмісних стічних вод: дис. … канд. техн. наук: 03.00.20/ Дичко Аліна Олегівна. – Київ, 2002. – 115 с.

5. Абрамович І.О., Марченко Ю.Г., Абрамович С.І., Тітов А.І., Бондар І.Л. Сучасні методи отримання і утилізації біогазу з виробленням електричної енергії // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков, 2001. – № 74. – С. 45–49.

6. Абрамович И.А., Бондарь И.Л., Ютина А.С., Титов А.И. Производство и утилизация биогаза в Украине – современное состояние и перспективы // Сборник докладов международного конгресса «ЕТЕВК – 2001». – Ялта, 2001. – С. 162–164.

7. Лукашевич Є.А. Розробка біотехнології очистки стічних вод і виробництва біогазу на відходах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 03.00.20 "Біотехнологія" / Лукашевич Євген Анатолійович; Нац. ун-т харчових технологій. – Київ, 2003. – 22 с.

8. Дудюк Д.Л., Мазепа С.С., Гнатишин Я.М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: навч. посіб. – Львів: Вид-во "Магнолія 2006", 2008. – 188 с.

9. Садова Ю.М., Дичко А.О. Вплив хімічної деструкції активного мулу на очищення стоків в аеротенку // Вісник НУВГП. – Вип. 4(52). – Рівне, 2010. – С. 43–50.

BIOGAS AS A RESULT OF INTENSIFICATION OF BIOLOGICAL TREATMENT OF ENVIRONMENTALLY DANGEROUS WASTEWATER

Y. Sadova, A. Dichko

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

St. Borshagivska, 115/3, 03056, Ukraine. E-mail: L-y@mail.ru

The problems of biogas production through the wastewater biochemical purification are discussed. Experimental study of biogas emission, which is resulted from wastewater anaerobic treatment using destructive methods, is carried out. The influence of chemical and mechanical disintegration, and thermolysis on the biogas emission intensity is analyzed. The biogas maximum is received with an optimal concentration of activated sludge supported and chemical and mechanical destruction applied. Mathematical model of biochemical industrial and gray wastewater anaerobic treatment is developed. This model allows choosing the optimal mode of the wastewater treatment procedure and biogas production.

Key words: methane-tank, activated sludge, biogas, destruction.

REFERENCES

1. Gorban N. S., Matsuk S. A., Revyakina N. Y., Topchiy R.V. Modern methods of stock waters purification at the enterprises in food industry // *Problems of Environmental Protection and Technical Safety*. – Kharkov, 2001. – PP. 177–181. [in Russian]

2. Krupskyy K. N. Andreev E. N., Yutyna A. S. *Using biogas of the source of energy: Survey Information.* – M.: TSBNTY Mynzhylkomhoza RSFSR, 1988. – 43 p. [in Russian]

3. Gunter L. I. Goldfarb L. L. *Metantenky*. – M.: Stroyyzdat, 1991. – 128 p. [in Russian]

4. Dichko A.O. Biotechnology local sewage treatment fat-containing: dis. ... Candidate of Science (Engineering).: 03.00.20 / A.O. Dichko. – Kyiv, 2002. – 115 p. [in Ukrainian]

5. Abramovich I. O., Marchenko Y. G., Abramovich S. I., Titov A. I., Bondar I. L. Modern methods of obtaining and utilization of biogas from the elaboration of electricity // *Municipal economy cities*. – Kharkov, 2001. – № 74. – PP. 45–49. [in Ukrainian]

6. Abramovich, I. A., Bondar I. L., Yutyna A. S., Titov A. I. Production and utilization of biogas in Ukraine - Modern state and perspective // *Collection of reports of International Congress of "ETEVK-2001"*. – Yalta, 2001. – PP. 162–164. [in Russian].

7. Lukasiewicz E.A. Development of biotechnological wastewater treatment and waste biogas production: abstract. dis. for Candidate of Science degree (Engineering). Spec. 03.00.20 "Biotechnology" / E. A. Lukasiewicz; National University of Food Technologies. – Kyiv, 2003. – 22 p. [in Ukrainian]

8. Dudyuk D. L., Mazeppa S. S., Hnatyshyn Y. M. *Alternative energy: fundamentals of theory and problems:* teach. manual. – Lviv: Type-in "Magnolia 2006", 2008. – 188 p. [in Ukrainian]

9. Sadova Y. M. Dichko A. O. Effect of chemical degradation of activated sludge in wastewater treatment in airtanks *// Bulletin NUVGP*. – no. 4 (52). – Rivne, 2010. – PP. 43–50. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 14.01.2012.
Рекомендована до друку
к.т.н., доц. Бахарєвим В.С.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com