

УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД КОМУНАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ З ОТРИМАННЯМ БІОПАЛИВА ТА БІОДОБРИВА

Д.І. ДЕГТЯР, О.В. ГОРЛІНСЬКИЙ, В.І. КАРПЕНКО

Національний авіаційний університет, м. Київ

В процесі анаеробного метанового зброджування осаду комунально-побутових стоків разом з відходами тваринництва (такими як курячий послід та свинячий гній) у співвідношенні 1:1 та 1:2, об'єм утвореного біогазу збільшився на 7-12% порівняно з об'ємом біогазу, що отримали при зброджуванні нативного свинячого гною, та на 32-37% порівняно з об'ємом утвореного біопалива при анаеробному зброджуванні курячого посліду. Встановлено, що суміш осаду стічних вод та відходів сільського господарства, яка отримана в процесі анаеробної метанової ферментації, при внесенні в ґрунт в лабораторних умовах у кількості 20 т/га сприяє підвищенню швидкості росту злакових та бобових рослин на 25-28% порівняно з використанням нативних відходів сільського господарства.

Ключові слова: *стічні води, утилізація, біогаз, біопаливо, біодобриво.*

Вступ. Сьогодні досить активно простежується тенденція урбанізації. Це призводить до різкого підвищення обсягів накопичення відходів комунально-побутового господарства в навколишньому природному середовищі, зокрема і відходів отриманих при очистці стічних вод. З технічних та економічних причин більшість очисних станцій, які наявні на сьогоднішній день в Україні, не в змозі утилізувати осад комунально-побутових стічних вод. Тому, як наслідок, він накопичується у неприпустимо великих кількостях на мулових площадках. Зокрема середньодобовий обсяг стічних вод, що надходять на Бортницьку станцію аерації сягає понад 1,28 млн. м³ [1, 2]. А в літній період ця

цифра збільшується до 30%, становлячи 17-18 м³/год. По орієнтовній оцінці загальна кількість осаду стічних вод на станціях України в 2009 році склала понад 4 млн. т по сухій речовині. Накопичуючись на полях фільтрації, ці відходи призводять до загрозливих екологічних ситуацій (через виникнення пожеж, парникових газів, забруднення підземних вод) поблизу очисних станцій. В той же час за хімічним складом осад потенційно може бути використаний в якості добрива [1, 2], а також є чудовим субстратом для виробництва біогазу [3]. Тому ми вирішили оцінити можливість використання цих відходів у якості добрива.

Таким чином метою нашої роботи було виявлення принципової можливості утилізації осаду комунально-побутових стічних вод (ОСВ) з отриманням біопалива та біодобрива.

Матеріали та методи досліджень. Для проведення експериментів були відібрані проби осаду комунально-побутових стічних вод на Бортницькій станції аерації; проби пташиного посліду та свинячого гною були відібрані на тваринницькому комплексі м. Вишневе, Київська обл.

Визначення вмісту азоту проводили методом Тюріна та Кононові в модифікації Кудеярова [4]. Метод передбачає облік азоту нітратів, поглинутого амонію та органічних сполук, які легко гідролізуються. Визначення рухомих форм фосфору та калію проводили методом Чирика в модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26204) [4, 5], який полягає в тому, що фосфор визначається у вигляді фосфор-молібденового комплексу на фотоелектроколориметрі, а калій – на полум'яному фотометрі. Аналіз вмісту загальної органічної речовини проводили методом Тюріна в модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26213) [4, 6]. Визначення важких металів проводилося фото-колориметричним методом [7].

Дослідження впливу концентрації ОСВ та посліду на вихід біогазу проводили шляхом анаеробного метанового зброджування в термостаті при періодичному режимі культивування. Флакони заповнювалися на 3/5 об'єму, тобто це становило близько 150 мл. Решта об'єму становила газова фаза, в якій збирався та накопичувався біогаз. Накопичувальні культури анаеробних

метаногенних мікроорганізмів одержували з анаеробного мулу (Бортницька станція аерації). Процес метанового зброджування проводили при температурі 50-52 °С, рН 6,0-8,0.

Апробація отриманих біодобрих проходила в лабораторних умовах при штучному освітленні. Внесення біодобрих проводили з розрахунку 20 т/га. Температура в приміщенні підтримувалася на рівні 25 °С, вологість повітря складала 60%.

Результати та їх обговорення. В результаті проведених нами досліджень, в усіх зразках проаналізованої сировини встановлена наявність основних поживних елементів (азот, фосфор та калій) для рослин, табл. 1:

Таблиця 1

Вміст основних елементів для рослин в осаді комунально-побутових стоків та сільськогосподарських відходах (у % на суху речовину)

Компоненти	Сировина		
	Осад коммунально-побутових стічних вод	Курячий послід	Свинячий гній
Вологість, %	96,6-98,0	81,0-84,0	89,0-92,0
Сухі речовини (СР), %	2,0-3,4	16,0-19,0	8,0-11,0
Зольність, % на СР	20,0-27,0	20,0-30,0	13,6
Азот, % на СР	4,5-5,2	6,2	5,0
Фосфор (P ₂ O ₅), % на СР	2,7-3,5	3,5	2,1
Калій, % на СР	1,8	2,1	2,5

В той же час, в осаді комунально-побутових стічних вод встановлено вміст таких важких металів, як Cd, Cu, Zn, Co, концентрація яких перевищує встановлені норми ГДК відповідно до ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 табл. 2.

З даних представлених у таблиці 1, ми бачимо, що вміст таких важких металів як Cd, Cr та Pb дійсно перевищує допустимі валові показники відповідно до ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, становлячи 55, 1130 та 650 мг/кг відповідно при нормах 30, 1000 та 500 мг/кг. Решта з проаналізованих металів не перевищують допустимі значення. Таким чином, за вмістом таких металів як Cd, Cr та Pb осад Бортницької станції аерації не відповідає вимогам для використання його в якості добрива під сільськогосподарські культури.

Вміст важких металів в осаді стічних вод Бортницької станції аерації, мг/кг [1,8]

Важкі метали	Осад комунально-побутових стічних вод	ГДК важких металів в осаді відповідно до ГОСТ Р 17.4.3.07-2001
Кадмій (Cd)	55	15-30
Мідь (Cu)	740	750-1500
Цинк (Zn)	1960	1750-3500
Хром (Cr)	1130	500-1000
Нікель (Ni)	280	200-400
Свинець (Pb)	650	250-500

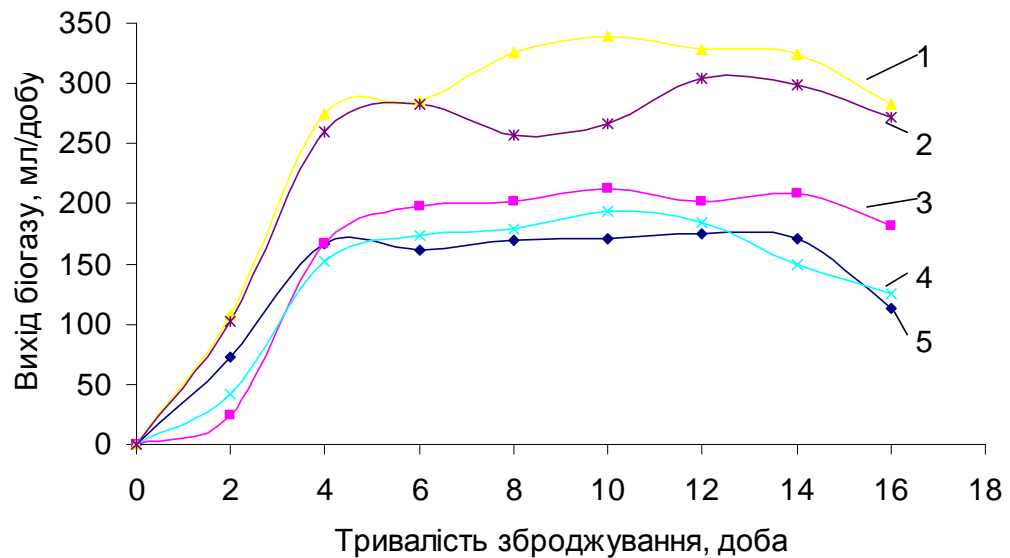
З метою приведення до екологічно допустимих стандартів використання осаду комунально-побутових стічних вод Бортницької станції аерації в якості біодобрива ми провели дослідження з анаеробного метанового зброджування суміші осаду з сільськогосподарськими відходами – як фактору позитивних змін параметрів сировини. В анаеробних умовах сировина зазнає змін та перетворень при дії цілого ряду ферментів. На основі дії яких умовно виділяють чотири етапи в процесі метанового зброджування. А саме: гідроліз, кислотогенез, ацетогенезі та метаногенезі [3].

Процес анаеробного метанового зброджування осаду стічних вод та відходів сільського господарства проводився при термофільних (50-52 °C) умовах. Даний режим був обраний, оскільки за даної температури відбувається знезараження осаду, загибель насіння бур'янів та яєць гельмінтів, а це є важливим показником при споживанні осаду в якості біодобрив.

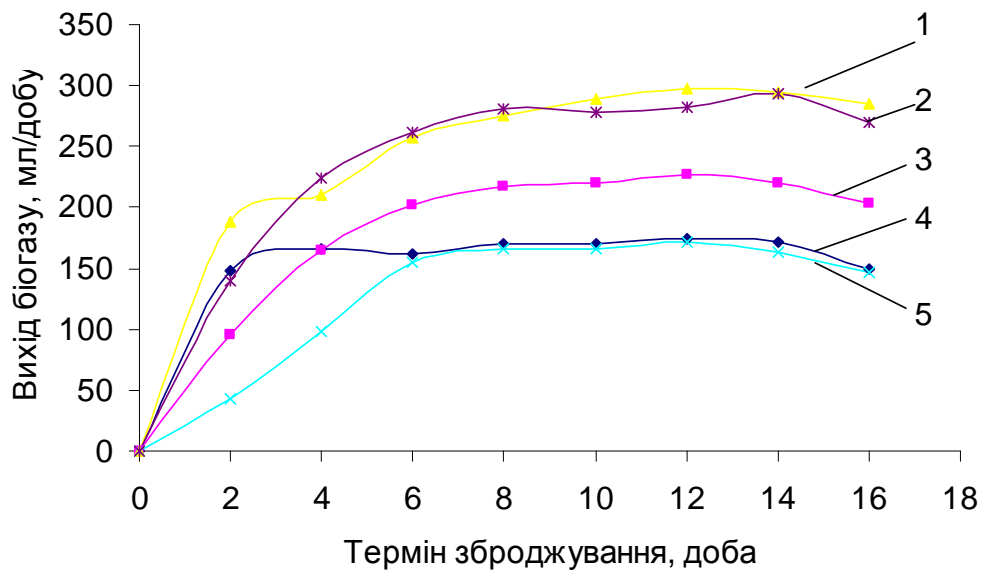
В ході експерименту, досліджували кількість утвореного біогазу та тривалість зброджування осаду комунально-побутових стічних вод в залежності від кількості доданих відходів сільського господарства, таких як курячий послід та свинячий гній. Відходи тваринництва вносилися у співвідношенні 1:2, 1:1 та 2:1 до осаду, який зброджувався.

Спостереження за цими дослідями тривали протягом 16 діб. Отримані результати представлені на рис.1 (а, б). З рисунка 1-а бачимо, що при

зброджуванні осаду разом з курячим послідом найбільший вихід газу спостерігався при зброджуванні суміші, що складається на 1/3 з ОСВ та 2/3 з відходів сільського господарства.



а



б

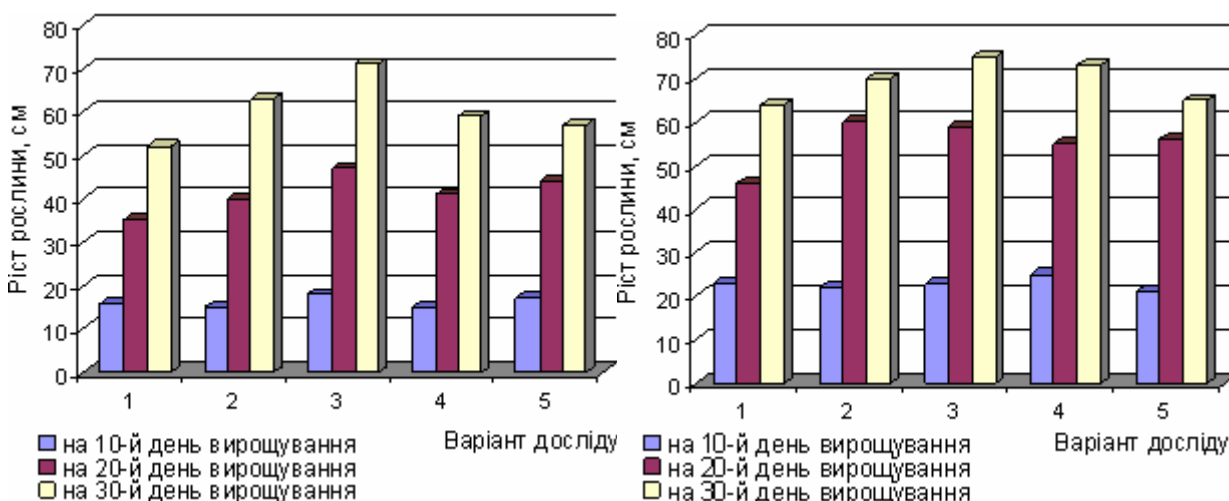
Рис. 1. Динаміка виходу біогазу в залежності від складу сировини:
а – суміш осаду стічних вод та курячого посліду, у співвідношенні: 1 – ОСВ + курячий послід (1:2); 2 – ОСВ + курячий послід (1:1); 3 – ОСВ + курячий послід (2:1); 4 – ОСВ; 5 – курячий послід; **б** – суміш осаду стічних вод та свинячого гною, у співвідношенні: 1 – ОСВ + свинячий гній (1:2); 2 – свинячий гній; 3 – ОСВ + свинячий гній (1:1); 4 – ОСВ + свинячий гній (2:1); 5 – ОСВ

При зброджуванні контрольних зразків курячого посліду та осаду кількість утвореного біогазу є найменшою (150-170 мл/добу).

З рис. 1-б можна простежити, що об'єми утвореного газу для варіанту – контроль (свинячий гній) та для варіанту – ОСВ + свинячий гній (1:2) приблизно однакові.

Порівнюючи між собою контрольні зразки відходів сільського господарства – пташиний послід та свинячий гній - порівнянні контролів між собою, спостерігаємо, що свинячий гній дає дещо кращий вихід газу в порівнянні з пташиним послідом. Найменший же вихід газу ми спостерігаємо в контролі – ОСВ.

Можливість використання збродженої в анаеробних умовах суміші осаду стічних вод та відходів сільського господарства в якості добрива оцінювалася на основі апробації отриманих біодобрив в лабораторних умовах. Порівнювалася динаміка швидкості росту рослин при внесенні в ґрунт дослідних зразків біодобрива рис. 2 (а, б). В якості контролю виступав нативний свинячий гній.



а – пшениця

б – жито

Рис. 2. Динаміка впливу збродженої суміші осаду стічних вод та свинячого гною на ріст рослин: 1 – без добрив (контроль 1); 2 – ОСВ + свинячий гній (1:1); 3 – ОСВ + свинячий гній (1:2); 4 – ОСВ + свинячий гній (2:1); 5 – свинячий гній (контроль 2).

Результати представлені на рисунку 2-а,б показують, що внесення в ґрунт збродженої в анаеробних умовах суміші ОСВ та свинячого гною у співвідношеннях 1:2 та 1:1 збільшує швидкість росту пшениці на 27-28% у порівнянні з контролем 1 (без внесення добрив), а також на 10-12% у порівнянні з контролем 2 (внесення свинячого гною).

Після апробації отриманих біодобрив, ми проводили аналіз ґрунту, в якому вирощувалися рослини, на вміст важких металів. Результати вимірювань занесені до табл. 3.

Таблиця 3

Вміст важких металів в ґрунті після апробації отриманих біодобрив, мг/кг ґрунту

Важкі метали	Перед внесенням біодобрив	Після внесення біодобрив	ГДК валового вмісту ВМ у ґрунті
Кадмій (Cd)	0,3	0,7	1,5
Мідь (Cu)	8,1	29,4	55,0
Цинк (Zn)	21,3	58,0	115,0
Хром (Cr)	16,0	53,1	100,0
Нікель (Ni)	2,1	25,7	85,0
Свинець (Pb)	6,0	14,0	32,0

Проаналізувавши результати вимірювань, можна констатувати наявність важких металів. Проте усі зазначені метали містяться в концентраціях, які не перевищують ГДК [8]. Зокрема хром та мідь склали по 0,53 ГДК, решта металів не перевищували і половини показника ГДК. Тобто можна говорити про те, що осад можна використовувати як сировину для виробництва біодобрив. Згідно літературних джерел сорбція рослинами важких металів відбувається порівняно слабо, тобто основна маса токсичних елементів залишається в ґрунті.

В табл. 4 представлено порівняльну характеристику деяких мінеральних добрив [10] та отриманих нами біодобрив на вміст основних живильних компонентів.

На базі отриманих даних нами розроблено технологічну схему утилізації осаду стічних вод та відходів сільського господарства в біодобрива та біогаз.

Таблиця 4

Вміст живильних елементів в добривах (у % на суху речовину)

Речовини з удобрювальними властивостями	Вміст азоту	Вміст фосфору	Вміст калію
Аміачна селітра	32,0-35,0	0	0
Суперфосфат	0	18,0-21,0	0
ОСВ + свинячий гній (1:2)	5,8	4,7	4,7
ОСВ + курячий послід (1:2)	13,3	8,1	6,3

ВИСНОВКИ

1. Нами встановлено, що за хімічним складом осад стічних вод відповідає вимогам, які дозволяють використовувати його в якості біодобрива: вміст азоту – 5 %, вміст фосфору – 3,5 %, вміст калію – 2,1 %, вміст загальної органічної речовини – 72-80 % (на сухій речовині).

2. В осаді містяться токсичні елементи, серед яких є важкі метали. Їх концентрація дещо перевищує ГДК, розраховані для внесення в ґрунт, зокрема: кадмій, хром та мідь містяться у кількості 55, 1130 та 650 *мг/кг* по сухій речовині – при нормах ГДК: 30, 1000, 500 *мг/кг* сухої речовини відповідно.

3. Встановлено, що змішування курячого посліду та осаду стічних вод дозволяє підвищити вихід біогазу на 34-40 % у порівнянні зі збродженням зазначених відходів окремо один від одного.

4. Встановлено, що внесення збродженої в анаеробних умовах суміші осаду стічних вод та свинячого перегною в співвідношенні 1:2 збільшує швидкість росту пшениці на 27-28% у порівнянні з контролем 1 (без внесення добрив), а також на 10-12% у порівнянні з контролем 2 (внесення свинячого гною).

5. Об'єднання відходів сільського господарства та осаду стічних вод дозволяє підвищувати вміст живильних елементів. Зокрема при змішуванні відходів у співвідношенні 1:2 отримано біодобриво із вмістом живильних елементів: азоту – 5,8 %, фосфору – 4,7 %, калію – 4,7 % відповідно.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технічний звіт про роботу Бортницької станції аерації Департаменту експлуатації каналізаційного господарства за 2007 рік.
2. Технічний звіт про роботу Бортницької станції аерації Департаменту експлуатації каналізаційного господарства за 2008 рік.
3. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Л.Л. Гольдфарб. – М.: Стройиздат, 1991. – 128 с.
4. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. Учеб. пособие – 2-е изд. / В.Г. Минеев, В.А. Сычев. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
5. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.
6. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества
7. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. Изд. 3-е. – М.: Стройиздат, 1977. – 299 с.
8. Беспмятнов Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г.П. Беспмятнов. – Л.: Химия, 2000. – 528 с.
9. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. – М.: 2001, 5 с.
10. Попова И.М. Удобрение сельскохозяйственных культур при орошении В кн.: Агрохимическая характеристика почв СССР (Украинская ССР) / Под ред. А.В Соколова, Н.К. Крупского. – М.: Наука, 1973. – С. 293-315.

Утилизация осадка сточных вод коммунальных предприятий с получением биотоплива и биоудобрения

Д.И. ДЕГТЯРЬ, О.В. ГОРЛИНСКИЙ, В.И. КАРПЕНКО

Национальный авиационный университет, г. Киев

В процессе анаэробного метанового сбраживания осадка коммунально-бытовых стоков вместе с отходами животноводства (такими как куриный помет и свиной навоз) в соотношении 1:1 и 1:2, объем образуемого биогаза увеличивается на 7-12% по сравнению с объемом биогаза, получившегося при сбраживании нативного свиного навоза, и на 32-37% по сравнению с объемом образованного биотоплива при анаэробном сбраживании куриного помета. Установлено, что смесь осадка сточных вод и отходов сельского хозяйства, полученная в процессе анаэробной метановой ферментации, при внесении в почву в лабораторных условиях в количестве 20 т/га способствует увеличению скорости роста злаковых и бобовых растений на 25-28% по сравнению с использованием нативных отходов сельского хозяйства.

Ключевые слова: *сточные воды, утилизация, биогаз, биотопливо, биоудобрение.*

Disposal of sewage sludge utilities on receipt of biofuels and biofertilizers

D.I. DEGTYAR, O.V. HORLINSKYI, V.I. KARPENKO

National Aviation University, Kyiv

In the process of anaerobic methane fermentation sludge municipal wastewater with animal waste (such as chicken and pig manure) in a ratio of 1:1 and 1:2, the volume of biogas formed is increased by 7-12% compared with the amount of biogas that received by digestion native pig manure, and 32-37% compared with the volume formed by biofuels in anaerobic digestion of chicken manure. Found that a mixture of sewage sludge and agricultural waste, generated in the process of anaerobic

methane fermentation in making the soil in the laboratory helps to increase the speed of growth of cereals and legumes to 25-28% compared with native agriculture waste.

Key words: *waste water, waste, biogas, biofuels, bio-fertilizers.*