

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ РОБІТНИКІВ ВОДООЧИСНИХ СПОРУД ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ НАДЛИШКОВОГО АКТИВНОГО МУЛУ**О. Р. Белянська, Ю. О. Мягка, О. А. Крюковська**

Дніпровський державний технічний університет

вул. Дніпробудівська, 2, м. Кам'янське, 51933, Україна. E-mail: belyans@ukr.net

Проаналізувавши умови праці робітників водоочисних споруд, було виявлено, що активний мул з мулових площин містить велику кількість шкідливих для організму людини домішок, зокрема фосфати, нітроген і метан. Встановлено, що максимальна концентрація загального фосфору в розчині активного мулу становить 24 мг/дм³, а кількість атмосферного метану на мулових майданчиках становить 25 т/рік, що має певний ризик при тривалому контактуванні з активним мулом для працівників, які обслуговують мулові майданчики. Отримані результати досліджень дозволяють розробити рекомендації щодо впровадження технології переробки активного мулу із додаванням кальцієвмісного шламу (28 мг/дм³) на протязі 1хв, і, як наслідок, розчищення мулових майданчиків від останнього. Створено технологію зброджування побутових відходів з активним мулом при додаванні кальцієвмісного шламу при температурі 32-34°C та співвідношенні компонентів 1:1, яка допоможе істотно поліпшити умови праці працівників, які обслуговують гідротехнічні об'єкти, а також значно знизити ризик професійних захворювань на підприємстві.

Ключові слова: фосфати, мезофільний режим, метанове бродиння, біореактор, мулові майданчики.

ИССЛЕДОВАНИЕ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОЧИХ ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПУТЁМ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА**А. Р. Белянская, Ю. О. Мягкая, О. А. Крюковская**

Днепропетровский Государственный технический университет

ул. Днепропетровская, 2, г. Каменское, 51933, Украина. E-mail: belyans@ukr.net

Проанализировав условия труда рабочих водоочистных сооружений, было выявлено, что активный ил с иловых карт содержит большое количество вредных для организма человека бактерий, а также фосфаты, азот и метан. Установлено, что максимальная концентрация общего фосфора в растворе активного ила составляет 24 мг/дм³, а количество атмосферного метана на иловых площадках составляет 25 т/год, что имеет определенный риск при длительном контактировании с активным илом для работников, которые обслуживают иловые площадки. Полученные результаты исследований позволяют разработать рекомендации по внедрению технологии переработки активного ила с добавлением кальцийсодержащего шлама (28 мг/дм³) на протяжении 1 мин, и, как следствие, расчистка иловых площадок от последнего. Создана технология сбраживания бытовых отходов с активным илом при добавлении кальцийсодержащего шлама при температуре 32-34°C при соотношении компонентов 1:1, которая поможет существенно улучшить условия труда работников, обслуживающих гидротехнические объекты, а также значительно снизить риск профессиональных заболеваний на предприятии.

Ключевые слова: фосфаты, мезофільний режим, метановое брожение, биореактор, иловые площадки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Активний мул на водоочисних спорудах є конгломератом бактерій, які відновлюють речовини, і в свою чергу стимулюють розмноження одноклітинних мікроорганізмів. Також, одним з чинників хімічної небезпеки є фосфати, нітроген і метан, які містяться в стічних водах, і активному мулі [1].

Отже, метою роботи є дослідження умов праці робітників очисних споруд і встановлення основного джерела токсичних речовин, що негативно впливають на організм людини.

Крім колоній безпечних для людини мікроорганізмів і бактерій активний мул містить величезну кількість паразитів і шкідливих бактерій. Так, на очисних спорудах лівого берега м. Кам'янське в активному мулі містяться такі бактерії, як *Ascaris lumbricoides* (аскарида людини), *Paramecium caudatum* (інфузорія-туфелька). Такий якісний склад відносить активний мул до четвертого класу небезпечності за гранично допустимими концентраціями (ГДК) показниками (10,1 - 100) [2].

Так, максимальна концентрація загального фосфору в розчині досліджуваного активного мулу становить 24 мг/дм³, а кількість атмосферного метану на мулових майданчиках становить 25 т/рік, що

має певний ризик при тривалому контактуванні з активним мулом і перебування на полігоні для працівників, які обслуговують мулові майданчики.

Працівники мулових майданчиків схильні до систематичного впливу метану, що виділяється при бродинні активного мулу і в невеликих концентраціях (2% і більше) надає наркотичну дію. Він впливає за принципом анестезуючих препаратів - знижується чутливість і показники артеріального тиску. Спостерігається незначна збудливість. Потім шкідливість метану проявляється розладами вегетативної нервової системи у вигляді окосерцевого рефлексу і гіпотонії.

Можливо і гостре отруєння метаном у великих концентраціях. Спочатку людина відчуває задуху. З'являється задишка через нестачу кисню, порушується кровообіг. Поступово симптом наростає. Це може викликати у людини напад паніки або страху. Потерпілий приймає вимушене положення тіла - нахилений вперед, спіраючись на коліна. Потім приєднується кашель, може бути посилена секреція слизової бронхів. Тому іноді спостерігається рясне відходження мокроти. Пульс стає частим, навантаження на серце збільшується. Через помилкове відчуття браку повітря людина робить глибокі вдихи.

На тлі загальної інтоксикації і ураження центральної нервової системи дію метану на організм людини проявляється в порушенні координації рухів. Особливо страждає дрібна моторика [1–3].

У важких випадках, які фіксуються рідко (у літніх, людей з ослабленим здоров'ям або хронічними хворобами) спостерігається сильний біль в скронях і потилиці, язик обкладений нальотом, розвивається сухий кашель. Виникає блювота після кожного прийому їжі. Порушується функціональність ШКТ - біль в епігастральній ділянці, пронос, диспепсія та інші кишкові розлади. Шкіра стає блідою з синім відтінком. Підвищується температура тіла на 1-2 °С, викликаючи ломоту в кістках і озноб. У найважчих випадках розвивається набряк легенів [2, 4].

Виділення мікробіологічного CH_4 в атмосферу обумовлено взаємодією 2-х угруповань організмів - спільноти анаеробних метаногенів і аеробних метаноокислюючих бактерій. Останні утворюють "бактеріальний газовий фільтр" на шляху CH_4 із зони генерації до поверхні. Анаеробні метаногени і аеробні *Метанотрофи* мешкають в різних умовах (розділені кисневим бар'єром). Проте, об'єднані в цикл транспортними процесами [5–7].

Основним середовищем життєдіяльності бактерій є органічний субстрат, роль якого грають фосфати, що виносяться в загальний стік житловими масивами.

Фосфор і нітроген у великих кількостях знаходяться в надлишковому активному мулі очисних споруд. Так, активний мул міських очисних споруд м. Кам'янське містить до 9,8 % нітрогену і 1,5 % фосфору в сухій речовині.

Аналіз літературних джерел [5, 8, 9] свідчить про те, що з розвитком промисловості темпи приросту CH_4 у атмосфері в порівнянні з CO_2 в 3 рази вище, ніж показники минулого сторіччя.

У випадку коли концентрація метану на сучасних полігонах приблизно в 200 разів менше, ніж CO_2 (в атмосфері), то в подальшому ці показники можуть зрівнятися.

Дослідженнями, проведеними раніше [3, 4] були встановлені середні концентрації фосфатів і метану в активному мулі з мулових майданчиків. Згідно з цими дослідженнями, вміст загального фосфору стічних вод, що надходять на водоочисні споруди, становить 22,0, а на виході - 12,40 мг/дм^3 (при ГДК 3,5 мг/дм^3). Показники ХСК (Хімічне споживання кисню) - 428,0 і 64,3 мг/дм^3 , відповідно до і після очищення стічних вод (при ГДК 30,0 мг/дм^3), а БПК (Біологічне споживання кисню) - 261,0 і 5,10 мг/дм^3 (при ГДК 3,0 мг/дм^3).

В результаті біологічної очистки стічних вод утворюється значна кількість осадів, зокрема активного мулу. Надлишковий активний мул є осадом, який важко фільтрується і має до 98-99% вологості. У той же час такий осад очисних споруд містить небезпечні забруднювачі, такі як фосфати, нітрати, яйця гельмінтів, що не дозволяють скидати активний мул в навколишнє середовище [9, 10].

Накопичення активного мулу на мулових майданчиках є причиною екологічної та економічної проблеми для водоочисних підприємств. Обслуговуючий персонал змушений перебувати на біологічно і хімічно забрудненій території без можливості повністю виключити шкідливий вплив метану і бактерій на організм.

Передбачається, що створення технології утилізації і переробки надлишкового мулу дозволить зменшити ризики зараження і отруєння для працівників водоочисних споруд, і дасть можливість раціоналізувати виробничі площі, які раніше використовувалися для зберігання активного мулу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Стічні води, що надходять на очисні споруди, містять до 22 мг/дм^3 фосфатів, а очищені стоки - 12,4 мг/дм^3 .

Залежність вмісту нітрогену у формі катіонів амонію і фосфатів у стічній воді на виході з очисних споруд каналізації лівого берега, в період з грудня 2016 року по травень 2017 року, представлено на рис. 1.

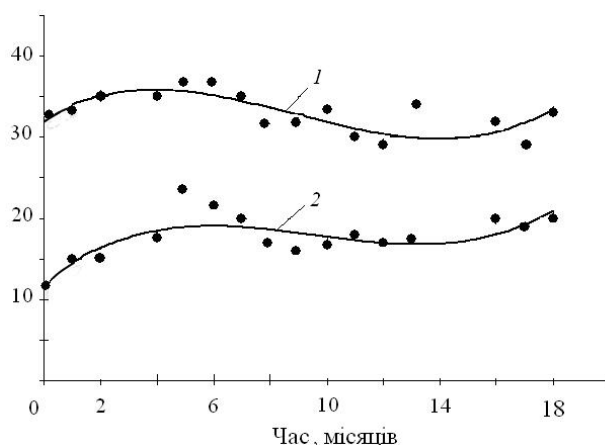


Рисунок 1 – Залежність вмісту концентрації нітрогену у формі катіонів амонію та фосфатів у вихідній стічній воді від часу: 1 – концентрація нітрогену у формі катіонів амонію, 2 – концентрація фосфатів

Криві на рис. 1 відображають залежність між вмістом нітрогену амонійного і фосфатів. Зі збільшенням у стічній воді нітрогену амонійного збільшується кількість фосфатів.

Органічний фосфор, який перебуває у складі органічних сполук і поліфосфатів при біологічному очищенні перетворюються в ортофосфати і видаляються з активним мулом. Можна зробити висновок,

що зі збільшенням ступеня забруднення стічної води органічними речовинами в ній збільшується вміст загального органічного вуглецю. Спостерігається одночасне зростання вмісту нітрогену і фосфору разом із збільшенням вмісту вуглецю.

Існуючі біологічні методи вилучення фосфатів із стічних вод не дають бажаного ефекту. Динаміка надходження стічних вод на очисні споруди за усередненими значеннями літнього періоду 2017 р. за добу представлена на рис. 2.

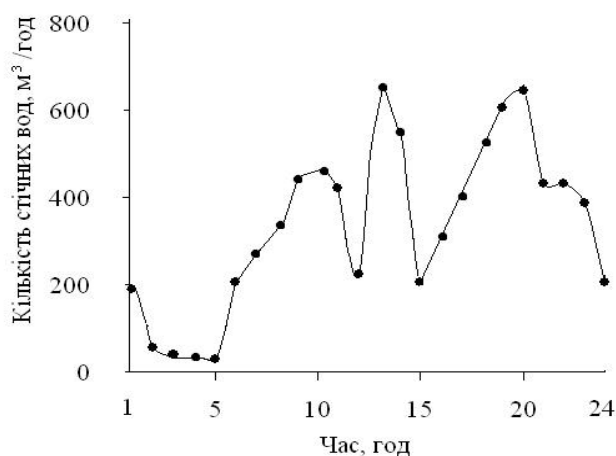


Рисунок 2 – Динаміка надходження стічної води на очисні споруди лівого берега м. Дніпродзержинська за усередненими значеннями літнього періоду 2017 р. за добу

Стандартний комплекс очисних споруд розрахований на рівномірне надходження стоків. Але описана вище динаміка надходження стічної води негативно впливає на ефективність вилучення фосфатів із стічних вод. Оптимізувати процес можливо завдяки постійній витраті фосфатів і їх усередненій концентрації стоках. Таким чином, можна збільшити

ефективність вилучення фосфатів із стічних вод і одержати компонент для комплексного добрива із високим вмістом фосфору.

На підприємстві КВП КМР «Міськводоканал» працює як денний, так і змінний персонал. Кількість робітників, зайнятих на експлуатації водоочисних споруд за елементами споруд вказано у табл. 1.

Таблиця 1 – Кількість робітників, зайнятих на експлуатації водоочисних споруд за елементами споруд

Найменування елементів спорудження	Кількість	Найменування професій робочих місць
Будівля решіток	1	Оператор
Пісколовка	1	Оператор
Первинні відстійники	1	Машиніст
Аеротенк	1	Оператор
Мулоуцілювач	1	Оператор
Повітрорудка, компресорна	1	Машиніст
Вторинні відстійники	1	Оператор
Біологічні пруди і мулові площини	2	Оператор
Хлораторна	1	Оператор

Відсоткова кількість робітників, що підлягають професійним захворюванням різного ступеню наведено на рис.3. Виходячи з вище наведених даних стає зрозуміло, що не дивлячись на те, що кількість стічних вод, які надходять на водоочисні споруди зменшується, кількість професійних захворювань невинно росте.

Тобто, при нестабільному надходженні стічних вод на елементи водоочисного спорудження поетапно всі робітники, що обслуговують обладнання входять до так званої групи ризику.

Аналіз даних КВП КМР «Міськводоканал» про роботу систем „первинні відстійники – аеротенки” та „аеротенки - вторинні відстійники” показав, що на очисні споруди подача стічної води здійснюється нерівномірно як протягом доби, так і в межах року.

При цьому якість стічної води на вході в очисні споруди залишається нестабільною. Основні показники якості – азот і фосфати – не тільки коливаються в широких межах, а й часто перевищують норми ГДК. Якість зворотних вод у більшості показників коливається в широких межах і корелюється з якістю стічної води, яка надходить на очисні споруди.

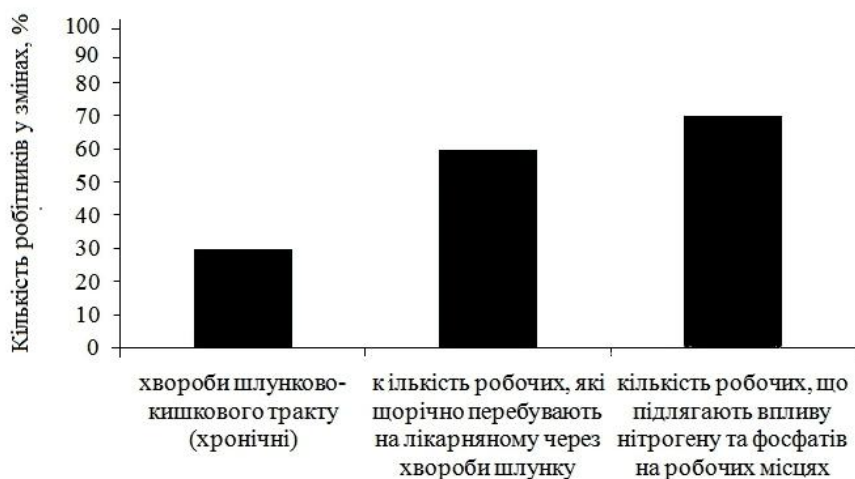


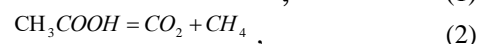
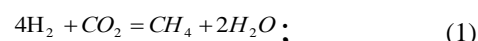
Рисунок 3 – Відсоткова кількість робітників, що підлягають професійним захворюванням різного ступеню

У ході досліджень зафіксовано подачу перемінної кількості стічної води, яка подається до аеротенків, що залежить від нерівномірності споживання населенням питної води протягом доби. Виконували дослідження впливу кальцієвмісного шламу ПрАТ «Хімдивізіон» (вологість – 48,7%, масова частка золи – 53,3%, частка органічної речовини – 21,5%), що утворився при пом'якшенні річкової води вапном, при додаванні його концентрацією 28 г/дм³ в розчин активного мулу і наступним збродженням утвореного осаду в суміші з побутовими відходами. В дослідженнях використовували активний мул з водоочисних споруд і стічну воду КВП КМР «Міськводоканал». По закінченні процесу бродіння виконували аналіз утвореного осаду. Передбачається, що за якісними показниками зневоднений осад буде відповідати комплексному добриву.

Методика переробки надлишкового активного мулу включала процес метанового бродіння. Біогаз, який виділявся в процесі метанового бродіння, збирався в спеціальні газозбірники. У досліджах використовували мезофільний режим бродіння, який є технологічно спрощеним і дешевшим. Для утворення біогазу та органо-мінерального субстрату початкова вологість суміші була 98%. Після досягнення заданої температури мезофільного режиму, виконували виміри об'єму виділеного біогазу. Виділення біогазу контролювали щодобово за допомогою мірного циліндра, в який витискувалась вода з газозбірників. За температурним режимом в біореакторі спостерігали за допомогою лабораторного ртутного термометра. Досліджувану суміш після бродіння розміщували в порцелянові чашки та просушували в сушильній шафі, до постійної ваги. Після цього збирали рештки проб та досліджували їх на елементний склад.

Всі штами метаноутворюючих бактерій є облигатними анаеробами, деякі з них гинуть при короткочасному контакті з повітрям, інші тільки припиняють ріст. Ця група бактерій характеризується незвичайним шляхом отримання енергії, унікальними кінцевими продуктами метаболізму (катаболізму): CH₄ і CO₂. Метаногенез відбувається

за рахунок діяльності цих мікроорганізмів, які відновлюють вуглекислий газ до метану, а також таких, які розкладають в кінцевому підсумку оцтову кислоту в метан і вуглекислий газ [4]. Рівняння біохімічних реакцій стадії метаногенезу анаеробної ферментації мають такий вигляд [5]:



де CH₄ - метан. Було проведено ряд експериментів, в яких перша загрузка для збродження – лише побутові відходи на суху речовину, %: картопля – 26, морква – 14, цибуля – 60. У другій загрузці використовували додавання осаду, що утворився при додаванні кальцієвмісного шламу до активного мулу (концентрація шламу в активному мулі – 28 мг/дм³) до суміші побутових відходів зі співвідношенням 1:1.

У дослідженнях встановили залежність процесу видалення фосфору зі стічної води при додаванні кальцієвмісного шламу від температури розчину (рис. 4). Кількість вилучених фосфатів в перерахунку на фосфор зі стічної води після 4-х годин обробки з побутовими відходами при 280 К складала 0,78 мг / дм³, при 285 К – 1,60 мг / дм³, і відповідно 290 К – 1,90 мг/дм³. При підвищенні температури стічної води процес відбувається в дифузійній області. При порівнянні результатів, отриманих за експериментальними даними досліджень похибка складала не більше 7%. Після седиментації фосфатів, даний осад додавали до суміші побутових відходів, і зброджували при мезофільному режимі. Тривалість збродження тривала 14 астрономічних діб. Опубліковані джерела свідчать про наявність різних методик визначення питомого виходу біогазу при роботі біогазових установок. Проте є необхідність проведення поглибленого аналізу факторів, що обумовлюють виробництво біометану, а також обґрунтування напрямків інтенсифікації цього процесу [5].

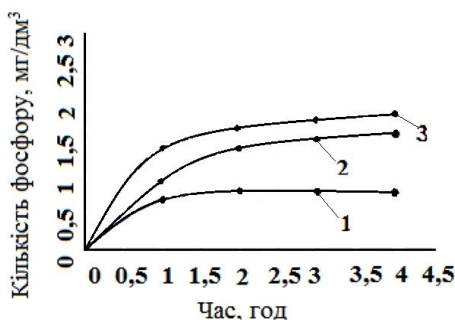


Рисунок 4 – Залежність процесу видалення фосфору зі стічної води при додаванні кальцієвмісного шламу від температури розчину:
1, 2, 3 - температура розчину при 280, 285, 290 K

Беручи допущення, що біогаз складається тільки з двох газів - газу метану і вуглекислого газу, для визначення щільності біогазу при нормальних умовах скористаємося співвідношенням:

$$\rho_{\text{бг}}^{\text{н}} = \rho_{\text{сн}}^{\text{н}} \cdot k_{\text{сн}} + \rho_{\text{сц}}^{\text{н}} \cdot (1 - k_{\text{сн}}), \quad (3)$$

де $\rho_{\text{сн}}^{\text{н}}$ – щільність метану за нормальних умов, $\text{кг}_{\text{сн}}/\text{м}^3_{\text{сн}}$; $\rho_{\text{сц}}^{\text{н}}$ – щільність вуглекислого газу за нормальних умов, $\text{кг}_{\text{сц}}/\text{м}^3_{\text{сц}}$; $k_{\text{сн}}$ – об’ємний вміст біометану в біогазі, $\text{м}^3_{\text{сн}}/\text{м}^3_{\text{бг}}$ [6].

Під час проведення обох експериментів було виявлено, що кінетика виходу біогазу на протязі перших 10 діб має майже однаковий тип походження процесу (в перші 12 - 14 діб зростає, після 14-ї доби вихід біогазу зменшується). Перші дві загрузки були без додавання активного мулу (лише побутові відходи) із додаванням стічної води. Дві інші – з додаванням активного мулу. Обсяг виділеного біогазу в усіх пробах різний. Під час проведення першого експерименту обсяг виділеного біогазу для першої проби склав - 0,23 дм^3 , а для другої - 0,32 дм^3 . В ході другого експерименту обсяг виділеного біогазу для першої проби склав - 0,51 дм^3 ; а для другої - 0,67 дм^3 .

Процес бродіння контрольної проби лише побутових відходів описується наступними рівнянням:

$$\hat{y} = 0,0001x^2 + 0,013x + 0,013; R^2 = 0,982 \quad (4)$$

Процес метанового бродіння осаду, що утворився після очищення стічних вод кальцієвмісним шламом, в суміші з побутовими відходами описується наступними рівнянням

$$\hat{y} = 0,0003x^2 + 0,0231x - 0,015; R^2 = 0,972 \quad (5)$$

При порівнянні результатів, отриманих із використанням математичної моделі (4), (5) і результативність натурних досліджень похибка складає не більше 10 %, що свідчить про достовірність отриманої моделі.

Отриманий біогаз за даною методикою мав щільність 1,283 (максимальне значення) та 1,261 $\text{кг}/\text{м}^3$ (мінімальне значення) відповідно.

Встановлено, що суміш промислово-побутових відходів дає більший вихід біогазу, ніж суміш тільки побутових відходів, тому використання промислово-побутових відходів є більш доцільним і ефекти-

вним. Визначено, що для отримання максимальної кількості біогазу із зброджувальної суміші твердих промислово-побутових відходів досить 14 діб. Отримана зброджена суміш за якістю і компонентним складом відповідає якості комплексного добрива з високими показниками поживних елементів (N - 0,799; P - 3,950; K - 4,08) і вмістом важких металів, що не перевищують гранично - допустимої концентрації в ґрунті.

На основі отриманих даних складено принципову технологічну схему переробки і утилізації надлишкового активного мулу, що містить наступні стадії: обробка активного мулу із додаванням кальцієвмісного шламу (28 $\text{мг}/\text{дм}^3$) на протязі 1хв; загрузка суміші у метантенк, де відбувається збродження побутових відходів з активним мулом при додаванні кальцієвмісного шламу при температурі 32-34°C при співвідношенні компонентів 1:1 та тривалості збродження 14 діб.

ВИСНОВКИ. Дослідили умови праці робітників очисних споруд. Встановили, що основні джерела токсичних речовин – стічні води, що містять фосфати (12,40 $\text{мг}/\text{дм}^3$), і активний мул, що містить до 9,8 % нітрогену. Також працівники мулових майданчиків схильні до систематичного впливу метану, що виділяється при бродінні активного мулу

Запропонували раціоналізувати роботу мулових майданчиків шляхом створення технології утилізації активного мулу і побутових відходів. Виконувалась обробка активного мулу із додаванням кальцієвмісного шламу (28 $\text{мг}/\text{дм}^3$) на протязі 1хв; загрузка суміші у метантенк, де відбувається збродження побутових відходів з активним мулом при додаванні кальцієвмісного шламу при температурі 32-34°C при співвідношенні компонентів 1:1 та тривалості збродження 14 діб.

Величезна подяка за вагомий вклад в дослідженнях вноситься Департаменту освіти і науки Дніпропетровської обласної державної адміністрації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Оценка энергетического потенциала биомассы в Украине / Г.Г. Гелетуца, Т.А. Железная, Н.М. Жовмир, Ю.Б. Матвеев // Энергетические культуры, жидкие биотоплива, биогаз: Промышленная теплотехника. – 2011 – № 1. – С. 57–64.
2. Кінетичні закономірності зневоднення диспергованого активного мулу / О.Р. Очеретнюк, М.Д. Волошин, А.В. Іванченко // Вопросы химии и химической технологии. – 2012. – № 7. – С. 116–120.
3. Оптимізація методів отримання екологічно чистих біомінеральних добрив / М.Д. Волошин, В.В. Кармазіна, О.Р. Белянська // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2013. – Вип. 6 (138). – С. 104–111.
4. Іванченко А.В., Волошин М.Д. Технологія одержання комплексного добрива на основі диспергованого активного мулу // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – 3/6 (75). – С. 42 – 47.
5. Безсонов Є.М., Андреев В.І. Обґрунтування та формалізація підходу до оцінювання екологічної

безпеки регіону // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – 2/10 (80). – С. 9–18.

6. Новицкий Н.И., Олексюк В.Н. Управление качеством продукции. – Минск: Новое знание, 2001. – 236 с.

7. Моніторинг ефективності роботи аеротенків на львівських очисних спорудах / В.Т. Шандрович, М.С. Мальований, І.П. Полужин // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2015. – Вип. 1/2015 (90), част. 1. – С. 126–132.

8. Эффективность рассеивания испарений от ре-

зервуаров канализационных очистных сооружений города Владивостока / Я.П. Лосева, С.М. Гриванова, Я.В. Мищенко // Фундаментальные исследования. – Москва, 2013. – № 11, част. – С. 1383–1388.

9. Hvitved-Jacobsen T., Vollertsen J., Nielsen A.H., Abdul-Talib S. Sewer microbial processes, emissions and impacts // Proceedings from the 3rd International Conference on Sewer Processes and Networks, April 15–17, (2002), pp. 1–13, Paris, France.

10. Sean X.L. Food and agricultural wastewater utilization / Sean. – New Jersey, USA: WileyBlackwell, 2007. – 296 с.

STUDY OF THE WASTEWATER TREATMENT WORKERS' WORKING CONDITIONS IMPROVEMENT THROUGH THE ACTIVATED SLUDGE PROCESSING TECHNOLOGY IMPLEMENTATION

O. Byelyans'ka, YU. Myahka, O. Kryukovs'ka

Dnieper State technical University

vul. Dniprobudivs'ka, 2, Kam'yans'ke, 51933, Ukraine. E-mail: belyans@ukr.net

Purpose. To investigate the working conditions of sewage treatment workers. To suggest rationalization of sludge beds operation by creating utilization of activated sludge and household waste. **Methods.** Methods of disposal and recycling of the active sludge included the process of methane fermentation in mesophilic mode have been used. The biogas that's produced in the methane fermentation process has been collected in special gas-collectors. After reaching the desired temperature, mesophilic regime, measurements of the volume allocated to biogas have been carried out. **Results.** The study has established the dependence of the process of removing phosphates from waste water adding calcium-containing sludge from the solution temperature. The number of recovered phosphates in terms of phosphorus from waste water after four hours of processing household waste at 280 K was 0.78 mg / dm³, at 285 K - 1,60 mg / dm³, respectively, and 290 K to 1.90 mg / dm³. When the temperature of the waste water, the process occurs in the diffusion region. Found that from a mixture of industrial and domestic wastes and active sludge, a calcium sludge at a ratio of 50%:50% has been observed in 2 times more biogas yield than the mixture of only household wastes. **Originality.** For the first time the activated sludge recycling technology has been developed with addition of calcium-containing sludge (28 mg/dm³) for one minute dispersion and the subsequent loading of the mixture into the digester, where the digestion in mesophilic mode at a ratio 1:1 and the duration of fermentation 14 days. **Practical value.** The technology helps to streamline the performance of treatment plants and simultaneously improve working conditions, reduce risks of morbidity from exposure to vapors of water containing impurities Fortov, nitrogen, methane. References 4, tables 1, figures 4.

Key words: phosphates, mesophilic regime, methane fermentation, bioreactor, sludge areas.

REFERENCES

1. Geletuha, G.G., Zheleznaya, T.A., Zhovmir, N.M., Matveev, Yu.B. (2011) *Otsenka energeticheskogo potentsiala biomassy v Ukraine* [Assessment of the energypotential of biomass in Ukraine], Promishlennaya teplotehnika.

2. Ocheretnyuk, O.R. (Belianskaya), Voloshin, M.D., Ivanchenko, A.V. (2012) *Kinetychni zakonomirnosti znevodnennyya dysperhovanoho aktyvnoho mulu* [Kinetic regularities of dehydration of dispersed active sludge] Questions of chemistry and chemical technology.

3. Voloshyn, M.D. Karmazina, V.V., Byelyans'ka, O.R. (2013) *Optimizatsiya metodiv otrymannya ekolohichno chystykh biomineral'nykh dobryv* [Optimization of methods for producing environmentally friendly fertilizers bonarelli] *Visnyk DVNZINGU, Seriya «Engineering Village»*.- Iss. 6 (138). – pp. 104-111.

4. Voloshin, M.D., Ivanchenko, A.V. (2015) *Tekhnolohiya oderzhannya kompleksnoho dobryva na osnovi dysperhovanoho aktyvnoho mulu* [The technology of obtaining complex fertilizers on the basis of dispersed activated sludge] *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal pere dovykh tekhnologiy, Kharkiv*. – Iss. 3/6 (75). – pp. 42 – 47.

5. Bezsonov, Ye.M., Andreiev, V.I. (2016) Substan-

tiation and formalization of the approach to environmental safety assessment of the region, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 2/10, no. 80, pp. 9–18.

6. Novitskii, N.I., Oleksiuk, W.N. (2001), *Upravlenie kachestvom produktsii* [Product quality control], "Novoe znanie", Minsk, Belarus.

7. Shandrovich, V.T., Malovaniy, M.S., Poluzhin, I.P. (2015), "Monitoring aerotanks effectiveness at Lviv wastewater treatment plants", Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, iss.1, no. 90, part 1, pp. 126–132.

8. Loseva, Ya.P., Grivanova, S.M., Mishchenko, Ya.V. (2013), "Efficiency of vapors dissipation from the tanks of sewage treatment facilities in the Vladivostok city", *Fundamentalnye issledovaniya*, no. 11, part 3, pp. 1383–1388.

9. Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J., Nielsen, A.H., Abdul-Talib S. (2002), "Sewer microbial processes, emissions and impacts", Proceedings from the 3rd International Conference on Sewer Processes and Networks, Paris, France, April 15–17, pp. 1–13.

10. Sean, X.L (2007), *Food and agricultural wastewater utilization*, Wiley-Blackwell, New Jersey, USA.

Стаття надійшла 17.11.2017.