



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85661

(13) C2

(51) МПК (2009)

C02F 3/30

C02F 3/32

C02F 3/34

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ЛОТКОВИЙ ОЧИСНИК ТА СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ

1

(21) 2004042539

(22) 05.04.2004

(24) 25.02.2009

(46) 25.02.2009, Бюл.№ 4, 2009 р.

(72) АДАМЕНКО ОЛЕКСІЙ ІВАНОВИЧ, UA, АДА-  
МЕНКО ІВАН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA

(73) АДАМЕНКО ІВАН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA

(56) UA 43603, C02F 3/32, 2001

UA 57962, A01G 31/00, 2003

UA 63169, C02F3/08, 2004

RU 2170217, C02F 3/30, 2001

SU 1050562, C02F 3/06, 1983

SU 969683, C02F 3/32, 1982

US 5476787, C02F 3/00, 3/30, C12P 5/00, C12N  
1/12, 1995

(57) 1. Лотковий очисник стоків, що містить лоток, побудований подачі стоків, який **відрізняється** тим, що додатково обладнаний фотореактором-маточником, з'єднаним з очисником через вивідники-підпресовщики, метантенком з колом активного мулу і фільтром-завісою у очиснику, при цьому в очиснику виділено освітлену зону з обертовим циліндром щільних світловодів, з захисним світ-

2

лопрозорим ковпаком і вентиляцією, і затемнену зону із зонами відстою і виведення водорості через вивідник-підпресовщик, із мулозбірником і вивідником мулу та колом подачі активного мулу із метантенка у фільтр-завісу, розміщену перед виводом стоків із очисника.

2. Спосіб водоростевого очищення стоків в пристрої за п.1, що включає подачу стоків на очищення, їх аерацію в процесі очищення, освітлення водоростей, який **відрізняється тим**, що стоки спочатку подають в освітлену зону лоткового очисника, в цій зоні стоки змішують із суспензією поверхневої водорості *Botryococcus*, подають повітря в зону аерації і за допомогою обертання циліндра із щільними світловодами здійснюють аерацію та освітлення стоків, після цього виводять водорості у вигляді пасти у фотореактор-маточник з нормативним середовищем, з якого свіжу активну біомасу водорості повертають у очисник, після освітленої зони стоки направляють у затемнену зону, де перед виходом із очисника пропускають через фільтр-завісу із активного мулу.

Лотковий очисник та спосіб очищення стоків належить до комунального господарства і призначається для біологічного очищення стоків каналізаційних систем водоростями, що використовуються як паливо.

Задача очищення стоків співпадає з використанням енергії біомаси, накопичуваної у воді в процесі фотосинтезу. Біологічне очищення - це окислення біомаси, зв'язування і виведення із води домішок. Здійснюється це за допомогою аерації - введення у воду кисню. Аерація потребує великих затрат енергії. Потреба кисню визначається цифрою 100г O<sub>2</sub> на м<sup>3</sup>, а підведення 1кг O<sub>2</sub> поверхневим струменем вимагає 0,6кВт електроенергії. Недоліком методу аерації є непристосованість до виведення із стоків амонійного азоту, фосфору, поверхнево-активних матеріалів. Очищення стоків значною мірою перекладається на водойми.

Відомі очисні споруди з ставками, в яких стоки проходять через очерет, рогуз, аїр, вищі водорості. Винахід [1] є аналогом даного винаходу. Це зумовлено застосуванням проточного лотка, піддона, сітки прикриття водорості роду *Vaucheria*. Сітка використана для пропускання води до водорості. Після циклу роботи сітка відхиляється і вся вирощена біомаса замінюється на нову порцію. Аналогу характерна низька продуктивність і невідповідність сучасним вимогам. Нижчі водорості - фітопланктон має вищу продуктивність і, часто, кращі споживчі характеристики. Так, водорості анабена і насток здатні асимілювати азот із повітря і продовжувати цю роботу після подачі їх на зрошувані землі. Вони можуть замінити 1/3 азоту, що потребує меліороване поле. Друга обставина: нижчі водорості можуть бути задіяними у очисних спорудах протягом всього року. Але ці водорості не можуть бути присутніми у питній воді.

(13) C2

(11) 85661

(19) UA

Частково недоліки аналога усуває винахід [2], що служить нам прототипом. Прототипом запропоновано установку з ємністю, що містить стоки, з соплом для подачі стоків і реалізації поверхневої аерації, з насосом, що перекачує стоки. Сопло виконується з коаксально розміщеною скляною трубою і електросвітильником. Повітря проходить по внутрішньої трубі і захвачується стоками, що проходять у проміжку між зовнішньою і внутрішньою трубами. Сопло - знаряддя аерації використовується для освітлення водорості, яка перекачується разом із стоками. Прототип не використовує природне світло, поверхня освітлення дуже обмежена, лампа розміщена в трубі, що призводить до перегрівання. Замінити лампу можна разом із заміною сопла. Прототип не вирішує задачі, що робити з вирощеною водорістю. У воді - стоках водорість є забрудненням. Ежекція, як спосіб підведення кисню, має низький ККД. Прототип не пристосований до великого промислового застосування.

І аналог, і прототип основуються на суміщенні водорості зі стоками, які очищаються. Вирощена водорість вилучається із очисника і в подальшому процесі очищення участі не бере. Відсутні також процеси денітрифікації - виведення вільного азоту за допомогою анаеробних організмів активного мулу. Невирішеність задачі, що робити з водоростями, що ростуть в очисних спорудах, приводить до відмови від водоростевої очищення стоків. Наприклад, у Німеччині водорості на очисних спорудах розглядаються як забруднення, які потрібно усувати. Застосування вирощеної на стоках біомаси поки що не знайдено. І аналогу, і прототипу властиво виконувати очищення стоків тільки методом аерації, яка не виводить із води азот, що здійснюється мікроорганізмами активного мулу.

Метою винаходу є усунути відмічені недоліки. Поставлені задачі вирішуються тим, що лотковий очисник стоків, що містить лоток, побудники подачі стоків, згідно з винаходом додатково обладнаний фотореактором-маточником, з'єднаним з очисником через вивідники-підпресовщики, метантенком з колом активного мулу і фільтром-завісою у очиснику, при цьому в очиснику виділено освітлену зону з обертовим циліндром щільних світловодів, з захисним світло-прозорим ковпаком і вентиляцією, і затемнену зону із зонами відстою і виведення водорості через вивідник-підпресовщик, із мулозбірником і вивідником мулу та колом подачі активного мулу із метантенка у фільтр-завісу, розміщену перед виводом стоків із очисника. У очиснику стоків реалізується спосіб водоростевого очищення стоків, що включає подачу стоків на очищення, їх аерацію в процесі очищення, освітлення водоростей, який відрізняється тим, що стоки спочатку подають в освітлену зону лоткового очисника, в цій зоні стоки змішують із суспензією поверхневої водорості *Botryococcus*, подають повітря в зону аерації і за допомогою обертання циліндра із щільними світловодами здійснюють аерацію та освітлення стоків, після цього виводять водорості у вигляді пасти у фотореактор-маточник з нормативним середовищем, з якого свіжу активну біомасу водорості повертають у очисник, після освітленої зони стоки направляють у затемнену зону, де

перед виходом із очисника пропускають через фільтр-завісу із активного мулу.

Приведений малюнок: „Схема лоткового очисника стоків” - розкриває суть винаходу і взаємні зв'язки елементів очисника стоків.

Лотковий очисник стоків має самопливний лоток з нахиленим дном і поперечинами на кінцях (1). В лотку виділено освітлену (2) і затемнену (3) зони. У затемненій зоні розміщені відстійна зона з вивідником-підпресовщиком водорості (10), мулозбірником з вивідником мулу (4), колом введення активного мулу (5) на завісу (6) з активним мулом із метантенка (7). Це мул з часом бродіння не менше 10 діб. Завіса (6) виконується із пакета сіток, закріплених перед виводом стоків із лотка. Важлива обставина полягає у різних рівнях стоків у лотку і у мулозбірнику. Водорості плавають на поверхні, вони не проходять через фільтр із активного мулу. Активний мул очищає стоки від нітритів і нітратів. Вільний азот виводиться через вентиляцію освітленої зони. Водорості виводяться із лотка вивідником-підпресовщиком (10), розміщеним над поверхнею стоків і водоростей у зоні відстою. Вивідник-підпресовщик виконується подібно екструдерам чи шнековим фільтр-пресам. Він забирає рідину з поверхні, віджимає воду і подає пасту водорості на вихід (11) і на вхід (12) до фотореактора-маточника (13), який через вхід (15) подає освіжену, підживлену, оновлену культуру водорості в стоки, що очищаються у лотку-очиснику. Вирощена водорість у фотореакторі-маточнику (13) через другий вивідник-підпресовщик (14), трубами (15) подається у освітлену зону (2) лотка (1) у вигляді пасти. Очисник стоків має світлопрозорий захисний ковпак (19) над освітленою зоною (2) лотка (1), обладнаний вентиляційною системою (22), що включає вентилятори, газобалонну вуглекислоту, регулятори температури. У освітленій частині підтримується 1% CO<sub>2</sub> у газі і температура 20-25°C. Для цілодобової роботи передбачені світильники досвічування (21). Введення світла і газів у стоки здійснюється через щільні світловоди, зібрані у обертові циліндри (20), занурені у стоки. Стоки у очисник подаються через вхід (23) з побудником подачі, а виводяться через вихід (24). Водорість із очисника виводиться через вихід (11). Шлам із метантенка виводиться через вихід (26), а газ - через вихід (25). Світло-прозорий ковпак виконується із плівок, що збільшують фотосинтетичну активну радіацію (ФАР). Між освітленою (2) і затемненою (3) частинами очисника є бар'єр (9), який затримує водорість у зоні фотосинтезу. Фотореактор-маточник (13) має вводи чистої питної води, пасти водорості (12) і настої органічної маси (18). Приготування живильного розчину здійснюється у ємності (17). Нормальне живильне середовище має складові: KNO<sub>3</sub> - 0,2г/л, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> - 0,02г/л, MgSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O - 0,02г/л, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*4H<sub>2</sub>O - 0,03г/л, ґрунтовий екстракт - 0,15мл/л рН=7,5, ЕДТА (етилендіамінтетраоцетова кислота) - 10мг/л. Для зменшення затрат на живильне середовище використовуються настої біомаси живих водоростей після їх дезінтеграції за допомогою іскрового розряду у пасті з вологістю 50-60 % при затратах 3кВт/л. Як дезінтегратори (16) можуть бути використані кавітаційні пристрої, ультразвукові генера-

тори. Для настоїв можуть бути використані вищі рослини, мул. Лотковий очисник стоків призначається для біологічного очищення стоків. Здійснюється очищення за допомогою вилучення із розшарованих потоків мулу, повітря і водоростей у циліндрі (20), стоків і водоростей у лотку і циліндрі (20), стоків і мулу на дні лотка, на завісах-розподільниках мулу (6), що знаходяться у зоні відстою. В названих зонах здійснюється аерація і окислення вуглеводів, засвоєння речовин водоростями. В процесі вирощування водорості забирається фосфор і розчинені у воді поживні речовини. Спливаючи на поверхню, водорості виносять поверхнево-активні речовини із стоків. На межі розподілу стоків і мулу розкладаються амонійні білки. Частина з них стане живильною складовою. Перетворені у окисли азоту, вони попадають у затемнену безкисневую зону очисника, в яку вводиться мул із метантенка (7). Відбір мулу здійснюється у зоні лужного розкладу (старий 10-ті денний мул) з розвинутими анаеробними мікроорганізмами. Для збільшення контактної поверхні мул із метантенка направляється на завіси (6), створюється об'єм випадання в осад старого мулу, бактерії забирають кисень від нітритів і нітратів, газ азот виходить із стоків. Зміна освітлення по довжині лотка від освітлення до темноти і зміна мулу підвищують активність процесу денітрифікації стоків, цим досягається значна економія матеріалів на живильний розчин і енергії на фотосинтез нової органічної речовини, фотосинтез забезпечується вуглекислим газом, азотом, фосфором, калієм і ін. в зоні росту нової речовини. Постійне внесення свіжої активної біомаси водорості у лоток підвищує інтенсивність процесу аерації і розкладу біомаси стоків і створенню нової біомаси водорості-ліпіда, зеленої нафти. Це підвищує надійність технологічного процесу. Цьому також сприяє бар'єр-перетинка (9), яка відділяє освітлену і неосвітлену зони. Забирання вирощеної біомаси і стоків через вивідник-підпресовщик (10) сприяє вилученню із стоків поверхнево-активних речовин. Поява піни є свідченням того, що вирощену водорість потрібно виводити із циклу через виходи (11) і (24). Система вентиляції (22) призначається для подачі кисню повітря у зону аерації і виведення вільного азоту, що утворюється в зоні денітрифікації. Лотковий очисник стоків, заповнений стоками, мулом і водоростями, готовий до роботи. Тепер приводиться в рух циліндр щільних світловодів. Поверхні щільні покриваються шарами водоростевої суспензії, стоків і піднімаються в гору і далі вниз, якщо приймати до уваги конкретно взяті частинку циліндра. Сонячне світло вдень і електроосвітлення вночі проникають по щільних на всю товщину барабана, починається процес аерації стоків і фотосинтезу водоростей.

Розглянемо конструкцію і принцип роботи аератора і фотореактора. Основою аератора і фотореактора є світловоди, зібрані із щільними у обертові циліндри, занурені у стоки. Щільні направлені до світла. Промені, що направлені по дотичній до площин, проходять на всю довжину світловода. Промені, що падають під кутами до поверхні, відбиваються багаторазово, при кожному відбитті вони віддають енергію на фотосинтез. В очисних

установках застосовують циліндри з пластмасовими поверхнями гладкими, матовими і з мотками ниток, які називаються "їжаками". Вони призначаються для утримання бактерій - іммобілізації. В нашому застосуванні збірки із щільних утримують потоки рідин. Це стічні поверхні, які проводять світло. Задачею підстилаючих поверхонь є гальмування швидкості спадання потоку. А цю задачу вирішує сітка із полімерів. Нитка має діаметр 1-2мм, розмір вічок 3-5мм, швидкість руху при стіканні води складає 0,5-0,8м/с, а товщина шару - 2мм. Сітка чудово вентилюється і просвічується.

Освітлена площа більша займаної у сотні раз. Кратність збільшення освітленої площі зростає пропорційно діаметру циліндра. Потік сонячного світла на займану площу розміром  $1\text{м}^2$  дорівнює 1200Вт. Нормативна освітленість водорості *Botryococcus* складає 20Вт/м<sup>2</sup>, це значить, що товщину щільні можна збільшити. При обертанні циліндра на підтримуючій поверхні набираються стоки і виносяться у повітря, де є 21% кисню. Отже, простим обертаним циліндром уже досягається аерація стоків, окислення вуглецю і утворення вуглекислого газу. Коли разом із стоками піднято суспензію з водорості, то утворений вуглекислий газ буде використано для фотосинтезу, наслідком чого буде виділено кисень, що пройде стадію атомарного, надзвичайно активного. Тобто: введення в зону аерації фотосинтезу водорості підвищує процеси і аерації, і фотосинтезу. Ця обставина має важливе значення для вирощування палива на органічній масі, що виростає у водоймах Дніпра.

Друга важлива обставина: вибір водорості для очисника. Водоростей відомо 30 тисяч видів. Є серед них білкові (спіруліна, хлорела та ін) і ліпідні (жирові). Водорість *Botryococcus* синтезує великі C35, C18, C12 вуглеводні, в тому числі, рідинні. Ця водорість поверхнева і має назву зелена нафта. Жирів у біомасі до 75% (від сухої маси), а приріст біомаси може досягати 5кг/м у накопичувальному режимі за 30 діб. Освітлення 20Вт/м<sup>2</sup>, температура росту і розвитку 20-25°C, водневий показник pH=7,5 (для чистої води pH=7) корегування - лугом натрію, живиться фосфорними та натрієвими сполуками, азотом, залізом, марганцем та ін., використовує для росту настої органічної маси, вуглекислий газ забирає із повітря. Це водорість із роду зелених, які в наших водах постійно ростуть і розмножуються, має значення фізична особливість - здатність плавати і розшаровуватися, це дозволяє створити підвищену концентрацію водорості простими бар'єрами, розміщуваними на поверхні, і значні освітлені поверхні, що виносять водорості для введення світла і газів.

Ефективність роботи лоткового очисника стоків може визначатися на основі порівняння вмісту основних забруднень у стоках, що вводяться в очисник і виходять із очисника. На вході вміст, наприклад, фосфору може складати 2мг/л, гранична концентрація загального азоту 18мг/л (загальний азот це  $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ ). Калій, фосфор, азот є живильним субстратом для водорості.

Водорість характеризується коефіцієнтом відтворення. Для *Botryococcus* коефіцієнт відтворення складає 0,17, тобто за 7 діб повністю оновлюється склад водорості. Приймемо, що фосфор,

калій і азот, що мають у сумі 20мг/л становлять половину маси клітин, що виростають на стоках. Другу складову водорість одержує із повітря у вигляді вуглекислого газу. Знаходимо, що приріст сухої речовини водорості повинен бути  $\Delta P = P + K + N + CO_2 = 40 \text{ г/л}$  (тобто 17%-ний приріст повинен бути не меншим 40мг/л). Концентрація водорості повинна бути:  $P = 40 / 0,17 = 280 \text{ мг/л}$  (0,28г/л).

На 30-й день накопичувального режиму *Botryococcus* досягає 5г/л (5кг/м<sup>3</sup>) по сухій масі. Колю водорості, яке передбачене у винаході, дозволяє підтримувати концентрацію на рівні 10г/л. Через очисник з такою щільністю водорості можна пропустити 10/0,28 тобто 36 об'ємів стоків за добу.

Ці дані ґрунтуються на дослідженнях, виконаних у Росії [3, 4].

Винахід вирішує задачу очищення стоків у накопичувальному режимі і в поточному режимі. Процес очистки переведено на природне освітлення, підведення кисню не потребує великих за-

трат енергії. Забезпечується окислення вуглецю, фосфору, виведення амонійного і загального азоту, поверхнево-активних матеріалів.

#### Література.

1. Патент №1429540 Российской Федерации "Устройство для биологической очистки сточных вод" .Васнин Н.М., Васнина О. М., приоритет 09.07.95г, бюлл.№19, 1995 г.

2. Патент №43603А України "Установка для биологической очистки сточных вод" Омельченко О. В., Коваленко В.В., Баландін Е. М., приоритет 2002г.

3. Калачева Г. С, Жила Н. О., Волова Т.Г. Липиды зеленой водоросли *Botryococcus* в ходе стадийного развития в периодической культуре. Микробиология, 2001г., т.70, №3, с.305-312.

4. Волова Т. Г., Калачева Г. С, Жила Н. О. Специфика состава липидов двух представителей *Botryococcus* синтезирующих жидкие углеводороды. Физиология растений, 2003, №5, с.703-709.

