



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 54345

(13) A

(51) 7 C02F3/28

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) АНАЕРОБНИЙ БІОРЕАКТОР "КОЛОРИТ"

1

2

(21) 2002118692

(22) 01 11 2002

(24) 17 02 2003

(46) 17 02 2003, Бюл. № 2, 2003 р.

(72) Осередько Віктор Михайлович, Семистрок
Микола Гнатович, Дучкін Володимир Юрійович,
Стець Леонід Федорович, Давиденко Олександр
Іванович(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ
ПІДПРИЄМСТВО "КОЛОРИТ ОС"(57) 1 Анаеробний біореактор, який містить верти-
кальний циліндричний корпус з послідовно розта-
шованими зоною сорбції з псевдозрідженим ша-
ром насадки, зоною флокуляції і зоною розділення
мулової суміші, яка містить кільцевий модульний
відстійник мулової суміші з елементами, нахиле-
ними до центру, та з'єднаний з ним кільцевий
фільтр з фільтруючим завантаженням та пристрій
для відбору мулової суміші на рециркуляцію, який
відрізняється тим, що в зоні флокуляції верти-
кально розташовані коаксіальні сітчасті перего-
родки, зона розділення мулової суміші оснащена
елементами з розвиненою поверхнею із синтетич-
них матеріалів для закріплення на них
мікроорганізмів, кільцевий відстійник мулової
суміші виконаний у вигляді двох коаксіальних
циліндрів з радіально розташованими по кільцютрубчастими елементами, кільцевий фільтр роз-
ташований зовні нижньої частини корпусу та за-
повнений фільтруючим завантаженням з розвине-
ною поверхнею, а пристрій для відбору мулової
суміші на рециркуляцію розташований перед зо-
ною розділення мулової суміші2 Анаеробний біореактор за п. 1, який відрізня-
ється тим, що елементи з розвиненою поверхнею
у зоні розділення мулової суміші виконані у вигляді
вертикально підвішених ниток3 Анаеробний біореактор за п. 1, який відрізня-
ється тим, що елементи з розвиненою поверхнею
виконані у вигляді прядь йоржиків4 Анаеробний біореактор за п. 1, який відрізня-
ється тим, що елементи з розвиненою поверхнею
виконані у вигляді сітчастих циліндрів5 Анаеробний біореактор за п. 1, який відрізня-
ється тим, що кільцевий відстійник мулової суміші
виконаний знімним6 Анаеробний біореактор за п. 1, який
відрізняється тим, що трубчасті елементи нахи-
лені до центру під кутом 55 - 60°7 Анаеробний біореактор за п. 1, який відрізня-
ється тим, що фільтруючим навантаженням з роз-
виненою поверхнею є пінополістирол8 Анаеробний біореактор за п. 1, який відрізня-
ється тим, що фільтруючим завантаженням з роз-
виненою поверхнею є керамзит

Винахід відноситься до апаратів очистки стіч-
них вод, а саме до анаеробних біореакторів і може
бути використаний для біологічної очистки стічних
вод переробної галузі, м'ясопереробної, спиртової,
винної, цукрової заводи тощо, а також мікробіологіч-
ної і фармацевтичної промисловості з високою
концентрацією забруднень органічними сполуками
як штучного так і природного походження, які мо-
жуть бути використані в якості джерела органічно-
го живлення бактеріальної клітини і практично не
піддаються традиційній анаеробній біологічній
очистці

Загальновідомо, що анаеробне очищення до-
зволяє 95% органічних забруднень перевести у

біогаз у вигляді CH_4 , CO_2 і 5% у біомасу(мул). При
анаеробній очистці 80% органічних забруднень
переходить у біомасу і 20% окислюється до CO_2

В технології біологічної очистки стічних вод
використовують активний мул, який в цьому живи-
льному середовищі являє собою суміш органічної і
мінеральної субстанцій, різноманітних бактерій і
простих мікроорганізмів

Відомий анаеробний біореактор (див. а.с.
СРСР №1784035, МПК С 02F 3/08, публ. 23.12.92)

Відомий біореактор вибраний за прототип і ви-
конаний у вигляді вертикального циліндричного
корпусу з розширеною верхньою частиною, в се-
редині якого розташована коаксіальна перегородка

(13) A

(11) 54345

(19) UA

ка з глухим дном. В середині перегородки розташована зона сорбції з псевдозрідженим шаром насадки, продовженням якої є зона флокуляції і зона для розділення мулової суміші. Зона розділення мулової суміші складається з кільцевого відстійника мулової суміші і сполученого з ним кільцевого фільтра з фільтруючим завантаженням. Кільцевий відстійник виконаний у вигляді пластинчастого тонкошарового модуля, елементи якого у вигляді пластин (діафрагм) нахилені до центра. Кільцевий фільтр розташований між коаксальною перегородкою та зовнішньою поверхнею. Фільтр має патрубковий для відводу очищеного стоку, розташований біля дна. Патрубок відводу біогазу розташований зверху у кришці корпусу. Біореактор обладнаний системою трубопроводів для відводу зверху корпусу мулової суміші на рециркуляцію, для псевдозрідження шару насадки.

Біореактор працює так. Стічна вода по трубопроводу поступає у зону сорбції, де у псевдозрідженому шарі насадки відбувається адсорбція розчинених у воді забруднень поверхнею насадки, яка є масою з інертного матеріалу, а також мікроорганізмами, культивованими та прикріпленими на його поверхні. В цій зоні відбуваються окислювальні - відновлювальні реакції, що руйнують складні молекули розчинених органічних сполук з утворенням простих продуктів розпаду.

При дальшому русі знизу угору вода з зони сорбції входить у зону флокуляції, де відбувається укрупнення найдрібнішого мулу, і далі - у зону розділення мулової суміші на відстійник, де відбувається розділення суміші води і активного мулу на два потоки. Більша частина мулової суміші з верхньої частини зони розділення відбирається на рециркуляцію. Другий потік води надходить у пластинчастий тонкошаровий модуль, де відбувається подальше освітлення води. Осад, що утворюється, по полицям модуля сповзає у зону сорбції на повторне окислення диспергованих біологічним шляхом забруднень. Освітлена вода після тонкошарового модуля надходить для подальшого очищення у кільцевий фільтр, де відбувається глибоке видалення з води тонкодиспергованих частин активного мулу, що не були затримані на відстійнику. Очищену воду видаляють по трубопроводах.

При проходженні води крізь шар насадки з малою швидкістю руху, як правило, спостерігається явище нерівномірності суцільності потоку з застійними зонами в одному місці і турбулентними зонами в іншому, в результаті чого виникають окремі потоки, які вириваються з загального потоку і в яких відсутній тривалий контакт часток мікроорганізмів і забруднень стічних вод. При подальшому русі води знизу угору при проходженні суміші через зону флокуляції, а також при проходженні її крізь щілини пластин можливе продовження явища турбулізації потоку і застійних зон, що призводить крім вищезгаданого ще й до нерівномірності змішування мулу із стічними водами. Відсутність в об'ємі корпусу достатніх поверхонь для прикріплення мікроорганізмів сприяє тому, що при даній швидкості потоку, яка залишається практично постійною при проходженні усіх зон, не уникнути негативного процесу, що супроводжує будь-яку анаеробну очистку, а саме виносу найдрібніших

частин мулу. Винос найдрібніших частин мулу зменшує термін утримання в реакторі активного мулу, що не дозволяє досягти концентрації, необхідної для проведення процесу грануляції активного мулу, так як термін для утворення гранул в залежності від складу забруднень стічних вод складає від 30 до 60 діб. Не зважаючи на наявність зони флокульованого і навіть гранульованого активного мулу, все це значно знижує можливість повного звільнення води від найдрібніших часток анаеробного активного мулу (мікрофлори), що в свою чергу, що безпосередньо впливає на ефект очистки від органічних речовин.

Задачею винаходу є удосконалення конструкції анаеробного біореактора, в якому створенням оптимальних гідродинамічних умов для контакту стічної води з мікроорганізмами шляхом можливості регулювання характеру і швидкості потоку та наповнення двох зон біореактора додатковими поверхнями забезпечують рівномірний розподіл суміші у всьому об'ємі корпусу та збільшують термін перебування анаеробів мулу в реакторі, що сприяє рівномірному зіткненню часток мікроорганізмів і забруднень стічної води у всьому потоці і підвищує можливість їх контактів з елементами, які сприяють очищенню від органічних забруднень, та процесу грануляції мулу, чим досягають практично повного звільнення води від найдрібніших частин анаеробного активного мулу (мікрофлори) і створюють умови для високоефективної деструкції важко окислюваних органічних речовин.

Поставлена задача вирішується тим, що в анаеробному біореакторі, який складається з вертикального циліндричного корпусу з послідовно розташованими зоною сорбції з псевдозрідженим шаром насадки, зоною флокуляції і зоною розділення мулової суміші, яка складається з кільцевого модульного відстійника мулової суміші з елементами, нахиленими до центру, та з'єднаного з ним кільцевого фільтра з фільтруючим завантаженням, та пристроєм для відбору мулової суміші на рециркуляцію, згідно винаходу, в зоні флокуляції вертикально розташовані коаксальні сітчасті перегородки, зона розділення мулової суміші оснащена елементами з розвинутою поверхнею із синтетичних матеріалів для закріплення на них мікроорганізмів, кільцевий відстійник мулової суміші виконаний у вигляді двох коаксальних циліндрів з радіально розташованими по кільцю трубчастими елементами, кільцевий фільтр розташований зовні нижньої частини корпусу та заповнений фільтруючим завантаженням з розвинутою поверхнею, а пристрій для відбору мулової суміші на рециркуляцію розташований перед зоною розділення мулової суміші.

При цьому елементи з розвинутою поверхнею у зоні розділення мулової суміші виконані або у вигляді вертикально підвішених ниток, або у вигляді прядь йоржиків, або у вигляді сітчастих циліндрів.

Для можливості використання пристрою для різних видів стічних вод кільцевий відстійник для осаду виконаний з'ємним, а для кращого сповзання осаду трубчасті елементи нахилені до центру під кутом 55-60°C.

Фільтруюче навантаження з розвинутою пове-

рхнею у фільтрі може бути або пінополістиролом, або керамзитом

Попередньо потік суміші стічних вод і активного мулу підіймається із дна і надходить в зону сорбції. В подальшому своєму русі потік, проходячи через вертикально розташовані коаксіальні стічності перегородки, розрізається у подовжньому напрямку на окремі потоки і набуває режиму упорядкованої течії, тобто ламінарної. Далі ламінарні потоки, зберігши інерцію руху, з одного боку, і втративши швидкість з-за того, що більша частина потоку відведена на рециркуляцію, з другого боку, входять у зону розділення мулової суміші. Трубочасті елементи кільцевого відстійника також сприяють створенню і підтримці спокійної течії потоку. Таким чином потік рівномірно розповсюджується практично у всьому об'ємі корпусу, тобто створюються оптимальні гідродинамічні умови, які сприяють рівномірному зіпненню часток мікроорганізмів активного мулу і забруднень стічних вод, повільному осіданню дрібних часток активного мулу на додаткові поверхні, а саме на стічності перегородки та на елементи з розвинутою поверхнею в зоні розділення мулової суміші. Додаткові поверхні для закріплення мікрофлори збільшують термін утримання активного мулу в реакторі і концентрацію його в об'ємі корпусу, а тому сприяють процесам грануляції, мінералізації, збільшенню навантаження на мул, що необхідно для високоефективної деструкції важко окислювальних органічних речовин та подальшої мінералізації продуктів деструкції. Всім цим досягають практично повного звільнення стічних вод від розчинних органічних забруднень та від найдрібніших частинок анаеробного активного мулу. Таким чином створення ламінарного потоку саме з розрахунковою швидкістю за допомогою додаткових поверхонь та вибором місця відбору мулової суміші на рециркуляцію сприяє осіданню частинок з мінімальною гидравлічною крупністю.

Суть винаходу пояснюється кресленням, де зображені:

на фіг 1 - загальний вигляд анаеробного біореактора у перерізі,*

на фіг 2 - фрагмент елемента з розвинутою поверхнею у вигляді йоржиків/

на фіг 3 - фрагмент елемента з розвинутою поверхнею у вигляді стічастих циліндрів

Анаеробний біореактор "КОЛОРИТ" складається з вертикального циліндричного корпусу 1 з розширеною верхньою частиною 23, який має розміщену у нижній частині корпусу зону сорбції 3 з псевдозрідженим шаром насадки 24. Над зоною сорбції 3 за потоком води розташовані зона флокуляції 4 та зона розділення мулової суміші 5, яка складається з кільцевого відстійника мулової суміші 6 та з'єднаного з ним трубопроводом 7 фільтра 8 з фільтруючим навантаженням 25. Корпус накритий кришкою 26. Перед зоною розділення мулової суміші 5 розташований пристрій для відбору мулової суміші на рециркуляцію води для псевдозрідженого шару насадки та підтримання розрахункової швидкості руху води в корпусі 1. Вказаний пристрій включає насос 10 та трубопровід 21 (фіг 1).

Зона сорбції 3 заповнена інертним матеріа-

лом, який складається або з дрібнозернистого піску, або гранульованого активованого вугілля АГ - 3, або пористого спеченого скла (SIRAN) та інш. Частинки матеріалу мають розвинену поверхню і властивість адсорбції по відношенню до мікроорганізмів - анаеробів і служать центрами їх скупчення.

Над зоною сорбції знаходиться зона флокуляції 4, в якій вертикально розташовані коаксіальні стічності перегородки 14, прикріплені до корпусу 1.

Зона розділення мулової суміші 5 знаходиться у верхній частині 23 корпусу 1 і заповнена або вертикально підвищеними до кришки елементами з розвинутою поверхнею такими як нитки з синтетичного матеріалу 27, або закріплені до корпусу 1 прляндами йоржиків 28 (фіг 2), або стічастих циліндрів 29 (фіг 3). Кільцевий відстійник мулової суміші 6 розташований навколо зони розділення мулової суміші 5 і являє собою з'єднувану конструкцію з двох коаксіальних циліндрів 30, 31 з розташованими по радіусу окремими трубками 32, нахиленими під кутом 55-60°С до центру.

Діаметр трубок, їх форма у перерізі та кількість по колу залежать від потужності біореактора та типу (виду) стічних вод, які очищаються. Навколо нижньої частини корпусу 1 розташований фільтр 8, заповнений матеріалом з розвинутою поверхнею таким як керамзит або спінений полістирол, які одночасно виконують функцію біофільтра.

Дно корпусу має отвір для періодичного видалення можливих мінеральних речовин типу піску, дрібних камінців і інш. (на кресленні не показаний).

У верхній частині 23 корпусу 1 змонтований вантуз 18 для виходу газу метану по трубопроводу 17 у ежектор 11. У корпусі 1 і фільтрі 8 виконані експлуатаційні люки (на кресленні не показані).

Анаеробний біореактор "КОЛОРИТ" оснащений теплообмінником 12, зв'язаний з трубопроводом 21. Крім того біореактор має також збірник стічної води 15, зв'язаний через насос 16 і трубопровід 22 з розподільчою системою 2, збірник промивної води 13, зв'язаний з фільтром 8 трубопроводом 9, ежектор 11, трубопровід 20 для з'єднання збірника промивної води 13 і насоса 10 та мережу трубопроводів.

Запуск біореактора здійснюють таким чином. Спочатку в біореакторі досягають робочого режиму, а саме, в корпусі 1 створюють такий стан, при якому починають свою діяльність мікроорганізми. Для цього через розподільчу систему 2 стічні води з інокюльованим мулом під тиском, створеним циркулюючим насосом 10, подають у корпус 1, заповнюючи весь його об'єм. Вміст інокюльованого мулу складає 10-20% всього об'єму.

В корпусі 1 суміш перемішують шляхом безперервної рециркуляції доти доки показник ХСК (хімічне споживання кисню) стічних вод не почне знижуватися. За цей час мул закріплюється на інертному іммобілізаційному матеріалі 25, а саме на дрібнозернистому піску або гранульованому активованому вугіллі АГ - 3, а також на елементах з розвинутою поверхнею таких як нитки 27 або прлянди йоржиків 28, або стічності циліндрів 29 та стічності перегородки 14. При цьому коефіцієнт ХСК у суміші має знизитись приблизно на 50%. Це означає, що почався процес руйнування органіч-

них речовин, мул адаптувався і почав мінералізуватися, і саме в ньому знизилась кількість органічного субстрату і він складається з нерозчинених мінеральних солей вуглецю, азоту, фосфору і інш. Це той стан, при якому мікроорганізми культивуються і починають свою діяльність.

Після цього зі збірника стічної води 15 по трубопроводу 22 через розподільчу систему 2 насосом 18 починають подачу стічних вод на очищення, поступово збільшуючи їх кількість і контролюючи показник ХСК. Збільшення об'єму стічних вод на 7-10% сприяє тому, що частина відстоюної води з відстійника 6 по зовнішнім трубам 7 витісняється у фільтр 8, звідти очищену після проходження через фільтр 8 воду відводять по трубопроводу 9 в збірник промивної води 13. Очищену воду через трубопровід 20 і насос 10 подають на промивку фільтру 8.

Далі біореактор працює так:

Через розподільчу систему 2 стічні води рівномірно розосередженим потоком під тиском, створеним циркулюючим насосом 10, подають в зону сорбції 3, де відбувається адсорбція розчинених у воді забруднень поверхнею гранул і культивованими мікроорганізмами. При цьому відбувається окислювальне - відновлювальні реакції руйнування складних органічних сполук з утворенням простих органічних сполук - продуктів розпаду.

При подальшому русі знизу угору мікроорганізми активованого мулу у процесі росту і накопичення відділяються від гранул і висхідним потоком і бульбашками газу виносяться у зону 4 флокуляції мулу. Вода проходить із розрахунковою швидкістю через завислий під дією висхідного потоку суміші шар гранульованого (флокульованого) мулу і потрапляє на коаксіальні сітчасті перегородки 14. Перегородки 14 розрізають потік води на окремі ламінарні потоки, заспокоюючи і уповільнюючи рух частинок мулу. Тому частинки мулу додатково закріплюються і ще більш укрупнюються (флокуються). Укрупнення супроводиться біологічною флокуляцією речовин, створенням більш крупних флокул і гранул мікроорганізмів активного мулу в суміші з тонкодиспергованими речовинами стічних вод. Сукупність мікроорганізмів і адсорбованих ними забруднень стічних вод створює гранули активного мулу, які за своїми фізичними якостями відрізняються від звичайного мулу у вигляді пластивців або флокулів. Гранули мулу більш щільні, здатні виділятися з більшою швидкістю в осад, легко зависати у псевдозрідженому шарі гранульованого мулу і не виносяться з очищеною водою. Такі властивості дозволяють підтримувати мул у високих дозах, забезпечуючи високе навантаження на одиницю об'єма корпусу біореактора. При цьому відбувається подальше звільнення води від основної маси органічних забруднень. Таким чином в зоні флокуляції мулу 4 вода проходить ще одну ступінь очистки і звільняється від основної маси активного мулу, а саме основної маси найдрібніших часток мулу, які не можуть самостійно осідати і кількість яких складає до 1000 мг/л. Це дозволяє підвищити ступінь грануляції та мінералізації осаду на сітці, що сприяє де-струкції важко окиснених органічних речовин.

Із верхньої границі зони флокуляції 4 більша

частина потоку відбирається по трубопроводу 21 на рециркуляцію, чим значно зменшується швидкість потоку перед зоною розділення мулової суміші 5. Таким чином підтримується необхідна розрахункова швидкість води в зонах.

Із зони флокуляції 4 суміш, втративши швидкість підйому і значну частину маси активного мулу, ламінарними потоками продовжує свій шлях угору і потрапляє у зону розділення мулової суміші 5, заповнену елементами з розвиненою поверхнею такими як нитки 27 або пряди йоржиків 28, або сітчасті циліндри 29 із закріпленими на них мікроорганізмами активного мулу. Мала швидкість потоку сприяє тому, що в товщі води цієї зони починають випадати дрібні частини активного мулу, на вказані елементи осідають і нашаровуються найдрібніші часточки активного мулу доки вони не укрупняться до стану, в якому вони під дією своєї ваги не почнуть відриватися крупними гранулами або пластівцями в зону флокуляції 4.

Суміш активного мулу надходить у труби 32 кільцевого відстійника 6, в яких на малій швидкості входу при тонкошаровому розділенні води відбувається ефективне освітлення води в ламінарному потоці. В уповільненому режимі мул осідає на нижню внутрішню поверхню труб 32 кільцевого відстійника 6. Осад з кожної окремої трубки поступово сповзає в зону флокуляції 4 на вторинне окислення диспергованих забруднень. Процес укрупнення завислих речовин і забруднень стічної води інтенсифікується за рахунок біологічної флокуляції, що триває. Кут нахилу труб 55-60°C та розрахункова швидкість потоку в трубах дозволяє безперервно здійснювати рівномірне сповзання осаду назустріч потоку стічної води без порушення її режиму.

Освітлену воду для подальшої очистки по трубопроводу 7 подають в напірний кільцевий зернистий фільтр 8 з фільтруючим навантаженням з розвиненою поверхнею, а саме пінопілістирол або керамзитом, який одночасно виконує функції біофільтра (доокислення органічних забруднень). В ньому відбувається глибоке видалення з води тонкодиспергованих завислих речовин активного мулу, які були піддані попередній біофлокуляції. Очищену воду видаляють по трубопроводу 9 в збірник промивної води 13. Промивну воду із фільтра 8 повертають в зону розділення мулової суміші 5.

Таким чином у заявленому біореакторі досягають рівномірний розподіл суміші циркулюючого активного мулу та стічних вод.

В результаті очистки виділяється біогаз (0,3-0,5 м³/кг ХСК), який містить 60-80% CH₄ (метан), CO₂, H₂, H₂S, NH₃, летючі жирні кислоти. Останні три компоненти є субстратом для метаностворюючих бактерій, що є кінцевим етапом очистки. Газ метан, що утворюється, за допомогою циркуляційного насоса 10 через вентиль 18 та трубопровід 17 подається на ежектор 11 (при відсутності іншого його застосування або паралельно з ним). Шляхом повернення біогазу в початкову зону досягають більш глибокого кінцевого очищення стічної води. Крім того, бульбашки газу сприяють більш рівномірному перемішуванню в зоні сорбції.

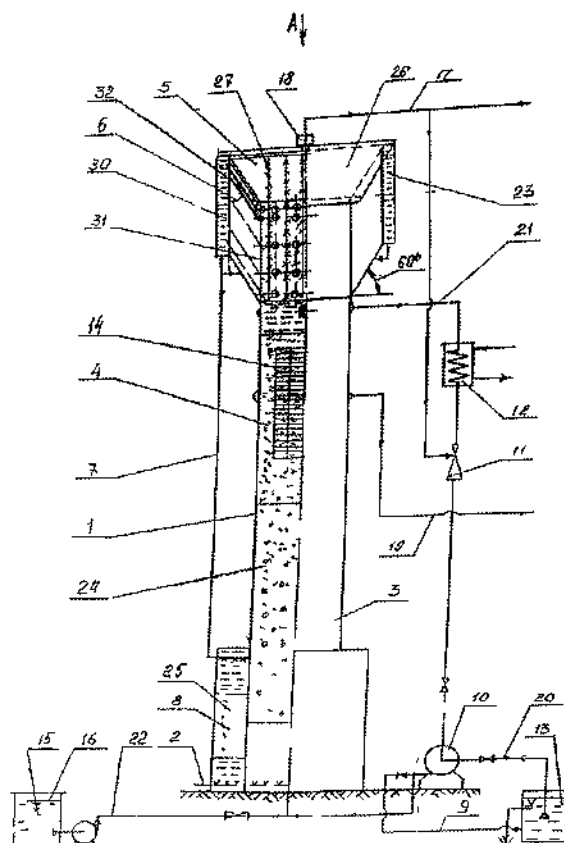
Оснащення корпусу 1 в зоні флокуляції 4 вер-

тикально розташованими коаксіальними сітчастими перегородками 14 дозволяє усунути умови створення застійних і турбулентних зон, розсікти потік, створений у зоні сорбції, рівномірно розподілити потік на окремі менші потоки і заспокоїти його, тобто перевести його у ламінарний режим. Можливість відведення частини води з зони флокуляції за допомогою насосу 10 і трубопроводу 21 дозволяє значно зменшити швидкість води при подальшому русі у зону розділення мулової суміші 6, чим досягається очищення потоку від найдрібніших часток мулу, які мають властивість довго не осідати. Наявність у зоні розділення води і активного мулу будь-якого з елементів з розвинутою поверхнею 27, 28, 29 і кільцевого відстійника 6 для осаду з набором трубчастих елементів 32 сприяють продовженню осідання найдрібніших часток мулу. Спокійна течія потоку рівномірно розповсюджується по всьому об'ємі корпусу, в ньому відсутні потоки, в яких утворюються застійні зони. Крім того рівномірна течія складає умови рівномірного розподілу мікрочасток у цьому потоці і при уповільненому їх падінні сприяє можливості більшому їх зчепленню між собою, тобто флокуляції, злипання,

У зонах можна затримати мул до 30 діб. Це дозволяє підвищити ступінь грануляції та мінералізації осаду на сітчастій перегородці 14 та на всіх додаткових поверхнях, що сприяє деструкції важко окиснених органічних речовин і знову ж таки - грануляції мулу.

Запропонований біореактор "КОЛОРИТ" дозволяє збільшити ступінь очистки води від органічних сполук на 35-90%, від завислих (суспендованих) речовин на 96-97%, від специфічних забруднень на 65-92%, одержати більш мінералізований надлишковий мул на 35-45%, який не потребує наступної його стабілізації на спеціальних спорудах.

Якість очищеної води, отриманої в запропонованому анаеробному біореакторі «КОЛОРИТ», дозволяє використовувати таку воду як цінне органіко-мінеральне добриво, що не містить патогенних мікроорганізмів, наприклад, для поливу будь-яких сільськогосподарських культур, садів та лісо-насаджень. Анаеробний мул, багатий вітаміном В12, можна використати як харчова добавка тваринам.



Фіг. 1

11

54345

12

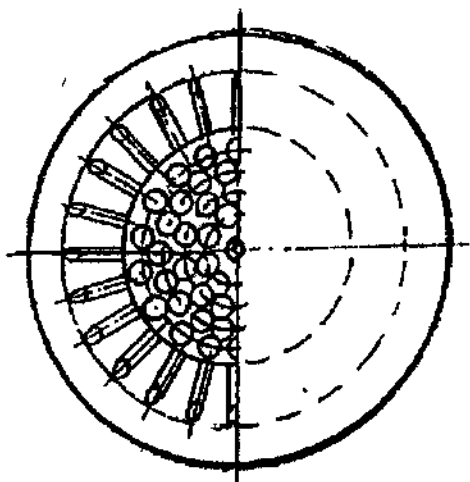


Fig. 2

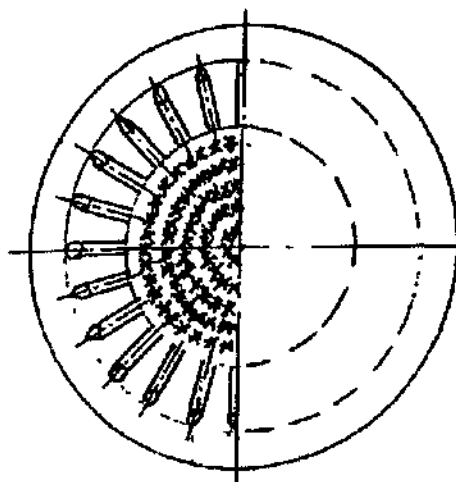


Fig. 3