

Винахід стосується вдосконалень в обробці стічних вод і, зокрема, способу обробки стічних вод з використанням мікроорганізмів і засобів управління метаболічною активністю цих мікроорганізмів в реакторі з активним мулом і змінюваним об'ємом, який поперемінно піддають аерації та обезводненню. Зокрема, даний винахід стосується способів та пристроїв для управління метаболічною активністю мікроорганізмів з дисперсним ростом шляхом регульованої подачі кисню відносно вимірної в басейні швидкості поглинання кисню біомасою. Корисним результатом цього є видалення із стічних вод вуглецю або вуглецевих матеріалів, про що свідчать дані вимірювань хімічної потреби кисню, біохімічної потреби кисню та загального вмісту органічного вуглецю; видалення азоту, про що свідчать дані вимірювань сумарного вмісту азоту, визначеного за Кьельдалем,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ; та видаленню фосфору, про що свідчать дані вимірювань  $\text{PO}_4$ . Цей винахід знайде застосування, зокрема, для обробки побутових стічних вод, промислових стічних вод або їх сумішей. Винахід, зокрема, стосується максимізації швидкості видалення схильних до біологічного розкладу матеріалів, що знаходяться в стічних водах, мікроорганізмами шляхом оптимізації метаболічної активності тих мікроорганізмів, які використовуються у методиці реакції з мулом одного виду. З'ясувалося, що в цих умовах серед усіх біологічних угруповань, які необхідно підтримувати, існує принаймні чотири основні види або сімейства мікроорганізмів. Мікроорганізми, які здебільшого відповідають за сумарне видалення вуглеводневих сполук, мікроорганізми, які звичайно окислюють азотні сполуки до нітратного азоту, мікроорганізми, які звичайно розкладають нітрати до газоподібного азоту, та мікроорганізми, які звичайно беруть участь у посиленому біологічному видаленні фосфору та в загальному гідролізі схильних до розкладу легких твердих частинок до стану розчинного схильного до розкладу субстрату. Всі угруповання, що складають біомасу, можуть утримувати до 20000 окремих видів мікроорганізмів.

Незважаючи на те, що даний винахід буде описано стосовно обробки промислових та побутових стічних вод та стосовно способу такої обробки, фахівцю зрозуміло, що винахід не обмежується цими застосуваннями і може бути використаним для обробки будь-яких схильних до біологічного розкладу стічних вод або інших стічних вод та будь-яких відходів, які містять воду, або відходів зі специфічними домішками або забруднювачами, про що йдеться далі.

Звичайно обробка активного мулу вимагає детальної реєстрації інформації, на основі якої приймаються рішення щодо керування процесом для досягнення мети обробки. Ці аналізи, що добре відомі фахівцям, звичайно включають аналізи біохімічної потреби кисню(загальної), хімічної потреби кисню(загальної), біохімічної потреби кисню(розчиненими речовинами), хімічної потреби кисню(розчиненими речовинами), визначення сумарного вмісту азоту за Кьельдалем: аналізи вмісту органічного азоту,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , вмісту ортофосфатів, загального вмісту фосфатів, pH, лужності потоків стічних вод, як тих, що надходять для очищення, так і очищених. Вимірювання, що проводяться в басейні, включають вимірювання концентрації розчиненого кисню, концентрації суспендованих частинок в муловій суміші, концентрації суспендованих легких частинок в муловій суміші, об'єму осажденного мулу, схильної до розкладу частки біомаси(шляхом аеробного розкладу біомаси протягом 28 днів). Для автоматичного управління і роботи реактора зі змінюваним об'ємом і активним мулом одного виду, з метою досягнення надзвичайно високого ступеню видалення вуглецю, азоту та фосфору без розпухання мулу, використовують прості параметри, до складу яких входять потенційна швидкість використання кисню і дійсна швидкість його використання.

Даний винахід стосується обробки активних замулених стічних вод, причому основному реактору надана конфігурація для роботи в режимі повного перемішування. В той час, коли робота в режимі змінюваного об'єму при дозованому завантаженні і періодичних аерації та зливанні рідини може розглядатися як варіант, якому віддається перевага, спосіб застосовується також для роботи в режимі повного перемішування при постійному об'ємі з безперервною аерацією. Ключові слова: дозоване завантаження, періодично аерований, повне перемішування, басейн реактора. В даному винаході може використовуватися послідовність реакторів з активним мулом, з'єднаних між собою трубопроводом або іншими засобами із застосуванням або без застосування засобів для переривання потоку між згаданими реакторами. Останній реактор кожної послідовності реакторів називається основним реактором, з якого виходять біологічно очищені стічні води. Для фахівців є очевидним, що реактор може бути виконаним у вигляді відстійного ставка з похилими стінками, земляними, укріпленими бетоном, облицьованими протифільтраційним покриттям або утримуваними бетоном, або ж як звичайний резервуар із залізобетонними стінками, або як резервуар з конструкційної сталі. Оскільки певним формам та співвідношенням розмірів басейнів може віддаватися перевага, важливо зазначити, що згідно з описом даного винаходу може застосовуватися резервуар будь-якої геометричної форми(квадратної, прямокутної, круглої).

Фахівцям добре відомо, що для досягнення біологічної нітрифікації-денітрифікації та посиленого біологічного видалення фосфору має бути задоволена низка умов протікання реакції. Зокрема реакція нітрифікації вимагає адекватного постачання неорганічного вуглецю. Видалення фосфору біологічними засобами вимагає підтримання умов вибіркової реакції, аби примусити необхідні мікроорганізми швидко розмножуватися. Однією з цих вимог є субстрат, який переважно містить у собі легкі жирні кислоти і який більш відомий, як легко схильний до розкладу розчинний субстрат. Додатковою вимогою є умови реакції, що здійснюють цикл між так званими поняттями кисневого та анаеробного. Вживаючи ці терміни, необхідно бути більш точним у визначеннях, оскільки існують ступені анаеробності, які запускають певні біологічні реакції. Відповідно до сучасної термінології відсутність кисню та нітриту-нітрату не є достатнім фактором, аби описати поняття "анаеробний" в такій мірі, щоб відбувалося біологічне видалення фосфору. Умови анаеробної реакції вимагають більш точного визначення і тоді, коли йдеться про багатofазну обробку

активного мулу, при якій умови кисневих, безкисневих та анаеробних реакцій можна стимулювати на культурі одновидового мулу шляхом відносно простого маніпулювання періодами наповнення та аерації. При послідовно змінюваних умовах анаеробної, безкисневої та кисневої реакцій над тисками вибіркої реакції має перевагу експозиція культури до високих тисків завантаження ацетат-субстрату. Відсутності нітрату та розчиненого кисню не достатньо для визначення анаеробних умов, які примусять відповідні види мікроорганізмів вивільнити свій вміст полі-Р. Зазвичай умови відповідної реакції описують через потенціал окислення-відновлення рідкої фази(величину електрорушійної сили, отриману при вимірюваннях стандартним електродом з водню або хлориду срібла). Отже, ця величина має бути достатньо негативною(-150мВ, для водневого електрода), щоб гарантувати ступінь анаеробності, який піддається визначенню, для забезпечення механізму звільнення фосфату. Було визначено, що при переключеннях потенціалу окислення-відновлення швидкість зниження потенціалу від позитивного(умови окислення) до негативного(умови відновлення) залежить від метаболічної активності біомаси. Та ж метаболічна активність є функцією кількості залишкових накопичених усередині клітин сполук, що знаходяться в культурі. Відповідно до цих міркувань, за умови видалення окислювального реагенту(кисню), біомаса, яка має високе значення швидкості поглинання кисню, в окислювальному середовищі буде швидко наближатися до більш негативних значень потенціалу окислення-відновлення. Отже, біомаса, що має менше значення швидкості поглинання кисню, буде знижувати свій потенціал окислення-відновлення з меншою швидкістю. Біологічне вивільнення фосфору проходить при значеннях потенціалу приблизно на 250мВ більш позитивних, ніж ті, при яких проходить відновлення сульфату до сульфіді. В іншому існуючому процесі обробки при постійному об'ємі було необхідно визначати часові критерії утримування рідини, як засобу гарантування відповідних умов реакції. Методом спроб та помилок було знайдено низку параметрів, які пов'язані з процесом і простим чином описуються через дійсну швидкість поглинання кисню біомасою одновидового мулу, що може бути використано для задавання таких умов реакції, які гарантують отримання надійного і завжди бажаного результату процесу. Застосування цих параметрів до управління роботою варіанту, якому віддається перевага, обумовлює весь процес, що є менш дорогим, ніж відомі способи, і менш складним у виконанні. Основний параметр стосується загального рівня активності біомаси, який впливає на вимірювань швидкості використання нею кисню та її потенціальної швидкості використання кисню. Управління процесом за допомогою цих параметрів дає можливість використати значення вибраних точок, які відповідають надійному видаленню забруднювачів та поживних речовин і одночасно продукують біомасу з відмінними властивостями відокремлення твердих частинок від рідини.

Ціллю винаходу є створення способу та пристрою для обробки стічних вод, які принаймні частково усувають одне або більше утруднення існуючих способів та пристроїв шляхом більш детального контролю умов процесу та параметрів, що пов'язані з активністю біомаси, наприклад, таких, як швидкості використання кисню, включно з потенційними швидкостями використання кисню.

Пропонується спосіб обробки відходів шляхом управління метаболічною активністю мікроорганізмів біомаси, яка містить відходи, для видалення з них вибраних складових перед тим, як знищити оброблені відходи, який відрізняється тим, що спосіб містить контролювання принаймні однієї швидкості використання кисню біомасою з метою визначення необхідної кількості кисню, що має бути подана до біомаси, і контролювання тривалості періоду аерації біомаси киснем, аби підтримувати задану швидкість використання кисню або значення, необхідне для видалення цих складових.

Один варіант даного винаходу відноситься до визначення розмірів реактора(ів) з активним мулом, його(їх) режиму роботи і автоматичної оптимізації кількості кисню, що подається до реактора(ів), вираженої через швидкість і тривалість його подачі, які знайдені шляхом вимірювання метаболічної активності біомаси в основному реакторі. Ця метаболічна активність вимірюється як дійсна швидкість використання кисню біомасою в основному реакторі незадовго до кінця або в кінці періоду подачі повітря. Після переривання подачі повітря до основного реактора, його вміст залишається у русі протягом до десяти хвилин тоді, як природний рух перемішування швидко спадає з часом. Значення концентрації розчиненого кисню вимірюються і реєструються з інтервалом в десять або двадцять секунд. Вимірюють і математично обробляють мінімум десять точок для одержання нахилу найкращої відповідності, який найточніше описує початкову швидкість зменшення кількості розчиненого кисню, а отже, номінальне значення дійсної швидкості використання кисню. Ці експериментальні дані будують у вигляді графіка в залежності від об'єму циклу, об'ємного завантаження, що використане при вимірюваннях активності, та виміряної впродовж циклу максимальної концентрації розчиненого кисню. Записують також виміряну концентрацію розчиненого кисню та профіль швидкості вентилятора. Цей винахід стосується підтримання в біомасі(суміші культур мікроорганізмів), шляхом оптимальної подачі кисню, оптимальної вибіркої біологічної активності, за допомогою вимірювань швидкості використання кисню біомасою, суспендованої летючої твердої фракції та схильної до розкладу суспендованої летючої твердої фракції, яка визначається пізніше. Датчик розчиненого кисню вимірює швидкість використання кисню біомасою в місці знаходження датчика, і ці дані використовуються для управління та регулювання подачі кисню від насоса або компресора, який подає повітря до вхідного пристрою. У варіантах здійснення винаходу, яким віддається перевага, умови реакції в цьому основному реакторі послідовно чергуються від режиму подачі повітря до режиму його відключення. Період подачі повітря звичайно буває безперервним і продовжується, поки стічні води, що підлягають очищенню, подаються до басейну(ів), потім подача повітря припиняється, і протягом цього часу біомаса, яка обробляється в основному реакторі, осаджується, після чого надмулову прозору рідину видаляють з основного реактора. Подібним чином винахід реалізується і у випадку, коли подача повітря не є безперервною. Після закінчення періоду видалення очищеної стічної води в основний робочий реактор знову подають повітря і необроблені стічні води до того моменту, коли знову припиниться період подачі

повітря. Типовим повним циклом роботи можна вважати чотири години, причому типовий період аерації продовжується дві години; можуть бути використані і інші часові співвідношення. Фахівці легко зрозуміють, що можна використати інші часові інтервали. Виконують два вимірювання. Швидкість зменшення розчиненого кисню протягом перших хвилин після припинення аерації. Можуть бути виміряні також інші проміжні швидкості, пов'язані з багаторазовими чергуваннями періоду аерації. Друга швидкість вимірюється, коли подачу повітря знову включено, і в цей період до реактора або його частини подається потік повітря з максимальною швидкістю протягом заданого часу(цей час є змінною величиною, яка повинна задаватися для кожної установки і підлягати, відносно нечасто, настроюванню шляхом проведення процедури калібрування). Швидкість зміни збільшення і зменшення кількості розчиненого кисню( $dO_2/dt$ ) та швидкість зміни характеру осадження біомаси  $d(MLSS)/dt$  пов'язані між собою, де  $O_2$  - концентрація розчиненого кисню, а (MLSS) - проста концентрація активного мулу. Обидві ці величини змінюються з часом, коли подача повітря до басейну припиняється. Подібним чином обидва параметри змінюються з часом на початку періоду аерації. У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, основний реактор системи укомплектовано дифузорними сітками та трубопроводами постачання з метою створення більше однієї зони реакції з ефективним перемішуванням після подачі повітря. На початку періоду аерації мінімум одна секція основного реактора звичайно буде аерована. Біомасу з цієї початково аерованої зони перемішування використовують для визначення швидкості зміни збільшення кількості кисню на початку періоду аерації. У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, передбачена можливість вибору часу аерації різних зон, обладнаних сітками. В тих варіантах здійснення винаходу, де є лише один сітковий вузол, тих самих результатів можна досягти шляхом аерації всього об'єму основного реактора.

Пропонуються також вимірювання швидкості використання кисню всередині басейну з метою визначення його кількості, вираженої через швидкість подачі та тривалість періоду аерації, необхідної для підтримання швидкості використання кисню на заданому рівні. В свою чергу, це визначає умови реакції для обробки стічних вод при використанні технології одного реактора з мулом одного виду і дозованим завантаженням. Вимірювання та управління є лише однією частиною цього винаходу. У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, процес обробки в басейні реактора тісно пов'язаний з вимірюваннями. В даному винаході обидва вони споріднені. Фахівцям зрозуміло, що аерація основного реактора протягом надто довгого часу, шляхом послідовних періодів обробки, швидко призведе до втрати метаболічної активності біомаси всередині реактора і, як наслідок, до неспроможності цієї біомаси належним чином проводити денітрифікацію і брати участь у видаленні фосфору. Надмірна аерація біомаси призведе також до послабленого агрегування флокул, а отже, до небажаного збільшення концентрації суспендованих частинок в очищених стічних водах. До подібних наслідків призведе і тривала робота з активним мулом, вік якого перевищує бажану межу. Вимірювання швидкості використання кисню біомасою застосовується для встановлення межі віку робочого активного мулу.

Даний винахід проілюстровано у вигляді прикладу доданими кресленнями, на яких:

Фіг.1 - схематичний вид однієї форми реактора згідно з даним винаходом, який складається з єдиного реактора, поділеного на два відсіки;

Фіг.2 - схематичний вид іншої форми реактора згідно з даним винаходом, який являє собою єдиний басейн, до складу якого входить основний реактор і окремі допоміжні реактори;

Фіг.3 - схематичний вид однієї форми моделі безкисневої денітрифікації всередині флокул, що використовується в даному винаході;

Фіг.4 - графік біошвидкості в заданій робочій точці при недостатньому живленні;

Фіг.5 - схематична діаграма визначення умов кисневої, безкисневої та анаеробної реакцій через вимірний потенціал окислення-відновлення рідкої фази;

Фігури 6(a)-6(g) - схематичні види форм реактора з різними конфігураціями вхідних отворів та виходів для очищених стічних вод, включно з багатощілинними входами та виходами.

Хоча фахівцям зрозуміло, що реакція згідно з винаходом може бути здійснена в різних варіантах, далі з метою ілюстрації буде описано простий варіант.

На фіг.1 схематично показана одна з форм однобасейнового реактора згідно з даним винаходом. Границя басейну реактора, показаного на фіг.1, зображена у вертикальному розрізі з позначкою (1) і являє собою суцільну споруду, розраховану на утримання води. Зображено мінімум дві зони реактора, позначені як (3) і (4), які створено за допомогою додаткового відсіку, часткової стіни, стіни-перегородки або подібного пристрою(показаного як (2)). Зони реактора сполучені між собою за допомогою труби, чи іншого каналу для рідини, або ж через частину відкритої площі, утвореної частковою стіною-перегородкою. Засоби для розсіювання повітря, переважно сітками мембранних дифузорів, з метою подачі компонента реакції - кисню, що показані як (5), отримують потік стисненого повітря від механічного насоса, показаного як (6). Показані засоби для переносу вмісту основного реактора (4), за допомогою насоса, який регулює перенос і забезпечує контакт з вхідним потоком неочищених стічних вод(позначеним (11)), для домішування цього вмісту і проведення реакції в (3). В басейні реактора показано два важливих рівні: (8) - розрахований нижній рівень води і (7) - розрахований верхній рівень води. В даному варіанті здійснення винаходу в час, коли рухаються потоки, позначені (10) і (11), тобто протягом наповнення від нижнього рівня води (8) до верхнього рівня (9), триває період аерації. Коли цей період закінчується, засоби аерації виключаються для припинення процедури перемішування і переносу кисню, що дозволяє перемішаним твердим частинкам осідати і відділятися з формуванням верхнього шару прозорої надмулової рідини і шару осаджених твердих частинок. У відповідний час починає працювати декантатор (9), який видаляє частину об'єму рідини між рівнями (8) і (9), після чого він виключається до кінця наступного циклу. В даному варіанті

здійснення винаходу вхідний потік (11) може бути безперервним або пульсуючим; вихід рідини, завдяки роботі декантатора (9), обов'язково переривається відносно загальної тривалості циклу, що дозволяє здійснювати напуск, аерацію, осадження і злив рідини. Датчик розчиненого кисню (12) розміщено або всередині основного реактора (4), або всередині лінії відкачки, по якій біомаса з основного реактора подається як домішка до стічних вод (11), що надходять для обробки в першу зону реагування (3); в цьому разі місце знаходження датчика помічено, як (14). У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, може бути застосований прилад, показаний як (13), для реєстрації концентрації біомаси в басейні(концентрації суспендованих частинок в муловій суміші). Детектор (15) поверхневого суспендованого шару осаду також є корисним для автоматичної роботи з виснажуванням мулу, згідно з варіантом здійснення винаходу, якому віддається перевага. Показано два сіткових вузли дифузорів, змонтованих на підлозі; позиціями (16) і (17) схематично показані сіткові вузли, які вибірково приводяться у дію більш, ніж двома пристроями, що складаються з вертикальної труби і клапана. Фахівцям зрозуміло, що басейн основного реактора може мати значно більше двох пристроїв з вертикальними трубами і клапанами, в залежності від загальної площі басейну реактора і ефективної площі впливу засобів для дифузійного перемішування і переносу кисню. Варіанти здійснення реактора згідно з винаходом забезпечують вибіркову та періодичну аерацію поверхні або загальну аерацію поверхні.

Варіант(и) реактора(ів) згідно з даним винаходом, показаний(і) на фіг.2, має(ють) компоненти, подібні до реактора з фіг.1 і, відповідно, ті ж самі номери позначок для визначення тотожних рис реактора(ів).

Даний винахід стосується способу обробки стічних вод і засобів управління загальною метаболічною активністю мікроорганізмів з дисперсним ростом усередині маси мулу одного виду. Корисним результатом цього є надійне і одночасне видалення вуглецевих сполук, про що свідчать дані вимірювань хімічної потреби кисню, біохімічної потреби кисню та загального вмісту органічного вуглецю, видалення азоту, про що свідчать дані вимірювань сумарного вмісту азоту, визначеного за Кьельдалем,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , та видаленню фосфору, про що свідчать дані вимірювань  $\text{PO}_4$ , зі стічних вод в межах тривалості процесу обробки, який складається з повторюваних циклів. Винахід стосується засобів вимірювання швидкості використання кисню всередині басейну та управління вхідним аеруючим потоком з метою підтримання умов реакції в межах заданого режиму, що дозволяє виконувати обробку одновидового мулу в одному басейні з видаленням вуглецю та/або видаленням азоту та/або посиленням біологічним видаленням фосфору. Ці умови реакції залежать від заданої швидкості використання кисню, оскільки вона визначає життєздатність популяції мікробів при заданому віці робочого мулу, а сама залежить від низки властивостей осадження одновидового мулу. Стічні води можуть бути чисто побутовими або промисловими, або ж сумішшю тих і інших.

Промислові стічні води характеризуються дискретним складом, що відрізняє їх від загальних побутових стічних вод, які обов'язково містять в собі людські відходи(фекалії, сечу), стічні води від купання, прання білизни та приготування їжі. Промислові стічні води це, по-суті, води, що утворюються при виробництві продукції, і, зокрема, ці стічні води біологічно розкладаються. Сучасні технології, в яких використовуються мікробіологічні реакції з участю культур з дисперсним ростом, добре описані в літературі, наприклад:

Quirk T., Eckenfelder W. W., and Goronszy M. C, "Activated Sludge; State-of-the-Art". Critical Reviews in Environmental Control, CRC Press Vol. 15, Issue 2, 1985.

Eckenfelder W., Wesley, Jr. "Industrial Wastewater Treatment", McGraw Hill, 1991.

Eckenfelder W., Wesley, Jr. "Principles of Water Quality Management", C.B.I. Publishing Company, Inc., 1980.

Без обмеження обсягу винаходу подамо довідкові дані щодо окремих компонентів стічних вод; в побутових і промислових стічних водах їх відносні частки можуть відрізнятися. Важливо те, що ці фракції існують, а їх відносна величина може вплинути на методику використання винаходу і робочу установку, в якій здійснюється цей винахід.

Стічні води звичайно містять у собі розчинні і нерозчинні компоненти, до складу яких входять схильні до легкого розкладу розчинні органічні речовини, розчинні органічні речовини, що не так швидко розкладаються, розчинні органічні речовини, що не розкладаються, субстрати, утворені частинками, які легко гідролізуються і розкладаються, субстрати, утворені частинками, які повільно розкладаються або не розкладаються. Ці субстрати, їх відносні концентрації і їх концентрації по відношенню до інших компонентів, таких, як сумарний вміст азоту за Кьельдалем,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , загальна кількість фосфору і орто-Р, можуть мати великий вплив на швидкість росту і на розмноження звичайних видів мікроорганізмів з дисперсним ростом.

Goronszy M. C. and Eckenfelder W.W., "The rate of the degradation of primary solids in activated sludge plants", Proceedings Water Pollution Control Federation Conference, Toronto, Canada. October 1991.

Спосіб обробки стічних вод мікроорганізмами з дисперсним ростом зазвичай охоплює сфери кисневих, безкисневих і анаеробних реакцій та механізми, за якими проходить перетворення енергії, включно з акцепторами електронів для загального зменшення концентрації органічних сполук, згідно з даними вимірювань хімічної потреби кисню, біохімічної потреби кисню, загального вмісту органічного вуглецю та кількості азоту і фосфору(фіг.5).

Ці режими обробки загалом можуть бути описані частково через концентрацію розчиненого кисню, нітритного і нітратного азоту, сульфату, фосфату, а частково за допомогою шкали потенціалів окислення-відновлення відносно стандартного водневого електрода. Позитивні значення потенціалу окислення-відновлення типово відповідають умовам окислення тоді, як негативні значення потенціалу окислення-відновлення типово відповідають умовам відновлення. На позитивній гілці шкали не існує визначеного зв'язку між потенціалом окислення-відновлення і концентрацією розчиненого кисню, хоча подача кисню, як

хімічного джерела цього елементу, примушує потенціал окислення-відновлення бути менш негативним або більш позитивним. Температура може впливати на відносне значення потенціалу окислення-відновлення, так само можуть впливати присутність і відносна густина мікроорганізмів. Видалення вуглецевих сполук та сполук, що визначають сумарний вміст азоту, обов'язково вимагає аеробних умов, видалення  $\text{NO}_3\text{-N}$  і  $\text{NO}_2\text{-N}$  вимагає умов від безкисневих до анаеробних, а видалення фосфору вимагає киснево-безкисневих і анаеробних умов при циклічній експозиції біомаси, або ж спеціальних часток біомаси в басейні аерації, аби досягти необхідного для реакції діапазону потенціалів окислення-відновлення, які змінюються від приблизно 50мВ до -150мВ(для водневого електрода), і дати можливість відбутися всім реакціям, що мають місце при обробці. Розуміння дійсних дискретних механізмів, незважаючи на те, що воно важливе для результатів обробки, не має великого значення для поданого тут опису варіанту здійснення винаходу, якому віддається перевага.

Існують режими реакцій, які забезпечують повний процес обробки, що обов'язково необхідно для видалення вищезгаданих сполук з допомогою однокитового мулу. Типові побутові стічні води описані з допомогою складених за ваговим принципом зразків потоку тривалістю 24 години, де виміряні параметри загальних кількостей хімічної потреби кисню, сумарного вмісту азоту, визначеного за Кьельдалем, фосфору сягають до 1000мг/л, 85мг/л та 15мг/л.

Таблиця 1

Концентрація вибраних компонентів в муніципальних стічних водах

Компонент	Концентрація(мг/л) в залежності від інтенсивності забруднення стічних вод		
	сильно	середньо	слабо
(a) Біохімічна потреба кисню	400	220	110
(b) Хімічна потреба кисню	1000	500	250
(c) Суспендовані частинки	350	220	100
(d) Азот			
загальна кількість	85	40	20
органічний	35	15	8
аміачний	50	25	12
нітритний	0	0	0
нітратний	0	0	0
(e) Фосфор			
загальна кількість	15	8	4
органічний	5	3	1
неорганічний	10	5	3
(f) Лужність(за $\text{CaCO}_3$ )	150	100	50

Відносні значення кількості вуглецю, азоту і фосфору, вказані в таблиці 1 за літературними даними, значно відрізняються від тих, які необхідні для нормального біологічного росту, що видно із співвідношення вуглецю і азоту, отриманого за допомогою емпіричного аналізу матеріалу клітини -  $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$  - разом з тим фактом, що клітини містять приблизно від 1 до 2% фосфору по масі. Тобто, в неочищених стічних водах, як показано в таблиці 2, вуглець присутній в недостатній кількості порівняно з азотом і фосфором. Цей дефіцит сильніше дається взнаки у відстояних стічних вод, і в подальшому до цього додається той факт, що при біологічній обробці близько 50% органічного вуглецю окислюється до  $\text{CO}_2$ .

Таблиця 2

Дисбаланс поживних речовин в муніципальних стічних водах середнього ступеню забрудненості

Компонент	Відносні частки поживних речовин		
	Вуглець(мг/л)	Азот(мг/л)	Фосфор(мг/л)
Типова біомаса( $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ , & P = N/5)	60	14	2,8
Стічні води	Біохімічна потреба кисню для частинок = 220 Гранична біохім. потреба кисню = 23; c = 120	$\text{NH}_4\text{-N}=25$ Органіч. N=15 Загальний N=40	10
Споживання при розвитку клітин(Чистий вихід = 0,5)г клітин. C/G стіч. вод C	60	14	2,8
Залишкові концентрації в очищених стічних водах(мг/л)		26	7,2
Ступінь загального	100%	35%	28%

видалення(96)			
---------------	--	--	--

В стічних водах, очищених на станції біологічної обробки, азот і фосфор звичайно залишаються в надлишку відносно потреб біологічного росту. Форма, в якій ці поживні речовини присутні в очищених стічних водах, може помітно відрізнятися від форми їх існування в стоках, що подаються для очищення.

В неочищених стічних водах азот присутній у вигляді органічного азоту і аміаку, більша частина якого є результатом гідролізу сечовини, основної складової сечі. Під час біологічної обробки частина цього азоту бере участь у рості нових клітин і видалається як біоактивний мул тоді, як більша частина азоту, що залишається, може знаходитись в формі аміаку або, в залежності від умов очищення, у вигляді окислених форм, нітрату і, в менших кількостях, нітриту. В очищених стічних водах залишається також частина органічного азоту, головним чином зв'язаного з твердими частинками, суспендованими в цих водах.

Фосфор в неочищених стічних водах присутній в двох основних формах - органічній та неорганічній. Насправді, в неочищених стічних водах присутні багато форм сполук фосфору, чи то в розчині, чи у вигляді суспензій. Неорганічні нерозчинні форми складаються головним чином з ортофосфатів і конденсованих фосфатів тоді, як розчинними органічними формами є органічні ортофосфати.

Один із специфічних механізмів стосується умов реакції, які максимізують початкову швидкість видалення і накопичення легко схильної до розкладу розчинної фракції потоку стічних вод, які надходять до очисної установки. В даному винаході очисна установка описується як засіб, який отримує згадані стічні води, засіб, який забезпечує контакт потоку неочищених стічних вод з вищезгаданими активними мікроорганізмами, засіб для утримання згаданих стічних вод у контакті з мікроорганізмами, що здійснюють розклад, з метою виконання повного процесу обробки та засіб для відокремлення згаданих оброблених стічних вод від мікроорганізмів, які беруть участь у розкладі і залишаються в реакторі. Повний процес обробки передбачає продукування або присутність достатньої концентрації активних мікроорганізмів( $X_0$ ), при якій близький контакт цих мікроорганізмів з розчинним і легко схильним до розкладу субстратом( $S_0$ ) вхідного потоку стічних вод призводить до швидкої ферментативної реакції, за рахунок чого  $S_0$  переводиться в бактеріальну культуру з подальшим продукуванням полі- $\beta$ -гидроксибутирату, глікогену та/або інших проміжних сполук-"накопичувачів" в структурі клітин активних мікроорганізмів з наступним продукуванням глікокаліксу(коагулюючої полісахаридної сполуки). Переведення субстрату з рідкої фази у тверду вимагає енергії. В умовах окислювальної реакції, які піддаються вимірюванню, відбувається прискорене збільшення швидкості споживання розчиненого кисню(швидкості використання кисню). Енергетично-кисневу еквівалентність легко поміряти шляхом введення маси розчиненого кисню до біомаси, тоді швидкість використання вимірюється просто, як кількість розчиненого кисню в залежності від часу вимірювань. Оскільки величина відношення  $S_0$  до  $X_0$  зростає, пік швидкості використання кисню росте, поки не буде досягнуто максимального значення або плато. Це є перший етап реакції, який визначає також масу і швидкість видалення легко схильних до розкладу розчинних субстратів. Швидкість використання кисню відповідає також швидкості видалення розчинного субстрату рідкої фази, а це дозволяє сформулювати їх взаємну енергетичну залежність(фіг.3).

Вимірювання розкладу стічних вод з використанням балансу кисню припускає, що всі реакції, в яких споживається кисень, проходять у розчинному субстраті при протіканні реакцій біологічного росту.

У культурі з дисперсним ростом нові мікроорганізми утворюються, а інші життєздатні клітини гинуть через ендогенний метаболізм, лізіс та хижацтво. Сумарна активна частка біокультури пов'язана з обмежуючою часткою сполук, що не розкладаються, віком мулу(MCRT) та втратою життєздатності клітин. Зменшення придатності харчів(початкова умова завантаження) або надмірна(розширена) аерація обмеженої в харчах культури буде викликати інтенсивну втрату життєздатності мікробів.

Перенос розчиненого кисню до рідкої фази, з метою задоволення вимог у потребі кисню з боку змішаних стічних вод і біокультури, дуже складний. Найбільш важливими факторами, які необхідно брати до уваги, є хімічний склад води, особливості геометрії і побудови пристрою переносу, геометрія басейну(ширина, довжина, глибина води біля краю), вклад потужності на одиницю об'єму заповнення басейну, відношення глибини заповнення басейну до його заповненої площі, загальна кількість розчинних твердих частинок, залишкова концентрація розчиненого кисню, температура, поверхневий натяг, середній діаметр бульбашок повітря, час затримки повітряних бульбашок у середовищі рідини, потреба кисню для вмісту басейну, швидкість потоку повітря через пристрій переносу кисню, відношення площі пристрою подачі потоку повітря до загальної площі дна басейну, розподіл пристроїв переносу кисню по площі басейну, висота над рівнем моря, концентрація біокультури, вік мулу в системі, частка активних мікроорганізмів у біокультурі, середній розмір частинок біокультури, загальна швидкість видалення розчиненого кисню біомасою(далі читай: БІОШВИДКІСТЬ).

Для всіх реакцій, що проходять з участю адсорбції, абсорбції поживних речовин, їх метаболізму в напрямі утворення біологічних твердих частинок та наступного розкладу біомаси, кисень і швидкість його використання є найбільш важливими факторами. Тому для результуючої швидкості видалення поживних речовин з допомогою окислювальних та відновлювальних засобів, для результуючої швидкості накопичення біологічних твердих частинок та для сумарного видалення фосфатів біологічними засобами, постачання кисню з відповідною швидкістю є ключовим елементом використання способу циклічної обробки, яка складається з етапів аеробної, факультативної і анаеробної мікробіологічної обробки. Швидкість постачання кисню, його сумарна залишкова концентрація та БІОШВИДКІСТЬ, які пов'язані з розподілом  $S_0/X_0$ , загалом визначають фактори сумарного росту різних груп мікроорганізмів, що звичайно описується, як переважне формування флокул або як ниткоподібні форми. Надлишковий розвиток ниткоподібних форм призводить до результату, протилежного меті обробки, оскільки цей фактор викликає

руйнування часового масштабу відокремлення твердих частинок від рідини. Тому біологічний розвиток обов'язково повинен бути пов'язаним з мікроорганізмами, що формують переважно флокули. На досягнення цієї мети спрямовані і варіанти здійснення процесу, якому віддається перевага, і засоби управління процесом обробки біомаси, які базуються на заданих значеннях швидкості використання кисню.

Видалення поживних речовин будь-яким з механізмів: адсорбції, біосорбції, окислення і асиміляції з остаточною аеробною деструкцією біологічних твердих частинок, вимагає різних часток кисню. Сумарне використання кисню безпосередньо пов'язане з відносною кількістю поживних речовин, що видаляються кожним з цих механізмів.

БІОШВИДКІСТЬ є функцією умов у біомасі і природи розчинного субстрату, що контактує з біомасою. Можна виготовити систему одновидового мулу для виявлення максимальної і мінімальної залежності біошвидкості від часу аерації і початкового значення відношення  $So/Xo$ . Активна частка біомаси впливає на діапазон біошвидкостей, який здатна виявити ця біомаса.

Для демонстрації типових абсолютних значень і їх змін нижче наведено дані, які отримано в системі з 5 послідовних реакторів постійного об'єму з повним перемішуванням.

Таблиця 3

Біошвидкість та пов'язані з нею параметри

$So/Xo$ мг/мг	Вік мулу день	Біошвидкість I мг $O_2$ на г летких суспендованих частинок за годину
4,0	1	147
1,0	2	90
0,5	3	66
0,25	8	56
0,21	15	43
0,21	40	35

Ці швидкості отримано для перебування стічних вод у першому реакторі протягом 70 хвилин при загальному терміні перебування стічних вод в очисному реакторі протягом 420 хвилин.

Таблиця 4

$So/Xo$  в залежності від біошвидкості (мг  $O_2$  на г летких суспендованих частинок за год.)

$So/Xo$	0,056	0,062	0,113	0,182	0,197	0,388	0,437	1,00	4,0
Біошвидкість	35,2	33,1	43,1	57,9	56,3	74,4	70,4	90,0	147

Миттєві значення швидкості використання кисню можна поміряти поширеним методом настільних терезів, в якому вимірюється часове зменшення концентрації розчиненого кисню в насичених киснем зразках активного мулу, видалених з працюючого реактора. Це прості дослідження наважки, при яких зразок має бути взятим з басейну реактора з активним мулом, підданим аерації і поміщеним в реактор з перемішуванням, всередині якого знаходиться датчик для вимірювання кількості розчиненого кисню; при цьому запобігається доступ повітря. Коли прилад для вимірювання розчиненого кисню сприйме зменшення кількості кисню, проводяться вимірювання кількості розчиненого кисню в залежності від часу.

Звичайний респірометричний контроль обробки активного мулу складний і непрямий. Швидкості дихання вимірюють приладом, який типово складається із закритої респірометричної камери з повним перемішуванням, через яку безперервно прокачується активний мул з резервуару, де проходить реакція під дією аерації. Концентрацію розчиненого кисню періодично вимірюють датчиком кисню біля вхідного отвору, а також біля вихідного отвору респірометричної камери, що досягається шляхом зміни напрямку потоку за допомогою системи клапанів(один з варіантів способу).

Проблемою вимірювання вмісту кисню в активному мулі біля вхідного та вихідного отворів респірометричної камери є те, що вміст кисню всередині камери суттєво відрізняється від вмісту кисню біля вхідного та вихідного отворів, а це призводить до хибних результатів вимірювань.

Ціллю винаходу є створення пристрою для обробки стічних вод і способу обробки стічних вод, в яких метаболічна активність біомаси підтримується на рівні, що забезпечує максимальну швидкість біологічного видалення поживних речовин за допомогою засобів окислення і відновлення, шляхом вимірювання БІОШВИДКОСТІ всередині основного басейну реактора, причому вимірювання проводяться шляхом реєстрації змін сигналу, що характеризує концентрацію кисню в кінці періоду аерації.

Пропонується установка для обробки стічних вод, яка містить основний реактор, здатний утримувати стічні води в контакт з біологічно активними мікроорганізмами, що викликають розпад, приймальний пристрій для прийому стічних вод в реактор, пристрій переносу кисню, через який повітря надходить в основний реактор, засоби управління роботою згаданої послідовності та необхідного обладнання, засоби реєстрації кисню для реєстрації відносних змін кількості розчиненого кисню, присутнього в основному реакторі, і засоби управління для регулювання кількості кисню, яка подається в основний реактор так, щоб

активність мікроорганізмів не обмежувалась кількістю кисню, присутньою в основному реакторі, для чого всередині основного реактора ведеться реєстрація кисню.

Пропонується пристрій або процес, в яких для обробки стічних вод використовуються біологічні культури з дисперсним ростом і які включають до свого складу наступні елементи в комбінації один з одним:

Засоби для підтримання максимуму потенційної БІОШВИДКОСТІ в першій неаерованій зоні реакції для культури, створеної шляхом змішування у визначених кількостях стічних вод, що надходять на очистку, і біомаси з основної і останньої зони реакції, засоби для введення розчиненого кисню в задану(і) зону(и) основного реактора для роботи на попередньо вибраних площах і з попередньо запрограмованими періодами аерації, засоби для переривання потоку неочищених стічних вод до першої зони реакції, засоби для видалення частки надмулової прозорої очищеної води після заданого періоду відсутності аерації, засоби для реєстрації і вимірювання положення внутрішньої поверхні шару активного мулу, засоби для взаємодії поверхні розділу біологічних твердих частинок відповідно до програми виснаження активного мулу та з реєстрацією положення внутрішньої поверхні активного мулу, засоби для задавання автоматичних часових послідовностей для автоматичного проведення операцій, засоби для експлуатації основного і останнього об'єму реагування як пристроєм з повним перемішуванням і змінним об'ємом, засоби для вимірювання біошвидкості в основному і останньому об'ємі реагування з використанням датчика розчиненого кисню, відповідним чином розміщеного в цьому об'ємі басейну, засоби для вимірювання швидкості зміни концентрації розчиненого кисню і порівняння з дійсною швидкістю дихання з метою управління швидкістю введення розчиненого кисню до обробної системи, засоби маніпулювання для максимізації відношення потенційної швидкості використання кисню(визначеної шляхом домішування до стічних вод, що надходять на очистку, відомої кількості біомаси з основного реактора) до швидкості використання кисню в основному реакторі, засоби для автоматичного задавання тривалості періоду аерації за результатами вимірювань і розрахунків, що враховують дійсну швидкість дихання, засоби для оптимізації використання продуктивності аерації для досягнення умов нітрифікації та денітрифікації, засоби управління системою шляхом контролю БІОШВИДКОСТІ для досягнення максимуму біологічного видалення фосфору, засоби для проведення процесу таким чином, щоб основний і останній об'єм аерації працював при приблизно незмінному значенні дійсної швидкості біологічного дихання(корегованої для активної частки біомаси), засоби для використання швидкості зменшення кількості розчиненого кисню, отриманої як результат переривання потоку повітря до басейну, і алгоритму задавання концентрації біомаси для визначення параметра БІОШВИДКОСТІ, засоби для видалення приповерхневої надмулової рідини від глибини, приблизно на 20см нижче поверхні, з постійною швидкістю до глибин, що відповідають довготривалому шару рідини, в басейні з глибиною переважно 5-6 метрів, причому форми реакторів дозволяють розмішувати впускні пристрої біля краю басейну або в центрі басейну, а для пристроїв зливання очищених стічних вод дозволяють поперечне або поздовжнє розміщення, за рахунок чого пристрій і процес використовуються для обробки стічних вод.

Установка для обробки стічних вод може складатися з одного або більше реакторів і мінімум з одного основного реактора. У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, установка для обробки стічних вод складається щонайменше з двох реакторів із засобами, що з'єднують рідину. В іншому варіанті здійснення винаходу установка складається з кількох реакторів, з'єднаних через рідину, завдяки чому різні складові, такі, як азот, фосфор, вуглець і їм подібні, накопичуються і видаляються з різних реакторів. Ще в одному варіанті здійснення винаходу вміст кисню в кожному реакторі суттєво різний.

Ще в одному варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, установка для обробки стічних вод складається щонайменше з двох реакторів, причому перший реактор має кілька зон, які типово не підлягають аерації, за рахунок чого в ньому реалізуються механізми абсорбції і біологічного вивільнення фосфору, а другий реактор працює в умовах циклу кисневих - безкисневих - анаеробних реакцій для мікробіологічного розкладу вуглецевих сполук і сполук, що визначають сумарний вміст азоту, в стічних водах та для мікробіологічного видалення  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  і мікробіологічного видалення фосфору із стічних вод; обидва реактори з'єднані між собою через рідину.

Ще в одному варіанті здійснення винаходу установка для обробки стічних вод складається з одного основного реактора, а умови всередині реактора циклічно регулюють так, що ці умови змінюються від аеробних до безкисневих і до анаеробних і повторюються з використанням визначень, описаних вище.

Засобами реєстрації кисню можуть бути будь-які придатні засоби для реєстрації розчиненого кисню. У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, засоби реєстрації кисню реєструють розчинений кисень. Ще в одному варіанті здійснення винаходу засобами реєстрації кисню є електронний датчик кисню, здатний вимірювати швидкість зміни концентрації розчиненого кисню у вигляді первинного управляючого сигналу в 4 - 20 міліампер за допомогою комп'ютера та іншого програмованого логічного регулятора, який генерує вихідні сигнали, що дозволяють здійснювати інтерактивне управління швидкістю введення повітря всередину реактора відповідно до заданого профілю концентрації. Ще в одному варіанті здійснення винаходу концентрація кисню сприймається як результат аерації суміші стічних вод і мікробіологічних культур в основному реакторі.

Зазвичай концентрація кисню регулюється під час обробки води. У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, концентрація кисню в суміші стічних вод і мікробіологічних культур регулюється протягом періоду аерації. Зокрема, концентрацію наявного кисню регулюють шляхом настроювання тривалості періоду аерації та/або регулювання потоку повітря в період аерації. Потоком повітря можна управляти з допомогою механізму регулювання швидкості генератора повітряного потоку або в самому потоці повітря з допомогою механізму позиційного регулювання відповідного регулюючого клапана або



іншими засобами, характерними для пристрою подачі кисню. Управління потоком повітря з допомогою будь-якого засобу призводить до управління масовою швидкістю переносу розчиненого кисню до основного реактора.

У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, датчик кисню розміщено всередині власне основного реактора. Датчик кисню розміщено всередині суміші стічних вод і мікробіологічних культур. В іншому варіанті здійснення винаходу датчик кисню розміщено приблизно на відстані 30см від будь-якої поверхні дна основного реактора. Ще в одному варіанті здійснення винаходу датчик може бути розміщено в трубі, через яку біомаса відкачується з основного реактора.

Ще в одному варіанті здійснення даного винаходу датчик кисню підраховує дійсне поглинання кисню в басейні на основі суми ендогенного або базисного поглинання кисню і швидкості поглинання кисню при окисленні легко схильних до біологічного розкладу субстратів, таких, як субстрати у вуглецевій і азотній формі, в залежності від мікроорганізмів, що присутні, і від віку робочого мулу в системі, причому в розрахунок беруться висота над рівнем моря і температура.

Експериментальна робота показала, що між потенційною швидкістю використання кисню і здатністю мулу осідати існує взаємозв'язок за умови, що концентрація розчиненого кисню не обмежується. Крім того, існує зв'язок між значенням дійсної швидкості використання кисню і швидкістю зниження потенціалу окислення-відновлення. Величина дійсної швидкості використання кисню, не рахуючи швидкості ендогенного використання кисню, пов'язана також із кількісним визначенням маси накопиченого розчинного і легко схильного до розкладу субстрату, який залишається в біомасі, та спроможністю цієї біомаси брати участь у кількісних механізмах посиленого біологічного видалення фосфору. Одним із варіантів здійснення винаходу пропонуються засоби для підтримки масопереносу кисню(за рахунок аерації), який приблизно дорівнює потребі кисню для біомаси, і використання цих засобів для запуску механізмів аеробного розкладу при оптимальному використанні енергії переносу кисню. Пропонуються також автоматичні засоби для задавання довжини періоду аерації, маси мікроорганізмів, які мають бути занесені в основний реактор, задавання бажаного профілю концентрації розчиненого кисню відповідно до результуючої заданої швидкості використання кисню, помірної в кінці періоду аерації; і величини відношення потенційної швидкості використання кисню до швидкості використання кисню.

Ще в одному варіанті здійснення даного винаходу пропонується спільне протікання нітрифікації-денітрифікації до обов'язкового їх практичного завершення і пропонується механізми посиленого видалення фосфору, які добре відомі фахівцям.

В одному варіанті здійснення даного винаходу пропонується один або більше реакторів, в перший з яких через систему, що їх з'єднує, подають рідини, однією з яких є суміш із стічних вод та мікроорганізмів, які знаходяться в муловій суміші останнього реактора.

У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, використовують об'єм реактора з дозованим завантаженням, який, незважаючи на змінюваний об'єм, працює протягом періоду аерації, по-суті, як реактор з повним перемішуванням, причому протягом цього часу подають потік побутових стічних вод, що надходять для очистки, і потік твердих частинок мулової суміші з об'єму реактора з дозованим завантаженням.

У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, суміш стічних вод і культур мікробів проходить через повний цикл аерації. Після цього та сама суміш проходить цикл відсутності аерації, протягом якого шар твердих частинок і поверхневий шар рідини розділяються. Послідовність подій завершується видаленням частини поверхневого шару рідини з основного реактора за допомогою засобів зливання. Після цього повний цикл повторюється.

В способі обробки активним мулом при змінюваному об'ємі, якому віддається перевага, завдяки роботі з повним перемішування і подачею та відсіканням повітря, стало можливим регулювання і вимірювання респірометричної здатності біомаси безпосередньо в основному реакторі. Існує також можливість для перевірки просування обробки в період протікання реакції під дією аерації, за рахунок переривання потоку повітря і наступного вимірювання швидкості зменшення кількості розчиненого кисню.

Вимірювання швидкості використання кисню в кінці періоду разом із порівнянням отриманого об'єму процесу(по відношенню до мінімальних заданих об'ємів) забезпечує базис для автоматичного регулювання циклу аерації протягом періоду, що ефективно збільшує завантаження органіки, а отже, швидкість використання кисню, як гарантію для біологічного споживання фосфору, після його виділення протягом інших несприятливих умов реакції поглинання.

Зазвичай в респірометрії реального масштабу часу концентрацію розчиненого кисню вимірюють у вихідному отворі респірометричної камери, відокремленої від основного реактора з активним мулом, що рівнозначно концентрації розчиненого кисню в респірометричній камері і не повинно бути обмеженим по швидкості. У разі необхідності активний мул має бути аерованим перед його надходженням до респірометричної камери. Типово швидкість дихання вимірюється кожної хвилини після встановлення масової рівноваги розчиненого кисню поблизу відокремленої респірометричної камери. Дійсна швидкість дихання визначається як швидкість поглинання кисню в основному аераційному резервуарі. Для вимірювання цієї швидкості активний мул з основного реактора, де йде аерація, безперервно закачується у відокремлену респірометричну камеру реального масштабу часу, що рівнозначно вимірюванням середньої дійсної швидкості дихання в басейні головного реактора з активним мулом за умови, що завантаження мулу в респірометричну камеру дорівнює його завантаженню в резервуарі аерації. Для підтримки еквівалентності завантаження до мулу, що затікає до респірометричної камери, в заданій пропорції безперервно додаються стічні води, які надходять для очищення.

$Q_{sam} = Q_{in} V_{res}/\Delta t$ , де

$Q_{sam}$  = порція неочищених стічних вод, що затікає до респірометричної камери;

$Q_{in}$  = потік неочищених стічних вод;

$V_{res}$  = об'єм респірометричної камери;

$V_{at}$  = об'єм резервуару аерації.

В усіх випадках респірометричні вимірювання в реальному часі ведуться в умовах меншого завантаження органікою, ніж та, що існує в основному реакторі установки аерації. Тому встановлено кілька значень простих швидкостей дихання. Швидкість ендogenous дихання, яка типово визначається, як швидкість поглинання кисню активним мулом, що протягом 1,5 години піддавався аерації без живлення.

Максимум швидкості дихання визначається, як швидкість поглинання кисню активним мулом в умовах надлишку розчинного субстрату(речовини, що легко піддається біологічному розкладу). Ця швидкість вимірюється, коли до мулу, який затікає всередину респірометричної камери, безперервно додається потік неочищених стічних вод. Миттєва швидкість дихання визначається, як швидкість поглинання кисню активним мулом, що протікає через респірометричну камеру безпосередньо від аераційного резервуару з повним перемішуванням. Ця швидкість звичайно буває меншою швидкості поглинання кисню в аераційному резервуарі, тобто дійсної швидкості дихання. Абсолютне значення миттєвої швидкості дихання залежить від тривалості перебування води в респірометричній камері. Максимальна швидкість дихання біомаси еквівалентна також її потенційній швидкості використання кисню.

В одному варіанті здійснення винаходу використано регулювання дійсної швидкості дихання на основі вимірювань, проведених всередині аераційного реактора(основного реактора), а не за допомогою окремого реєстраційного пристрою, що працює в реальному масштабі часу, як звичайно прийнято.

У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, дійсна швидкість дихання є сумою ендogenous або базової швидкості дихання і швидкості поглинання кисню при окисненні легко схильного до біорозкладу субстрату, в обох формах: вуглецевій і азотній, причому останнє має місце, коли нітрифікуюча біомаса є селективно вирощеною. При максимальній швидкості дихання активний мул буде знаходитися в умовах перенавантаження, результатом чого стане неповне видалення субстрату, легко схильного до біорозкладу. А це означає, що існує критична швидкість дихання між максимальною і базовою швидкостями дихання, і при цій швидкості якість очищених стічних вод відповідає вимогам, а видалення субстрату, легко схильного до біорозкладу, є задовільним поміж інших параметрів. Ні в який час спроможність насичення киснем не повинна обмежувати швидкість. Необхідно, щоб кінетичні процеси, в яких використовується розчинений кисень, закінчилися протягом часу тривалості реакцій, що забезпечить закінчення цих реакцій. У випадку механізмів нітрифікації кількість перенесеного кисню, яку вимагає потреба кисню, повинна задовольнятися його постачанням за одиницю часу, що реєструється і забезпечується вимірюваннями швидкості дихання. Попередньо необхідно вручну визначити швидкості завантаження, дійсні швидкості дихання і концентрацію розчиненого кисню. Існує вигідна ситуація, коли дійсна швидкість дихання завжди дорівнює або близька до критичної дійсної швидкості дихання. В цьому випадку активний мул ніколи не перенавантажується і працює з максимально прийнятною швидкістю. Тому загальна кількість активного мулу, підтримувана в системі, є оптимальною, а метаболічна активність біомаси може підтримуватися на рівнях, прийнятних, аби допомагати іншим реакціям видалення поживних речовин. Шляхом маніпулювання концентрацією біомаси, тривалістю аерації і швидкістю постачання потреби кисню завжди можна досягти ідеально незмінної дійсної швидкості дихання.

Фахівцям відомо багато шляхів управління системами очищення стічних вод мікроорганізмами з дисперсним ростом. Ці методи включають роботу одного або більше з'єднаних між собою реакторів з постійним об'ємом, принаймні, один з яких піддають безперервній аерації і через нього протікає суміш стічних вод і мікроорганізмів. Останнім басейном цієї системи є "спокійний" резервуар, що не зазнає аерації, в якому проходить відокремлення твердих частинок від рідини, причому приповерхнева прозора рідина є очищеними стічними водами, а тверді частинки нижнього шару надсилаються у відходи та до резервуарів з реагентами. При повторенні циклів трапляються також різні внутрішні потоки. Поки варіант винаходу здійснюють у цій конфігурації, він не обмежується у своєму застосуванні. У варіанті здійснення, якому віддається перевага, винахід стосується використання реактора з дозованим завантаженням, який, протягом періоду аерації працює, по-суті, як реактор з повним перемішуванням, незважаючи на змінюваний об'єм, причому протягом цього часу в нього подається комбінований потік стічних вод, що надходять для очистки, і потік твердих частинок мулової суміші з цього реактора.

Варіант здійснення винаходу, якому віддається перевага, сформульовано для умов реакцій, які створюються, а не обов'язково для числа реакторів і їх зон, через які проходять згадані реагенти. Це не є обмеженням варіанту здійснення винаходу. Частина об'єму, згадана як реактор з дозованим завантаженням, протягом конкретного циклу аерації зазнає повного перемішування, причому до цього об'єму може бути застосована кінетика, характерна для змінюваного об'єму з повним перемішуванням. Наступним є період відсутності аерації, протягом якого шар твердих частинок і поверхневий шар надмулової рідини відділяються один від одного, причому їх відносні товщини залежать від історії контактної взаємодії потоку стічних вод, що надходять для очистки, з концентрованим потоком твердих частинок мулової суміші, який спрямовують з основного резервуару зі змінюваним об'ємом, де відбувається повне перемішування, і домішують до потоку неочищених стічних вод. Цей варіант режиму роботи вимагає засобів для видалення певної частки верхнього шару надмулової рідини в кінці періоду відсутності аерації. Після закінчення цієї операції повторюється період аерації з подальшим змішуванням реагентів, як описано раніше.

Без обмеження варіанту здійснення винаходу режим роботи за способом обробки в реакторі з дозованим завантаженням найлегше здійснити в більше, ніж одному модулі басейна. Тривалість циклів

роботи з аерацією легко встановити рівною 2 годинам або іншому числу годин, кратному двом басейнам. Інша тривалість циклів роботи встановлюється для трьох басейнів, та більшої їх кількості, чи то парної, чи непарної. Оскільки варіант здійснення винаходу не обмежений кількістю модулів, його легко пояснити на прикладі роботи двох басейнів. При потребі фахівці зможуть зробити екстраполяцію від режиму роботи з двома басейнами, використаного в цьому обговоренні.

В той час, як об'єми, що знаходяться перед зоною реакції, мають великий вплив на ефективність способу обробки, основною вимогою є те, щоб значна частина, більше 50%, об'єму реактора з дозованим завантаженням працювала в умовах реакції з повним перемішуванням і змінюваним об'ємом, для чого використовується спеціальний пристрій для об'єднаного процесу аерації і перемішування.

Хоча у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, використовують систему дифузної аерації, цей варіант не обмежує застосування винаходу. Буде описано два варіанти установок для реалізації даного винаходу. Обидві конфігурації потребують використання датчика розчиненого кисню, який має прийнятну сталу часу для вимірювання швидкості зміни концентрації розчиненого кисню ( $dO_2/dt$ ).

Попереднє обговорення пояснило важливість потреби і постачання розчиненого кисню при навантаженні, в порівнянні з навантаженням по субстрату, часом прикладання навантаження та часткою життєздатної біомаси.

Перша конфігурація вимагає використання відповідного датчика розчиненого кисню, укомплектованого електронікою, яка необхідна для забезпечення вимірювань швидкості зміни концентрації розчиненого кисню у вигляді управляючого сигналу, за рахунок використання спеціального комп'ютера або іншого програмованого логічного регулятора, який генерує вихідні сигнали, що дозволяють здійснювати інтерактивне управління швидкістю введення повітря всередину реактора з повним перемішуванням (та/або в інші частини реактора, зв'язані між собою по рідині) протягом періоду аерації. Інтерактивне управління здійснюється завдяки регулюванню тривалістю періоду аерації, разом з регулюванням потоку повітря механізмом регулювання швидкості подачі повітря джерелом, або потоку повітря через позиційний механізм регулювання відповідного управляючого клапана, як засобу обмеження потоку. Управління повітряним потоком за допомогою будь-якого засобу призводить до регулювання масової швидкості переносу розчиненого кисню до реактора з дозованим завантаженням і повним перемішуванням.

У першому варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, пропонується мінімум один реакторний резервуар, який є реактором з дозованим завантаженням і працює як реактор з активним мулом в басейні змінюваного об'єму. Протягом процесу заповнення і аерації, коли використовується більше одного відсіку резервуару, ці відсіки зв'язані між собою по рідині.

Важливою особливістю даного винаходу є спосіб і засоби, за допомогою яких стічні води, що підлягають обробці, надходять в засоби для реагування. Важливими також є початкові відносні масові витрати твердих частинок активного мулу, які подаються в потік неочищених стічних вод. Далі, важливим є час взаємодії цих компонентів потоку і засоби, за допомогою яких підтримуються взаємне перемішування і взаємне зчеплення цих двох потоків. В одному з відомих способів використовують розміщені під нерухомою або плаваючою поверхнею пропелери, які приводяться в рух електрикою і за рахунок витрат енергії створюють направлений потік, в якому здійснюється взаємне перемішування твердих частинок і рідини. Ці засоби можуть бути застосовані і в даному винаході. У варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, немає спеціального обладнання згаданого виду. Перемішування пропонується здійснювати різними методами за рахунок роботи засобів аерації, які необхідні для підтримки процесів аеробного і безкисневого розкладу, та/або створення умов комбінованого потоку, за допомогою трубопроводів, каналів та направляючих перегородок.

Як виявилось, процесу притаманні вигоди, джерелом яких є засоби введення активного мулу і стічних вод у певних пропорціях, час контактування цих двох потоків при протіканні у змішаному стані та спосіб, при якому протягом початкового періоду протікання реакції в контакті використовується кінетичне природне змішування. Не залишаючи поза увагою застосування даного винаходу, загальний час початкової реакції розраховують так, аби гарантувати видалення як мінімум 65% легко схильної до розкладу частки розчинного субстрату, що міститься в стічних водах. Ця частка стічних вод може бути різною. Наприклад, для біохімічної потреби кисню приблизно в 300 мг/л і пов'язаної з нею хімічної потреби кисню в 600 мг/л в побутових стічних водах, і для типової сіткової конструкції, базисне припущення, що легко схильна до розкладу частка розчинного субстрату складає 25%, даватиме прийнятні результати процесу. Тривалість реакції від двадцяти до приблизно шістдесяти хвилин, яка визначається часом утримування рідини всередині пристрою біологічного відбору, звичайно приводить до бажаного результату, за умови, що обов'язковий поділ вхідного пристрою на відсіки забезпечує підходящий ступінь розсіювання і разом з тим відповідну енергію перемішування, що збільшує інтенсивність утворення біологічних флокул та їх агрегатів. Особливістю винаходу є розміщення перегородок верхнього та нижнього потоків відносно розрахованого нижнього рівня води і дна басейну реактора. Відкрита поверхня перегородки нижнього потоку обмежена, що дозволяє створювати нижній потік з енергією, яка більше ніж в три рази перевищує середню енергію потоку через водозливний поріг. Вільна поверхня нижнього потоку використовує частку відповідної довжини нижньої перегородки. Таким чином, поблизу окремих ділянок дна реактора створюються енергетичні умови для глибокого перемішування. Далі, у верхній частині басейну знаходяться зони меншого енергетичного збурення і агрегування, утворені водозливними перегородками. Геометрія водовпуску розрахована так, аби сприяти утворенню пульсуючих енергетичних зон, в яких забезпечується перенос і ріст флокул, а разом з тим протікання біологічних реакцій з видаленням розчинних речовин після біохімічного поглинання кисню та з перетворення на продукти з внутріклітинним накопиченням, часткова

денітрифікація і вивільнення фосфору за допомогою вирощуваних у біомасі мікроорганізмів, які видаляють біологічний фосфор.

В той час, як всі згадані вище процеси відносяться до варіанту з одним резервуаром, у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага, використовують установку, що складається з чотирьох (4) басейнів або чотирьох (4) модулів. Кожен модуль може мати від одного (1) до N (де  $N > 1$ ) басейнів. Зупинка вибору на 4 модулях залежить від впровадження (проектування) чотиригодинного (4) циклу, з розрахунку на який проектується геометрія басейну. Для фахівців очевидно, що з однаковим правом можуть бути використані інші числа вибору, наприклад, 3 і 5. Така конструкція задовольняє специфічним вимогам до розподілу навантаження (гідравлічного), регулювання органічного навантаження, біологічної обробки (включно з нітрифікацією-денітрифікацією і біологічним видаленням фосфору в одному потоці), забезпечення вимоги в кисні шляхом автоматичного регулювання біошвидкості, максимізації ефективності переносу кисню, оптимізації відокремлення твердих частинок від рідини в залежності від глибини, до якої іде видалення, і швидкості видалення очищених стічних вод. В будь-якому разі чотиримодульний варіант, якому віддається перевага, працює як чисто безперервний процес, висхідним пунктом якого є прийом стічних вод, що підлягають очищенню, з подальшим безперервним звільненням установки від очищених стічних вод, причому швидкість потоку весь час залишається незмінною відносно дійсного об'єму зливої води, яка видаляється з кожного модуля. Можна дотримуватися різного порядку, згідно з яким швидкості зливання води залишатиметься незмінною в кожному періоді зливання. Варіант винаходу, якому віддається перевага, зкомпоновано для роботи з потоком, який розділяється і надходить в чотири модулі (басейни) для обробки. Модулю може бути надана форма, коли стічні води подаються для очищення в одному кінці цього модуля (басейна), а зливання очищеної води здійснюється в протилежному або у віддаленому кінці модуля (басейна), але вхідні і вихідні пристрої розміщені на довгих стінках басейна (див. рисунки 6(a)-6(g)). Для типових побутових стічних вод, що вміщують 300 мг/л сумарних розчинних речовин, 55 мг/л сумарного вмісту азоту за Кьельдалем і мають бути очищеними до ступеню 6 x ADWF, зона вхідних пристроїв повинна сягати до 8% від загальної площі резервуару. Ця зона поділена мінімум на 5, а типово на 8-14 підзон, для кожного основного реактора, причому кожен з них має частину об'єму, в якому з самого початку встановлюється швидкість поглинання кисню для першої зони перемішування більше 20 мг  $O_2$  на г летких суспендованих частинок за годину. Об'ємна частка суспендованих твердих частинок мулової суміші, що надходить з об'єму основного реактора, типово перевищує 20%, але менше ніж 33% середнього потоку стічних вод, що надходять для очищення. На обох сторонах басейну реактора нижче водозливної перегородки пристрій закінчується, тому половина комбінованого потоку розпадається до цього місця на кожній із сторін басейну основного реактора.

Перекачані суспендовані тверді частинки мулової суміші продовжують існувати протягом тривалості повного циклу. Потік стічних вод, що надходять для очистки, переривається протягом періоду осадження. Надлишковий мул забирають із зони, наступної за пристроєм біологічного відбору, виконаним як вхідний пристрій, і видаляють протягом періоду аерації або протягом періоду осадження, що відбувається без аерації. Розміри басейну реактора типово вибирають з розрахунку до 15 кг твердих частинок, суспендованих у змішаному потоці, на  $m^2$  площі реактора; і для ефективного видалення поживних речовин з побутових стічних вод - з розрахунку навантаження по біохімічній потребі кисню в 0,33-0,40 кг біохімічної потреби кисню на  $m^3$  при тому, що частка води, яка зливається, складає 0,46. Швидкість зливання рідини по глибині сягає 38 мм/хв без додавання засобів, що осаджують фосфор. З додаванням осадників фосфору, для обробки при звичайній сухій погоді, ця швидкість видалення по глибині може збільшитися до 44 мм/хв. Навантаження по потоку твердих частинок в басейн сягає 15 кг твердих частинок, суспендованих у змішаному потоці, на  $m^2$  і до 10 кг сумарного вмісту азоту на кг суспендованих твердих частинок на  $m^2$  на день з точністю до 20% для перших і до 30% для останніх.

В іншому варіанті здійснення винаходу до системи приєднують середовище вирощування для збільшення навантаження по біомасі до об'єму, який можна розмістити в системі. В цьому варіанті здійснення винаходу реактор зі змінюваним об'ємом поділено на три зони.

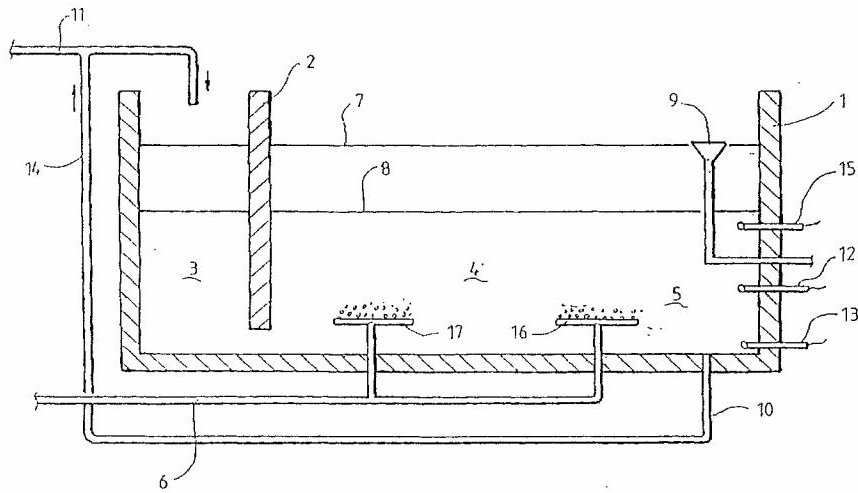
Перша - це зона пристрою біологічного відбору, розміри якої для побутових стічних вод зазвичай визначають, як описано вище. Для органічних промислових стічних вод зазначене відношення збільшується і сягає приблизно 12% площі поверхні басейну. Для ефективного наступного видалення розчинного субстрату ця зона, як згадувалось, поділена на відсіки. За першою зоною іде друга зона, з'єднана з нею по рідині. Потік твердих частинок мулової суміші у зворотному напрямі від зони 3 до зони 1 для нахождень неочищених стічних вод, в яких біологічна потреба кисню сягає 2000 мг/л, або від зони 2 до зони 1, в 2-3 рази збільшує середній потік рідини, що надходить. Середовище вирощування, яке довільним чином упаковане в клітку, розміщується в потоці, що проходить через цю клітку. Зони від 1 до 3 постійно з'єднані між собою по рідині. Довільна упаковка в зоні 2 знаходиться на відстані приблизно 0,4 м від дна басейна реактора і в межах 0,15 м нижче розрахованого нижнього рівня води. Зона 2 узгоджена із засобами варіювання інтенсивності аерації, в зоні 1 розміщені аераційні дифузори, з'єднані з клапанами, які дозволяють здійснювати грубе регулювання процесу аерації і перемішування.

Для фахівців очевидно, що такий самий характер роботи і управління використовується для обробки стічних вод при видаленні лише вуглецю, вуглецю і азоту, вуглецю і фосфору та для видалення вуглецю, азоту і фосфору.

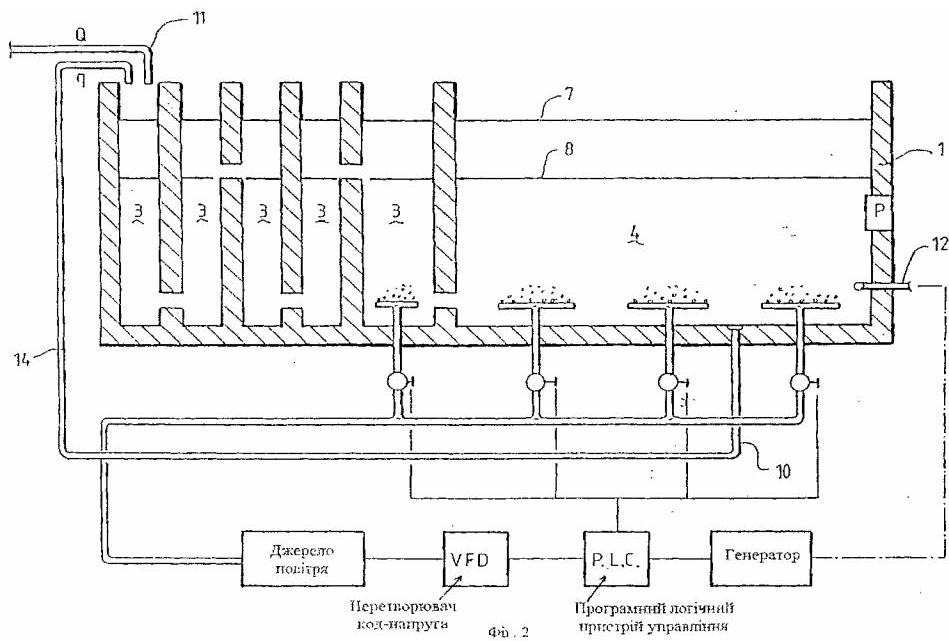
Даний пристрій було описано з поясненнями, проте багато інших варіантів може бути здійснено в межах сутності і обсягу винаходу, який містить у собі кожен нову особливість і нову комбінацію особливостей, які тут розкриті.

Фахівці визнають, що описаний винахід передбачає варіанти, які відрізняються від спеціально

описаних. Зрозуміло, що винахід містить у собі всі подібні варіанти, які вкладаються у межі його сутності і обсягу.



Фиг. 1



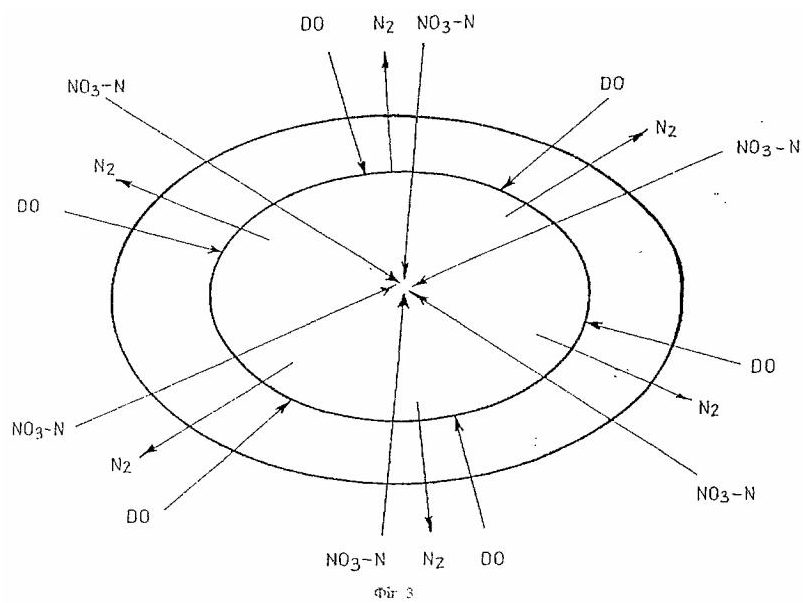


Fig. 3

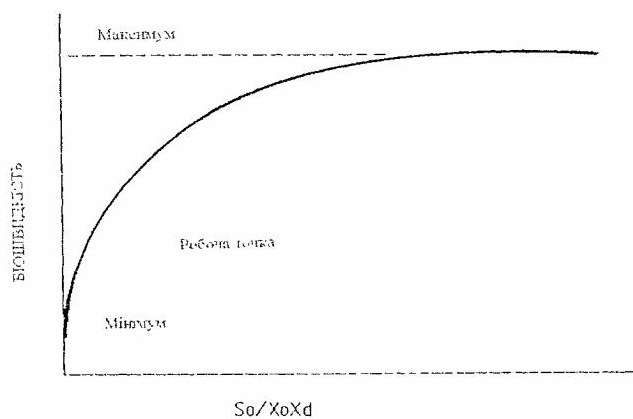


Fig. 1

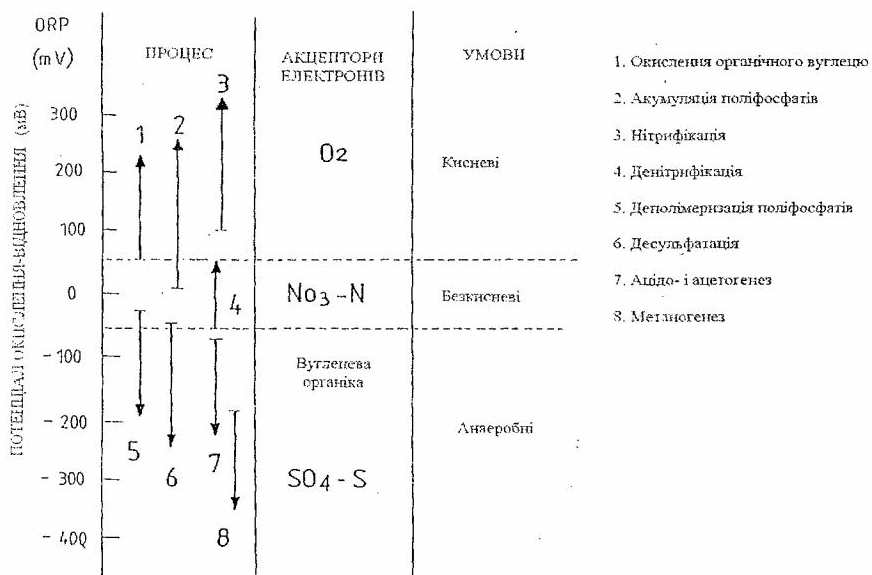


Fig. 5

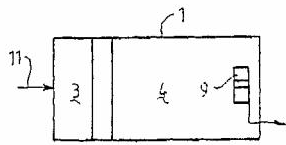


Fig. 6a

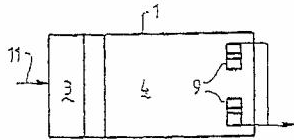


Fig. 6b

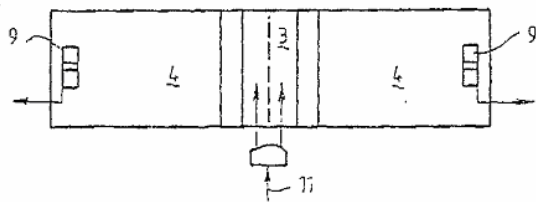


Fig. 6c

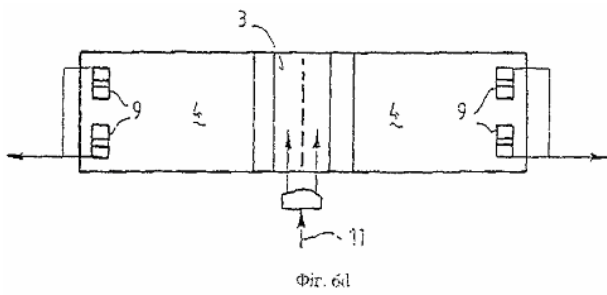


Fig. 6d

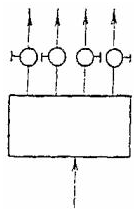


Fig. 6e

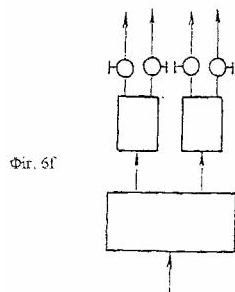
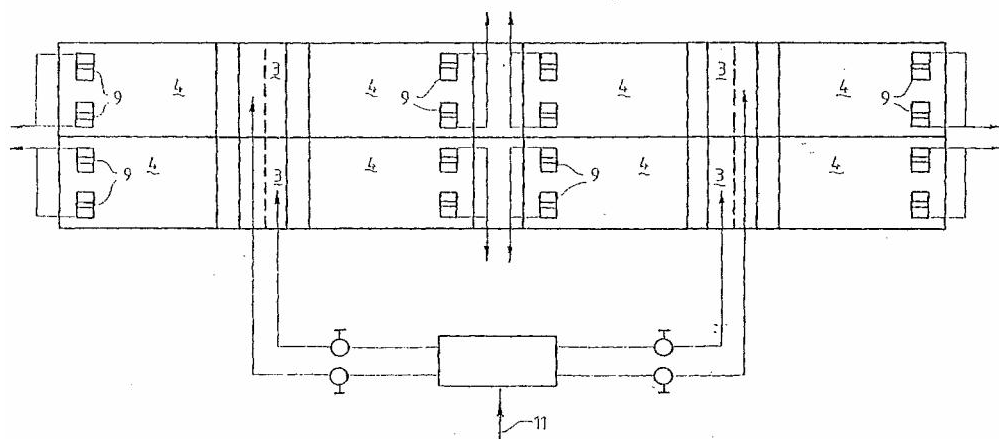


Fig. 6f



dir. 6g