



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 93952

(13) C2

(51) МПК

C02F 3/02 (2011.01)

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

(54) СПОСІБ СТАБІЛІЗАЦІЇ РОБОТИ АЕРОТЕНКА

1

2

(21) а200911464

(22) 11.11.2009

(24) 25.03.2011

(46) 25.03.2011, Бюл.№ 6, 2011 р.

(72) ШКАВРО ЗІНАІДА МИКОЛАЇВНА

(73) ІНСТИТУТ КОЛОЇДНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЇ ВОДИ
ІМ. А.В.ДУМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕ-
МІЇ НАУК УКРАЇНИ

(56) UA 28981, 25.12.2007

SU 1386589 A1, 07.04.1988

SU 1171439 A, 07.08.1985

US 6036881, 14.03.2000

Синев О.П. Интенсификация биологической очист-
ки сточных вод. - К.:Техніка, 1983. - С. 6-9, 37-60Олійник О.Я., Зябліков С.М. Особливості моделю-
вання очистки стічних вод у системі аеротенк-
відстійник-регенератор // Проблеми водопоста-
чання, водовідведення та гідраліки. - К., 2005

(57) 1. Спосіб стабілізації роботи аеротенка, що включає реагентну обробку водо-мулової суміші після аеротенка і регенерацію зворотного активно-го мулу, який **відрізняється** тим, що як реагент використовують сіль магнію і гідроксид кальцію, причому сіль магнію попередньо вводять у водо-мулову суміш, а гідроксид кальцію вводять в отри-ману суміш при масовому співвідношенні іонів ма-гнію і кальцію 1:(1,1-1,3), і процес обробки здійс-нюють при рН 9,0-10,0, зворотний мул у камері регенерації періодично обробляють гідроксидом кальцію до досягнення рН 10,5-11,5.

2. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що пока-зник рН в камері регенерації підтримують протягом 1-1,5 доби.

3. Спосіб за пп.1 або 2, який **відрізняється** тим, що періодичність обробки зворотного активного мулу гідроксидом кальцію складає 3-4 рази на мі-сяць.

Винахід відноситься до області обробки води промислових і стічних вод, зокрема до методів біологічного аеробного очищення води від органічних речовин мікроорганізмами активного мулу, і може бути використаний для стабілізації, роботи біологічних очисних споруд з використанням аеро-тенків.

Необхідність стабілізації роботи аеробної біо-логічної очистки води з використанням аеротенків пов'язана з проблемою "спухання" активного мулу, що виникає, наприклад, при перевантаженні аеро-тенків за їх потужністю та/або питомим наванта-женням на активний мул тобто при збільшенні концентрації органічних домішок понад 500мг на г сухої беззольної речовини активного мулу (Федо-ров Н.Ф., Шифрин С.М. Канализация. - М: - 1968. [1, 445 с.]; надходженні затхлої "загнившої" стічної води з високим вмістом органічних речовин. (Си-нев О.П. Интенсификация биологической очистки сточных вод) [2, 7, 8с.].

Зумовлює "спухання" активного мулу розвиток в ньому нитчастих бактерій і грибів та пригнічення метаболізму популяції аеробних мікроорганізмів - демінералізаторів органічних речовин, наприклад:

aspedisca, vorticella, opercularia, це в свою чергу призводить до зростання мулового індексу до 110-129см³/г, що перевищує нормативну величину - 80-100см³/г (СНИП 2.04.03. - 85 Канализация. На-ружные сети и сооружения. - М: - 1985) [3, 75с.], та погіршення седиментаційних властивостей актив-ного мулу, що зумовлює підвищення виносу його з аеротенків у вторинний відстійник. Таким чином, порушується робота вторинного відстійника, а ра-зом з тим і регенераційної камери та самого аеро-тенку [2, 14с.].

Стабільна робота аеротенку досягається ста-білізацією наступних показників: мулового індексу (80-100см³/г); швидкості седиментації активного мулу, що запобігає виносу активного мулу з аеро-тенку та вторинного відстійника, оптимального видового складу аеробних мікроорганізмів актив-ного мулу, що забезпечує високий ступінь очи-щення води по БСК (20-25мг О₂/дм³) при оптима-льному питомому навантаженні на активний мул аеротенку (200-500мг органічних речовин на г ак-тивного мулу) (Олійник О.Я., Зябліков С.М. Особ-ливості моделювання очистки стічних вод у систе-мі аеротенк-відстійник-регенератор. Проблеми

(13) C2

(11) 93952

(19) UA

водопостачання водовідведення та гідраліки. Київ 2005) [4, 47с.].

Відомий спосіб стабілізації роботи аеротенку шляхом інтенсифікації процесу ущільнення зворотного активного мулу у вторинному відстійнику [2, 38с.].

Суть способу [2] полягає в наступному.

В аеротенк, заселений аеробними мікроорганізмами активного мулу, подається побутова стічна вода. Кількість мікроорганізмів активного мулу у аеротенку коливається у межах $1\text{--}3\text{г/дм}^3$. Процес біологічного очищення у аеротенку забезпечує зниження БСК очищеної води до $20\text{--}25\text{мг О}_2/\text{дм}^3$. Поступово у процесі рециркуляції активного мулу у системі: аеротенк - вторинний відстійник - камера регенерації - аеротенк (А-ВВ-КР-А) та зміни видового складу мікроорганізмів муловий індекс зростає з 80 до $110\text{см}^3/\text{г}$. Уповільнюється седиментація активного мулу з підвищеним муловим індексом, що призводить до погіршення роботи вторинного відстійника, в тому числі, процесів у зоні ущільнення зворотного мулу. Таким чином зменшується кількість мікроорганізмів у одиниці об'єму мулу, що надходить на рециркуляцію. Для забезпечення подачі у аеротенк достатньої кількості мікроорганізмів деструкторів для досягнення у аеротенку концентрації ($1\text{--}3\text{г/дм}^3$) та збереження об'єму активного мулу, що надходить на рециркуляцію на рівні (30-40%), зворотний мул ущільнюють шляхом подовження часу перебування у вторинному відстійнику до 2 годин, при цьому забезпечується надходження достатньої кількості мікроорганізмів у аеротенк та відновлення його окислювальної здатності і ступінь очищення води становить $20\text{--}25\text{мг О}_2/\text{дм}^3$. З часом робота аеротенку погіршується оскільки при подовженні часу перебування аеробних мікроорганізмів активного мулу у зоні ущільнення вторинного відстійника спостерігається періодичне загинання активного мулу в результаті тривалого перебування його в зоні нестачі кисню, що призводить до "спухання" активного мулу в аеротенку і порушення його роботи.

Таким чином, до недоліків способу слід віднести:

- порушення процесів метаболізму активного мулу за відсутності кисню при подовженні часу перебування у зоні ущільнення вторинного відстійника, що призводить до спухання активного мулу,

- порушення стабільної роботи аеротенку включно до повного виходу його з ладу при надходженні неякісного активного мулу.

Відомий спосіб стабілізації роботи аеротенку шляхом збільшення об'єму зворотного мулу для забезпечення надходження необхідної масової концентрації мікроорганізмів-деструкторів органічної речовини у аеротенк (Горносталь С.А., Созник А.П. Описание процессов, происходящих в системе аеротенк-вторичный отстойник, и их физическое моделирование) Коммунальное хозяйство городов 2009. [5, С.137-139].

Суть способу [5] полягає в наступному.

В аеротенк, заселений аеробними мікроорганізмами активного мулу, подається побутова стічна вода, утворюючи водо-мулову суміш. Процес біо-

логічного очищення у аеротенку і зниження БГЖ очищеної води до $20\text{--}25\text{мг О}_2/\text{дм}^3$ забезпечується при оптимальній кількості мікроорганізмів активного мулу, тобто їх масовій концентрації в водо-муловій суміші $1,5\text{--}3\text{г/дм}^3$. [1, с.445]. При цьому спочатку муловий індекс коливається у межах $80\text{--}90\text{см}^3/\text{г}$. Далі водо-мулова суміш з надлишковим активним мулом, прирослим у процесі деструкції органічних речовин, надходить у вторинний відстійник, де мул осідає та ущільнюється в його нижній частині, а з верхньої його зони відводиться освітлена вода. Частина мулу, що осідає у вторинному відстійнику, виводиться у вигляді надлишкового мулу в метантенки чи на мулові ділянки, а частина у вигляді зворотного мулу, у кількості 30% від об'єму побутової стічної води, що подають на очищення, надходить на рециркуляцію - спочатку у камеру регенерації, а потім у аеротенк. В камері регенерації для відновлення адсорбційної здатності мулу і нормалізації його метаболічних процесів активний мул інтенсивно аерують повітрям. Слід зазначити, що у камеру регенерації активний мул надходить у вигляді агломерованих мікроорганізмів. Такі агломерати досить розгалуженої не щільної структури характеризуються зниженими седиментаційними властивостями та мають муловий індекс вище $100\text{см}^3/\text{г}$. Достатня кількість кисню у камері регенерації зумовлює відновлення популяції, а нестача органічних речовин зумовлює "голодність" диспергованих в результаті інтенсивного перемішування мікроорганізмів, це в подальшому, при надходженні їх у аеротенк, забезпечує високий ступінь очищення води.

Поступово в процесі роботи очисної станції видовий склад активного мулу у аеротенку змінюється. В процесі деструкції органічних речовин аеробними мікроорганізмами частина їх відмирає, крім того водо-мулова суміш збагачується вуглекислим газом, змінюється рН середовища. Таким чином поступово створюються умови для розвитку іншого видового складу мікроорганізмів, в тому числі нитчастих бактерій та грибів, що зумовлює зростання мулового індексу понад $120\text{см}^3/\text{г}$. Незадовільна седиментація такого мулу погіршує роботу вторинного відстійника. Процес виносу активного мулу наростає і є характерним не тільки для аеротенку, але й для вторинного відстійника. Це зумовлює необхідність подачі все більшого об'єму зворотного активного мулу на рециркуляцію. Такий об'єм поступово зростає з 30 до 70% для підтримання оптимальної кількості мікроорганізмів активного мулу у аеротенку та для забезпечення нормативного ступеню очищення води. Слід відмітити, що збільшення об'єму рециркуляції активного мулу не забезпечує відновлення показника мулового індексу, а навпаки він поступово зростає. Стабілізація видового складу мікроорганізмів активного мулу не відбувається.

До недоліків способу [5] слід віднести:

- неможливість підтримання мулового індексу в процесі роботи аеротенку на нормативному рівні, що призводить до погіршення седиментаційних властивостей мулу, та поступовому постійному збільшенню його виносу як з аеротенку, так і вторинного відстійника,

- порушення роботи вторинного відстійника в результаті неефективної седиментації активного мулу, що призводить не тільки до його виносу з очищеною водою, але крім того до погіршення процесів у зоні ущільнення зворотного активного мулу, що зумовлює необхідність збільшувати об'єм рециркуляції недостатньо ущільненого мулу,

- необхідність постійного збільшення об'єму рециркуляційного мулу (до 70% від загальної потужності аеротенку) для забезпечення нормативної кількості мікроорганізмів у ньому та повноти деструкції органічних речовин, в свою чергу, потребує збільшення об'ємів самих очисних споруд та призводить до зростання капітальних та експлуатаційних витрат очисної станції,

- не досягається стабілізація видового складу мікроорганізмів активного мулу.

Найбільш близьким аналогом до винаходу за технічною суттю та результатом, що досягається, є спосіб стабілізації роботи аеротенку шляхом підвищення седиментаційних властивостей активного мулу, що досягається введенням у вторинний відстійник коагулянтів. [2, 39с.].

Суть способу [2] полягає в наступному.

В аеротенк, заселений аеробними мікроорганізмами активного мулу, подається побутова стічна вода. Ступінь очищення води по БПК становить 20-25мг $O_2/дм^3$. Поступово в процесі роботи очисної станції видовий склад активного мулу у аеротенку змінюється та зростає концентрація нитчастих бактерій та грибів у активному мулі, що зумовлює зростання мулового індексу понад 120см³/г та призводить до спухання активного мулу, особливо при надходженні, затхлої води з загнаними органічними речовинами. Така водо-мулова суміш має незадовільні седиментаційні властивості і, поступаючи у вторинний відстійник, погіршує його роботу. Для поліпшення седиментаційних властивостей активного мулу у водо-мулову суміш, що надійшла у вторинний відстійник, додають коагулянт (солі алюмінію чи заліза по іону металу 7-10 і 7-8г/м³, відповідно) і регулюють процес коагуляції за величиною показника рН. Наприклад, при додаванні солей алюмінію рН підтримують в межах (6,5-7). Таким чином забезпечується прискорення седиментації активного мулу і зменшення часу перебування його в осадовій частині вторинного відстійника. Частина активного мулу, що осідає і ущільнюється у вторинному відстійнику, виводиться з нього як надлишковий мул, що утворився в результаті його приросту у аеротенку, а частина, у вигляді зворотного мулу, із вторинного відстійника подається на рециркуляцію у камеру регенерації, з якої надходить у аеротенк. В камері регенерації концентрація активного мулу підтримується на рівні 6-7г/дм³. Муловий індекс в аеротенку становить 90см³/г, а окиснювальна здатність характеризується зниженням БПК₂₀ з 250 до 20мг $O_2/дм^3$. Поступово у процесі роботи видовий склад активного мулу змінюється, збільшується концентрація нитчастих бактерій у його складі та спостерігається процес спухання, знижується окиснювальна здатність аеротенка, що характеризується зниженням ступеню очищення води, а саме підвищенням БСК до 40мг $O_2/дм^3$. Для усунення

такого негативного процесу, при інтенсивному спуханні активного мулу, водо-мулову суміш у вторинному відстійнику обробляють сильними окислювачами, зокрема, хлором концентрацією 10-20г/дм³ або пероксидом водню концентрацією 200-500г/дм³ [3]. с. 39.

Нами згідно із способом [2, 39с.] було досліджено процес очищення у системі (А-ВВ-КР-А) при надходженні затхлої води з загнаними органічними речовинами, що характеризується БСК на рівні 385мг $O_2/дм^3$ та визначено ступінь очищення води і видового складу мікроорганізмів активного мулу В процесі роботи аеротенку муловий індекс підвищувався з 90 до 130см³/г після 24 годин та до 155см³/г після 36 годин роботи, ступінь очищення води постійно знижувався, що характеризувалося підвищенням БСК після 24 годин з 25 до 95мг $O_2/дм^3$, а після 36 годин роботи; до 197мг $O_2/дм^3$ за рахунок зростання кількості нитчастих бактерій та погіршення метаболізму мікроорганізмів деструкторів у такому мулі і навіть їх відмирання. Так інфузорії *aspedisca* (які спостерігаються в активному мулі в оптимальних умовах його роботи та свідчить про нормальний перебіг окислювально-відновних процесів у мулі) були у мінімальній кількості, крім того знаходились у нерухомому стані; в малорухомій та нерухомій формі знаходилась *vorticella* (характерна для старого активного мулу). В мулі переважали такі мікроорганізми як *honotuslamella*, *opercularia*, *philodina* котрі були малорухливі, *parchesum* - роздуті форми, (табл. приклад 11¹).

Таким чином, до недоліків способу слід віднести:

- нестабільну роботу аеротенку, що характеризується поступовим зниженням ступеню очищення стічної води в процесі його роботи,

- недостатньо високу окиснювальну здатність аеротенка, особливо при залповому надходженні в аеротенк затхлої стічної води з загнаними органічними речовинами в результаті зниження активності мулу, за рахунок зміни видового складу, зокрема, зниження концентрації та погіршення метаболізму таких мікроорганізмів як *aspedisca*, *vorticella*, включно до повного їх відмирання,

- неможливість стабілізації видового складу мікроорганізмів, за рахунок проведення процесу в умовах, що не пригнічують розвиток нитчастих бактерій та грибів у процесі роботи, що й призводить до зниження окислювальної здатності аеротенку,

- використання для обробки води при спуханні активного мулу високих концентрацій сильних окислювачів таких як хлор, що призводить до утворення надто токсичних для живих організмів хлорпохідних,

- накопичення у водо-муловій суміші токсичних іонів алюмінію в результаті рециркуляції активного мулу, що приводить до зниження його окислювальної здатності (Dental S.K., Gossett J.M. Effect of chemical coagulation on anaerobic digestibility of organic materials //Water Res. - 1982. - Vol. 16, N 5. [6, P.707-718.] та є небажаним у очищеній воді з медико біологічної точки зору (Жалдакова З.И., Полякова Е.Е., Синицина О.О., Зайцев Н.А. Гигиє-

ническая оценка безопасности реагентов // Водоснабжение и санитарная техника. - 2004. - N 1. [7, С.9-11].

В основу винаходу поставлена задача розробити спосіб стабілізації роботи аеротенка, в якому використання для обробки водо-мулової суміші не токсичного реагенту заявляемого складу, та періодична обробка зворотного мулу лугом, сприяли б створенню умов запобігання спухання активного мулу, як у процесі нормальної роботи аеротенка так і при залпових надходженнях затхлої води, та які є оптимальними для розвитку мікроорганізмів деструкторів органічних речовин. Все вказане забезпечить стабільну роботу аеротенка і його високу окислювальну здатність.

Нами запропоновано здійснювати обробку водо-мулової суміші реагентом не токсичним для вищих організмів і популяції мікроорганізмів-деструкторів (сіль магнію і гідроксид кальцію у співвідношенні 1,1-1,3 і рН 9,0-10,0) та періодичну обробку зворотного мулу в камері регенерації лугом при рН 10,5-11,5, що забезпечують:

- стабільну високу окислювальну здатність, що характеризується високим ступенем очищення стічної води (БСК очищеної води 10-25мг O_2 /дм³), як в умовах нормальної роботи аеротенку, так і при залпових надходженнях затхлої води;

- підтримання стабільним оптимального видового складу активного мулу за рахунок створення умов для нормального метаболізму мікроорганізмів деструкторів у аеротенку після його регенерації та пригнічення розвитку нитчастих та грибів у камері регенерації;

- стабілізацію мулового індексу та його підтримання в нормативних межах у аеротенку, шляхом зниження в ньому концентрації нитчастих бактерій, грибів;

- стабільність седиментаційних властивостей активного мулу у вторинному відстійнику за рахунок його коагуляції при гідролізі солей магнію;

- стабілізацію об'єму рециркуляційного зворотного мулу та підтримання на рівні (30-40%) шляхом ефективного його ущільнення у вторинному відстійнику, та збереження високої окислювальної здатності аеротенку за рахунок ефективної регенерації мулу.

Слід відмітити, що заявляємі реагенти та режим їх використання є достатніми для забезпечення ефективної роботи аеротенка без додаткового використання сильних окислювачів, обробка якими води, що містить органічні речовини призводить до утворення токсичних хлорпохідних.

Спосіб реалізується наступним чином.

Біологічне очищення води здійснювали в системі аеротенк - вторинний відстійник - камера регенерації - аеротенк (А-ВВ-КР-А). В аеротенк, заселений аеробними мікроорганізмами активного мулу, подається побутова стічна вода, утворюючи водо-мулову суміш, яку аерують повітрям. Активний мул являє собою біоценоз бактерій, простих мікроорганізмів, коловраток, нематод, ракоподібних і інш. З аеротенка водо-мулову суміш подають у вторинний відстійник. При цьому у водо-мулову суміш послідовно додають реагент - сіль магнію і гідроксид кальцію. Як сіль магнію використовують

природний бішофіт (хлорид магнію $MgCl_2 \cdot 6H_2O$), чи сульфат магнію $Mg_2SO_4 \cdot 7H_2O$ (ГОСТ - 2377) розчин солі вводять в трубопровід подачі водо-мулової суміші у вторинний відстійник, а гідроксид кальцію у вигляді вапняного молока, отриманого із CaO (ГОСТ 2263-43 чи ГОСТ 8677-76), вводять безпосередньо в отриману суміш, у вторинний відстійник. Масове співвідношення іонів магнію і кальцію складає 1: (1,1-1,3), відповідно, і процес реагентної обробки здійснюють при рН (9,0-10,0). Створені умови є сприятливими для метаболізму мікроорганізмів деструкторів та пригнічуючими для нитчастих бактерій і грибів. В даних умовах забезпечується перебіг процесу коагуляції, що прискорює ущільнення активного мулу та забезпечує підтримання концентрації активного мулу на рівні 5,5-6,5г/дм³ у камері регенерації, що в свою чергу дозволяє підтримувати її в аеротенку на нормативному рівні, який становить 1,5-3,0г/дм³. Ущільнений активний мул із вторинного відстійника подають в камеру регенерації, куди вводять гідроксид кальцію (до рН 10,5-11,5) для підтримання процесу відновлення видового складу мікроорганізмів та аерують його повітрям для регенерації активного мулу. При цьому значення рН підтримують протягом 1,0-1,5 доби, і періодичність такої обробки становить 3-4 рази на місяць. Ущільнений та регенований у такий спосіб активний мул надходить у аеротенк і тим самим забезпечується підтримання мулового індексу на рівні 85-100см³/г, та окислювальної здатності аеротенку, що характеризується ступенем очищення води по БСК на рівні 10-25мг O_2 /дм³, як в умовах нормальної роботи аеротенку, так і при залпових надходженнях затхлої води; Ефективність очищення води оцінювали за величиною БСК за методикою (<http://masters.donntu.edu.ua/2006/feht/fomina/librarv/article8.htm>) [8. - С.1-2]

Муловий індекс (М) визначали за формулою. [1. С.445]:

$$M=V/m$$

де V - концентрація активного мулу за об'ємом після відстоювання протягом 30хв., см³/дм³,

m - концентрація активного мулу за сухою масою, г/дм³

При визначенні під мікроскопом видового складу мікроорганізмів активного мулу контролювали наявність у ньому та кількісну перевагу інфузорій, нитчастих бактерій, які характеризують нормальну або незадовільну роботу аеротенку.

Приклад реалізації за винаходом

Для реалізації процесу біологічного очищення стічної води в системі аеротенк - вторинний відстійник - камера регенерації - аеротенк (А-ВВ-КР-А) у трубопровід подачі водо-мулової суміші у вторинний відстійник додавали сіль магнію (бішофіт) $MgCl_2$ у кількості 122мг/дм³ (1,2мг-екв/дм³). В отриману суміш, що надійшла у вторинний відстійник, додавали гідроксид кальцію у кількості 45мг/дм³ (1,22мг-екв/дм³), що відповідало співвідношенню іонів Mg до Ca рівному 1:1,1, відповідно, і процес реагентної обробки здійснювали при рН 9,0. З камери ущільнення вторинного відстійника зворотний мул подавали в камеру регенерації, куди протягом доби додавали гідроксид кальцію у

вигляді вапняного молока при допомозі автоматичного дозатора та підтримували рН на рівні 10,5. Регенерацію зворотного мулу здійснювали при аерації його повітрям. Після припинення обробки мулу гідроксидом кальцію проводили лише аерацію мулу, що надходив на рециркуляцію. Після 36 годин роботи системи (А-ВВ-КР-А) відбирали проби водо-мулової суміші із аеротенку та очищеної води з верхньої частини вторинного відстійника і визначали ефективність очищення води по БСК (біологічному споживанні кисню), величину мулового індексу та видовий склад мікроорганізмів, що переважають у біоценозі активного мулу. Дані представлені в таблиці, приклад 1.

Ступінь очищення води характеризувався величиною $БСК_0 = 10 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$.

Величина мулового індексу становить $M = V/m = 45,2 \text{ см}^3/\text{дм}^3/2,1 \text{ г}/\text{дм}^3, M = 95 \text{ см}^3/\text{г}$.

У мулі в активному рухливому стані спостерігалась інфузорія *aspedisca* (розвиток та наявність якої у мулі спостерігаються за оптимальних умов роботи очисних споруд), у рухливому стані знаходилась *vorticella*. Крім того у нормальному стані знаходився біоценоз бактерій, простих мікроорганізмів, коловраток, нематод, ракоподібних.

Аналогічно прикладу виконання за винаходом були проведені досліді по очищенню води від органічних речовин при обробці водо-мулової суміші реагентами з різним їх співвідношенням та при різних значеннях рН, показники яких знаходились як в заявляемому діапазоні так і при позамежних значеннях, а також при обробці зворотного мулу лугом при різних режимах, показники яких знаходяться як в заявляемому діапазоні так і позамежних значеннях (табл., приклади 1-10, 10^{-1}).

Як впливає з даних таблиці при реагентній обробці водо-мулової суміші в межах заявляємих співвідношень іонів Mg^{2+} до Ca^{2+} та інтервалу значень рН, а також при заявляємих параметрах обробки зворотного мулу (рН, часовий інтервал його підтримання, періодичність обробки) стабільна робота аеротенка підтримується як в нормативному режимі його роботи (табл. приклади 1-6) так і при залпових надходженнях затхлої води з загнвленими органічними речовинами (табл. приклади 10^{-1}). Стабільність роботи аеротенка характеризується високим ступенем очищення води по БСК ($10-25 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$), підтриманням величини мулового індексу в нормативному інтервалі ($85-100 \text{ г}/\text{дм}^3$) та наявністю у складі активного мулу мікроорганізмів, що спостерігаються в ньому при нормальних та оптимальних умовах роботи аеротенку, зокрема, інфузорій *aspedisca*, *vorticella* в активній формі.

Здійснення реагентної обробки водо-мулової суміші при позамежному зниженні співвідношення іонів Mg^{2+} до Ca^{2+} , наприклад 1:1, тобто при недостатній кількості іонів, що не забезпечує необхідного значення рН обробки водо-мулової суміші, призводить до неповноти процесу гідролізу і коагуляції та недостатнього ущільнення активного мулу у вторинному відстійнику. Крім того за такого рН у вторинному відстійнику, та за обробки зворотного мулу у камері регенерації при позамежному зниженні значення рН, все в сукупності знижує ефективність пригнічення розвитку нитчастих бак-

терій та грибів і повноту регенерації мулу та призводить до підвищення мулового індексу до $110 \text{ см}^3/\text{г}$ в умовах нормативної роботи аеротенка, та до $125 \text{ см}^3/\text{г}$ при залповому надходженні затхлої води; (табл. приклад 7; 7^1).

Здійснення реагентної обробки водо-мулової суміші при позамежному збільшенні співвідношення іонів Mg^{2+} до Ca^{2+} , наприклад 1:1,4, що призводить до позамежного збільшення рН її обробки, та обробка зворотного мулу у камері регенерації лугом при рН вище заявляємої межі, забезпечує ефективну обробку водо-мулової суміші (усувається процес спухання активного мулу, досягається високе ущільнення мулу, підтримується стабільним іловий індекс) та призводить до повноти пригнічення нитчастих бактерій і грибів. Однак процес регенерації мулу знаходиться поза межами оптимального, тому не зважаючи на те, що видовий складу біоценозу активного мулу зберігається, активність і кількість мікроорганізмів знижуються, що призводить до зниження ступеню очищення води по БСК до $30 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$, як в нормативному режимі роботи аеротенка, так і при залповому надходженні затхлої води з загнвленими органічними речовинами (табл. приклад 8; 8^1).

Здійснення реагентної обробки лугом зворотного мулу у камері регенерації в режимі позамежного зниження часу обробки до 0,5 доби, при збереженні решти показників в заявляємих межах, не забезпечує повноту пригнічення нитчастих бактерій та грибів, і повноту процесу регенерації мулу, що призводить як до зниження ступеню очищення води по БСК до $27 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$, $55 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$, та до підвищення мулового індексу до $110 \text{ см}^3/\text{г}$; $130 \text{ см}^3/\text{г}$, як в нормативному режимі роботи аеротенка так і при залповому надходженні затхлої води з загнвленими органічними речовинами, відповідно (табл. приклади 9; 9^1).

Здійснення реагентної обробки зворотного мулу у камері регенерації лугом при позамежному збільшенні часу обробки до 2,0 діб, при збереженні решти показників в заявляємих межах, забезпечує повноту пригнічення нитчастих бактерій та грибів, що дозволяє підтримувати муловий індекс в нормативних межах 95 та $100 \text{ см}^3/\text{г}$, як в нормативному режимі роботи аеротенка так і при залповому надходженні затхлої води з загнвленими органічними речовинами. При цьому хоча різноманітність видового складу мікроорганізмів зберігається, їх кількість та активність не досягають оптимального, що призводить до деякого зниження ступеню очищення води по БСК до $30 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$ в нормативному режимі роботи аеротенка. (табл. приклади 10; 10^1).

Слід зазначити, що важливим моментом є обробка зворотного мулу гідроксидом кальцію у камері регенерації з періодичністю у заявляемому діапазоні 3-4 рази на місяць. Заявляема періодичність обробки зворотного мулу при заявляемому діапазоні режиму рН ($10,5-11,5$) є достатньою для повноти пригнічення розвитку нитчастих бактерій і грибів у мулі та регенерації мікроорганізмів де-структорів органічних речовин. При збільшенні числа обробок зворотного мулу, наприклад, до 5-6 разів на місяць порушуються оптимальні умови

для регенерації мікроорганізмів деструкторів органічної речовини. При зниженні періодичності обробки зворотного мулу до 1-2 рази на місяць спостерігається спухання активного мулу особливо при залпових надходженнях затхлої води з загнвлшми органічними речовинами.

Переваги запропонованого способу стабілізації роботи аеротенка в порівнянні із відомим [2] полягають в наступному:

- реалізація способу забезпечує стабільну роботу аеротенку, з високою окислювальною здатністю, що характеризується високим ступенем очищення води по БСК на рівні (10-25мг $O_2/дм^3$) при нормативному режимі роботи аеротенка та при залповому надходженні затхлої води з загнвлшми органічними речовинами. Слід відмітити, що у відомому способі [2], при залповому надходженні затхлої води, ступінь очищення води по БСК різко знижується, що виражається у підвищенні БСК з 25 до 197мг $O_2/дм^3$, тобто, ступінь очищення води знижується \approx в 4 рази,

- досягається стабільність седиментаційних властивостей активного мулу та мулового індексу,

завдяки ефективному ущільненню та усуненню процесу його спухання, шляхом пригнічення розвитку нитчастих бактерій та грибів, що забезпечується реагентною обробкою його в камері регенерації та в умовах процесу обробки водо-мулової суміші. У відомому способі, в умовах режиму коагуляції солей алюмінію, седиментаційні властивості активного мулу, у процесі роботи системи (А-ВВ-КР-А), погіршуються в результаті наростаючого процесу спухання активного мулу,

- забезпечуються умови для нормального розвитку біоценозу та регенерації активного мулу, що не досягається у відомому способі навіть при обробці водо-мулової суміші сильними окислювачами,

- забезпечується підтримання сталого об'єму рециркуляції зворотного мулу на рівні 30-40% завдяки стабілізації седиментаційних властивостей активного мулу у аеротенку та забезпечення ефективного його ущільнення у вторинному відстійнику, що дозволяє зберігати муловий індекс в нормативних межах у процесі роботи системи (А-ВВ-КР-А).

Таблиця

№	реагентна обробка водо-мулової суміші у аеротенку	3	*обробка зворотного мулу $Ca(OH)_2$ у камері регенерації		показники роботи аеротенка (після 36 годин роботи)		
			4	5	6	7	8
	співвідношення іонів магнію і кальцію	pH	pH	час підтримання pH, доба	БСК, мг $O_2/дм^3$	муловий індекс, $см^3/г$	видовий склад активного мулу по мікроорганізмам, що у ньому переважають
за винаходом							
робота аеротенка в нормативному режимі							
1	1:1,1	9,0	10,5	1	10	95	aspedisca, vorticella в активній формі
2	1:1,2	9,5	11,0	1	10	90	-"
3	1:1,3	10,0	11,5	1	10	85	-"
4	1:1,2	9,5	11,0	1,5	15	85	-"
5	1:1,2	9,5	11,5	1,5	15	85	-"
6	1:1,3	10,0	11,5	1,5	15	85	-"
робота аеротенка при залповому надходженні затхлої води з загнвлшми органічними речовинами							
1 ¹	1:1,1	9,0	10,5	1	25	100	vorticella, aspedisca, honotuslamella, в активній формі
2 ¹	1:1,2	9,5	10,5	1	25	100	-"
3 ¹	1:1,3	10,0	10,5	1	20	95	-"
4 ¹	1:1,2	9,5	11,0	1	25	95	-"
5 ¹	1:1,2	9,5	11,5	1,5	20	95	-"
6 ¹	1:1,3	10,0	11,5	1,5	18	90	-"
поза межні значення							
7	1: 1	8,5	10,0	1	35	110	aspedisca, honotuslamella, philodina малорухливі
7 ¹	1: 1	8,5	10,0	1	55	125	vorticella, opercularia, parchesum малорухливі
8	1:1,4	10,5	12,0	1	30	95	aspedisca в активній формі, vorticella
8 ¹	1:1,4	10,5	12,0	1	27	100	aspedisca в активній формі, vorticella

Продовження таблиці

9	1:1,1	9,0	10,5	0,5	27	110	opercularia, parchesum малорухливі
9 ¹	1:1,1	9,0	10,5	0,5	55	130	opercularia, parchesum малорухливі
10	1:1,3	10,0	11,5	2,0	30	95	aspedisca, vorticella в активній формі
10 ¹	1:1,3	10,0	11,5	2,0	25	100	
за прототипом при залповому надходженні затхлої води з загнившими органічними речовинами							
11 ¹	Al ₂ (SO ₄) ₃	7,5	7,5		197	155	honotuslamella, opercularia, philodina. малорухливі, parchesum - роздуті форми, нерухомі, vorticella нерухомі

* періодичність обробки зворотного мулу становить три-чотири рази на місяць