



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62788 (13) U
(51) МПК (2011.01)

C02F 1/00

C02F 1/18 (2006.01)

C02F 1/24 (2006.01)

C02F 1/26 (2006.01)

C02F 1/32 (2006.01)

C02F 3/00

C02F 9/00

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 103/04 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ (ДООЧИЩЕННЯ) ВОДИ, ПЕРЕВАЖНО ПИТНОЇ

1

2

(21) u201103739

(22) 28.03.2011

(24) 12.09.2011

(46) 12.09.2011, Бюл.№ 17, 2011 р.

(72) ГЕВОД ВІКТОР СЕРГІЙОВИЧ, БЕЛІМЕНКО
ГЕОРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ(73) ГЕВОД ВІКТОР СЕРГІЙОВИЧ, БЕЛІМЕНКО
ГЕОРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ

(57) 1. Спосіб глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, при якому ведуть обробку води в очисному модулі (агрегаті) (1), що включає флотаційну обробку води, що очищається, у флотаторі (2) водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора (3), бульбашково-плівкову екстракцію поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ) (4), а також виведення очищеної води і видалення поверхнево-активних речовин (ПАР), який **відрізняється** тим, що виконують комплексне очищення (доочищення) води щонайменше в одному очисному модулі (1), що включає щонайменше один кільцевий багатоступінчастий цикл очищення (доочищення) води, при якому додатково виконують фільтрацію води через насипний піщаний фільтр (5), після якого відфільтровану воду виводять за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу (6) і подають на бактерицидну обробку води в ультрафіолетовому опромінювачі (УФ-опромінювачі) (7), після чого виконують флотаційну обробку освітленої води у флотаторі (2) водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора (3), і бульбашково-плівкову екстракцію поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ) (4), а потім додатково виконують біологічне очищення води в аеробному біореакторі (8) із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів,

які інкубовано в ньому, після чого виконують повторну подачу води на наступний кільцевий багатоступінчастий цикл очищення води - рециркуляцію, при цьому виведення очищеної води виконують після багатократної рециркуляції.

2. Спосіб глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, за п. 1, який **відрізняється** тим, що фільтрацію води через насипний піщаний фільтр (5), бактерицидну обробку води в ультрафіолетовому опромінювачі (УФ-опромінювачі) (7), флотаційну обробку води, що очищається, у флотаторі (2) водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора (3), що супроводжується бульбашково-плівковою екстракцією поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ) (4), і біологічне очищення води в аеробному біореакторі (8) із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів, які інкубовано в ньому, виконують послідовно в кожному кільцевому багатоступінчастому циклі очищення (доочищення) води в очисному модулі (агрегаті) 1.

3. Спосіб глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, за п. 1, який **відрізняється** тим, що при фільтрації води через насипний піщаний фільтр (5) відфільтровану воду виводять за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу (6), який виконують у вигляді заглибленої в насипний піщаний фільтр (5) перфорованої дренажної коробчастої насадки (9), забезпеченої насосом (10), який встановлюють усередині або зовні очисного модуля (1).

4. Спосіб глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, за п. 1, який **відрізняється** тим, що очисні модулі (1) з'єднують по паралельній схемі.

(13) U
(11) 62788
(19) UA

Корисна модель належить до галузі багатоступінчастої обробки води, зокрема до технології рециркуляційної обробки води флотацією в поєднанні з іншими способами (методами) обробки, і може бути використаний для очищення питних вод в побуті і харчовій промисловості, а також для доочищення технічних і стічних вод промислових підприємств.

З рівня техніки відомі різні способи очищення питної води, що, наприклад, включають фільтрацію, біологічне очищення мікроорганізмами, бактерицидну обробку УФ-опроміненням і їх комбінації, наприклад реалізовані в наступних технічних рішеннях:

«Способ очистки питьевой воды» RU 2174956 (C2) (Еремеева В. А. и другие) C02F1/28, I/68//C02F103:04, 20. 10. 2001 [1];

«Способ обеззараживания воды» SU 1679747 (A1) (Омский сельскохозяйственный институт им. С. М. Кирова) C02F1/74, 3/00, 10. 01. 1996 [2];

«Способ получения питьевой воды» RU 2182128 (C1) (ООО «Космо-Дизайн интернэшнл» C02F1/50, 1/32, 1/76//C02F 103:04, 10.05.2002 [3];

«Способ получения питьевой воды» RU 2220115 (C1) (Федеральное государственное унитарное предприятие «Пермский завод им. С.М. Кирова» C02F9/12//C02F9/12, I:28, 1:32, 1:52, 1:56, 1:72), 103:04; 27.12.2003 [4];

«Способ очистки воды и модульное устройство для его осуществления» RU 2151106 (C1) (Боголицын К. Г. и другие) C02F9/14//C02F9/14, 1:78, 1:463), 103:04; 20.06.2000 [5];

«Установка получения питьевой воды» RU2209783 (C3) (Боголицын К. Г.) C02F9/14//C02F9/14, 1:28, 1:78, 3:00), 103:02, 10.08.2002 [6].

Проте відомі способи [1-6] не забезпечують високий ступінь очищення питної води від спектру їх забруднень.

Знайшов розповсюдження також економічний спосіб очищення води флотацією, наприклад, реалізований в наступних технічних рішеннях:

«Установка для очищения воды від поверхнево-активних речовин» UA 19391 (C2) (Гевод В. С.), C02F1/24, 22.06.1994 [7];

«Установка для глубокого очищения воды» UA 23032 (C2) (Гевод В. С.), C02F1/24, 31.07.1996 [8];

«Пристрій для очищения воды» UA 25068 (C2) (Институт колоїдної хімії ім. А. І. Думанського Національної академії наук України, UA) C02F1/24, C02F1/40, 25.12.1998 [9].

Відомі способи в [7-9] також не забезпечують високий ступінь очищення питної води від спектру її забруднень.

Найбільш близьким до корисної моделі за кількістю загальних ознак є спосіб глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, при якому ведуть обробку в очисному модулі (агрегаті), що включає флотаційну обробку води, що очищається, у флотаторі водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора, бульбашково-плівкову екстракцію поверхнево-активних речовин

(ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ), а також виведення очищеної води і видалення поверхнево-активних речовин (ПАР), реалізований в пристрої [«Установка для очищения воды флотацією» UA 58076 (A) (Гевод В. С. та інші) C02F1/24, 15.07.2003; найбільш близький аналог-прототип] [10].

Недоліком відомого способу [10] є те, що ним не забезпечується необхідний ступінь очищення (доочищення) води по всьому спектру забруднень, що підлягають видаленню, що знижує якість води.

Викликано це тим, що даним способом здійснюється тільки флотація і бульбашково-плівкова екстракція поверхнево-активних речовин (ПАР).

Задачею, на вирішення якої спрямовано корисна модель, є удосконалення відомого способу шляхом застосування в ньому додаткових методів (стадій) очищення води, що забезпечують багатоступінчасту її обробку за замкненим циклом, що багаторазово повторюється, в очисному модулі (агрегаті) з ефектом активізації індивідуальних водоочищувальних процесів на кожному ступені (стадії) рециркуляційної технології очищення води.

Технічний результат, який досягається при вирішенні поставленої задачі і використанні вдосконаленого способу, полягає в підвищенні ступеня очищення (доочищення) і якості води.

Поставлена задача вирішується, а технічний результат досягається тим, що в способі глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, при якому ведуть обробку води в одному очисному модулі (агрегаті), що включає флотаційну обробку води, що очищається, у флотаторі водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора, бульбашково-плівкову екстракцію поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ), а також виведення очищеної води і видалення поверхнево-активних речовин (ПАР), реалізований в пристрої, згідно з корисною моделлю, виконують комплексне очищення (доочищення) води, щонайменше в одному очисному модулі (агрегаті), що включає, щонайменше один кільцевий багатоступінчастий цикл очищення (доочищення) води, при якому додатково виконують фільтрацію води через насипний піщаний фільтр, після якого відфільтровану воду виводять за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу і подають на бактерицидну обробку води в ультрафіолетовому опромінювачі (УФ-опромінювачі), після чого виконують флотаційну обробку освітленої води у флотаторі водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора, і бульбашково-плівкову екстракцію поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ), а потім додатково виконують біологічне очищення води в аеробному біореакторі із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів, які інкубовано в ньому, після чого виконують повторну подачу води на наступний кільцевий багатоступінчастий цикл

очищення води - рециркуляцію, при цьому виведення очищеної води виконують після багатократної рециркуляції.

При цьому фільтрацію води через насипний піщаний фільтр, бактерицидну обробку води в ультрафіолетовому опромінювачі (УФ-опромінювачі), флотажну обробку води, що очищається, у флотаторі водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора що супроводжується бульбашково-плівковою екстракцією поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ), і біологічне очищення води в аеробному біореакторі із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів, які інкубовано в ньому, виконують послідовно в кожному кільцевому багатоступінчастому циклі очищення (доочищення) води в очисному модулі (агрегаті).

Крім того, при фільтрації води через насипний піщаний фільтр відфільтровану воду виводять за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу, який виконують у вигляді заглибленої в насипний піщаний фільтр перфорованої дренажної коробчастої насадки, забезпеченої насосом, який встановлюють всередині або зовні очисного модуля (агрегата).

При великому обсязі споживання очищеної води очисні модулі з'єднують за паралельною схемою.

У зв'язку з тим, що в способі, що заявляється, виконують комплексне очищення (доочищення) води, щонайменше в одному очисному модулі, що включає щонайменше один кільцевий багатоступінчастий цикл очищення (доочищення) води, то тим самим забезпечують рециркуляційний процес комбінованої обробки (очищення) води різними, але доповнюючими один одного методами, які з одного боку допускають можливість мінімізації габаритів очисного модуля (агрегату) і його функціональних вузлів, а з іншого боку ініціюють виникнення зворотних зв'язків між використовуваними складеними процесами рециркуляційної технології, які оптимізують процес ефективного очищення води.

Фільтрація води в стартовому і подальших циклах через насипний піщаний фільтр забезпечує розподіл твердої (дисперсної) і рідкої фаз шляхом осадження седиментуючих і колоїдних домішок води в поровому просторі піщаного фільтра під дією сили тяжіння і перепаду тиску. Фільтрація переважно затримує частинки в товщі фільтруючого середовища. Швидкість локальних потоків води в просторі завантаження охоплює режими "швидкої" і "повільної" фільтрації. Цим забезпечується ефективне вилучення з води тих речовин, які обумовлюють показник "каламутність".

Виведення відфільтрованої води за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу і подача її на бактерицидну обробку в ультрафіолетовому опромінювачі (УФ-опромінювачі), забезпечує стерилізацію циркулюючих і вихідних потоків води УФ-опромінювачем, який укомплектований бактерицидними лампами відповідної потужності. Стерилізація досягається за рахунок деструкції

ДНК в клітинах бактерійної мікрофлори, у вірусах, у спорах грибків і мікроводоростей під дією квантів світла ультрафіолетового випромінювання (наприклад з довжиною хвилі 264 нм), що підвищує ступінь очищення води.

Після бактерицидної обробки потік освітленої і стерилізованої води у флотаторі змішується з потоком бульбашок повітря, що продукуються ежектором. При цьому забезпечується накопичення домішок води, що адсорбуються і абсорбуються, на поверхні і в об'ємі бульбашок ежектованого повітря і відбувається їх переміщення з повітряними бульбашками з об'єму води в ємність бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ), а потім у вигляді тонких плівок продуктів флотацій мікробіального метаболізму і інших поверхнево-активних забруднень води концентрат флотообробки видаляється з водного об'єму водоочищувального агрегату через ємність бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ). Тобто у флотаторі відбувається обмінна абсорбція летючих речовин води, при якій бульбашки повітря вилучають з води хлор, хлороформ, метан, аміак, сірководень і інші токсичні летючі речовини, концентрація яких у воді вища, ніж в атмосфері, і одночасно насичують воду киснем повітря. Бульбашки також адсорбують на своїй поверхні істинно розчинені і колоїдні поверхнево-активні речовини (ПАР) води (молекули білків, ліпідів, синтетичних мийних засобів, їх міцели і комплексні з'єднання з катіонами важких і полівалентних металів) і доставляють їх в бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ). У бульбашково-плівковому екстракторі (БПЕ) ці домішки у вигляді плівок виводяться вгору і поверхнево-активні речовини (ПАР) концентруються в обмеженому водному об'ємі і у вигляді рідкого відходу водоочищення і в міру накопичення видаляються.

У зв'язку з тим, що вода після флотаційної обробки додатково надходить на біологічне очищення в аеробному біореакторі із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів, які інкубовано в ньому, то тим самим забезпечується завершальний етап очищення одного циклу обробки води. Аеробний біореактор являє собою проточний тубус із завантаженням з гранульованого мезопористого активованого вугілля. Колонії аеробних гетеротрофів біокаталітично очищають потік води, що циркулює, від органічних і мінеральних поверхнево-інертивних речовин, що служать компонентами живлення для зростання і розмноження цього виду мікроорганізмів. Аеробні гетеротрофи в природі є основними чинниками самоочищення водних просторів і тому істотно підвищують ступінь очищення води.

Особливістю рециркуляційної системи комбінованої обробки води є те, що з одного боку така система допускає можливість мінімізації габаритів її функціональних вузлів, а з іншого боку в ній забезпечується виникнення зворотних зв'язків, що оптимізують її роботу в цілому.

Так, якщо типовий прямоточний піщаний фільтр має висоту h і при заданій швидкості фільтрації забезпечує десятиразове пониження каламутності розчину, що фільтрується, то таке ж зниження каламутності розчину в

рециркуляційному процесі забезпечує фільтр з висотою 0,1 м, коли число рециркуляційних циклів в цій системі досягає десяти.

Аналогічним чином інтенсифікація процесу очищення відбувається при флотації.

При роботі рециркуляційної фільтраційно-флотаційної системи залишкова концентрація і-го виду домішки в оброблюваному полікомпонентному водному розчині може бути знижена до будь-якого бажаного рівня, так як кінетика вилучення речовин підкоряється закону зворотної експоненти.

При рециркуляційній фільтрації базові механізми видалення речовин з рідини, що фільтрується, при біологічному очищенні води в аеробному біореакторі із завантаженням, залишаються такими ж, як і в будь-якому іншому зернистому фільтрі. Зокрема, великодисперсні домішки осідають на поверхні фільтра з утворенням «місткових» структур та пухкого осаду, частково блокуючого переріз усть вхідних пор фільтра. Колоїдні частинки утворюють коагулюм всередині фільтра за механізмами інерційної і безінерційної гетерокоагуляції.

Але відмінною рисою роботи зернистого фільтра в аеробному біореакторі в рециркуляційному режимі разом з флотатором і бульбашково-плівковим екстрактором (БПЕ), є та обставина, що в поровий простір завантаження, що складається з активованого вугілля, безперервно надходить розчин, збагачений атмосферним киснем (за рахунок обмінної абсорбції при флотації у флотаторі). Одночасно цей розчин виявляється збіднений поверхнево-активними інгібіторами мікробіального метаболізму за рахунок роботи бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ).

Насичення потоку, що фільтрується, атмосферним киснем і вилучення з нього поверхнево-активних інгібіторів мікробіального метаболізму також стимулює активність біообростання при фільтрації через насипний піщаний фільтр всередині піщаної маси і тим самим перетворює її на біофільтр і біореактор.

Таким чином, реалізуються позитивні зворотні зв'язки між функціональними вузлами комплексу фільтраційної флотації.

Внесок цих складових в «продуктивність» рециркуляційної фільтрації залежить від віку і видового складу біообростання на зернах піску, а також від наявності у потоці, що фільтрується, речовин, що є субстратами для бактеріального живлення.

Біообростання поглинають з потоку фільтрованої рідини ті органічні речовини, які легко засвоюються ферментними системами бактерійних клітин. У міру утилізації цих речовин бактерії приступають до «перетравлення» більш складних органічних сполук. При цьому потік води на виході з фільтра і біореактора виявляється додатково очищеним від розчинених органічних сполук. Одночасно у вихідний потік з піщаного фільтра і біореактора надходять продукти життєдіяльності біообростання. Це вуглекислий газ, вода, ендogenousні сурфактанти, а також важкорозкладані фрагменти відмираючих

бактерійних колоній. З рециркулюючого об'єму водної фази їх евакуує бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ).

Вдосконалений спосіб забезпечує видалення з об'єму рециркулюючої водної фази сукупність речовин, які належать до різних класів за ступенем дисперсності і природою походження. До них належать органічні і неорганічні речовини, седиментуючі і неседиментуючі, колоїдні і істинно розчинені поверхнево-активні і інактивні, а також летючі органічні сполуки і гази. А вихідні потоки води піддаються згаданій вище стерилізації УФ-опромінювачами, які укомплектовано бактерицидними лампами відповідної потужності.

Надалі корисна модель пояснюється кресленнями і описом прикладу його здійснення.

На фіг. 1 схематично зображено пристрій для глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, в якому реалізований заявлений спосіб.

На фіг. 2 схематично зображено декілька пристроїв для глибокого очищення (доочищення) води, що з'єднані по паралельній схемі.

Пропонований спосіб реалізується в пристрої для глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної (фіг. 1, 2).

Пристрій для глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної, містить очисний модуль (агрегат) 1, всередині якого розташований флотатор 2, всередину якого нагнітається водоповітряна суміш, що надходить з ежектора 3, бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ) 4, що розташований над флотатором і служить для екстракції і видалення поверхнево-активних речовин (ПАР). Усередині очисного модуля 1 розташований насипний піщаний фільтр 5, зв'язаний за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу 6 з ультрафіолетовим опромінювачем (УФ-опромінювачем) 7, який сполучений з ежектором 3. УФ-опромінювач 7 може бути встановлений зовні або усередині очисного модуля 1. Дренажно-відсмоктуючий засіб 6 виконаний у вигляді заглибленої в насипний піщаний фільтр 5 перфорованої дренажної коробчастої насадки 9, забезпеченої насосом 10, який може бути встановлений усередині або зовні очисного модуля 1.

Очисний модуль (агрегат) 1 має вхідний патрубок 11 з краном 12 для подачі початкової води на очищення, вихідний патрубок 13 з краном 14 для виведення очищеної води і зв'язаний з виходом УФ-опромінювача 7, зливний патрубок 15 для видалення поверхнево-активних речовин (ПАР), пов'язаний з бульбашково-плівковим екстрактором (БПЕ) 4, вхідний патрубок 16 ежектора 3 для ежекції повітря з атмосфери, вхідний патрубок 17 ежектора 3 для підведення води з ультрафіолетового опромінювача (УФ-опромінювача) 7 і вихідний патрубок 18 ежектора 3, введений всередину флотатора 2 для подачі водоповітряної суміші і здійснення флотації.

Спосіб глибокого очищення (доочищення) води, переважно питної (фіг. 1, 2), при якому ведуть обробку води в одному очисному модулі (агрегаті) 1 (фіг. 1), в загальному випадку включає флотаційну обробку води, що очищається, у флотаторі 2 водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора 3, екстракцію поверхнево-

активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ) 4, а також виведення очищеної води і видалення поверхнево-активних речовин (ПАР).

Особливістю способу є те, що виконують комплексне очищення (доочищення) води щонайменше в одному очисному модулі 1 (фіг. 2), що включає щонайменше один кільцевий багатоступінчастий цикл очищення (доочищення) води, при якому додатково виконують фільтрацію води через насипний піщаний фільтр 5 (фіг. 1), після якого відфільтровану воду виводять за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу 6 і подають на бактерицидну обробку води в ультрафіолетовий опромінювач (УФ-опромінювач) 7.

Після цього виконують флотаційну обробку освітленої води у флотаторі 2 водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора 3, і екстракції поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ) 4.

А потім додатково виконують біологічне очищення води в аеробному біореакторі 8 із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів, які інкубовано в ньому.

Після цього виконують повторну подачу води на наступний кільцевий багатоступінчастий цикл очищення води - рециркуляцію, при цьому виведення очищеної води виконують після багатократної рециркуляції.

Фільтрацію води через насипний піщаний фільтр 5, бактерицидну обробку води в ультрафіолетовому опромінювачі (УФ-опромінювачі) 7, флотаційну обробку води, що очищається, у флотаторі 2 водоповітряною сумішшю, що поступає з ежектора 3 що супроводжується бульбашково-плівковою екстракцією поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ) 4, і біологічне очищення води в аеробному біореакторі 8 із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів, інкубованих в ньому, виконують послідовно в кожному кільцевому багатоступінчастому циклі очищення (доочищення) води в очисному модулі (агрегаті) 1.

При фільтрації води через насипний піщаний фільтр 5 відфільтровану воду виводять за допомогою дренажно-відсмоктуючого засобу 6, яке виконують у вигляді заглибленої в насипний піщаний фільтр 5 перфорованої дренажної коробчастої насадки 9, забезпеченої насосом 10, який встановлюють усередині або зовні очисного модуля 1.

Подачу початкової води на очищення в очисний модуль 1 здійснюють через вхідний патрубок 11, забезпечений краном 12, виведення очищеної води здійснюють через вихідний патрубок 13, забезпечений краном 14 і зв'язаний з виходом УФ-опромінювача 7, видалення поверхнево-активних речовин (ПАР) здійснюють через зливний патрубок 15, пов'язаний з бульбашково-плівковим екстрактором (БПЕ) 4, підсос повітря з атмосфери в ежектор 3 здійснюють через вхідний патрубок 16, підведення води з УФ-опромінювача 7 здійснюють через вхідний патрубок 17, а подачу

водоповітряної суміші на флотацію з ежектора 3 у флотатор 2 здійснюють через вихідний патрубок 18 ежектора 3.

При великому водоспоживанні очисні модулі 1 сполучають по паралельній схемі (фіг. 2).

Коли технологія водоочищення реалізується в запропонованому рециркуляційному варіанті, то в рециркуляційному технологічному ланцюжку піщаний фільтр 5, аеробний біореактор 8 із завантаженням, що складається з активованого вугілля, флотатор 2 і бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ) 4, що сполучені послідовно і працюють в рециркуляційному режимі, підсилюють функції один одного. Тобто насичення водного потоку киснем повітря у флотаторі 2 стимулює біофільтраційну активність мікрофлори в поровому просторі завантаження, що складається з активованого вугілля, в аеробному біореакторі 8 і в піщаному фільтрі 5. При цьому концентрація поверхнево-активних речовин (ПАР) - продуктів мікробіального метаболізму на вході в бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ) 4 підвищується. Ці речовини є природними флокулянтами. Вони забезпечують агрегацію колоїдних частинок в очисному модулі 1, полегшуючи їх евакуацію через бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ) 4, і тим самим дозволяють скоротити або зовсім відмовитися від застосування синтетичних флокулянтів.

При флотації продукти мікробіального метаболізму разом з іншими домішками безперервно виводяться з потоку рециркулюючої рідини через бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ) 4. Як наслідок, в фільтраційно-флотаційній системі реалізується ще один позитивний зворотний зв'язок. Його суть полягає в тому, що мікробіальні метаболіти при їх накопиченні в середовищі існування бактерій пригніблюють активність клітин по законах хімічної кінетики. І по цих же законах бактерійна активність зростає, коли продукти бактерійного метаболізму вилучаються з інкубаційного середовища. Тому піщаний фільтр 5 і аеробний біореактор 8 із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями аеробних гетеротрофів, інкубованих в ньому, флотатор 2 і бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ) 4, що функціонують в рециркуляційному варіанті, забезпечують один одного додатковими можливостями сепарації за рахунок синергетичного ефекту. Іншими словами, біообробання в зернистому піщаному фільтрі 5 і в аеробному біореакторі 8, тобто в його завантаженні, що складається з активованого вугілля, збагачують фільтрат речовинами, які є природними флокулянтами, і тим самим забезпечують ефективність флотації у флотаторі 2 і бульбашково-плівкової екстракції поверхнево-активних речовин (ПАР) в бульбашково-плівковому екстракторі (БПЕ) 4. А бульбашково-плівкова екстракція, принцип дії якої пов'язаний з насиченням водного потоку киснем повітря і видаленням з нього продуктів життєдіяльності бактерій, підсилює роботу біофільтра. Це продовжується до тих пір, поки в об'ємі рециркулюючої рідини не вичерпаються компоненти живлення для біообробань.

Але на цьому переваги рециркуляційної технології очищення (доочищення) води не вичерпуються. Дуже важливою обставиною є те, що в рециркуляційній технології водоочищення відпадає необхідність застосовувати декілька послідовно сполучених фільтрів. Функцію громіздкого фільтруючого ланцюжка тут забезпечує один малогабаритний фільтр. При оптимальній площі розділових поверхонь в поровому просторі цього фільтра, поглинання речовин в його робочому об'ємі відбувається одночасно по механізмах блокування прохідних перерізів пор, гравітаційного осадження, інерційної і безінерційної гетерокоагуляції, біопреципітації і

біокаталізу. Сумарний ступінь вилучення домішок з об'єму оброблюваної води в цьому випадку підпорядковується рівнянню:

$$\frac{C}{C_0} = \exp\left(-\frac{k\tau}{V}\right), (1)$$

де: C - концентрація домішок води після обробки; C_0 - початкова концентрація домішок води; k - узагальнена константа швидкості обробки води; τ - тривалість рециркуляційного режиму обробки води V - об'єм оброблюваної води.

Таблиця

Показники якості очищеної заявленим способом води наведені в таблиці

№ п/п	Найменування показника	Початкова вода	Очищена вода	Норма
1	Кольоровість, град. (°) платиново-кобальтової шкали	20-50	<5	20
2	Запах, бали	2-3	1	2
3	Каламутність, мг/дм ³	4-14	<0,5	1,5
4	Водневий показник рН	7,25 ± 0,3	7,32-8,5	6,0-9,0
5	Смак і присмак, бали	2-3	1	2
6	Залишковий хлор (Cl), мг/дм ³	1,2	<0,3	0,8-1,2
7	Хлороформ (CHCl ₃), мг/дм ³	0,1	-	0,06
8	Чотирихлористий вуглець, (CCl ₄) мг/дм ³	0,004-0,006	-	0,005
9	Нітрати (HNO ₃), мг/дм ³	4,0 ± 0,5	<2	45,0
10	Нітрити (NaNO ₂ HNO ₂), мг/дм ³	0,0031	< 0,002	3,0
11	Алюміній (Al), мг/дм ³	0,24 ± 0,02	<0,05	0,5
12	Залізо (Fe), мг/дм ³	3,0-14,0	<0,01	0,3
13	Кадмій (Cd), мг/дм ³	0,0005	-	1,001
14	Марганець (Mn), мг/дм ³	< 0,001	< 0,001	0,1
15	Мідь (Cu), мг/дм ³	0,06 ± 0,001	0,04 ± 0,001	1,0
16	Стронцій (Sr), мг/дм ³	0,103	<0,09	2,0
17	Аміак (NH ₃), мг/дм ³	<0,04	-	2,0
18	ПАР (поверхнево-активні речовини), мг/дм ³	3,0	< 0,025	1,0
19	СПАР (синтетичні поверхнево-активні речовини), мг/дм ³	0,5	<0,04	0
20	Миш'як (As), мг/дм ³	0,005 ± 0,0001	-	0,05
21	Перманганатна окислюваність, міліграм O ₂ /дм	8,12	<3	-
22	ЗМЧ (загальне мікробне число), число колоній бактерій на 100 мл	63-630	-	100
23	Колі-індекс, кількість бактерій Колі на 100 мл	100000	<3	<3

З таблиці видно, що показники якості води, очищеної (доочищеної) заявленим вдосконалим способом, при якому фільтрацію води через насипний піщаний фільтр 5, бактерицидну обробку води в ультрафіолетовому опромінювачі (УФ-опромінювачі) 7, флотажну обробку води у флотаторі 2 водоповітряною сумішшю, що надходить з ежектора 3, що супроводжується бульбашково-плівковою екстракцією поверхнево-активних речовин (ПАР) за допомогою бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ) 4, і біологічне очищення води в аеробному біореакторі 8 із завантаженням, що складається з активованого вугілля з колоніями

аеробних гетеротрофів, інкубованих в ньому, що виконують послідовно в кожному кільцевому багатоступінчатому циклі очищення (доочищення) води в очисному модулі (агрегаті) 1, відповідають або перевершують показники якості питної води по нормативно-технічній документації.

Наведені відомості підтверджують промислову придатність заявленого вдосконаленого способу глибокого очищення (доочищення) води, переважної питної, заснованого на багатоступінчатій обробці води шляхом рециркуляційної обробки води, щонайменше в одному, очисному модулі, який може знайти широке застосування для очищення

питних вод в побуті і харчовій промисловості, а також для доочищення технічних і стічних вод промислових підприємств.

Перелік позначень:

- 1) очисний модуль (агрегат)
- 2) флотатор
- 3) ежектор
- 4) бульбашково-плівковий екстрактор (БПЕ)
- 5) насипний піщаний фільтр
- 6) дренажно-відсмоктуючий засіб
- 7) ультрафіолетовий опромінювач (УФ-опромінювач)
- 8) аеробний біореактор
- 9) перфорована дренажна коробчаста насадка
- 10) насос
- 11) вхідний патрубок очисного модуля (агрегату)

12) кран вхідного патрубка очисного модуля (агрегату)

13) вихідний патрубок очисного модуля (агрегату)

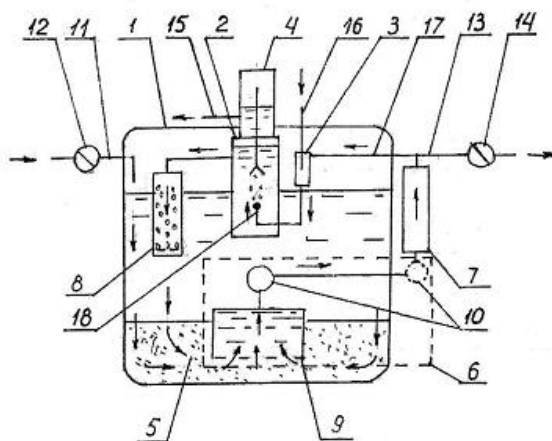
14) кран вихідного патрубка очисного модуля (агрегату)

15) зливний патрубок для видалення поверхнево-активних речовин (ПАР) з бульбашково-плівкового екстрактора (БПЕ)

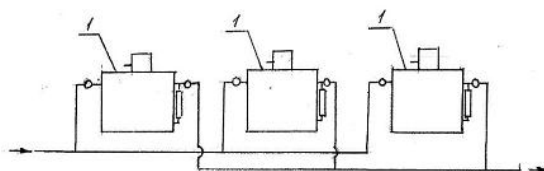
16) вхідний патрубок ежектора для ежекції повітря з атмосфери

17) вхідний патрубок ежектора для підведення води з ультрафіолетового опромінювача (УФ-опромінювача)

18) вихідний патрубок ежектора для подачі водоповітряної суміші всередину флотатора.



Фиг. 1



Фиг. 2