



УКРАЇНА

(19) UA (11) 77320 (13) C2
(51) МПК (2006)
C02F 1/28
B01J 20/02
B01D 15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД І ПІДГОТОВЛЕННЯ ВОДИ

1

(21) а200500395
(22) 17.01.2005
(24) 15.11.2006
(46) 15.11.2006, Бюл. № 11, 2006 р.
(72) Нікулін Сергій Юхимович, Косцов Євген Миколайович, Чапля Микола Олександрович, Муха Василь Іванович, Капусник Ігор Вадимович, Гуданець Валентин Іванович, Скобелкін Геннадій Іванович, Васильєва Вікторія Олександрівна
(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ЕНЕРГОСТАЛЬ"
(56) RU 2238787 C1, 27.10.2004
RU 34934 U1, 20.12.2003
GB 2273251 A, 15.06.1994
US 5972211 A, 26.10.1999
(57) Спосіб очищення промислових стічних вод і підготовки води, що включає фільтрацію води послідовно через шари завантаження, який **відрізняється** тим, що фільтрацію здійснюють через три шари зернистого завантаження, при цьому

2

воду перед подаванням на третій шар завантаження піддають турбулентному перемішуванню протягом 3-8 секунд з лінійною швидкістю руху води 0,7-2,5 м/с, а воду на третій шар завантаження подають під тиском 65-95% від тиску води, що подають на перший шар завантаження, причому промивання перших двох шарів здійснюють зворотною течією води, починаючи з другого шару завантаження, промивання третього шару здійснюють автономно, як перший та третій шари завантаження використовують матеріал з вмістом вуглецю 92-97% і розміром зернин 0,4-6,0 мм, як другий шар завантаження використовують матеріал з вмістом кремнію не менше 92% і розміром зернин 0,2-3,0 мм, а співвідношення висоти шарів завантаження становить $H_1:H_2=0,8-5,70$, $H_1:H_3=0,4-1,25$, де H_1 - висота завантаження першого шару, H_2 - висота завантаження другого шару, H_3 - висота завантаження третього шару.

Винахід, що заявляється, відноситься до очищення промислових стічних вод від завислих речовин і ефіророзчинних речовин, у тому числі емульгованих мастил, та підготовки води, зокрема води питної якості, а також свіжої технічної (підживлювальної) води для промислових підприємств, та може бути використаний на очисних спорудах підприємств чорної та кольорової металургії, машинобудування, енергетики та інших галузей промисловості.

Відомий спосіб очищення стічних вод від нафтопродуктів [Авт. св. СРСР №1433901, МПК⁴ C02F1/28, опубл. 30.10.1988р., бюл. №40], що включає фільтрацію через завантаження, яке містить суміш 70÷90об.% природного шунгіту, який термооброблений при 150÷200°C та містить 10÷30% вуглецю, з 10÷30об.% вуглецевого волокна.

До недоліків можна віднести високу вартість такого способу очищення, обумовлену необхідніс-

тю використання вуглецевого волокна та енергоспоживання високої вартості для забезпечення термообробки вуглецевмісного шунгіту.

Крім того, температура активації для отримання високоефективного вуглецевмісного адсорбенту з вмістом в достатньому обсязі мікро- та мезошпар повинна перевищувати 700°C, а для деяких типів вуглецевмісної сировини може досягати 1000°C, з використанням відповідного апаратного забезпечення та подавання природного газу і водяної пари [Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. - Ленинград: Химия, 1982. - С.7÷18]. Якщо перелічені умови не виконуються, то адсорбційний об'єм активованого шунгіту не буде перевищувати аналогічного показника для неактивованих зернистих матеріалів (наприклад, для антрацитів дрібнодисперсних фракцій). Це, в свою чергу, викликає неможливість досягнення ГДК нафтопродуктів для скидання у водоймища рибогосподарського призначення (0,05мг/л), а також вимог під час очищен-

(13) C2

(11) 77320

(19) UA

ня оборотної води промислових стічних вод від розчинених, емульгованих та тонкодисперсних мастил у випадку використання двох шарів з зазначених матеріалів в такому способі.

Відомий спосіб очищення стічних вод [Авт. св. СРСР №1542909, МПК³ C02F1/28, опубл. 15.02.1990р., бюл. №6], що включає фільтрацію через сорбент, при цьому фільтрацію здійснюють послідовно через вугільні поворотні технологічні відходи електродного виробництва та карбонат кальцію, що взяті в масовому співвідношенні (1÷2):1.

Проте карбонат кальцію є матеріалом, механічна міцність та хімічна стійкість якого значно (в 2÷3 та 10÷20 разів, відповідно) нижче вимог, що пред'являються до фільтрувального завантаження, призначеного для очищення стічних вод в промисловості, зокрема стираність та подрібнюваність матеріалу не повинні перевищувати 0,5% та 4%, відповідно [Указання по проектированию энергосхозяйства металлургических предприятий. Очищенные сооружения и защита водоёмов. МинЧМ СССР, ОРД 14.397-2.02-87. - Москва, 1987. - С.32÷34], та підготовлений води питної якості [СНиП 11-31-74. Водоснабжение. Внешние сети и сооружения. - Москва: Стройиздат, 1978. - С.88÷89].

Використання такого способу призведе до інтенсивного механічного зносу шару завантаження, що складається з карбонату кальцію. Механічний знос цього шару перевищуватиме нормативне значення 1÷5% на рік [Правила технической эксплуатации в водных хозяйствах предприятий черной металлургии. МинЧМ. - Москва: Металлургия, 1981. - С.108] та, відповідно, складатиме 50÷200% на рік по масі. А це, в свою чергу, викликає зменшення загальної висоти фільтрувального шару, наприклад, під час очищення промислових стічних вод - в 1,5÷2 рази, орієнтовно, за 10 фільтроциклів за нейтральної або лужної реакції середовища та за 3÷5 фільтроциклів за кислої реакції середовища. При цьому ефективність очищення від нафтопродуктів та завислих речовин знижується в 2÷3 рази.

Відомий спосіб очищення стічних вод [Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. Справочное пособие. - Москва: Стройиздат, 1977. - С.86÷93], що включає триступеневе сорбційне очищення води в статичних умовах, яке здійснюють послідовним введенням чистих порцій сорбенту у воду, що очищується, та інтенсивним його механічним перемішуванням з цією водою перед кожним наступним ступенем очищення та наступним відокремленням сорбенту від води в результаті відстоювання та фільтрування, а як сорбент використовують активоване вугілля (100% по масі).

Недоліком такого способу є використання сорбенту (активованого вугілля) високої вартості та його послідовне введення у воду, що очищується, перед кожним наступним з трьох ступенів очищення з одночасним механічним перемішування, що, в свою чергу, обумовлює високу вартість такого способу очищення. Крім того, механічне перемі-

шування призводить до розділення забруднень і сорбенту, що знаходяться у воді, і, таким чином, спричиняє зниження ефективності очищення води від забруднень.

Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається при його здійсненні, є спосіб очищення промислово-дощових стічних вод [Опис винаходу до заявки на видачу патенту Російської Федерації №94036350, МПК⁶ C02F1/28, опубл. 20.08.1996р., бюл. №23], що включає послідовну сорбцію на двошаровому завантаженні, в якості якого використовують матеріал, що складається з активованої вуглецевмісної речовини, діаметри та висоти завантажень якого беруть в наступних співвідношеннях: $D_2:D_1=1,8\div6,8$, $H_1:H_2=0,5\div1,6$, де D_1 - діаметр частинок завантаження першого шару; D_2 - діаметр частинок завантаження другого шару; H_1 - висота частинок завантаження першого шару; H_2 - висота частинок завантаження другого шару.

Недоліком такого способу є необхідність використання сорбенту (активованої вуглецевмісної речовини) високої вартості, що суттєво збільшує експлуатаційні витрати під час очищення води. Перший шар завантаження характеризується меншими діаметрами частинок ніж другий шар, які беру у співвідношенні $D_2:D_1=1,8\div6,8$. Як відомо, під час фільтрування згори-донизу діаметр зернин верхнього шару завантаження повинен бути більший ніж діаметр зернин нижнього шару [Клячко В.А., Апельцин Э.И. Очистка природных вод. - Москва: Стройиздат, 1971. - С.231÷234. Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. - Ленинград: Химия, 1977. - С.84÷87]. Якщо ця умова не виконується, то під час фільтрування води, яка містить завислі речовини, нафтопродукти (мастила), відбувається швидке накопичування забруднень у верхньому тонкому (2÷5см) шарі завантаження з наступною кальматацією (забиванням) його міжшарових каналів, що, в свою чергу, призводить до прискореного зростання опору (втрат напору) завантаження. При цьому прискорено утворюється непроникний поверхневий шар, який перешкоджає процесу фільтрування. В результаті 50÷90% від об'єму завантаження нижніх шарів практично виключається з процесу фільтрації, тобто очищення води. Особливо такий процес інтенсифікується за умови наявності в стічній воді мастил. Наслідком цього процесу є погіршення технологічних параметрів роботи фільтрів, а саме скорочення грязєємності завантаження (сорбційної ємності) та тривалості фільтроциклу, зниження середньої швидкості фільтрування в 2÷3 рази.

Співвідношення висот шарів завантаження $H_1:H_2=0,5\div1,6$ свідчить про те, що висота другого шару завантаження, діаметр частинок якого значно (в 1,8÷6,8 рази) більше діаметра частинок першого шару, може бути значно (в 1,5÷2 рази) більше висоти першого шару. За таких умов збільшена висота другого шару не забезпечує затримування дрібнодисперсних фракцій забруднень (завислих речовин та нафтопродуктів), особливо емульгованих та розчинених мастил, що, в свою чергу, не дозволяє досягти глибокого ступеню очищення

води від таких забруднень. Крім того, проскакування частини забруднень у вигляді агломератів з твердих частинок та мастил з верхнього шару завантаження до нижнього вимагає збільшеної тривалості та інтенсивності промивання, а також збільшення об'єму промивної води.

Сукупність наведених вище ознак такого способу не дозволяє досягти зниження втрат напору в завантаженні, скорочення часу, інтенсивності промивання та об'єму промивної води, забезпечити високий ступінь очищення стічних вод, що містять дрібнодисперсні механічні забруднення та, особливо, емульговані і розчинені мастила, на підприємствах металургії, машинобудування, нафтохімії, а також під час підготовки свіжої технічної (підживлювальної) води на таких підприємствах та під час підготовки води питної якості.

Таким чином, в зазначеному вище способі очищення промислово-дощових вод недостатньо ефективно використовується сорбційна ємність завантаження, не забезпечується глибокий ступінь очищення води від механічних забруднень - завислих речовин, нафтопродуктів, особливо емульгованих та розчинених мастил, та має місце різке скорочення корисного об'єму споруд. Цей висновок стосується очищення промислових стічних вод на підприємствах чорної та кольорової металургії, машинобудування, а також під час підготовки (очищення) води питної якості та технічної (підживлювальної) води для промислових підприємств.

В основу винаходу, що заявляється, поставлено задачу створити спосіб очищення промислових стічних вод і підготовки води, який дозволить підвищити ефективність очищення промислових стічних вод, а також забезпечити підготовки (очищення) води питної якості та свіжої технічної (підживлювальної) води для промислових підприємств, в основному від механічних забруднень - завислих речовин, нафтопродуктів (мастил), особливо від емульгованих та розчинених фракцій останніх, зі збільшенням тривалості фільтроциклу, зниженням питомих витрат промивної води та повітря, збільшенням середньої швидкості фільтрування, зниженням механічного зносу фільтрувального завантаження за рахунок підвищення його грязєємності (сорбційних властивостей), зниження втрат напору в фільтрувальному завантаженні, в якості якого використовують різні за хімічним складом неактивовані зернисті матеріали, а також дозволить скоротити експлуатаційні та капітальні витрати на фільтрувальних станціях.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі очищення промислових стічних вод і підготовки води, що включає сорбцію послідовно через шари завантаження, згідно з винаходом фільтрацію здійснюють через три шари зернистого завантаження, при цьому воду перед подаванням на третій шар завантаження піддають турбулентному перемішуванню на протязі 3÷8 секунд з лінійною швидкістю руху води 0,7÷2,5 м/с, а воду на третій шар завантаження подають під тиском 65÷95% від тиску води, що подають на перший шар завантаження, причому промивання перших двох шарів здійснюють зворотною течією води, починаючи з другого шару завантаження, проми-

вання третього шару здійснюють автономно, як перший та третій шари завантаження використовують матеріал з вмістом вуглецю 92÷97% і розміром зернин 0,4÷6,0 мм, як другий шар завантаження використовують матеріал з вмістом кремнію не менше 92% і розміром зернин 0,2÷3,0 мм, а співвідношення висоти шарів завантаження становить:

$$H_1:H_2=0,8\div5,70,$$

$$H_1:H_3=0,4\div1,25,$$

де H_1 - висота завантаження першого шару;

H_2 - висота завантаження другого шару;

H_3 - висота завантаження третього шару.

Спосіб за винаходом дозволяє забезпечити глибокий ступінь очищення, в основному, від механічних забруднень - завислих речовин, нафтопродуктів (мастил), особливо від емульгованих та розчинених мастил, збільшити тривалість фільтроциклу, знизити питомі витрати промивної води та повітря, збільшити середню швидкість фільтрації, знизити механічний знос (подрібнюваність, стираність) завантаження, підвищити грязєємність (сорбційні властивості) фільтрувального завантаження, знизити втрати напору в фільтрувальному завантаженні, в якості якого використовують різні за хімічним складом неактивовані зернисті матеріали. Все це дозволяє суттєво знизити вартість процесу очищення промислових стічних вод і водопідготовки фільтруванням, а також експлуатаційні та капітальні витрати на фільтрувальних станціях.

Використання для фільтрації трьох шарів зернистого завантаження дозволяє проводити ефективно очищення промислових стічних вод та водопідготовки технічної або питної води від механічних забруднень, у тому числі емульгованих мастил, в широкому діапазоні концентрацій та розміру частинок твердих забруднень і умовних краплин нафтопродуктів. При цьому висока ефективність очищення забезпечується за рахунок розподілу функцій між першим, другим та третім шарами завантаження за очисткою від завислих речовин та нафтопродуктів різної дисперсності.

Так на першому шарі завантаження, що складається з вуглецевмісного матеріалу, відбувається попереднє очищення води від грубодисперсних (20÷100 мкм) фракцій нафтопродуктів (мастил) та основної частини завислих речовин. Використання вуглецевмісного матеріалу в першому шарі дозволяє використовувати підвищену (на порядок) в порівнянні з кремнієвмісними матеріалами питому поверхню зернин для більш інтенсивного затримання завислих речовин, ніж мастил. Цьому сприяє також висока (45÷55%) пористість насипного шару антрациту.

Другий шар завантаження, що складається з кремнієвмісного матеріалу дозволяє здійснювати глибоке доочищення води від завислих твердих частинок, у тому числі від частини дрібнодисперсних (1,0÷5,0 мкм), та здійснювати попереднє очищення від частини дрібнодисперсних (1,0÷5,0 мкм) фракцій нафтопродуктів. Цей процес здійснюється за рахунок більшої компактності завантаження у зв'язку з більшою в 1,3÷1,6 рази насипною щільністю та меншою (лише 25÷35%) пористістю насипного шару кремнієвмісного матеріалу, ніж вуглеце-

вмісного.

Використання третього шару завантаження, що складається з вуглецевмісного матеріалу, дозволяє здійснити остаточне глибоке доочищення промислових стічних вод або води для питних потреб від твердих завислих речовин та нафтопродуктів малої крупності (0,1-1,0мкм) частинок і умовних краплин, відповідно. Використання вуглецевмісного матеріалу в третьому шарі дозволяє використовувати підвищену (на порядок), в порівнянні з кремнієвмісними матеріалами, питому поверхню зернин, а також меншого питомого навантаження забруднень на одиницю поверхні зернин в третьому шарі, за рахунок чого досягається більш інтенсивне затримування тонкодисперсних завислих речовин та мастил при відсутності у воді після другого шару грубодисперсних фракцій нафтопродуктів (мастил) та завислих речовин.

Використання завантаження з кількістю шарів менше трьох не дозволяє забезпечити глибоке очищення стічних вод промислових підприємств, особливо від твердих (завислих) речовин та нафтопродуктів (мастил) малої крупності (0,1-1,0мкм) частинок і умовних краплин, відповідно. Особливо це стосується очищення води для питних потреб, в якій практично 100% твердих частинок і умовних краплин забруднень знаходяться в наведеному вище діапазоні фракцій.

Використання завантаження з кількістю шарів більше трьох призведе до значного (в 2-3 рази) збільшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з необхідністю використання більш інтенсивного і тривалого промивання для забезпечення нормативних витрат напору в завантаженні перед наступним фільтроциклом. Збільшення кількості шарів до чотирьох або п'яти призведе до збільшення питомих витрат промивної води та електроенергії на 15-25% для кожного шару. Крім того, збільшення кількості шарів більше трьох призведе до скорочення тривалості фільтроциклу в 1,3-1,8 рази.

Турбулентне перемішування води на протязі 3-8 секунд перед подаванням на третій шар завантаження оптимально забезпечує утворення більш крупних агрегатів забруднень з одного боку та недостатньо для їх руйнування з іншого. При цьому забезпечується максимальний ступінь затримування збільшених таким чином забруднень третім шаром фільтрувального завантаження.

Зменшення часу турбулентного перемішування менше 3-х секунд призводить до недостатнього ступеню агрегування (збільшення) забруднень тонкодисперсних (0,1-10мкм) фракцій та зниження ефективності їх уловлювання третім шаром.

Збільшення часу турбулентного перемішування понад 8-м секунд призводить до руйнування існуючих недостатньо міцних конгломератів забруднень та перешкоджає утворенню нових конгломератів. При цьому значно знижується ефективність уловлювання (абсорбції) тонкодисперсних (0,1-1,0мкм) забруднень в третьому шарі.

Піддавання води перед подаванням на третій шар завантаження турбулентному перемішуванню з лінійною швидкістю руху води 0,7-2,5м/с забезпечує ефективні умови масообміну за всім об'ємом води за короткий час. Це дозволяє здійснювати

максимальну кількість співударів твердих частинок та умовних краплин мастил, які залишилися після фільтрації через перший та другий шари, та забезпечити умови для їхнього інтенсивного агрегування перед подаванням на третій фільтрувальний шар. Це передбачає можливість затримування попередньо збільшених таким чином твердих частинок та умовних краплин мастил особливо малої крупності 0,1-1,0мкм.

За зменшення лінійної швидкості руху води менше 0,7м/с під час турбулентного перемішування не забезпечуються вимоги інтенсивного масообміну, який гарантує максимальну кількість співударів забруднень тонкодисперсних фракцій (0,1-1,0мкм) та за їх малу концентрацію (1-10мг/л). В результаті ефективність затримування тонкодисперсних забруднень в третьому шарі знижується в декілька разів.

За збільшення лінійної швидкості руху води понад 2,5м/с під час турбулентного перемішування переважає процес руйнування існуючих недостатньо міцних конгломератів забруднень та запобігається утворення нових конгломератів. При цьому значно знижується ефективність уловлювання (адсорбції) тонкодисперсних (0,1-1,0мкм) забруднень у третьому шарі.

Подавання води для фільтрації на третій шар завантаження під тиском 65-95% від тиску води, що подається на перший шар завантаження, забезпечує скорочення експлуатаційних витрат, пов'язаних зі зменшенням витрат електроенергії, яка необхідна для подавання вихідної води на завантаження в режимі фільтрування та в режимі промивання третього шару завантаження. Економія експлуатаційних витрат, що досягається, становить 20-30%. Крім того, при цьому забезпечуються оптимальні умови для максимально ефективного очищення води від забруднень тонкодисперсних фракцій (0,1-1,0мкм), у тому числі емульгованих мастил.

Подавання води на третій шар завантаження під тиском менше ніж 65% від тиску води, що подається на перший шар завантаження, спричиняє значне зниження ефективності очищення від тонкодисперсних забруднень, що обумовлюється утворенням тонкої плівки забруднень у верхній частині третього шару завантаження та спонтанним періодичним її винесенням у фільтрат, бо за знижений тиск не забезпечується рівномірний розподіл навантаження за всією площею фільтрувального завантаження.

Подавання води на третій шар завантаження під тиском понад 95% від тиску води, що подається на перший шар завантаження, викликає збільшення експлуатаційних витрат на 20-50%. Крім того, при цьому не забезпечуються оптимальні умови для максимально ефективного очищення води від забруднень тонкодисперсних фракцій 0,1-1,0мкм (емульгованих та розчинних мастил), що викликається постійним проскакуванням забруднень у фільтрат.

Промивання перших двох шарів зворотною течією води, починаючи з другого шару завантаження, а третього автономно забезпечує ефективне роздільне промивання як першого з другим, так

і третього шару завантаження. При цьому забезпечується скорочення експлуатаційних витрат, пов'язаних з промиванням третього шару завантаження, що обумовлюється зменшенням об'єму промивної води для цього шару в 4÷6 разів та збільшенням тривалості часу між промиваннями цього шару (тривалість фільтроциклу) в 5÷6 разів.

Подавання промивної води на третій шар завантаження та її відведення після першого шару призводить до збільшення експлуатаційних витрат на промивання фільтрувального завантаження, а саме призводить до збільшення тривалості промивання, об'єму промивної води, витрат електроенергії, стисненого повітря, а також до збільшення механічного зносу менш міцних шарів завантаження.

Використання як першого та третього шарів завантаження матеріалу з вмістом вуглецю 92÷97% і розміром зернин 0,4÷6,0мм, а як другого шару завантаження матеріалу з вмістом кремнію не менше 92% і розміром зернин 0,2÷3,0мм призводить до досягнення в усіх шарах завантаження максимально високої хімічної стійкості, а висока механічна міцність зернин завантаження (антрациту і піску), яка обумовлює збільшення тривалості експлуатації завантаження, забезпечує зниження експлуатаційних витрат, пов'язаних з поповненням завантаження. Крім того, це забезпечує значне зниження виводу продуктів механічного руйнування матеріалів з фільтрувального шару. Вміст таких складових у фільтраті при цьому знаходиться в межах санітарно-гігієнічних норм.

За вміст вуглецю в першому та третьому шарах завантаження менше 92% хімічна стійкість завантаження у зв'язку зі збільшенням вмісту розчинних включень суттєво (в 1,3÷1,4 рази) знижується. Крім того, у зв'язку зі збільшенням кремнієвих включень, окислів заліза та алюмінію, які нерівномірно розподіляються за окремими зернинами, суттєво зростає загальна стиранисть та подрібнюваність завантаження. Таким чином під час промивання відбувається інтенсивний механічний знос менш міцних зернин зернинами, що містять крупні включення окислів металів та кремнію.

За вміст вуглецю в першому та третьому шарах завантаження понад 97% у зв'язку з критичним зниженням вмісту окислів кремнію та окислів металів в зернинах знижується загальна механічна міцність цих шарів нижче нормативного рівня.

За вміст кремнію в другому шарі завантаження менше 92% аналогічний процес спостерігається між більш м'якими зернинами, що складаються в основному з окислів кремнію, та більш міцними зернинами з крупними включеннями окислів металів, що суттєво (на 15÷18%) знижує механічну міцність всього шару, а також його хімічну стійкість, що обумовлює збільшення розчинних компонентів.

Використання як першого та третього шарів завантаження вуглецевмісного матеріалу з розміром зернин 0,4÷6,0мм за рахунок високої питомої поверхні зернин та наявності мікрошпар дозволяє ефективно очищувати воду в широкому діапазоні концентрацій та дисперсності завислих речовин і нафтопродуктів. Наприклад, під час очищення промислових стічних вод, що містять завислі речовини і нафтопродукти в широкому діапазоні кон-

центрацій (10÷150мг/л і 0,75÷50мг/л, відповідно) та крупностей частинок та умовним розміром краплин 0,1÷100мкм. Або під час підготування (очищення) води питної якості з концентраціями завислих речовин 1÷10мг/л і емульгованих нафтопродуктів з концентрацією 0,5÷4,0мг/л та крупністю частинок та умовним розміром краплин 0,1÷1,0мкм.

За зменшення розміру зернин вуглецевмісного матеріалу менше 0,4мм різко знижується їх механічна міцність, при цьому загальна стиранисть та подрібнюваність шару знижується нижче припустимих норм - 0,5% та 4%, відповідно. В результаті інтенсивного зменшення висоти фільтрувального шару в початковий період експлуатації ефективність затримання забруднень, особливо тонкодисперсних та емульгованих, знижується в декілька разів.

За збільшення розміру зернин вуглецевмісного матеріалу понад 6,0мм значно знижується ефективність очищення води, що викликається збільшенням кількості проскакувань забруднень, наприклад, за високих концентрацій (до 50мг/л) грубодисперсних (понад 20мкм) мастил у випадку очищення промислових стічних вод, за невеликих концентрацій (0,5÷10мг/л) тонкодисперсних (0,1÷1,0мкм) завислих та емульгованих речовин, а також розчинених мастил, у випадку підготування питної та технічної (підживлювальної) води.

Використання як другого шару важкого більш щільного кремнієвмісного матеріалу з розміром зернин 0,2÷3,0мм дозволяє запобігти потраплянню в третій шар завантаження продуктів руйнування першого шару, а також забруднень, за винятком особливо малої крупності (0,1÷1,0мкм), за рахунок інтенсивного їх затримування більш дрібними шпаровими каналами другого шару. При цьому підвищуються експлуатаційні показники (знижуються витрати і тиск промивної води, збільшується адсорбційна здатність, тривалість фільтроциклу для третього шару та середня швидкість фільтрування через третій шар).

Використання кремнієвмісного матеріалу з розміром зернин менше 0,2мм спричиняє різке зниження їх механічної міцності, при цьому загальна стиранисть та подрібнюваність шару знижується нижче припустимих норм - 0,5% та 4%, відповідно. В результаті зменшення висоти фільтрувального шару в початковий період експлуатації ефективність затримання забруднень, особливо тонкодисперсних та емульгованих знижується в декілька разів.

Використання кремнієвмісного матеріалу з розміром зернин понад 3,0мм викликає значне зниження ефективності очищення води, що обумовлюється збільшенням кількості проскакувань забруднень, наприклад, під час очищення промислових стічних вод, що містять завислі речовини і нафтопродукти в широкому діапазоні концентрацій (10÷150мг/л і 0,75÷50мг/л, відповідно), крупностей частинок та умовним розміром краплин 0,1÷100мкм. Або під час підготування (очищення) питної та технічної (підживлювальної) води з концентраціями завислих речовин 1÷10мг/л і емульгованих нафтопродуктів з концентраціями 0,5÷4,0мг/л, крупністю частинок та умовним розмі-

ром краплин $0,1 \div 1,0 \text{ мкм}$.

Співвідношення висот шарів завантаження: $H_1:H_2=0,8 \div 5,70$, $H_1:H_3=0,4 \div 1,25$, де H_1 - висота завантаження першого шару; H_2 - висота завантаження другого шару; H_3 - висота завантаження третього шару, - забезпечує оптимальні умови для глибокого очищення води від механічних забруднень - завислих речовин, нафтопродуктів, особливо від тонкодисперсних, у тому числі емульгованих мастил, збільшення тривалості фільтроциклу, зниження загальної кількості промивної води, а також за рахунок підвищення грязєємності та сорбційних властивостей фільтрувального завантаження збільшення середньої швидкості фільтрації, зниження втрат напору в фільтрувальному завантаженні.

За використання шарів завантаження, які беруть у співвідношеннях менше $H_1:H_2=0,8 \div 5,70$; $H_1:H_3=0,4 \div 1,25$, ефективність очищення води від емульгованих мастил знижується в 2÷3 рази, знижується грязєємність фільтрувального завантаження, скорочується тривалість фільтроциклу, збільшуються витрати промивної води, знижується середня швидкість фільтрації.

За використання висоти шарів завантаження, які беруть у співвідношенні більше ніж $H_1:H_2=0,8 \div 5,70$, $H_1:H_3=0,4 \div 1,25$, ефективність очищення води від завислих речовин знижується в 1,5÷2,0 рази, що спричиняється підвищенням (периодичністю нормативу в 2÷3 рази) механічним зносом (стираність, подрібнюваність) третього шару завантаження.

Спосіб здійснюють таким чином. Для здійснювання способу спочатку вибирають точне співвідношення висоти шарів з заявлених меж ($H_1:H_2=0,8 \div 5,70$, $H_1:H_3=0,4 \div 1,25$), а також для першого та третього шарів завантаження вибирають відповідний зернистий матеріал з вмістом вуглецю 92÷97% і розміром зернин $0,4 \div 6,0 \text{ мм}$, наприклад, антрацит, для другого вибирають зернистий матеріал з вмістом кремнію не менше 92% і розміром зернин $0,2 \div 3,0 \text{ мм}$, наприклад, кварцовий пісок. Вихідну воду, що містить завислі речовини, нафтопродукти, у тому числі емульговані, подають у фільтрувальну установку на зернисте завантаження першого шару, яке, в порівнянні з другим шаром, характеризується більшим розміром зернин та більшою висотою. Воду, що пройшла попереднє очищення, після першого шару подають на другий шар завантаження, де відбувається глибоке доочищення від завислих речовин та очищення від основної частини нафтопродуктів тонкодисперсних фракцій. Потім воду перед подаванням на третій шар зернистого завантаження піддають турбулентному перемішуванню на протязі 3-8 секунд з лінійною швидкістю руху води $0,7 \div 2,5 \text{ м/с}$. При цьому інтенсифікується процес порушення стійкості емульсії, що включає умовні краплі нафтопродуктів $0,1 \div 1,0 \text{ мкм}$, а також відбувається їх сумісне агрегування (збільшення) з тонкодисперсними ($0,1 \div 1,0 \text{ мкм}$) фракціями завислих речовин. Після цього воду подають на третій шар зернистого завантаження, де відбувається глибоке доочищення від тонкодисперсних завислих речовин та нафтопродуктів, а потім очищену воду направля-

ють за призначенням. Відновлення фільтрувальної здатності зернистого завантаження здійснюють подаванням промивної води та її відведенням, що здійснюється для перших двох шарів зернистого завантаження зворотною течією, починаючи з другого шару, та для третього - автономно.

Безпосередньо спосіб здійснювали так. Технологічні випробування способу за винаходом проводили в промислових умовах на стічній воді з умовно забрудненого оборотного циклу комплексу цехів (колесопрокатний цех, колеснобандажна лінія, трубопрокатний цех) металургійного підприємства. В склад забрудненої стічної води входили індустриальні, турбінні та інші мастила марок І-12/30А, І-20А, І-40А, І-40/50А; ТП-22; ПС-28 та емульсол Е 2-Є Д 2. Умови проведених експериментів та їх результати наведені в таблицях 1÷5.

Стічну воду подавали під тиском $0,51 \div 0,74 \text{ МПа}$ на фільтрувальну установку, що складалась з двох послідовно встановлених напірних швидкісних фільтрів. Стічна вода послідовно проходила через двошарове (перший шар антрацит, другий шар - кварцовий пісок) зернисте завантаження першого фільтра, а потім через одношарове (третій шар - антрацит) завантаження другого фільтра.

Вихідна стічна вода, яку подавали для фільтрації, містила:

- завислі речовини з крупністю частинок (в масовому співвідношенні) $0,1 \div 1,0 \text{ мкм}$ (23%), $1,0 \div 5,0 \text{ мкм}$ (39%), $5,0 \div 40,0 \text{ мкм}$ (25%), $40,0 \div 100,0 \text{ мкм}$ (13%) та концентрацією $11,0 \div 120,0 \text{ мг/л}$;

- нафтопродукти (мастила) з крупністю умовних краплин (в масовому співвідношенні) $0,1 \div 1,0 \text{ мкм}$ (45%), $1,0 \div 5,0 \text{ мкм}$ (11%), $5,0 \div 20,0 \text{ мкм}$ (10%), $20,0 \div 100,0 \text{ мкм}$ (34%) та концентрацією $0,75 \div 17,0 \text{ мг/л}$.

Наведений склад промислових стічних вод за фракційним складом та масовою часткою твердих частинок і умовних краплин мастила практично збігається з якістю річкової води, яка подається на установки підготовки (фільтрування) питної води, а також технічної (підживлювальної) води, яку використовують для підживлювання оборотних циклів промислових підприємств з поверхневих водойм (річок, озер). У цих випадках максимальні концентрації завислих речовин та мастил спостерігаються під час паводків, а мінімальні - в міжпаводковий періоди.

Промивання здійснювали після досягнення в процесі фільтрування перепаду тиску $0,1 \text{ МПа}$ сукупно на першому та другому шарах, а також автономно на третьому шарі фільтрувального завантаження за винаходом та сумісно на першому з другим шарах завантаження за прототипом. Промивання фільтрувальних шарів здійснювали зворотною течією фільтрованої води за винаходом на першому та другому, а також автономно на третьому шарах фільтрувального завантаження та за прототипом - сумісно на першому та другому шарах.

В таблиці 1 наведений тип та фракційний склад зернин шарів завантаження: при різних співвідношеннях висоти шарів завантаження за вина-

ходом - дослід №I експерименти №1÷12; при різних співвідношеннях висоти шарів та розмірів зернин завантаження за прототипом - дослід №II експерименти №13÷16. Для порівняння в таблиці 1 наведені приклади завантаження відповідно до норм проектування в чорній металургії [Указання по проектированию энергохозяйства металлургических предприятий. Очистные сооружения и защита водоёмов. МинЧМ СССР, ОРД 14.397-2.02-87. - Москва, 1987. - С.32÷34] - дослід III експеримент №17.

Результати випробувань з дослідів I, II, III за основними технологічними показниками під час очищення води в залежності від вмісту вуглецю та вмісту кремнію в шарах завантаження наведені в таблицях 2, 3.

З таблиць 2 та 3 видно, що проведені випробування свідчать про перевагу способу за винаходом по комплексу технологічних показників, в порівнянні зі способом за прототипом та типовими нормами проектування. Оптимальні показники досягаються у способі за винаходом в експериментах №5 та №8 (табл.2) в межах співвідношень висот шарів завантаження $H_1:H_2=0,8÷5,70$; $H_1:H_3=0,4÷1,25$ та розміру зернин завантаження у першому та третьому шарах $0,4÷6,0$ мм, у другому шарі $0,2÷3,0$ мм.

При цьому ефект очищення складає: по завислих речовинах $95÷99\%$, по мастилам $87÷98\%$, що в середньому в $1,09÷1,8$ та в $1,06÷2,2$ рази, відповідно, вище ніж в способі за прототипом. Крім того, значення основних технологічних параметрів складають: тривалість фільтроциклу для першого та другого шарів $30÷60$ годин (для третього шару $250÷270$ годин); середня швидкість фільтрування $25÷45$ м/год, грязеемність $100÷120$ кг на 1 м^3 завантаження, що в середньому в $2,4÷4,8$ ($14,4÷28,9$); $1,2÷2,0$ та $1,4÷2,4$ рази, відповідно, вище ніж за прототипом; механічний знос завантаження $2÷4\%$ на рік, питомі витрати води на одне промивання $4,0÷5,5\text{ м}^3$, що в середньому в $15÷37$ та $2,2÷3,4$ рази, відповідно, менше, ніж в способі за прототипом.

В таблиці 4 наведені результати випробувань (експерименти 4, 5, 8, 9) з визначення ефективності очищення води від завислих речовин та мастил в способі, що заявляється (дослід I), в залежності від таких параметрів процесу, як лінійна швидкість

руху води під час турбулентного перемішування води після першого і другого шарів завантаження та перед подаванням на третій шар завантаження, а також тривалість такого турбулентного перемішування.

З таблиці 4 видно, що оптимальні показники ефекту очищення від завислих речовин ($95÷99\%$) та мастил ($87÷98\%$) в способі за винаходом досягаються в експериментах №5 та №8 в межах лінійних швидкостей руху води $0,7÷2,5$ м/с та тривалості перемішування $3÷8$ секунд.

В таблиці 5 наведені результати випробувань (експерименти №5, №8) з визначенням ефективності очищення води від завислих речовин та мастил, питомих витрат води та повітря на одне промивання завантаження, показники механічного зносу завантаження, середньої швидкості фільтрування в способі, що заявляється (дослід I), в залежності від такого параметру процесу, як співвідношення тиску води на третій та перший шари завантаження.

З таблиці 5 видно, що оптимальні показники: ефект очищення води від завислих речовин $95÷99\%$ та мастил $87÷98\%$, середня швидкість фільтрування $25÷45$ м/год, механічний знос завантаження $2÷4\%$ на рік, питомі витрати води $3,5÷5,5\text{ м}^3$ та повітря - $3,3÷4,5\text{ м}^3$ на 1 м^3 завантаження на одне промивання, - в способі, що заявляється, досягаються в експериментах №5 та №8 в межах тиску води на третьому шарі завантаження $65÷95\%$ від тиску води, що подається на перший шар завантаження.

Переваги наведених технологічних характеристик як для техніки очищення промислових стічних вод, так і для умов підготовки води питного призначення та технічної (підживлювальної) води для промислових підприємств, що містять механічні забруднення, у тому числі до 59% вискодисперсних ($0,1÷5,0$ мкм) завислих (твердих) частинок та до 45% емульгованих і розчинених (з умовним розміром краплин $0,1÷1,0$ мкм) фракцій мастил, підтверджують підвищену ефективність очищення від зазначених забруднень та більш високі технологічні параметри способу за винаходом в порівнянні з прототипом.

Таблиця 1

№ досліджу	№ експерименту	Позиція та тип фільтрувального шару	Співвідношення висоти шарів завантаження	Масова частка, %					
				Розмір зернин, мм					
				0,1-0,15	0,2-0,35	0,4-1,4	1,5-3,0	3,1-6,0	6,1-9,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	1	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,7$	10	90	-	-	-	-
		2-й шар (кварцовий пісок)		100	-	-	-	-	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 0,3$	90	10	-	-	-	-
	2	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,7^*$	-	-	5	5	90	-
		2-й шар (кварцовий пісок)		-	5	5	90	-	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 0,3$	-	-	10	50	40	-
	3	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,7$	-	-	-	-	-	100
		2-й шар (кварцовий пісок)		-	-	-	-	100	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 0,3$	-	-	-	-	-	100
	4	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,8$	10	90	-	-	-	-
		2-й шар (кварцовий пісок)		100	-	-	-	-	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 0,4$	90	10	-	-	-	-
	5	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,8$	-	-	5	5	90	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	5	2-й шар (кварцовий пісок)	$H_1 : H_3 = 0,4$	-	5	5	90	-	-
		3-й шар (антрацит)		-	-	10	50	40	-
	6	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,8$	-	-	-	-	-	100
		2-й шар (кварцовий пісок)		-	-	-	-	100	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 0,4$	-	-	-	-	-	100
	7	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 5,7$	10	90	-	-	-	-
		2-й шар (кварцовий пісок)		100	-	-	-	-	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 1,25$	90	10	-	-	-	-
	8	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 5,7$	-	-	5	5	90	-
		2-й шар (кварцовий пісок)		-	5	5	90	-	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 1,25$	-	-	10	50	40	-
	9	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 5,7$	-	-	-	-	-	100
		2-й шар (кварцовий пісок)		-	-	-	-	100	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 1,25$	-	-	-	-	-	100
	10	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 5,8$	10	90	-	-	-	-
		2-й шар (кварцовий пісок)		100	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	10	3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 1,35$	90	10	-	-	-	-
	11	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 5,8$	-	-	10	50	40	-
		2-й шар (кварцовий пісок)		-	5	5	90	-	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 1$	-	-	10	50	40	-
	12	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 5,8$	-	-	-	-	-	100
		2-й шар (кварцовий пісок)		-	-	-	-	100	-
		3-й шар (антрацит)	$H_1 : H_3 = 1,35$	-	-	-	-	-	100
II	13	1-й шар (активоване вугілля антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,5$	-	-	-	100	-	-
		2-й шар (активоване вугілля антрацит)	$D_2 : D_1 = 1,8^{**}$	-	-	-	10	90	-
	14	1-й шар (активоване вугілля антрацит)	$H_1 : H_2 = 0,5$	-	-	100	-	-	-
		2-й шар (активоване вугілля антрацит)		-	-	-	10	90	-
	15	1-й шар (активоване вугілля антрацит)	$H_1 : H_2 = 1,6$	-	-	-	100	-	-
		2-й шар (активоване вугілля антрацит)	$D_2 : D_1 = 1,8$	-	-	-	10	90	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II	16	1-й шар (активоване вугілля антрацит)	$H_1 : H_2 = 1,5$	-	-	100	-	-	-
		2-й шар (активоване вугілля антрацит)	$D_2 : D_1 = 6,8$	-	-	-	10	90	-
III	17	1-й шар (антрацит)	$H_1 : H_2 = 1,1$	-	-	-	-	100	-
		2-й шар (кварцовий пісок)	$D_2 : D_1 = 0,45$	-	-	-	100	-	-

*) - загальна висота 1-го та 2-го шарів завантаження в досліді № 1 ÷ 12 (спосіб за винаходом) складала $2,0 \div 2,2$ м, а 3-го шару – $1,5 \div 2,2$ м; загальна висота 1-го та 2-го шарів завантаження в досліді № 13 ÷ 16 (спосіб за прототипом) складала $2,0 \div 2,2$ м; загальна висота 1-го та 2-го шарів завантаження в досліді № 17 (спосіб за нормами проектування) складала $2,0 \div 2,2$ м.

**) - D_1, D_2 – діаметри зернин першого та другого шарів завантаження (спосіб за прототипом та спосіб за нормами проектування), відповідно.

Таблиця 2

№ до-сліду	№ експе-рименту	Тривалість фільтро-циклу, год	Технологічні показники							Питомі витрати промивної води, м ³ /м ³ завантаження на одне промивання
			Залишковий вміст, мг/л		Ефективність очищення, %		Середня швидкість фільтрування (продуктивність), м /год	Грязєємність, кг/м ³ завантаження	Механічний знос завантаження, % на рік (по масі)	
			Завислі речовини	Нафто-продукти (мастила)	Завислі речовини	Нафто-продукти (мастила)				
I	1.	8-10 (38)*	50,0-20,0	0,4-3,0	55-83	47-82	15-20	40-45	12-15	10-15
	2.	2,5-28 (40)	3,3-18,0	0,24-1,9	70-88	68-89	25-45	80-90	4-5	5,5-6,9
	3.	20-25 (45)	7,1-70,0	0,60-11,7	35-42	20-31	30-50	25-30	2-4	6,0-6,5
	4.	10-12 (40)	3,0-16,0	0,3-2,0	73-87	60-88	15-20	40-45	12-15	10-15
	5.	30-48 (250)	0,5-1,6	0,1-0,3	95-99	87-98	25-45	100-120	2-4	4,0-5,5
	6.	24-35 (60)	6,0-25,0	0,4-10	45-79	41-47	30-45	30-50	2-4	4,0-5,0
	7.	8-12 (50)	0,5-3,0	0,2-0,5	95-98	73-97	15-18	40-55	15-18	10-18
	8.	36-60 (270)	0,5-2,0	0,1-0,3	95-98	87-98	25-45	100-110	2-3	4,9-3,5
	9.	45-58 (70)	3,0-22,0	0,5-5,0	73-80	33-71	30-45	30-55	2-3	4,5-5,0
	10.	10-12 (50)	0,5-2,5	0,2-0,4	95-98	73-98	15-17	35-45	18-20	12-18
	11.	20-25 (60)	0,5-1,5	0,2-0,4	95-99	73-98	25-45	60-70	5-6	6,5-8,5
	12.	30-35 (70)	4,0-26,0	0,7-11,0	64-78	7-35	35-45	30-40	4-5	6,5-8,5
II	13.	12-16	6-30	0,5-8,0	45-75	33-53	25-35	50-60	45-50	8-12
	14.	10-12	8-20	0,4-6,0	27-83	47-65	20-25	40-50	80-100	10-12
	15.	16-20	3,0-6,0	0,3-2,0	73-95	60-88	20-30	70-90	50-75	12-15
	16.	8-10	2,0-5,0	0,1-2,0	82-96	87-88	15-20	40-60	100-120	14-16
III	17.	24-30	4,0-10,0	0,5-10,0	63-92	33-41	25-45	80-100	4-5	8,3

*) - в дужках наведена тривалість фільтроциклу для третього шару завантаження (спосіб за винаходом). В досліді I воду перед подаванням на третій шар завантаження піддавали турбулентному перемішуванню на протязі 3 ÷ 8 секунд з лінійною швидкістю руху води 0,7 ÷ 2,5 м/с, а також воду на 3-й шар завантаження подавали під тиском 65 ÷ 95% від тиску води, що подавалися на 1-й шар завантаження. Вміст вуглецю в антрациті (досліди I і III) та в активованому вугіллі антрациті (дослід II) становив 92 ÷ 97%, а вміст кремнію в кварцовому піску (досліди I і III) становив 92 ÷ 99%.

Таблиця 3

№ до-сліду	№ експе-рименту	Тривалість фільтро-циклу, год	Технологічні показники							Питомі витрати промивної води, м ³ /м ³ завантаження на одне промивання
			Залишковий вміст, мг/л		Ефективність очищення, %		Середня швидкість фільтрування (продуктивність), м/год	Грязєємність, кг/м ³ завантаження	Механічний знос завантаження, % на рік (по масі)	
			Завислі речовини	Нафто-продукти (мастила)	Завислі речовини	Нафто-продукти (мастила)				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	5 (1).	30-48 (250)*	1,1-8,4	0,14-2,6	90-93	81-85	25-45	90-100	4-6	4,0-5,5
	5 (2).	30-48 (250)	1,3-10,8	0,17-1,7	88-91	78-90	25-45	80-90	3-6	4,0-5,5
	8 (1).	36-60 (270)	1,0-9,6	0,14-2,7	91-92	81-84	25-45	90-100	4-6	4,9-3,5
	8 (2).	36-60 (270)	1,2-9,6	0,17-1,5	89-92	78-91	25-45	80-90	3-6	4,9-3,5
II	13.	12-16	6,6-39,6	0,53-8,8	40-67	30-48	25-35	50-60	45-50	8-12
	14.	10-12	8,4-30	0,43-6,8	24-75	42-58	20-25	40-50	80-100	10-12
	15.	16-20	3,7-18,0	0,34-3,6	66-85	54-79	20-30	70-90	50-75	12-15
	16.	8-10	2,9-16,8	0,17-3,4	74-86	78-80	15-20	40-60	100-120	14-16
III	17.	24-30	5,1-20,4	0,53-10,7	54-83	30-37	25-45	80-100	4-5	8,3

*) - в дужках наведена тривалість фільтроциклу для третього шару завантаження (спосіб за винаходом). В досліді I воду перед подаванням на третій шар завантаження піддавали турбулентному перемішуванню на протязі 3 ÷ 8 секунд з лінійною швидкістю руху води 0,7 ÷ 2,5 м/с, а також воду на 3-й шар завантаження подавали під тиском 65 ÷ 95% від тиску води, що подавалася на 1-й шар завантаження. Вміст вуглецю в антрациті (досліди I (експерименти 5(1), 8(1)) і III) та в активованому вугіллі антрациті (дослід II) становив 85 ÷ 91%. Вміст вуглецю в антрациті (досліди I (експерименти 5(2), 8(2)) і III) та в активованому вугіллі антрациті (дослід II) становив 98-99%. Вміст кремнію в кварцовому піску в досліді I і III становив 85 ÷ 91%.

Таблиця 4

№ досліду	№ експерименту	Лінійна швидкість руху води, м/с	Тривалість турбулентного перемішування, с															
			1 ÷ 2				3				8				9 ÷ 10			
			Залишковий вміст, мг/л		Ефективність очищення, %		Залишковий вміст, мг/л		Ефективність очищення, %		Залишковий вміст, мг/л		Ефективність очищення, %		Залишковий вміст, мг/л		Ефективність очищення, %	
			Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I	4	0,4-0,6	5,0-12,0	0,4-5,0	55-90	47,0-71,0	4,0-11,0	0,4-4,5	64,0-91,0	47-74	3,8-9,0	0,35-4,0	65-93	53-93	6,0-13,0	0,60-6,5	45-89	20-62
		0,7	4,0-7,0	0,3-4,0	64-94	60-76	3,0-10,0	0,3-1,8	73-92	60-89	3,0-11,0	0,3-1,8	73-91	60-89	6,0-12,0	0,60-6,0	45-90	20-65
		2,5	4,5-9,0	0,4-4,5	59-93	47-74	3,0-12,0	0,3-1,8	73-90	60-89	3,0-16,0	0,3-2,0	73-87	60-88	7,0-14,0	0,55-8,0	36-88	27-53
		2,4-2,6	6,5-13,0	0,6-9,0	41-89	20-47	6,0-13,0	0,5-7,5	45-89	33-56	6,0-11,5	0,5-6,5	45-90	33-62	8,0-16,0	0,65-11,0	27-87	13-35
	5	0,4-0,6	5,5-12,0	0,5-6,0	50,0-90,0	33-65,0	5,0-11,0	0,5-5,0	55,0-91,0	33,0-71,0	4,5-10,0	0,5-5,5	59,0-92,0	33,0-74,0	7,0-15,0	0,6-7,0	36,0-88,0	20,0-59,0
		0,7	3,0-7,0	0,3-5,0	73,0-94,0	60,0-71,0	0,5-1,2	0,1-0,2	95,0-99,0	87,0-99,0	0,5-1,4	0,1-0,3	95,0-99,0	87,0-98,0	3,1-8,0	0,3-6,0	72,0-93,0	60,0-65,0
		2,5	3,3-8,0	0,4-7,0	70,0-93,0	47,0-59,0	0,5-1,5	0,1-0,2	95,0-99,0	87,0-99,0	0,5-1,6	0,1-0,3	95,0-99,0	87,0-98,0	3,5-10,0	0,5-8,0	68,0-92,0	33,0-53,0

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I	5	2,4-2,6	6,5-15,0	0,7-10,0	41,0-88,0	20,0-41,0	6,0-13,0	0,6-8,0	45,0-89,0	20,0-53,0	5,5-12,0	0,6-7,0	50,0-90,0	20,0-59,0	8,5-20,0	0,65-12,0	23,0-83,0	13,0-42,0
		0,4-0,6	7,5-20,0	0,7-8,0	32,0-83,0	7,0-53,0	7,0-15,0	0,6-7,0	36,0-94,0	20,0-59,0	6,5-14,0	0,6-6,5	41,0-88,0	20,0-62,0	8,0-25,0	0,7-11,0	27,0-91,0	7,0-35,0
	8	0,7	3,5-9,0	0,4-7,0	68,0-93,0	47,0-59,0	0,5-2,0	0,1-0,3	95,0-98,0	87,0-98,0	0,5-1,8	0,1-0,3	95,0-99,0	87,0-98,0	4,0-10,0	0,5-8,0	64,0-92,0	33,0-53,0
		2,5	4,0-10,0	0,5-9,0	64,0-92,0	33,0-47,0	0,5-1,8	0,1-0,2	95,0-99,0	87,0-99,0	0,5-2,0	0,1-0,3	95,0-98,0	87,0-98,0	4,5-12,0	0,6-10,0	59,0-90,0	20,0-41,0
		2,4-2,6	8,0-24,0	0,7-11,0	27-80	21-35	7,0-15,0	0,6-9,0	36-88	20-47	6,5-13,0	0,6-8,0	41-89	20-53	10,0-30,0	0,7-14,0	9-75	7-18
	9	0,4-0,6	10,0-60,0	0,75-13,5	9-50	0-21	6,0-25,0	0,6-8,0	45-79	20-53	5,5-22,0	0,55-7,5	50-82	27-56	10,0-32,0	0,7-14,0	9-73	7-18
		0,7	8,0-30,0	0,7-13,0	38-75	7-24	3,0-20,0	0,5-5,0	73-83	33-71	3,5-15,0	0,6-5,0	68-88	20-71	8,0-26,0	0,65-10,0	27-78	13-41
		2,5	7,0-26,0	0,65-10,0	36-78	13-41	3,0-22,0	0,5-4,0	73-82	33-76	3,0-18,0	0,5-4,5	73-85	33-74	7,0-22,0	0,60-9,0	36-82	20-47
		2,4-2,6	9,0-39,0	0,65-12,0	18-68	13-29	8,0-35,0	0,7-10,0	27-76	7-41	7,0-26,0	0,7-11,0	36-78	7-35	9,0-45,0	0,7-15,0	18-63	7-12

Під час проведення експериментів воду на 3-й шар завантаження подавали під тиском $65 \div 95\%$ від тиску води, що подавалась на 1-й шар завантаження.

Таблиця 5

№ досліду	№ експерименту	Тиск* води на третій шар завантаження, %	Залишковий вміст, мг/л		Ефективність очищення, %		Питомі витрати на одне промивання, м³/м³ завантаження		Механічний знос завантаження, % на рік	Середня швидкість фільтрування, м / год
			Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Завислі речовини	Нафтопродукти (мастила)	Води	Повітря		
I	5	50-60	5,0-9,0	0,5-5,0	54-93	33-71	3,9-4,1	3,4-3,8	2-3	15-25
		65	0,5-1,6	0,1-0,3	95-99	87-98	4,0-4,3	3,5-3,8	2-3	25-30
		95	0,5-1,2	0,1-0,2	95-99	87-99	4,5-5,5	3,7-4,5	2-4	35-45
		100	2,0-6,0	0,3-2,0	82-95	60-88	5,8-6,6	4,6-5,6	3-56	35-45
	8	50-60	7,0-15,0	0,6-7,0	36-88	20-59	3,4-3,6	3,2-3,4	2-3	20-25
		65	0,5-2,0	0,1-0,3	95-98	87-98	3,5-3,7	3,3-3,5	2-3	25-35
		95	0,5-1,8	0,1-0,2	95-99	87-99	4,2-4,9	3,8-4,5	2-3	25-35
		100	3,0-6,0	0,4-3,0	72-95	47-82	5,4-6,4	5,0-5,4	3-4	40-45

*) – у % від тиску води, що подавалась на перший шар завантаження.

З огляду на викладене вище і з урахуванням розкритого причинно-наслідкового зв'язку між сукупністю ознак винаходу, що заявляється, та технічним результатом, що отриманий за їх допомогою, можна стверджувати, що задача, поставлена в основу створення нового способу очищення промислових стічних вод і підготовки води, цілком вирішена, бо використання винаходу дозволяє підвищити ефективність очищення промислових стічних вод, а також забезпечити підготовлення (очищення) води питної якості та свіжої технічної (підживлювальної) води для промислових підприємств, в основному від механічних забруднень - завислих речовин, нафтопродук-

тів (мастил), особливо від емульгованих та розчинених фракцій останніх, зі збільшенням тривалості фільтроциклу, зниженням питомих витрат промивної води та повітря, збільшенням середньої швидкості фільтрування, зниженням механічного зносу фільтрувального завантаження за рахунок підвищення його грязеемності (сорбційних властивостей), зниженням втрат напору в фільтрувальному завантаженні, в якості якого використовують різномірні за хімічним складом неактивовані зернисті матеріали, а також дозволяє скоротити експлуатаційні та капітальні витрати на фільтрувальних станціях.