УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128465** (13) **C2**

(51) МПК
***C02F 1/461*** (2023.01)
***C02F 1/463*** (2023.01)
***C02F 1/68*** (2023.01)
***C02F 1/78*** (2023.01)
***G21F 9/04*** (2006.01)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"**

# (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **a 2021 07058**

(22) Дата подання заявки: **09.12.2021**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **18.07.2024**

(41) Публікація відомостей про заявку: **14.06.2023, Бюл.№ 24**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **17.07.2024, Бюл.№ 29**

(72) Винахідник(и):
**Забулонов Юрій Леонідович (UA),**
**Шпилька Сергій Миколайович (UA),**
**Пугач Олександр Володимирович (UA),**
**Ніколенко Віктор Олексійович (UA),**
**Пеер Ігор (IL),**
**Цирлінчук Ігор (IL)**

(73) Володілець (володільці):
**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "АЛЬФА АТОМ"**,
вул. Михайла Грушевського, 10, оф. 212, м. Київ, 01001 (UA)

(74) Представник:
**Бенатов Даніель Емілович, реєстр. №224**

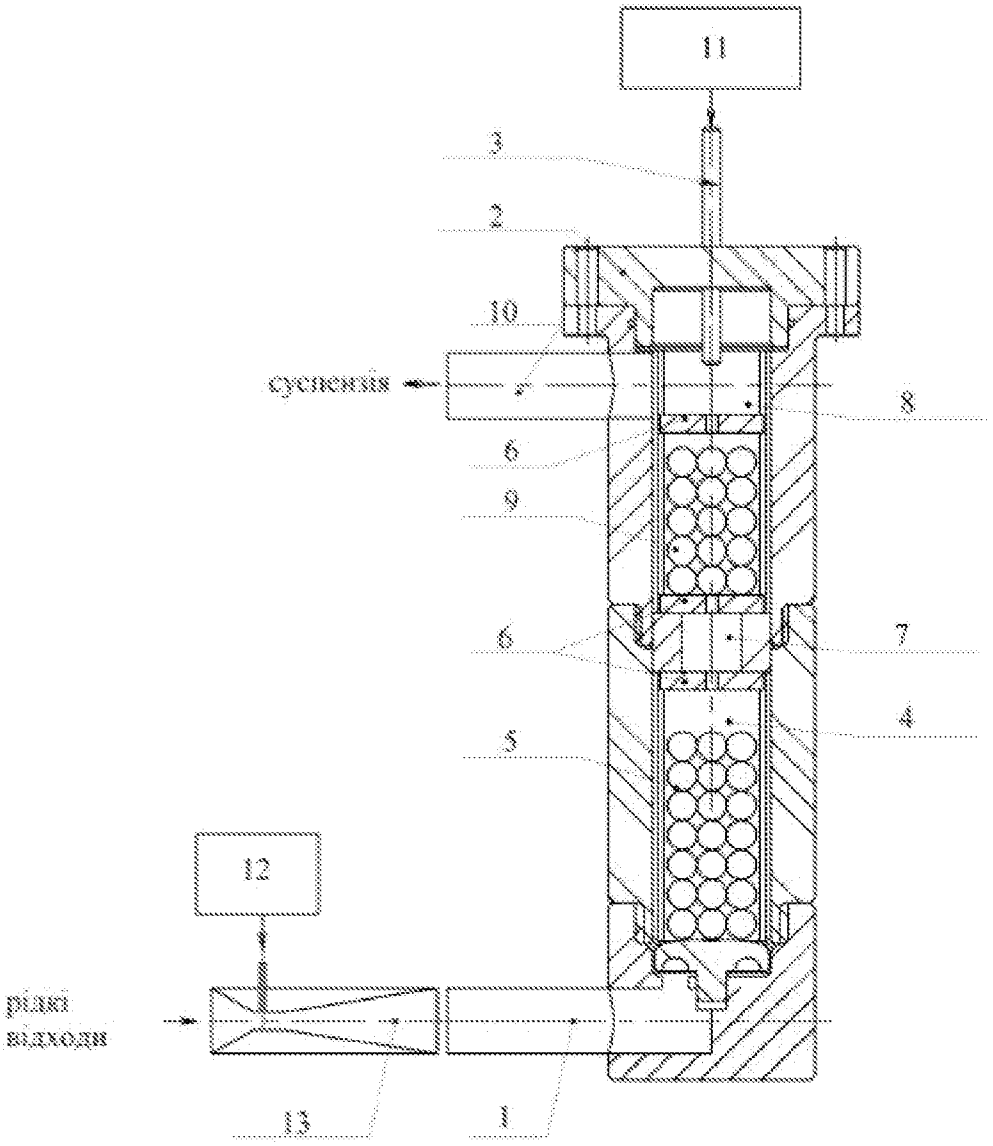
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
UA 76821 U, 10.01.2013
WO 2020180277 A1, 10.09.2020
WO 2014058407 A1, 17.04.2014
RU 2430889 C1, 10.10.2011
WO 2006084110 A2, 10.08.2006
CN 113292178 A, 24.08.2021

UA 128465 C2

## (54) ПЛАЗМОВИЙ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИЙ РЕАКТОР ТА СПОСІБ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі очистки рідких промислових відходів, зокрема стосується плазмового електроерозійного реактора та способу його застосування, призначеного для комплексного очищення промислових та дощових стоків, а також технологічної води атомних електростанцій, з метою їх дезактивації та очищення, зокрема від радіонуклідів та важких металів. Плазмовий електроерозійний реактор складається з вхідного патрубка для подачі рідких відходів, корпусу реактора, електродів, першої розрядної камери, діелектричної сітки, з'єднувального патрубка, другої розрядної камери, вихідного патрубка, джерела прямокутних імпульсів, джерела озоно-повітряної суміші та змішувача. Камери заповнені металевими гранулами: одна - залізними, інша - алюмінієвими. Технічним результатом винаходу - ефективне очищення рідких промислових відходів від сполук радіоактивних елементів та важких металів.


11
3
2
10
суспензія
8
6
9
6
7
4
5
12
рідкі
відходи
13
1

Запропонований винахід належить до галузі очистки рідких промислових відходів, зокрема стосується плазмового електроерозійного реактора, призначеного для комплексного очищення промислових та дощових стоків, а також технологічної води атомних електростанцій, з метою їх дезактивації та очищення, зокрема від радіонуклідів цезію-137 ($^{137}$Cs), стронцію-90 ($^{90}$Sr), америцію ($^{241}$Am), кобальту-60 ($^{60}$Co), важких металів - хрому (Cr), міді (Cu), цинку (Zn), нікелю (Ni), олова (Sn), свинцю (Pb), кадмію (Cd), та способу його застосування, у т.ч. для очищення рідких відходів атомних електростанцій (АЕС).

Фахівцям відомо, що одним з методів дезактивації та очищення забрудненої рідини від радіонуклідів і важких металів є процеси коагуляції з використанням неорганічних коагулянтів на основі сполук заліза та алюмінію, що в лужному середовищі утворюють гідроксиди алюмінію і заліза, здатні виводити в осад вищевказані забруднювачі. Основним недоліком вказаної технології є необхідність використання додаткових реагентів для створення необхідного pH середовища, що ускладнює та здорожує застосування вказаного процесу.

Також з рівня техніки [див., наприклад, Шахова Н.Б., Юрмазова Т.А. Модель фізико-хімічних процесів, що протікають при диспергуванні металів імпульсними електричними розрядами у воді та розбавлених розчинах солей] відомі способи дезактивації та очищення забрудненої рідини від радіонуклідів і важких металів із застосуванням процесів коагуляції, коли коагулянт отримують в момент електроерозійного диспергування (випаровування-конденсації) гранул металевого алюмінію або заліза із утворенням суміші коротко живучих іонів алюмінію та заліза, що на час їх існування мають високу активність взаємодії з іонами цезію-137 ($^{137}$Cs), америцію-241 ($^{241}$Am), стронцію-90 ($^{90}$Sr), кобальту-60 ($^{60}$Co), з подальшим утворенням їх оксидів і гідроксидів, коагуляції останніх та утворення нерозчинних в воді комплексних з'єднань. Наприклад, під час електроерозійного диспергування гранул металевого алюмінію в водному розчині рідких відходів АЕС утворюються алюмінати - нерозчинні солі ортоалюмінієвої ($HAlO_2$) і метаалюмінієвої ($MAl_2O_4$) кислот, де M - Cs, Sr, Am, Zn, Pb тощо. Характерною рисою алюмінатів є ізоморфізм, тобто здатність хімічних елементів зі схожими хімічними властивостями, створювати змішані кристали або заміщати одне одного у складі молекул простих чи комплексних речовин. Висока селективна сорбція і коагуляція іонних і полівалентних комплексів оксидів і гідроксидів алюмінію щодо іонів стронцію ($^{90}$Sr) і цезію ($^{137}$Cs) пояснюється тим, що стронцій і цезій належать до високоактивних лужних і лужноземельних металів, що між собою легко утворюють комплексні сполуки. При цьому варто зазначити, що цезій є металом з високою дисоціюючою здатністю (дуже легко відщеплює іон $Cs^{+}$). Для ізотопів цезію взагалі характерна іонна форма існування. Будучи вкрай реакційно здатним гідроксид цезію має екстремально високу гігроскопічність, і при взаємодії зі зв'язаною водою у $Al(OH)_3$ утворює дуже міцні алюмінати, що випадають у осад і можуть бути легко відокремленні від рідини, що піддається очищенню.

Також з рівня техніки відома деструктивна дія озону і радикалів OH` на комплексони, оскільки озон дуже швидко руйнує практично всі органічні сполуки. Продукти деструкції комплексонів, не погіршують параметри подальших процесів. При цьому ступінь токсичності продуктів, що утворюються при окисленні комплексонів озоном і радикалами OH`, значно нижче вихідних з'єднань. До того ж, синтез озону і радикалів OH` безпосередньо в процесі обробки розчинів не потребує окремих дій і витрат для отриманні та зберігання значно кількості реагентів на обробку розчинів. Таким чином внаслідок руйнування комплексонів іони радіоактивних металів переходять у форму, в якій легко сорбуються та коагулюють. Водночас утворюється тверда фаза відповідних гідрооксидів та оксидів перехідних металів (Fe, Ni, Cr тощо), що зазвичай присутні у вихідному розчині, що піддають очищенню. На цих гідроксидах та оксидах відбувається сорбція радіонуклідів кобальту (Co), цинку (Zn), свинцю (Pb) тощо. При цьому глибина окислення органічних комплексів значною мірою впливає на ступінь видалення цих та інших радіонуклідів.

Роботи з очищення води від важких металів і радіонуклідів за допомогою гідрооксидів заліза велися досить давно, переважно із використанням методу феритизації [див., наприклад, RU2220110, UA95723]. До недоліків вказаного методу можна віднести його високу енергоємність, оскільки він здійснюється, як правило, при температурі вище 75 °C.

Підвищити енергоефективність процесу феритизації можна шляхом заміни високотемпературної активації впливом на реакційну суміш електромагнітними імпульсними розрядами різної потужності, що відбувається за кімнатної температури [див., наприклад, SU1787950, SU861332, UA56454]. Також відомі методи очищення води у камері електролізера із використанням як постійної, так і змінної напруги [див., наприклад UA11271, UA2180, UA902, UA124]. Загальним недоліком вказаних технологій є їх порівняно мала ефективність, а також можливість пасивації і навіть руйнації електродів органічними речовинами, присутніми у стоках.

Ближчим до заявленого рішення є реактори, що використовують електророзрядну технологію, де процес коагуляції здійснюється за допомогою доданих в об'єм реактора частинок металу, зокрема, алюмінію, що дозволяє значно збільшити і прискорити процес коагуляції, порівняно з технологією очищення стоків в електролізерах [Зубенко А.А., Ющишена А.Н., Дослідження властивостей електророзрядного гідроксиду алюмінію // Електронна обробка матеріалів, 2001. № 6, стор. 60-65]. Недоліком вказаних методів є відсутність можливості очищення комплексних сполук, що містять органічні речовини та радіонукліди.

Близьким до заявленого рішення є технічне рішення за WO 2020180277 у якому до реактору з розміщеними у ньому металевими гранулами подають воду, що підлягає очищенню. Під впливом електричних імпульсів, що подають на електроди, відбувається процес електроерозії гранул і їх частки за додаткової подачі повітряно-кисневої суміші викликають коагуляцію іонів важких металів. Недоліком даного рішення є періодичний характер процесу, що дозволяє здійснювати очищення обмеженого об'єму води. Ще одним недоліком даного технічного рішення є використання однополярних імпульсів, що істотно зменшує ефективність роботи реактора.

Близьким до заявленого рішення є технічне рішення за UA124651 у якому використовується розрядна камера з діелектричного матеріалу із вбудованими електродами і перегородкою в нижній частині, в якій знаходяться гранули алюмінію, що в процесі впливу на них електричних імпульсів взаємодіють між собою, викликаючи процес електроерозії з утворенням гідроксидів алюмінію, а також ортоалюмінієвої та металоалюмінієвої кислот, що є коагулянтами і показують високі показники очистки для рідких відходів атомних електростанцій. До істотних недоліків заявленого технічного рішення можна віднести його слабку ефективність щодо коагуляції радіоактивних елементів, що у рідких відходах, зазвичай знаходяться у вигляді сполук з органічними комплексами. Крім того, рідкі радіоактивні відходи, зазвичай, містять органічні речовини, що суттєво ускладнюють процес очищення, а використання однополярних імпульсів призводить до пасивації електродів реактора, що знижує ефективність його роботи.

Найближчим до заявленого є технічне рішення, відоме з патенту України на корисну модель № 76821, що вибране за прототип. У даному технічному рішенні для очищення забрудненої води використовують реактор із електродами вбудованими всередині камери реактора. На електроди подають однополярні імпульси із шпаруватістю 75-85 мікросекунд і амплітудою напруги 300-800 В. Камеру реактора через вхідний патрубок заповнюють водою, що підлягає очистці. Всередині камери, приблизно на 20-25 % об'єму, розміщені кулясті гранули зі сплавів заліза і алюмінію, що під напором води і впливом електричних імпульсів, що подаються на електроди реактора, взаємодіють одна з одною із утворенням в місці контакту електричної іскри, що спричиняє електроерозію гранул з утворенням іонів металів, супутнім утворенням озону, локальним підвищення температури та кавітаційними проявами, що, у свою чергу, дозволяє отримувати коагулянти - гідрооксиди заліза та алюмінію, що взаємодіють з важкими металами і радіоактивними елементами, утворюючи комплекси, що випадають в осад. У камері розташовані верхня та нижня перегородки, які запобігають виносу гранул з робочого об'єму, а у верхній частині реактора розміщено патрубок для зливу очищеної води.

Вказане технічне рішення має низку недоліків, а саме:

- одночасне використання металевих гранул заліза та алюмінію призводить до різної потужності розряду при вмісті гранул Fe-Fe, Cu-Fe та Cu-Cu, знижуючи ефективність процесу електроерозії. При цьому зношування алюмінієвих гранул відбувається швидше, ніж залізних, що призводить до втрати масового співвідношення залізо-алюміній, неоднорідності розрядного середовища та втрати ефективності процесу коагуляції;

- отримання великої концентрації коагулянту викликає селективну взаємодію іонів заліза з органікою, розчиненою в воді, що очищається, а не з важкими металами і радіоактивними елементами, знижуючи таким чином очищення забрудненої води від радіоактивних елементів і важких металів;

- пасивацію електродів органічними речовинами при використанні однополярних імпульсів напруги;

- кількість утвореного озону є недостатньою для окислення органічних речовин наявних у складі забруднень.

Задачею заявленого винаходу є створення високопродуктивного плазмового електроерозійного реактора та спосіб його застосування для очистки рідких промислових відходів, у т.ч. таких, що містять забруднювачі органічного походження від сполук радіоактивних елементів та важких металів.

Поставлена задача вирішується шляхом створення плазмового електроерозійного реактора для очищення рідких відходів, що включає: вхідний патрубок для подачі рідких відходів,

розташований в нижній частині реактора; розрядну камеру циліндричної або іншої криволінійної форми, що забезпечує стабільне проходження рідини та уникнення "мертвих" зон, виконану з діелектричного матеріалу і заповнену металевими гранулами (кульками). При цьому в нижній і верхній частині об'єму камери розміщена діелектрична сітка, що обмежує винос рідиною гранул з об'єму камер; вихідний патрубок, для виведення коагульованої суспензії, що розміщений у верхній частині реактора; металеві, зокрема сталеві, електроди, розміщені на внутрішній поверхні реактора, при цьому до електродів підключено джерело прямокутних імпульсів з блоком управління.

При цьому, згідно з заявленим винаходом, реактор також містить: другу розрядну камеру, заповнену металевими гранулами (кульками), з'єднану з першою камерою з'єднувальним патрубком для подачі коагульованої суспензії з першої до другої камери. При цьому одна камера заповнена гранулами із заліза, а інша - з алюмінію. При цьому вхідний патрубок для подачі рідких відходів приєднаний до першої камери, а вихідний патрубок для виведення коагульованої суспензії - до другої.

При цьому, згідно з заявленим винаходом, розмір гранул (кульок) співвідноситься з внутрішнім діаметром розрядних камер як:

$0{,}001\ D \le d \le 0{,}15\ D$, де

d - діаметр кульок (гранул), мм, D - внутрішній діаметр камери, мм.

При цьому, згідно з заявленим винаходом, реактор додатково містить джерело озоно-повітряної суміші та змішувач, послідовно з'єднані з вхідним патрубком для подачі рідких відходів до реактора.

Також поставлена задача вирішується шляхом створення способу застосування плазмового електроерозійного реактора для очищення рідких відходів, що полягає в тому, що через вхідний патрубок рідкі відходи під тиском безперервно подають у реактор. За допомогою блока управління вмикають джерело прямокутних імпульсів з амплітудою напруги, значення якої знаходяться у діапазоні від 300 до 800 В залежно від типу забруднювачів, для їх подачі на розрядні електроди і створення об'ємного розряду між гранулами (кульками) завантаження та, відповідно, об'ємної мікроплазми, що іонізує рідину з утворенням в ній наночастинок металу, з якого виготовлені гранули. При цьому в реакторі відбувається процес коагуляції та виділення з розчину органічних та/або неорганічних забруднюючих речовин, зокрема, важких металів, та/або радіоактивних ізотопів за допомогою утвореного, у процесі плазмохімічної реакції коагулянту - гідроксиду металу, з якого виготовлені гранули, що приводить до переходу забруднюючих речовин з розчинного в нерозчинний стан. Після чого з реактора, через вихідний патрубок, відводять утворену в процесі очищення суспензію, яку потім подають, наприклад, на мембранний фільтр для поділу на тверду фракцію і воду.

При цьому, згідно з заявленим винаходом, рідкі відходи через вхідний патрубок подають під тиском у першу розрядну камеру, заповнену металевими гранулами, виготовленими з одного виду матеріалу - заліза або алюмінію, після завершення процесу коагуляції в першій камері завись через з'єднувальний патрубок подають до другої розрядної камери, заповненої металевими гранулами іншого виду матеріалу - алюмінію або заліза, після завершення процесу коагуляції в другій камері отриману суспензію подають до вихідного патрубка.

При цьому, згідно з заявленим винаходом, рідкі відходи попередньо змішують із сорбентом.

При цьому, згідно з заявленим винаходом, рідкі відходи, попередньо насичують озоно-повітряною сумішшю в змішувачі, з'єднаному з вхідним патрубком реактора.

При цьому, згідно з заявленим винаходом, прямокутні імпульси, що подають на електроди є двополярними, тобто кожен наступний імпульс змінює полярність на протилежну та мають частоту 50-200 Гц.

Технічний результат заявленого винаходу полягає у такому:

- реалізація процесу із використанням двох розрядних камер, одна з яких заповнена гранулами (кульками) з заліза, а інша з алюмінію і власне послідовна коагуляція забрудненої рідини гідрооксидами заліза та алюмінію, а також подача на електроди установки двополярних прямокутних імпульсів з амплітудою напруги понад 300-800 В та частотою 50-200 Гц дозволяє суттєво інтенсифікувати процес коагуляції та, відповідно, ступінь очистки рідких відходів;

- заявлена залежність між значенням внутрішнього діаметра розрядної камери та діаметра кульок (гранул) завантаження дозволяє збільшити ККД пристрою та, відповідно, ступінь очистки рідких відходів. У випадку коли кульки мають порівняно малий розмір енергія розряду, створеного електродами реактора, дробиться на велику кількість мікророзрядів, що призводить до низької потужності кожного мікророзряду, якої не достатньо для отримання наночасток. Натомість відбувається генерування ультрафіолетового випромінення та частковий нагрів рідини. У випадку, коли кульки мають великий розмір, мікророзрядів менше, потужності в

кожному розряді забагато і між кульками відбуваються процеси агломерації (злипання). При цьому кількість утворених наночастинок є недостатньою для ефективної реалізації процесу коагуляції.

- заявлені електричні параметри імпульсів також пов`язані з генеруванням оптимальної енергії в одному мікророзряді для ефективної реалізації процесу. За умов низької потужності імпульсів, розряд є нестабільним і генерація наночастинок майже не відбувається. За умов високої потужності кульки плавляться, а розряд набуває ознак дугового зварювання і генерація наночастинок майже не відбувається;

- попереднє насичення вихідної забрудненої рідини озоно-повітряною сумішшю перед подачею до першої розрядної камери дозволяє отримувати гідрооксид заліза (III), що має значно сильніші коагуляційні властивості, ніж гідрооксид заліза (II), що утворюється у розрядних камерах підчас роботи пристрою. Гідрооксид заліза (III) дозволяє з високими інтенсивністю та ступенем очистки видаляти органічні домішки, важкі метали і частково радіоактивні елементи;

- попереднє змішування рідких відходів із сорбентами дозволяє підвищити ступінь очистки рідких відходів від радіоактивних ізотопів у процесі використання заявленого пристрою.

Запропонований винахід проілюстрований кресленням, на якому позиціями показано: вхідний патрубок для подачі рідких відходів (1), корпус реактора (2), електроди (3); перша розрядна камера (4), металеві гранули першої розрядної камери (5), діелектрична сітка (6), з'єднувальний патрубок (7), друга розрядна камера (8), металеві гранули другої розрядної камери (9), вихідний патрубок для виведення коагульованої суспензії (10), джерело прямокутних імпульсів з блоком управління (11), джерело озоно-повітряної суміші (12) та змішувач (13).

Запропонований винахід проілюстрований таким прикладом застосування. В процесі очистки використовували рідкі відходи, що утворились у процесі експлуатації ядерних реакторів АЕС, що містили важкі метали - кадмій, хром, мідь, цинк, олово, нікель, свинець, радіоактивні елементи, такі як цезій, стронцій, америцій, кобальт, а також органічні сполуки у концентраціях наведених у табл. 2. Вказані відходи були попередньо змішані із сорбентом. Рідкі відходи, під тиском, подавали до змішувачу (13) до якого, з джерела (12) одночасно подавали озоно-повітряну суміш. І змішувача (13) через вхідний патрубок (1) реактору (2) рідину подавали до першої розрядної камери (4) заповненої залізними гранулами (кульками) (5) із утворенням псевдорозрідженої суміші. За допомогою блоку управління, вмикали джерело прямокутних імпульсів (11). Отриману суспензію, через діелектричну решітку (6) у верхній частині першої камери через з'єднувальний патрубок (7) подають у другу розрядну камеру (8) з алюмінієвими гранулами (9), де відбувається процес коагуляції, аналогічний процесу, що відбувається у першій розрядній камері (4). Отриману суспензію, через діелектричну решітку (6) у верхній частині другої розрядної камери (8) через вихідний патрубок (10) подають назовні реактора (2). Надалі використовують прес-фільтри або інше устаткування для відокремлення коагульованого осаду від очищеної рідини.

У таблицях 1, 2, на прикладі очистки модельної рідини, наведені оптимальні режими роботи заявленої установки, а також концентрації забруднюючих речовин до та після проходження через заявлений пристрій.

Таблиця 1

| Параметри | Діаметр гранул d, мм | Внутрішній діаметр розрядних камер D, мм | Амплітуда напруги, В | Частота, Гц | Кількість $O_3$, г/л |
|---|---|---|---|---|---|
| Дослід 1 | 2 | 40 | 600 | 50 | 4 |
| Дослід 2 | 3 | 40 | 650 | 100 | 5 |
| Дослід 3 | 4 | 40 | 700 | 150 | 6 |
| Дослід 4 | 5 | 40 | 750 | 170 | 7 |
| Дослід 5 | 6 | 40 | 800 | 200 | 8 |

Таблиця 2

| Компонент рідких відходів | Початкова концентрація, мг/л | Кінцева концентрація мг/л / дослід | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Mn | 7,4 | 7,2 | 6,8 | 6,1 | 5,9 | 5,65 |
| Fe | 17,3 | 17,1 | 14,2 | 12,8 | 8,8 | 6,75 |
| Cu | 0,62 | 0,6 | 0,58 | 0,58 | 0,41 | 0,37 |
| | Початкова радіоактивність Бк/кг | Кінцева радіоактивність, Бк/кг/дослід | | | | |
| $^{137}$Cs | 75,31 | 72,56 | 54,68 | 21,89 | 9,25 | 0 |
| $^{90}$Sr | 195,34 | 182,24 | 102,36 | 33 | 7 | 0 |
| $^{60}$Co | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,27 | 0,26 | 0,25 |
| органічні сполуки | 450 | 430 | 395 | 345 | 310 | 275 |

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Плазмовий електроерозійний реактор для очищення рідких відходів, що включає: вхідний патрубок для подачі рідких відходів, розташований в нижній частині реактора; розрядну камеру циліндричної або іншої криволінійної форми, виконану з діелектричного матеріалу і заповнену металевими гранулами, при цьому в нижній і верхній частинах об'єму камери розміщена діелектрична сітка; вихідний патрубок для виведення коагульованої суспензії, що розміщений у верхній частині реактора; металеві електроди, розміщені на внутрішній поверхні реактора, при цьому до електродів підключено джерело прямокутних імпульсів з блоком управління, який **відрізняється** тим, що також містить: другу розрядну камеру, заповнену металевими гранулами, з'єднану з першою камерою з'єднувальним патрубком для подачі коагульованої суспензії з першої до другої камери, при цьому одна камера заповнена гранулами із заліза, а інша - гранулами з алюмінію, при цьому вхідний патрубок для подачі рідких відходів приєднаний до першої камери, а вихідний патрубок для виведення коагульованої суспензії - до другої.

2. Плазмовий електроерозійний реактор для очищення рідких відходів за п. 1, який **відрізняється** тим, що гранули мають форму кулі, а їх розмір співвідноситься з внутрішнім діаметром розрядних камер як:

$0{,}001\ D \le d \le 0{,}15\ D$,

де d - діаметр гранул, мм; D - внутрішній діаметр камери, мм.

3. Плазмовий електроерозійний реактор для очищення рідких відходів за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що реактор додатково містить джерело озоно-повітряної суміші та змішувач, послідовно з'єднані з вхідним патрубком для подачі рідких відходів до реактора.

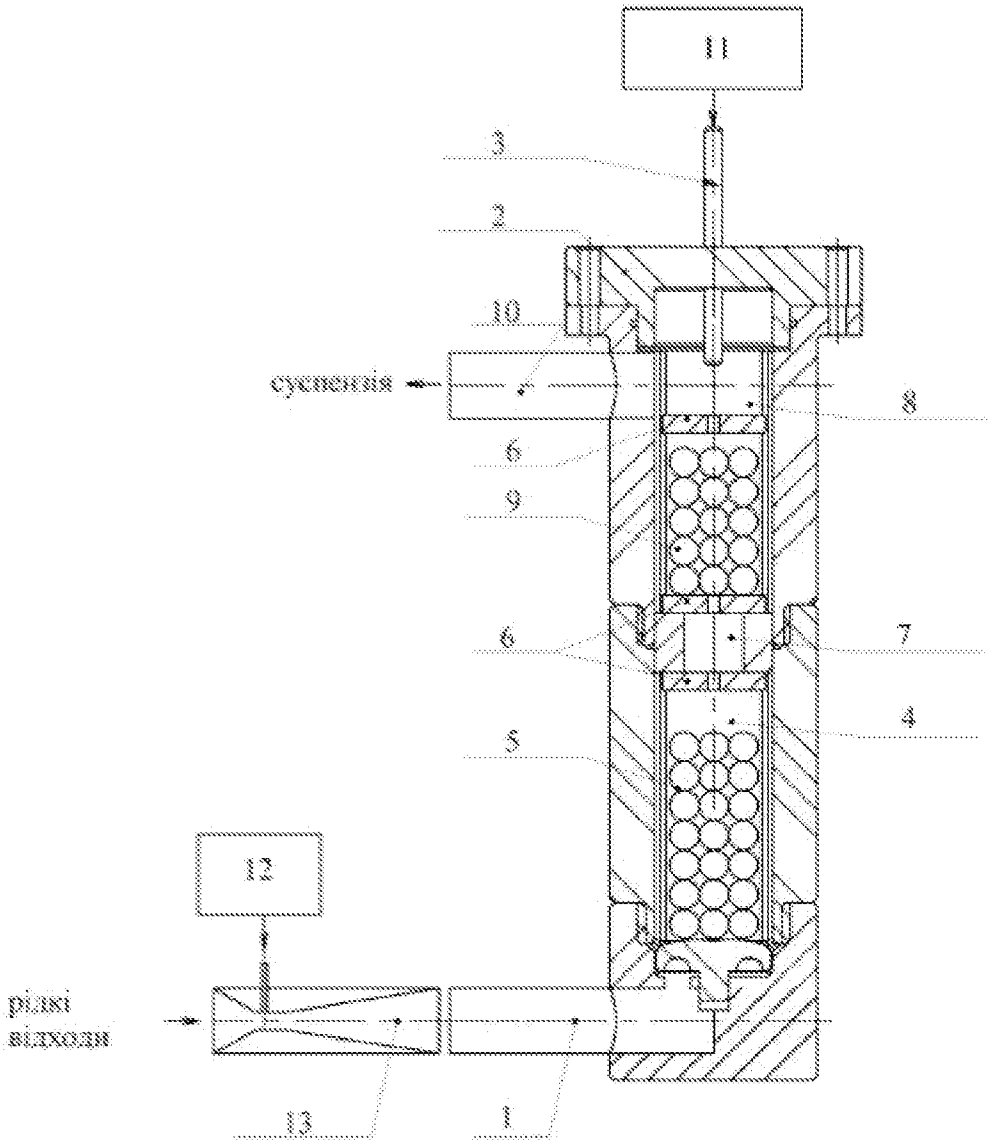
4. Спосіб застосування плазмового електроерозійного реактора для очищення рідких відходів за пп. 1-3, який полягає в тому, що через вхідний патрубок рідкі відходи під тиском безперервно подають у реактор, за допомогою блока управління вмикають джерело прямокутних імпульсів з амплітудою напруги 300-800 В, для їх подачі на розрядні електроди і створення об'ємного розряду між гранулами завантаження та, відповідно, об'ємної мікроплазми, що іонізує рідину з утворенням в ній наночастинок металу, з якого виготовлені гранули, при цьому в реакторі відбувається процес коагуляції та виділення з розчину органічних та/або неорганічних забруднюючих речовин, зокрема важких металів, та/або радіоактивних ізотопів за допомогою утвореного у процесі плазмохімічної реакції коагулянту - гідроксиду металу, з якого виготовлені гранули, що приводить до переходу забруднюючих речовин з розчинного в нерозчинний стан, після чого з реактора, через вихідний патрубок, відводять утворену в процесі очищення суспензію для подальшого розділення рідини та коагульованого осаду, який **відрізняється** тим, що рідкі відходи через вхідний патрубок подають під тиском у першу розрядну камеру, заповнену металевими гранулами, виготовленими з одного виду матеріалу - заліза або алюмінію, після завершення процесу коагуляції в першій камері завись через з'єднувальний патрубок подають до другої розрядної камери, заповненої металевими гранулами іншого виду матеріалу - алюмінію або заліза, після завершення процесу коагуляції в другій камері отриману суспензію подають до вихідного патрубка.

5. Спосіб застосування плазмового електроерозійного реактора для очищення рідких відходів за п. 4, який **відрізняється** тим, що рідкі відходи попередньо змішують із сорбентом.

6. Спосіб застосування плазмового електроерозійного реактора для очищення рідких відходів за пп. 4, 5, який **відрізняється** тим, що рідкі відходи попередньо насичують озоно-повітряною

сумішшю в змішувачі, з'єднаному з вхідним патрубком реактора.

7. Спосіб застосування плазмового електроерозійного реактора для очищення рідких відходів за пп. 4-6, який **відрізняється** тим, що прямокутні імпульси, що подають на електроди, є двополярними, тобто кожен наступний імпульс змінює полярність на протилежну, та мають частоту 50-200 Гц.




Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601