



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **106378**

(13) **U**

(51) МПК

**C02F 3/34** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 10227**

(22) Дата подання заявки: **19.10.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.04.2016**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.04.2016, Бюл.№ 8**

(72) Винахідник(и):

**Іваниця Володимир Олексійович (UA),  
Горшкова Олена Георгіївна (UA),  
Гудзенко Тетяна Василівна (UA),  
Волювач Ольга Вячеславівна (UA),  
Бєляєва Тамара Олексіївна (UA),  
Конуп Ігор Петрович (UA)**

(73) Власник(и):

**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І. МЕЧНИКОВА,  
вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082 (UA)**

## (54) СПОСІБ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ ВОДИ ВІД ІОНІВ СВИНЦЮ

(57) Реферат:

Спосіб мікробіологічної очистки розчинів від іонів свинцю включає очищення технологічних водних розчинів свинцю і стічних вод мікробіологічним реагентом у присутності перекису водню і хлориду кальцію. Як мікробіологічний реагент використовують бактеріальну суспензію непатогенного штаму *Pseudomonas aeruginosa* ONU327, яку додають при температурі 25-30 °C у забруднену воду об'ємним співвідношенням 1:1.

**UA 106378 U**



Корисна модель належить до очистки води від токсичних забруднювачів - іонів важких металів, зокрема від іонів свинцю Pb (II), і може бути використана в процесах водопідготовки та очистки технологічних водних розчинів і стічних вод рудозбагачувальних фабрик, металургійних заводів, виробництва акумуляторів, типографського сплаву, виготовлення масляних фарб тощо.

Свинець є дуже шкідливим для навколишнього середовища, має акумулятивну дію і негативно впливає на людину. Його гранично допустима концентрація (ГДК) для скидання у міську каналізацію дуже мала і дорівнює 0,03 мг/л. Тому на сьогоднішній день виникає актуальна проблема пошуку способу глибокої очистки технологічних розчинів від іонів свинцю.

Очистка води від токсичних забруднювачів, зокрема від іонів свинцю, може бути проведена хімічним, фізико-хімічним, електрохімічним способами. Вони дорогі, громіздкі та не завжди забезпечують високий рівень очищення.

Досягнутий рівень техніки в даній області характеризується наступними прикладами:

Відомий "Спосіб хімічного осаджування катіонів важких металів" [Фишман Г.И., Литник А.Д. Водоснабжение и очистка сточных вод предприятий химических волокон. - М.: Химия, 1971. - 160 с.], який полягає в тому, що через воду, забруднену іонами важких металів, пропускають сірководень. Ступінь вилучення важких металів у формі їх малорозчинних сульфідів досягає 99,8-99,9 %. Однак, практичне використання цього способу знижується через токсичність сірководню, що виділяється в атмосферу. Ця ж причина стримує використання як осаджувача полісульфіду кальцію, що використовується у сільському господарстві як інсектицид.

Відомий "Флотаційний спосіб вилучення іонів важких металів у вигляді осадів" [Гольман А.М. Ионная флотация. - М.: Недра, 1982. - 143 с.; Скрылев Л.Д., Сазонова В.Ф. Коллоидно-химические основы защиты окружающей среды от ионов тяжелых металлов. Ионная флотация. - К.: УМКВО, 1992. - 215 с.], який полягає в тому, що у воду, забруднену катіонами важких металів, вводять флотаційний збирач - відповідно аніонну поверхнево-активну речовину (ПАР), і пропускають під тиском знизу флотаційної системи (що оснащена відповідним фільтром) бульбашки повітря. Утворену піну, що містить малорозчинний продукт взаємодії іонів важких металів з поверхнево-активними іонами, механічно збирають і спрямовують у відстійники для руйнування.

Недоліками способу є: використання як органічного осаджувача іонів важких металів (ІВМ) не менш токсичних для навколишнього середовища іоногенних ПАР; необхідність регулювання значень рН середовища і оптимальної витрати реагенту для ефективного проведення процесу очистки води; вода очищується до вимог, що пред'являються до технічної води другої категорії, згідно з ДСТУ 9.314-35 90. Слід зазначити, що саме піноутворення є органолептичним показником малих кількостей більшості ПАР на водне середовище, тому виникає необхідність додаткового контролювання залишкової концентрації використаних як осаджувачів (флотаційних збирачів) ПАР. У випадку знеструмлення процесу очистки води стає неможливим.

Відомий "Спосіб вилучення важких металів з водних систем сорбцією на природних глинистих сорбентах" [Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. - Л.: Химия, 1982. - 168 с.]. Деякі глинисті мінерали (бентоніти, монтморилоніти, каоліни) мають підвищену іоннообмінну здатність. Ця властивість глинистих мінералів обумовлює їх широке практичне застосування у процесах іоннообмінної і сорбційної очистки металовмісних стічних вод [Трифонов М.Ю., Тарасевич Ю.И., Бондаренко С.В. Структурно-сорбционные свойства природных и модифицированных слоистых силикатов с жесткой структурной ячейкой // Химия и технология воды. - 2008. - Вып. 3. - С. 293-302].

Суттєвим недоліком цього способу є те, що він не забезпечує глибоку очистку води від іонів свинцю: не досягається залишкової концентрації іонів свинцю на рівні ГДК.

Відомий "Спосіб сорбційної очистки стічних вод і технологічних розчинів від іонів свинцю" по патенту України на винахід № 4234 МПК 4 C02F1/42, C02F1/62, опубл. 17.01.2005, бюл. № 1, згідно з яким очистку стічних вод та технологічних розчинів від іонів свинцю здійснюють адсорбційним способом, при цьому як адсорбенти використовують осадові породи з вмістом кальциту та доломіту від 5 до 30 %.

Недоліком відомого способу є: занадто висока тривалість процесу обробки води, що включає подальшу стадію регенерації адсорбенту. Крім цього, у відомому способі залишкова концентрація іонів свинцю у воді після очистки вище ГДК.

Останнім часом перевага надається біологічному очищенню, де головну роль відіграють мікроорганізми - бактерії, дріжджі.

Відомий, найбільш близький за результатом, що досягається (прототип), "Способ микробиологической очистки сточных вод промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов: цинка, кадмия и свинца" по Патенту Російської Федерації на винахід № 2216525 МПК 7 C02F3/34, C12 № 1/20, C12 R1:01 опубл. 20.11.2003, бюл. № 26, згідно з яким

мікробіологічну очистку промислових стічних вод від іонів важких металів: цинку, кадмію та свинцю здійснюють шляхом використання як мікробіологічних реагентів - штамів родококів. Використовують бактеріальну суміш родококів, яка містить штами *Rhodococcus ruber* (ІЭГМ АС 219; ІЭГМ АС 220; ІЭГМ АС 221; ІЭГМ АС 222; ІЭГМ АС 338; ІЭГМ АС 347).

Недоліком відомого способу є: використання великої кількості (шість) штамів бактерій, які належать до умовно патогенних мікроорганізмів, занадто висока тривалість процесу нарощування біомаси. Крім цього, у відомому способі залишкова концентрація іонів свинцю у воді після очистки вище ГДК при вихідній концентрації металу 0,3-2,5 мг/л (в залежності від штаму родококів).

Задачею корисної моделі є проведення глибокої очистки води від високотоксичного свинцю мікробіологічним способом до рівня ГДК з наступним технічним ефектом: скорочення загального часу очистки води (що також включає час приготування суспензій бактерій), зменшення кількості штамів (з шести штамів до одного штаму), використання непатогенного штаму мікроорганізму при забезпеченні в очищувальній системі замкнутого водопостачання. Крім цього, значно збільшується вихідна концентрація високотоксичного металу з 0,3 мг/л до 60 мг/л, що дозволяє проводити глибоку очистку реальних відпрацьованих технологічних розчинів і стоків відповідних підприємств.

Поставлена задача вирішується способом мікробіологічної очистки розчинів від іонів свинцю і полягає в тому, що технологічні водні розчини свинцю і стічні води очищують мікробіологічним реагентом у присутності перекису водню і хлориду кальцію, згідно з корисною моделлю, як мікробіологічний реагент використовують бактеріальну суспензію непатогенного штаму *Pseudomonas seracia* ONU327, яку додають при температурі 25-30 °С у забруднену воду об'ємним співвідношенням 1:1.

Пропонований спосіб мікробіологічної очистки води від іонів свинцю включають разом із технологічним процесом у замкнутий цикл і здійснюють наступним чином. Забруднену іонами свинцю та різними механічними домішками воду направляють спочатку у відстійник, де контролюють температуру і при необхідності доводять рН до значення, близького до нейтрального. Далі воду спрямовують у ємність. До ємності із забрудненою водою підводять дозатори розчинів перекису водню (3 %) і хлориду кальцію (10 %), інокулятор, заповнений бактеріальною суспензією непатогенного штаму *Pseudomonas seracia* ONU327. Культуру бактерій попередньо нарощують на спеціально підібраному поживному середовищі. Нарощування біомаси здійснюють при рН 7,0-7,2 і температурі 28 °С протягом 48 год. до досягнення щільності культури не менш 5 г/л за сухою біомасою, після чого культуру змішують із забрудненою іонами свинцю водою об'ємним співвідношенням 1:1. За вказаним мікробіологічним способом відбувається глибока очистка води від іонів свинцю (протягом 15-20 хв.) до рівня нижче ГДК, що дозволяє повторно використовувати очищену воду у замкнутому водопостачанні.

Дослідження з вилучення іонів свинцю із модельних водних розчинів у присутності різних штамів бактерій роду *Pseudomonas* проводили у Біотехнологічному науково-навчальному центрі Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.

Для проведення дослідження використовували непатогенні штами бактерій роду *Pseudomonas*: *P. fluorescens* ONU328, *P. maltophilia* ONU329 (виділені з морської води), *P. seracia* ONU327 (виділений із ґрунту), що зберігаються в колекції мікроорганізмів кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології ОНУ імені І.І. Мечникова.

Результати по мікробіологічній очистці води від іонів свинцю вільними та іммобілізованими за присутності перекису водню і хлориду кальцію клітинами бактерій роду *Pseudomonas* представлені в таблиці.

Таблиця

Штам	Залишкова концентрація Pb (II) у воді, мг/л		Ступінь очистки (а) води від Pb (II), %	
	вільні	іммобілізовані	вільні	іммобілізовані
	клітини бактерій роду <i>Pseudomonas</i>		клітини бактерій роду <i>Pseudomonas</i>	
<i>P. fluorescens</i> ONU328	4,1±0,65	0,05±0,002	93,17	99,92
<i>P. maltophilia</i> ONU329	2,8±0,15	0,05±0,002	95,33	99,92
<i>P. seracia</i> ONU327	0,25±0,03	0,03±0,003	99,58	99,95

Примітка: вихідна концентрація іонів свинцю у воді - 60 мг/л

Із даних таблиці видно, що за обробки розчинів вільними клітинами окремих штамів бактерій роду *P. fluorescens* ONU328, *P. maltophilia* ONU329 і *P. serasia* ONU327 ступінь очистки води від іонів свинцю сягав 93,17 %, 95,33 % і 99,58 % при залишковій концентрації Pb (II) у воді відповідно 4,1±0,65, 2,8±0,15 і 0,25±0,03 мг/л. Використання перелічених штамів бактерій роду *Pseudomonas* в іммобілізованому стані дозволяє на один-два порядки (порівняно з очисткою води вільними клітинами бактерій) зменшити залишкову концентрацію іонів свинцю у воді з 0,25-4,1 до 0,03-0,05 мг/л (в залежності від обраного штаму) при досягненні ступеня очистки 99,92-99,95 %.

Таким чином, мікробіологічні дослідження по вилученню іонів свинцю із модельних нітратних водних розчинів з використанням суспензій трьох штамів гетеротрофних грамнегативних бактерій роду *Pseudomonas*: *P. fluorescens* ONU328, *P. maltophilia* ONU329, *P. serasia* ONU327 при об'ємному співвідношенні забруднена вода: суспензії бактерій - 1:1 показали, що усі бактерії є свинець-резистентними і добре переносять "залпові навантаження" металу. В розробленому способі очистки розчинів від іонів свинцю рекомендовано як більш ефективний мікробіологічний реагент, що одночасно виконує функції біосорбенту і біоаккумулятора іонів свинцю використовувати непатогенний штам бактерій *P. serasia* ONU327, особливо у складі біофлокул. При іммобілізації клітин бактерій *P. serasia* ONU327 за присутності перекису водню (3 %) і хлориду кальцію (10 %) досягається очистка води від іонів свинцю на рівні ГДК (0,03 мг/л), причому очистка триває 15-20 хв. Під дією перекису водню і хлориду кальцію суттєво пришвидшується процес утворення в однорідній суспензії біофлуків - за відсутності хімреагентів агрегація бактерій протікає повільніше 60 хв. і відбувається під дією полісахаридних комплексів клітинної стінки.

Експериментально доведено, що умови культивування бактерій також суттєво впливають на їх здатність максимально взаємодіяти з катіонами високотоксичного металу. Оптимальними є такі умови: температура 30 °C і поживне середовище (пептоно-сольове середовище М-9 із забезпеченням рН 7), що містить, г/л:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -1,5;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -3;  $\text{NaCl}$ -5;  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -1; пептон - 10; глюкоза - 2; дріжджовий екстракт - 5.

Спосіб ілюструється наступним прикладом.

Приклад

В п'ять колб наливали по 15 мл модельного водного розчину нітрату свинцю з вихідною концентрацією по металу 60 мг/л. У кожну колбу спочатку вводили по 15 мл бактеріальної суспензії, що складається з непатогенного штаму *P. serasia* ONU327, потім додавали по 0,09 мл 3 % перекису водню і 1,50 мл 10 % хлориду кальцію для утворення біофлокул. Після 20 хв. відстоювання проб надосадові розчини аналізували на залишковий вміст у них свинцю. Проведений атомно-абсорбційний спектрофотометричний аналіз на приладі "Сатурн-2" показав, що концентрація свинцю знижувалась з 60,0 до 0,03±0,003 мг/л, що значно нижче ГДК.

Основними перевагами пропонованого мікробіологічного способу в порівнянні з прототипом є: глибока очистка концентрованих технологічних розчинів від іонів свинцю до концентрацій, що нижче або на рівні його ГДК для скидання очищених вод у каналізацію; прискорення процесу очистки за рахунок використання екологічно безпечних хімічних реагентів, введення яких дозволяє використовувати бактерії у складі біофлокул; зменшення кількості використаних умовно патогенних штамів мікроорганізмів з шести до одного непатогенного мікроорганізму, що робить процес очистки води від Pb (II) екологічно безпечним для працюючих на відповідному виробництві. Використаний нами мікробіологічний реагент - бактеріальна суспензія штаму *P. serasia* ONU327, має поверхнево-активні властивості і гарну нафтоокиснювальну здатність [Нафтоокиснювальна активність деяких штамів бактерій роду *Pseudomonas* / Т.В. Гудзенко та ін. // Мікробіологія і біотехнологія. - 2013. - № 4. - С. 72-80.; Вплив поживного середовища на здатність нафтоокиснювальних бактерій роду *Pseudomonas* продукувати біосурфактанти / Т.В. Гудзенко та ін. // Scientific Journal "ScienceRise" - 2014. - № 5/1(5). - С. 7-11.], що розкриває широкі перспективи його використання в біотехнології очистки навколишнього середовища від неорганічних політантів, в тому числі і від хронічних нафтових забруднень.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб мікробіологічної очистки розчинів від іонів свинцю, що включає очищення технологічних водних розчинів свинцю і стічних вод мікробіологічним реагентом у присутності перекису водню і хлориду кальцію, який **відрізняється** тим, що як мікробіологічний реагент використовують бактеріальну суспензію непатогенного штаму *Pseudomonas serasia* ONU327, яку додають при температурі 25-30 °C у забруднену воду об'ємним співвідношенням 1:1.

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601