



УКРАЇНА

(19) UA (11) 25120 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 33/18МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ В ПРОТОЧНИХ ВОДОЙМАХ

1

2

(21) u200703202

(22) 26.03.2007

(24) 25.07.2007

(46) 25.07.2007, Бюл. № 11, 2007 р.

(72) Кавчук Василь Миколайович

(73) Кавчук Василь Миколайович

(57) 1. Пристрій для визначення ступеня забруднення води в проточних водоймах, який містить розташовані в корпусі датчик з електродами, реєстратор і джерело живлення, який **відрізняється** тим, що додатково містить блок керування, датчик, виконаний з чотирьох однотипних рівновіддалених одна від іншої вимірювальних секцій, торцеві стінки котрих з'єднані між собою наскрізним проточним каналом, розташованим в корпусі між вхідним і вихідним отворами в торцевих стінках корпусу, кожна вимірювальна секція складається з камери, яка має співвісні проточному каналу отвори, потенціального і вимірювального електродів, прикріплених до бічних стінок камери, селективної мембрани, розташованої між електродами і

прикріпленої до вимірювального електрода, крім того, селективна мембрана кожної камери має діаметр пор, який збільшується від першої у напрямі потоку води камери до четвертої, причому вимірювальний електрод кожної камери підключений до відповідного входу реєстратора, а перший вихід блока керування з'єднаний з джерелом живлення, вихід якого підключений до потенціального електрода кожної вимірювальної секції.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатково містить ультразвуковий генератор, прикріплений до вимірювального електрода і з'єднаний з блоком живлення генератора, підключеним до другого виходу блока керування.

3. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що діаметр пор селективної мембрани кожної камери відповідно дорівнює для першої у напрямі потоку води камери 2-10 нм, для другої камери - 20-30 нм, для третьої камери - 0,1-0,5 мкм, для четвертої камери 10-50 мкм.

Корисна модель відноситься до вимірювальної техніки, а саме до пристроїв для визначення ступеня забруднення води, і може бути використана в якості неперервно діючого експрес-аналізатора перевищення гранично допустимих концентрацій (ГПК) в проточних водоймах за основними класами забруднень.

Відповідно до діючих норм, санітарний стан водойм оцінюється 4-12 разів на рік за одиничними показниками, кількість яких може становити від 10 до 30. Ступінь забруднення води у водоймі визначається комплексним показником, який розраховується на основі одиничних аналізів, оскільки окремі показники можуть зростати, тоді як інші - зменшуватись. Час, який необхідно витратити на відбирання проб і обробку аналізів, може складати від кількох годин до кількох діб.

При потраплянні в природну водойму неочищених стічних вод у небезпечних для екосистеми кількостях, пляма може бути виявлена за десятки кілометрів від джерела забруднення. Слід додати, що після виявлення вогнища забруднень знадо-

биться додатковий час для визначення характеру і джерела забруднення перед тим, як будуть вжиті заходи з ліквідації наслідків. Таким чином, оперативне виявлення характеру і джерела забруднення є одним з найважливіших природоохоронних завдань.

Існує велика кількість способів і приладів для визначення показників якості води природних джерел і ступеня її забруднення. Наприклад, прилади для визначення ступеня забруднення води, які використовують фізичну дію на досліджуваній об'єкт (температуру, електричний струм, звук, світло) [див. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. - М.: Медицина, 1990. - 400с].

Ці прилади використовуються для аналізу води лише в лабораторних умовах. З досліджуваної водойми береться зразок води, доставляється в лабораторію, де розділяється на частини, і кожна частина використовується для визначення одного показника забруднення. Комплексний показник за класами забруднюючих агентів і загальний показ-

(13) U

(11) 25120

(19) UA

ник забруднення розраховуються на основі одиничних аналізів.

Зазначені прилади не дозволяють здійснювати експрес-аналіз води на місці відбирання проб і не можуть одночасно аналізувати ступінь забруднення води за основними класами забруднень, як то солі металів і розчинені речовини, білки і колоїди, віруси і бактерії, а також найпростіші.

Найбільш близьким до пристрою, який заявляється, є пристрій для автоматичного визначення солей жорсткості у воді [див. авторське свідоцтво СРСР №787991, МКВ G01N 33/18, 1978р.]. Пристрій містить розташований в корпусі датчик, який виконано у вигляді двох камер, розділених іонообмінною мембраною. На поверхні мембрани розміщені два інертні електроди, які з'єднані з реєстратором, а два інші інертні електроди підключені до джерела живлення. Пристрій містить запірну арматуру для підключення до системи водопостачання (водогону).

Зазначений прилад використовується в стаціонарних умовах у системах міського водопостачання і дозволяє оперативно визначати концентрацію солей жорсткості в досліджуваній воді, тобто лише один клас забруднення. Для того, щоб контролювати ступінь забруднення води у відкритих проточних водоймах, потребується одночасний оперативний комплексний аналіз за основними класами забруднень, до яких відносяться: солі металів і розчинені речовини, колоїди, макромолекули, віруси, бактерії, водяні гриби і найпростіші.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення такого пристрою для визначення ступеня забруднення води в проточних водоймах, в якому використання прикріпленої до вимірювального електрода селективної мембрани з різним діаметром пор, який збільшується від першої у напрямі потоку води камери до четвертої, дозволяє під дією постійного електричного струму адсорбувати в об'ємі кожної мембрани забруднення певного класу, що забезпечує одночасне визначення ступеня забруднення води за всіма основними класами.

Поставлена задача вирішується наступним чином. У відомий пристрій для визначення ступеня забруднення води в проточних водоймах, який містить розташовані в корпусі датчик з електродами, реєстратор і джерело живлення, згідно з корисною моделлю, додатково введений блок керування, датчик виконаний з чотирьох однотипних рівновіддалених одна від іншої вимірювальних секцій, торцеві стінки котрих з'єднані між собою наскрізним проточним каналом, розташованим в корпусі між вхідним і вихідним отворами в торцевих стінках корпусу, кожна вимірювальна секція складається з камери, яка має співвісні проточному каналу отвори, потенціального і вимірювального електродів, прикріплених до бічних стінок камери, селективної мембрани, розташованої між електродами і прикріпленої до вимірювального електрода, крім того, селективна мембрана кожної камери має діаметр пор, який збільшується від першої у напрямі потоку води камери до четвертої, причому вимірювальний електрод кожної камери підключений до відповідного входу реєстратора, а

перший вихід блока керування з'єднаний з джерелом живлення, вихід якого підключений до потенціального електрода кожної вимірювальної секції.

Додатково пристрій містить ультразвуковий генератор, прикріплений до вимірювального електрода і з'єднаний з блоком живлення генератора, підключеним до другого виходу блока керування.

Крім того, діаметр пор селективної мембрани кожної камери дорівнює для першої у напрямі потоку води камери $2 \div 10$ нм, для другої камери $20 \div 30$ нм, для третьої камери $0,1 \div 0,5$ мкм, для четвертої камери $10 \div 50$ мкм.

Використання в пристрої, який заявляється, чотирьох селективних мембран, по одній в кожній камері, прикріплених до вимірювального електрода і з різним діаметром пор, дозволяє адсорбувати частинки певного класу забруднень в її об'ємі. Частинки, проникні в пори мембрани, не виходять з другої її сторони, а накопичуються в об'ємі, збільшуючи опір селективної мембрани. Таким чином можна проводити експрес-аналіз води одночасно за всіма основними класами забруднень.

На Фіг.1 схематично зображений загальний вигляд пристрою для визначення ступеня забруднення води; на Фіг.2 зображений розріз А-А на Фіг.1.

Пристрій для визначення ступеня забруднення води містить корпус 1 у формі паралелепіпеда, с торцевих сторін якого по центру розташовані вхідний 2 і вихідний 3 отвори для потоку води.

У корпусі 1 розташований датчик, виконаний з чотирьох однотипних рівновіддалених одна від іншої вимірювальних секцій 4а, 4б, 4в і 4г. Торцеві стінки вимірювальних секцій 4а, 4б, 4в і 4г з'єднані між собою наскрізним проточним каналом 5, розташованим в корпусі 1 по центру між вхідним 2 і вихідним 3 отворами. Кожна вимірювальна секція 4а, 4б, 4в і 4г складається з камери 6, в торцевих стінках камери по центру проточного каналу 5 виконані отвори (на кресленні не показані).

У камері 6 розташовані потенціальний 7 і вимірювальний 8 електроди, які прикріплені до бічних стінок камери 6. Між електродами 7 і 8 в камері 6 поміщена селективна мембрана 9, яка прикріплена до однієї зі сторін вимірювального електрода 8. До другої сторони зазначеного електрода 8 прикріплений ультразвуковий генератор 10, підключений до блока 11 живлення ультразвукового генератора 10. Селективна мембрана 9 кожної камери 6 у вимірювальних секціях 4а, 4б, 4в і 4г має різний діаметр пор, який збільшується від першої у напрямі потоку води камери до четвертої. Таким чином, для камери 6 у вимірювальній секції 4а діаметр пор селективної мембрани 9 дорівнює $20 \div 10$ нм, що відповідає максимальному розміру розчинених речовин та іонів металів. Відповідно у вимірювальній секції 4б діаметр пор селективної мембрани 9 дорівнює $20 \div 30$ нм, що відповідає максимальному розміру білків і колоїдних частинок; для селективної мембрани 9 у вимірювальній секції 4в діаметр пор мембрани дорівнює $0,1 \div 0,5$ мкм, що відповідає максимальному розміру вірусів. Для селективної мембрани 9 у вимірювальній секції 4г діаметр пор відповідає максимальному розміру бактерій і найпростіших і дорівнює $10 \div 50$ мкм. Ви-

мірювальний електрод 8 кожної камери 6 підключений до відповідного входу реєстратора 12. Потенціальний електрод 7 камери 6 в кожній з вимірювальних секцій 4а, 4б, 4в і 4г підключений до виходу джерела 13 живлення, вхід якого з'єднаний з першим виходом блока 14 керування. Другий вихід блока 14 керування підключений до блока 11 живлення ультразвукового генератора 10.

Всі елементи пристрою для визначення ступеня забруднення води, що заявляється, можуть бути виконані на основі типових радіоелементів і мікросхем. Блок керування може бути виконаний на базі серійного мікроконтролера АТМega8L, реєстратор - на базі серійного мікроконтролера АТМega12L. Джерело живлення пристрою і джерело живлення ультразвукового генератора - малогабаритні, виготовлені на основі програмованих мікросхем, при цьому джерело живлення пристрою оснащено стабілізатором напруги. Параметри джерела живлення: напруга 9В, максимальний струм 250мА; параметри ультразвукового генератора - частота 22кГц, потужність 50мВт.

Відстань між потенціальним і вимірювальним електродами камери має бути щонайменше 10мм. Площа поперечного перерізу вхідного отвору корпусу датчика підбирається такою, щоб швидкість течії води в камері не перебільшувала 50мм/с.

В якості селективної мембрани можуть бути використані стандартні мембрани на основі нітроцелюлози, ефіру целюлози і ацетилцелюлози товщиною 130÷150мкм і пористістю 70-85%.

Пристрій для визначення ступеня забруднення води в проточних водоймах працює наступним чином. Корпус 1 з датчиком розташовується в проточну водойму у напрямі течії води на відстані 5-10м від берега і на глибині 50см або на відстані 30-50см від дна водойми, в разі необхідності виявлення забруднень, що осідають на дно. Пристрій починає працювати за циклом, параметри якого задаються блоком 14 керування. Цикл роботи пристрою складається з режиму вимірювання і режиму відновлювання. Перемикання режимів роботи і установлення тривалості циклів вимірювання і відновлювання здійснюється за допомогою блока 14 керування. В режимі вимірювання по сигналу з блока 14 керування від джерела 13 живлення на потенціальний електрод 7 камери 6 в кожній вимірювальній секції 4а, 4б, 4в і 4г подається напруга позитивної полярності. Із-за різниці потенціалів між потенціальним 7 і вимірювальним 8 електродами через воду в камері 6 і селективну мембрану 9 протікає електричний струм, величина якого залежить від сумарного опору води і мембрани. При проходженні електричного струму через воду в камері 6 поблизу потенціального електрода 7, в результаті електролізу води відбувається виділення активного кисню, за рахунок чого відбувається окиснення розчинених і завислих у воді речовин. Окисненні речовини під дією постійного струму рухаються в напрямі від потенціального електрода 7 до вимірювального електрода 8 і досягають селективної мембрани 9.

В об'єм селективної мембрани 9 з боку камери 6 проникають лише ті частинки, розмір яких не перевищує діаметра пор мембрани. Частинки з

розмірами, більшими від діаметра пор селективної мембрани 9, захоплюються потоком води до наступної вимірювальної секції, однак незначна частина їх може осаджуватися на поверхні селективної мембрани 9. Оскільки друга сторона селективної мембрани 9 впритул прилягає до вимірювального електрода 8, то прониклі в об'єм селективної мембрани 9 речовини не проходять крізь неї, а накопичуються в ній, тобто концентрація окиснених речовин усередині селективної мембрани зростає. Опір селективної мембрани 9 при цьому збільшується, а струм, що протікає між електродами 7 і 8, відповідно зменшується. Ураховуючи, що вода в камері 6 неперервно поновлюється, можна вважати, що концентрація домішок у воді під час циклу вимірювання не змінюється, і провідність води в камері 6 можна вважати постійною. Таким чином, величина струму, який тече через камеру 6, залежатиме лише від концентрації окиснених продуктів в об'ємі і на поверхні селективної мембрани 9. При цьому основний вплив на опір селективної мембрани 9 матимуть речовини, адсорбовані усередині за рахунок виникнення концентраційної поляризації. Речовини, осілі на поверхні селективної мембрани 9, дають незначний внесок (менш ніж 5%) в загальний опір кола проходження струму, і ця величина може бути врахована як систематична похибка.

Сумісна дія конкуруючих процесів надходження іонів усередину селективної мембрани 9 під дією постійного електричного струму і виходу з неї під дією різниці концентрацій усередині селективної мембрани 9 і в потоці води камери 6, приводить до того, що струм, який проходить через кожну з вимірювальних секцій 4а, 4б, 4в і 4г, стабілізується на певному рівні. Стабілізація струму означає, що концентрація адсорбованих в об'ємі мембрани речовин досягла граничного значення для заданої величини напруги на потенціальному електроді 7. Час стабілізації струму, який проходить через кожну з вимірювальних секцій 4а, 4б, 4в і 4г визначається швидкістю накопичування окиснених продуктів в об'ємі селективної мембрани 9, і являє собою міру ступеня забруднення досліджуваної води.

Камера 6 вимірювальної секції 4а має селективну мембрану з мінімальним діаметром пор, камера вимірювальної секції 4г - з максимальним. Діаметр пор селективних мембран камер 6 вимірювальних секцій 4 послідовно збільшується по мірі просування потоку води від вхідного отвору 2 до вихідного отвору 3. Оскільки вода потрапляє спочатку в камеру вимірювальної секції 4а, а потім послідовно в камери вимірювальних секцій 4б, 4в, 4г, то першими осаджуються в об'ємі мембрани частинки мінімальних розмірів. Більші за розміром частинки або проходять до наступної вимірювальної секції під дією потоку води, або осаджуються на поверхні селективної мембрани 9 в незначній кількості, яка практично не впливає на точність вимірювання. Рухаючись під дією постійного електричного струму від потенціального електрода 7 до вимірювального електрода 8, в об'єм мембрани потрапляють лише ті частинки, характерні розміри яких не перевищують діаметра пор селективної

мембрани. Максимальна концентрація в об'ємі селективної мембрани спостерігатиметься для тих частинок, розміри яких знаходяться в діапазоні різниці діаметрів пор між наступною і попередньою мембраною, рахуючи від вхідного отвору 2 корпусу 1 датчика.

У режимі вимірювання реєстратор 12 неперервно визначає величину струму, який проходить через кожну вимірювальну секцію 4а, 4б, 4в і 4г. Виходячи з вимог щодо чистоти контрольованої води, на реєстраторі 12 установлюється гранична мінімальна величина, до якої може зменшитися струм, що проходить через вимірювальну секцію 4а, 4б, 4в і 4г. Ця величина може бути більшою або дорівнювати струму стабілізації.

Тривалість циклу вимірювання може регулюватися за допомогою блока 14 керування в межах 5-200 хвилин.

Якщо до закінчення циклу вимірювання величина струму у відповідній вимірювальній секції 4а, 4б, 4в і 4г не досягне тієї мінімальної величини, яка установлюється на реєстраторі 12, це означає, що кількість забруднюючих агентів даного класу в контрольованій воді не перевищує ГПК.

У тому випадку, коли до закінчення циклу вимірювання струм в будь-якій з вимірювальних секцій 4а, 4б, 4в і 4г падає до установленної величини, на передній панелі реєстратора 12 загоряється відповідний сигнальний напис, що попереджає про небезпеку. Так, при падінні струму до установленної величини у вимірювальній секції 4а, на передній панелі реєстратора 12 загоряється попереджальний напис «забруднення солями металів», при падінні струму нижче від установленної величини у вимірювальній секції 4б - «забруднення білками, колоїдами», при падінні струму нижче від установленної величини у вимірювальній секції 4в - «забруднення вірусами», при падінні струму нижче від

установленої величини у вимірювальній секції 4г - «забруднення бактеріями».

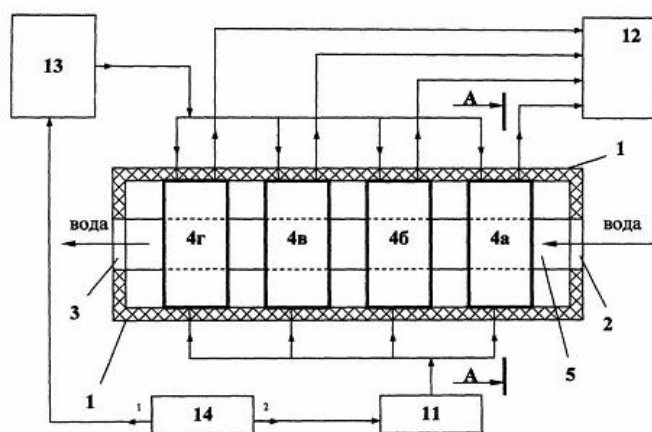
Після завершення режиму вимірювання вмикається режим відновлювання. З цієї метою за сигналом з блока 14 керування на потенціальний електрод 7 від джерела 13 живлення подається потенціал негативної полярності. Одночасно з цим за сигналом з блока 14 керування вмикається блок 11 живлення ультразвукового генератора 10, який починає працювати для того, щоб прискорити очищення селективної мембрани 9 від сторонніх включень. Тривалість режиму відновлювання регулюється за допомогою блока 14 керування в межах 1-3 хвилин.

Режим відновлювання функцій селективної мембрани 10 з вимірюванням полярності електричного поля дозволяє очистити об'єм мембрани від сторонніх речовин за час, менший ніж 10 хвилин. Одночасне використання інверсії електричного поля і ультразвукових коливань дозволяє скоротити час приведення селективної мембрани в робочий стан до 1 хвилини.

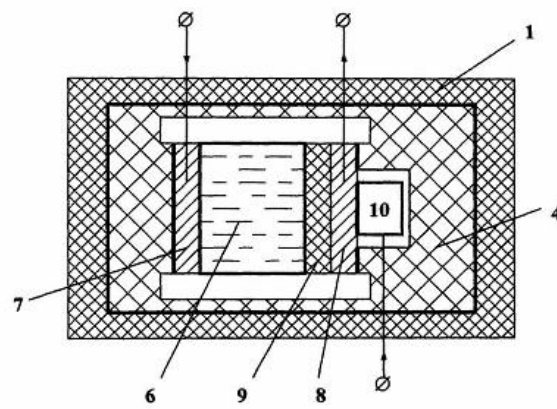
Після закінчення режиму відновлювання пристрій знову переходить до режиму вимірювання.

Пристрій працює за окиснювально-сорбційним принципом, а, отже, однаково добре осаджує практично всі види розчинених і завислих у воді речовин, як органічних, так і мінеральних, тому для нього немає принципової різниці, із забрудненнями якого класу працювати.

Таким чином, пропонуваний пристрій для визначення ступеня забруднення води дозволяє проводити експрес-аналіз води в проточних водопроводах одночасно по всім чотирьом основним класам забруднень: а) визначення вмісту солей металів і розчинених речовин; б) визначення вмісту білків і колоїдів; в) визначення вмісту вірусів; г) визначення вмісту бактерій і найпростіших.



Фиг. 1

Розріз за A-A

Фиг. 2