



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117336** (13) **U**
(51) МПК

G01N 21/25 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

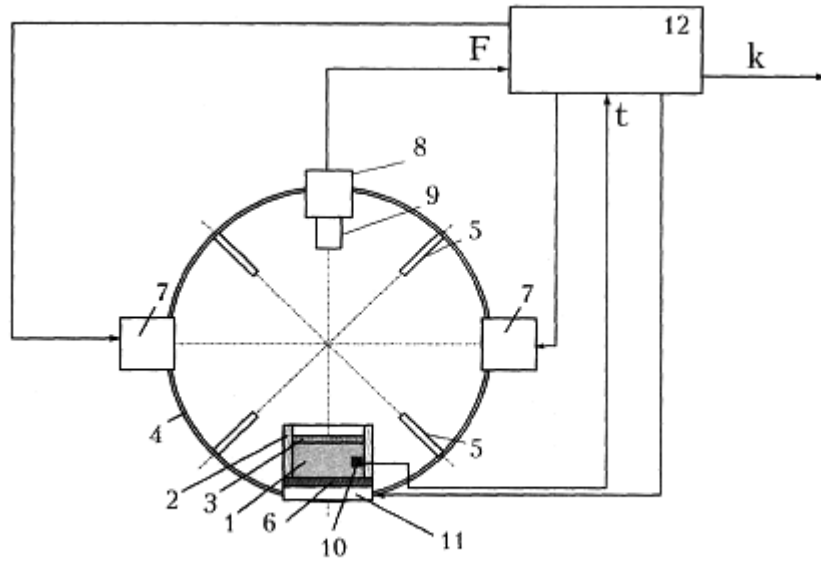
<p>(21) Номер заявки: u 2016 13426</p> <p>(22) Дата подання заявки: 27.12.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.06.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.06.2017, Бюл.№ 12</p>	<p>(72) Винахідник(и): Петрук Василь Григорович (UA), Кватернюк Сергій Михайлович (UA), Бондарчук Ольга Володимирівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</p>
--	--

(54) СПОСІБ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ РЯСКИ МАЛОЇ (LEMNA MINOR L.)

(57) Реферат:

Спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю забруднення водних об'єктів за допомогою ряски малої (*Lemna minor* L.), який полягає в тому, що рослини ряски поміщають у модельні водні середовища та складають шкалу забруднення, причому модельні водні середовища з листецями ряски малої витримують протягом 7-14 діб при заданій температурі і освітленні, при цьому кожної доби за допомогою апаратно-програмного блока керування та обробки мультиспектральних зображень визначають відносні розміри зон водного середовища, які відповідають листецям ряски без морфологічних змін, з морфологічними змінами і чистій поверхні води за допомогою аналізу мультиспектральних зображень, які отримують за допомогою широкосмугової CCD-камери при освітленні поверхні водних середовищ світлодіодними джерелами на характеристичних довжинах хвиль хромофорів ряски, а концентрацію забруднюючої речовини у досліджуваній пробі визначають за допомогою регресії результатів експериментальних досліджень залежності відносних розмірів зон водного середовища від концентрації забруднюючих речовин на основі мультиспектральних досліджень ряду проб з відомими концентраціями.

UA 117336 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до технологій захисту навколишнього природного середовища, а саме може бути використана для телевізійного вимірювального контролю забруднення водних об'єктів та біомоніторингу якості навколишнього середовища.

Відомо спосіб біотестування води і ґрунту на забруднення поллютантами на основі вітального забарвлення для оцінки фітотоксичності компонентів агроценозів, при якому для визначення пошкодження листеця підраховують кількість мертвих клітин, забарвлених барвником і складають бонітувальну шкалу ушкодження біотестера [Патент РФ № 2135994, М.Кл. G01N 33/18, 1999].

Недоліком способу є необхідність використання барвника сафраніну для визначення ушкоджених ділянок або всієї листової пластинки, що ускладнює процедуру визначення якісного складу та чисельності листеців ряски, що зменшує достовірність контролю забруднення водних об'єктів.

Найбільш близьким є спосіб комплексної фітоіндикації стану закислення поверхневих вод за допомогою тест-об'єкта ряски малої (*Lemna minor* L.), який полягає у тому, що рослини ряски поміщають у модельні водойми, що мають різне значення водневого показника та концентрацію сульфат- та нітрат іонів, визначають коефіцієнт росту шляхом зважування, за результатами аналізу складають шкалу забруднення. При цьому додатково визначають зміну водневого показника у модельних водоймах, появу у рослин ряски хлорозів та некрозів, зміну росту та кольору коренів. Проводять спектрофотометричне визначення хлорофілів та каротиноїдів в загальному екстракті за Хольм-Веттштейном та спектрофотометричне визначення активності реакції Хілла у хлоропластах по швидкості відновлення акцептора електронів. Далі складають шкалу фазових реакцій ряски малої (*Lemna minor* L.) на зміну умов існування [Патент України №20660, М.Кл. G01N 33/18, 2007].

Недоліком даного способу є те, що він вимагає для визначення хлорофілів та каротиноїдів у листецях ряски виготовляти з них екстракт, що виключає їх подальше використання як тест-об'єкта, крім того дослідження наявності у листеців ряски хлорозів та некрозів здійснюється оператором суб'єктивно, що впливає на достовірність фітоіндикації стану закислення поверхневих вод.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю забруднення водних об'єктів за допомогою ряски малої (*Lemna minor* L.), в якому за рахунок нових операцій та їх послідовності підвищується достовірність екологічного контролю.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю забруднення водних об'єктів за допомогою ряски малої (*Lemna minor* L.), який полягає в тому, що рослини ряски поміщають у модельні водні середовища та складають шкалу забруднення, доповнено тим, що модельні водні середовища з листецями ряски малої витримують протягом 7-14 діб при заданій температурі і освітленні, при цьому кожної доби за допомогою апаратно-програмного блока керування та обробки мультиспектральних зображень визначають відносні розміри зон водного середовища, які відповідають листецям ряски без морфологічних змін, з морфологічними змінами і чистій поверхні води за допомогою аналізу мультиспектральних зображень, які отримують за допомогою ширококугової CCD-камери при освітленні поверхні водних середовищ світлодіодними джерелами на характеристичних довжинах хвиль хромофорів ряски, а концентрацію забруднюючої речовини у досліджуваній пробі визначають за допомогою регресії результатів експериментальних досліджень залежності відносних розмірів зон водного середовища від концентрації забруднюючих речовин на основі мультиспектральних досліджень ряду проб з відомими концентраціями.

Суть корисної моделі пояснюється фіг. 1, на якій представлена структурна схема пристрою, що реалізує спосіб.

Пристрій містить модельне водне середовище 1 у кварцовій кюветі 2, плаваючий шар тест-об'єкта ряски малої (*Lemna minor* L.) 3, інтегровальну сферу 4, вкриту дифузно відбиваючим покриттям на основі сульфату барію, екрани 5 та підложку 6 з покриттям, ідентичним до інтегровальної сфери, джерела випромінювання 7, телевізійну CCD-камеру 8, об'єктив 9, давач температури 10, нагрівальний елемент 11, апаратно-програмний блок керування та обробки мультиспектральних зображень 12.

Спосіб здійснюється наступним чином.

1. Рослини ряски малої (*Lemna minor* L.) 3 поміщають в модельне водне середовище 1 у кварцовій кюветі 2, яка розміщена у інтегровальній сфері 4 на підложці 6 з дифузно відбиваючим покриттям. Світлодіодні джерела випромінювання 7 забезпечують рівень освітленості, достатній для нормальної життєдіяльності рослин ряски малої (*Lemna minor* L.).

Об'єкт дослідження освітлюється дифузно розсіяним світлом відбитим від стінок інтегрувальної сфери 4. Давач температури 10 та нагрівальний елемент 11 призначені для підтримки оптимальної температури у модельному водному середовищі. Екрани 5 запобігають прямому потраплянню світла від світлодіодних джерел випромінювання 7 на камеру чи кювету.

2. Модельні водні середовища з листецями ряски малої (*Lemna minor* L.) витримують протягом 7-14 діб при заданій температурі і освітленні. На добу витримують режим освітлення 18 годин та затемнення 6 годин.

3. Кожної доби визначаються відносні розміри зон водного середовища, які відповідають листецям ряски без морфологічних змін (А), з морфологічними змінами (В) і чистій поверхні води (С) за допомогою аналізу мультиспектральних зображень поверхні модельних водних середовищ на характеристичних довжинах хвиль хромофорів ряски. Мультиспектральні зображення отримують за допомогою освітлення поверхні водних середовищ світлодіодними джерелами 7 на характеристичних довжинах хвиль хромофорів (хлорофілу а, хлорофілу b та каротиноїдів). При цьому використовується широкосмугова ССD-камера 8 з об'єктивом 9 налаштованим на відстань для отримання зображень з поверхні модельного водного середовища. Концентрації основних хромофорів ряски розраховуються, як розв'язок оберненої оптичної задачі на основі мультиспектральних зображень. Для кожного пікселя зображення визначається відстань у мультиспектральному просторі до усереднених значень коефіцієнта яскравості на характеристичних довжинах хвиль, характерних листецям ряски без морфологічних змін, з морфологічними змінами (хлорози - листеці втрачають пігменти і стають жовті, некрози - локалізовані відмерлі області тканини, листеці коричневі або білі) і чистій поверхні води та встановлюють приналежність пікселя мультиспектрального зображення до одного з трьох класів. Підраховують кількість пікселів та відносну частину зображення для кожної з вказаних зон і розраховують коефіцієнт

$$k_{t,c} = \frac{B_{t,c}}{A_{t,c} + B_{t,c}} 100\%$$

для досліджуваного водного середовища k_t та контрольного зразка k_c .

4. Складають таблицю залежності коефіцієнтів $k_{t,c}$ від концентрації забруднюючих речовин $C_{забр\ i}$ (табл.1) для вимірювань, які здійснювались кожної доби протягом 14 діб для досліджуваної k_t і контрольної проби k_c . Будують графік залежності коефіцієнтів k_t від концентрації забруднюючих речовин (див. фіг. 2)

Таблица 1

Залежність коефіцієнтів k_t від концентрації забруднюючих речовин

№	контроль $C_{забр} = 0$	$C_{забр}$, мг/л					
		$C_{забр1}$	$C_{забр2}$	$C_{забр3}$	$C_{забр4}$	...	$C_{забр10}$
Т, діб							
1	k_{c_1}	$k_{t_1_1}$	$k_{t_1_2}$	$k_{t_1_3}$	$k_{t_1_4}$	...	$k_{t_1_10}$
2	k_{c_2}	$k_{t_2_1}$	$k_{t_2_2}$	$k_{t_2_3}$	$k_{t_2_4}$	...	$k_{t_2_10}$
3	k_{c_3}	$k_{t_3_1}$	$k_{t_3_2}$	$k_{t_3_3}$	$k_{t_3_4}$	...	$k_{t_3_10}$
...
14	k_{c_14}	$k_{t_14_1}$	$k_{t_14_2}$	$k_{t_14_3}$	$k_{t_14_4}$	...	$k_{t_14_10}$

5. Використовуючи регресію за допомогою поліномів третього порядку, визначаємо функціональні залежності концентрації забруднюючих речовин від коефіцієнтів k_t :

$$C_{забр1} = a_{0_1} + a_{1_1}k_{t_1_1} + a_{2_1}k_{t_1_1}^2 + a_{3_1}k_{t_1_1}^3 + a_{4_1}k_{t_1_1}^4,$$

$$C_{забр2} = a_{0_2} + a_{1_2}k_{t_1_2} + a_{2_2}k_{t_1_2}^2 + a_{3_2}k_{t_1_2}^3 + a_{4_2}k_{t_1_2}^4,$$

...

$$C_{забр\ i} = a_{0_i} + a_{1_i}k_{t_1_i} + a_{2_i}k_{t_1_i}^2 + a_{3_i}k_{t_1_i}^3 + a_{4_i}k_{t_1_i}^4.$$

...

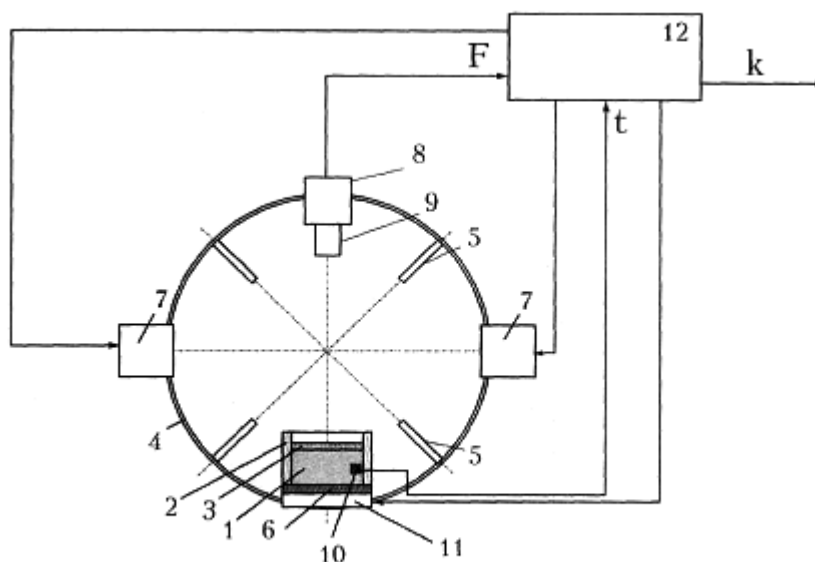
$$C_{\text{забр}14} = a_{0_14} + a_{1_14}k_{t_1_14} + a_{2_14}k_{t_1_14}^2 + a_{3_14}k_{t_1_14}^3 + a_{4_14}k_{t_1_14}^4.$$

Отримані залежності дозволяють визначити концентрацію забруднюючих речовин на основі відомих коефіцієнтів k_t та часу тестування T_t . Окрім того, можливо вибрати оптимальне значення часу тестування, що забезпечує найбільшу чутливість визначення концентрації $C_{\text{забр}}$.

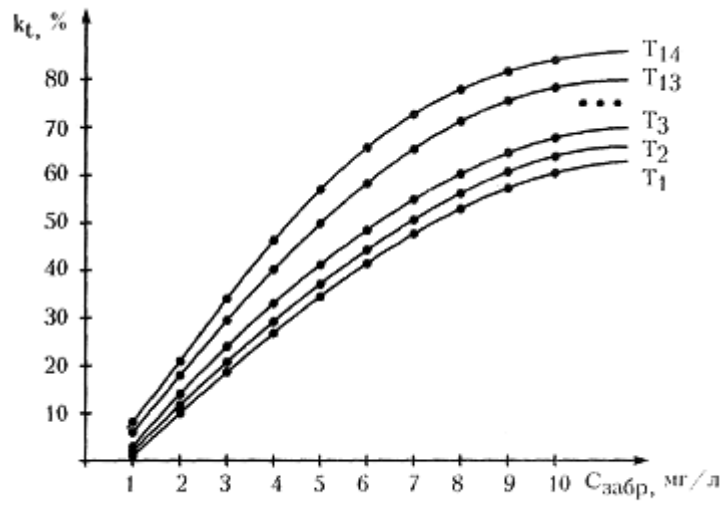
5 Таким чином, вимірювання концентрації забруднюючих речовин у водному середовищі зводиться до визначення відносних розмірів зон водного середовища, які відповідають листецям ряски без морфологічних змін, з морфологічними змінами і чистої поверхні води за допомогою аналізу мультиспектральних зображень. При збільшенні концентрації забруднюючих речовин у водному середовищі листеців ряски з морфологічними змінами збільшується, а без морфологічних змін зменшується. При цьому коефіцієнт k_t наближається до 100 %. При низькій
10 концентрації забруднюючих речовин відносні розміри зон без морфологічних змін не перевищують значення для контрольного зразка.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Спосіб мультиспектрального телевізійного вимірювального контролю забруднення водних об'єктів за допомогою ряски малої (*Lemna minor* L.), який полягає в тому, що рослини ряски поміщають у модельні водні середовища та складають шкалу забруднення, який **відрізняється** тим, що модельні водні середовища з листецями ряски малої витримують протягом 7-14 діб при заданій температурі і освітленні, при цьому кожної доби за допомогою апаратно-програмного
20 блока керування та обробки мультиспектральних зображень визначають відносні розміри зон водного середовища, які відповідають листецям ряски без морфологічних змін, з морфологічними змінами і чистої поверхні води за допомогою аналізу мультиспектральних зображень, які отримують за допомогою ширококугової CCD-камери при освітленні поверхні
25 водних середовищ світлодіодними джерелами на характеристичних довжинах хвиль хромофорів ряски, а концентрацію забруднюючої речовини у досліджуваній пробі визначають за допомогою регресії результатів експериментальних досліджень залежності відносних розмірів зон водного середовища від концентрації забруднюючих речовин на основі мультиспектральних досліджень ряду проб з відомими концентраціями.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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