



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*G01M 3/28* (2019.05); *G01N 21/64* (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018141966, 28.11.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 28.11.2018

Дата регистрации:  
 22.07.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.11.2018

(45) Опубликовано: 22.07.2019 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
 МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Белова  
 М.Л. (НИИ РЛ)

(72) Автор(ы):

Барышников Николай Васильевич (RU),  
 Белов Михаил Леонидович (RU),  
 Городничев Виктор Александрович (RU),  
 Федотов Юрий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования "Московский государственный  
 технический университет имени Н.Э.  
 Баумана (национальный исследовательский  
 университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: Ю.В. Федотов и др. "Метод  
 обнаружения нефтяных загрязнений на земной  
 поверхности, основанный на регистрации  
 флуоресцентного излучения в трех узких  
 спектральных диапазонах", ОПТИКА  
 АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА, т. 26, № 3, 2013  
 г., стр. 208-212. Белов М.Л. и др.  
 "Сравнительный анализ длин волн  
 возбуждения флуоресценции 0,266 и 0,355 мкм  
 для лазерного (см. прод.)

(54) Способ дистанционного обнаружения утечек нефтепроводов на земной поверхности

(57) Реферат:

Изобретение относится к области измерительной техники и касается дистанционного способа обнаружения утечек нефтепроводов. Обнаружение утечек осуществляется путем облучения поверхности в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны возбуждения и регистрации флуоресцентного излучения. Для зондирования земной поверхности регистрируют интенсивность флуоресцентного излучения  $I(\Delta\lambda_1)$ ,  $I(\Delta\lambda_2)$ ,  $I(\Delta\lambda_3)$  в трех широких спектральных диапазонах  $\Delta\lambda_1$ ,  $\Delta\lambda_2$ ,  $\Delta\lambda_3$ , выбранных по данным экспериментальных измерений. О наличии нефтяных загрязнений судят по выполнению соотношений:

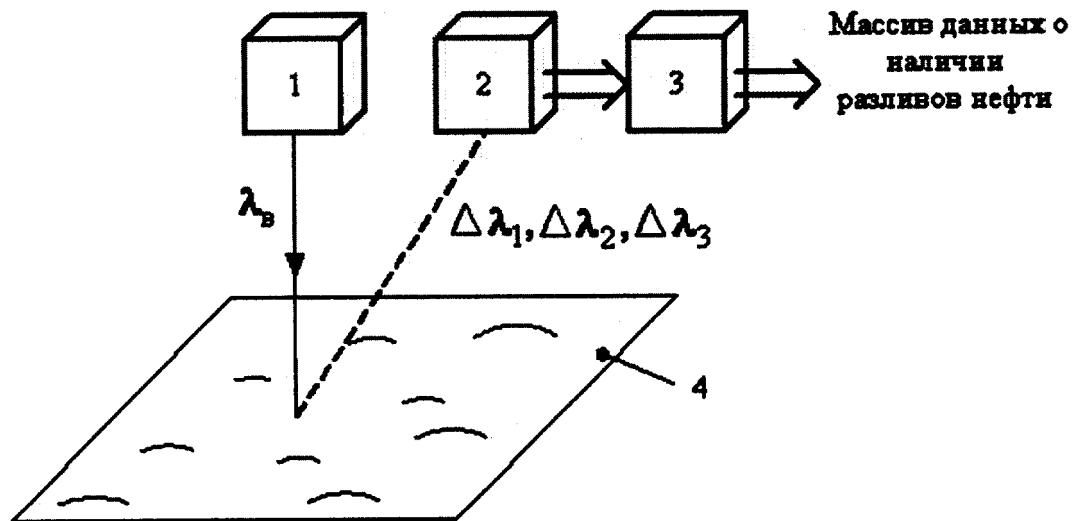
$$I(\Delta\lambda_1) > R1 \text{ и } \frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_1)} > R2 \text{ и } \frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_3)} > R3 \quad (1)$$

Для длины волны возбуждения 355 нм:  $\Delta\lambda_1=460\ldots480$  -  $540\ldots580$  нм;  $\Delta\lambda_2=580\ldots590$  -  $640\ldots650$  нм;  $\Delta\lambda_3=670\ldots680$  -  $740\ldots750$  нм. Для длины волны возбуждения 266 нм:  $\Delta\lambda_1=400\ldots420$  -  $470\ldots520$  нм;  $\Delta\lambda_2=520\ldots530$  -  $590\ldots600$  нм;  $\Delta\lambda_3=670\ldots680$  -  $740\ldots750$  нм.  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  - пороговые значения, выбранные в результате предварительных исследований спектров флуоресценции нефти и спектров флуоресценции природных образований на земной поверхности. Технический результат заключается в увеличении

RU 2 6 9 5 2 7 6 C 1

RU 2 6 9 5 2 7 6 C 1

дальности обнаружения. 9 ил.



Фиг.1

(56) (продолжение):

флуоресцентного метода контроля нефтяных загрязнений", НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Электронный журнал, № 7, 2017 г., стр. 206-221. RU 2539784 С2, 27.01.2015. JP 2015158433 A, 03.09.2015.

R U 2 6 9 5 2 7 6 C 1  
R U 2 6 9 5 2 7 6

R U 2 6 9 5 2 7 6 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC  
*G01M 3/28* (2019.05); *G01N 21/64* (2019.05)

(21)(22) Application: 2018141966, 28.11.2018

(24) Effective date for property rights:  
28.11.2018

Registration date:  
22.07.2019

Priority:

(22) Date of filing: 28.11.2018

(45) Date of publication: 22.07.2019 Bull. № 21

Mail address:  
105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,  
MGTU im. N.E. Baumana, TSZIS, dlya Belova  
M.L. (NII RL)

(72) Inventor(s):

Baryshnikov Nikolaj Vasilevich (RU),  
Belov Mikhail Leonidovich (RU),  
Gorodnichev Viktor Aleksandrovich (RU),  
Fedotov Yurij Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Baumana  
(natsionalnyj issledovatelskij universitet)"  
(MGTU im. N.E. Baumana) (RU)

(54) METHOD FOR REMOTE DETECTION OF OIL PIPELINE LEAKS ON EARTH SURFACE

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to measurement equipment and concerns a remote method of detecting leaks of oil pipelines. Detection of leaks is carried out by irradiating surface in ultraviolet range at excitation wavelength and detection of fluorescent radiation. To probing the earth's surface, the intensity of fluorescent radiation I ( $\Delta\lambda_1$ ), I ( $\Delta\lambda_2$ ), I ( $\Delta\lambda_3$ ) in three wide spectral ranges  $\Delta\lambda_1$ ,  $\Delta\lambda_2$ ,  $\Delta\lambda_3$ , selected according to experimental measurements. Presence of oil contamination is determined by following relationships: I( $\Delta\lambda_1$ )>R1 and I( $\Delta\lambda_2$ )/I( $\Delta\lambda_1$ )>R2 and I( $\Delta\lambda_2$ )/I( $\Delta\lambda_3$ )>R3

(1). For excitation wavelength of 355 nm:  
 $\Delta\lambda_1=460 \dots 480 \dots 540 \dots 580$  nm;  
 $\Delta\lambda_2=580 \dots 590 \dots 640 \dots 650$  nm;  
 $\Delta\lambda_3=670 \dots 680 \dots 740 \dots 750$  nm. For excitation wavelength of 266 nm:  $\Delta\lambda_1=400 \dots 420 \dots 470 \dots 520$  nm;  
 $\Delta\lambda_2=520 \dots 530 \dots 590 \dots 600$  nm;  
 $\Delta\lambda_3=670 \dots 680 \dots 740 \dots 750$  nm. R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> are threshold values selected as a result of preliminary studies of fluorescence spectra of oils and spectra of fluorescence of natural formations on earth surface.

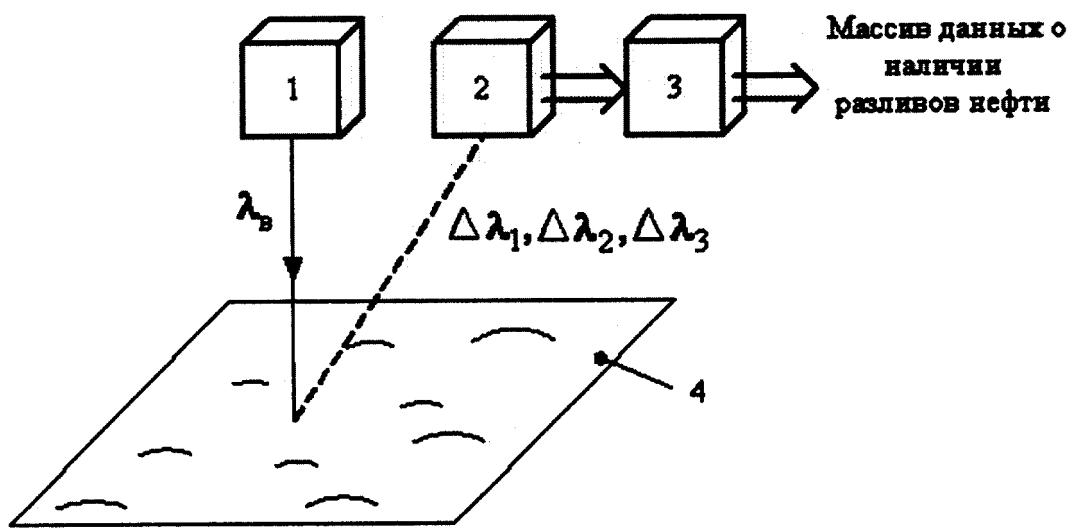
EFFECT: longer detection range.  
1 cl, 9 dwg

2 6 9 5 2 7 6

R U

R U  
2 6 9 5 2 7 6

C 1



Фиг.1

R U 2 6 9 5 2 7 6 C 1

R U 2 6 9 5 2 7 6 C 1

## Область техники

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для оперативного обнаружения утечек нефтепроводов и разливов нефти на земной поверхности.

### 5 Уровень техники

Одними из наиболее перспективных классов датчиков для дистанционного оперативного обнаружения разливов нефти и нефтепродуктов являются лазерные флуорометры, работа которых основана на регистрации флуоресцентного излучения от исследуемой поверхности [1].

10 Известны способы обнаружения разливов нефти на поверхности воды [1-5], заключающиеся в том, что исследуемую поверхность облучают на длине волны возбуждения в ультрафиолетовом диапазоне, регистрируют флуоресцентное излучение от исследуемой поверхности и о наличии разливов нефти судят, либо проводя калибровку измеренных сигналов в некоторых спектральных диапазонах по сигналу флуоресценции 15 окружающей чистой воды и потом используя величину калиброванных сигналов для нахождения аномалий в принятом сигнале флуоресценции [1-3], либо по результату корреляции измеренных спектров флуоресцентного излучения со спектрами излучения эталонных образцов [4], либо сравнивая интенсивность флуоресцентного излучения в двух узких спектральных диапазонах со специально выбранными центральными длинами 20 волн [5].

25 Недостатком этих способов обнаружения нефтяных загрязнений является то, что они применимы только для разливов нефти на водной поверхности, и не позволяют проводить обнаружение нефтяных загрязнений на земной поверхности. Причиной этого является гораздо большая сложность задачи мониторинга разливов нефти для земной поверхности (по сравнению с аналогичной задачей для водной поверхности).

30 Основная причина резкого усложнения задачи обнаружения разливов нефти для земной поверхности связана с мешающим влиянием флуоресценции природных образований (в основном различных типов растительности, спектр флуоресценции которых может быть близок к спектру флуоресценции нефти).

35 Наиболее близким к предлагаемому способу является способ обнаружения нефтяных загрязнений на земной поверхности [6], заключающиеся в том, что поверхность облучают в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны возбуждения, регистрируют интенсивность флуоресцентного излучения  $I(\lambda_1)$ ,  $I(\lambda_2)$ ,  $I(\lambda_3)$  в трех узких спектральных диапазона с центрами на длинах волн  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , выбранных по данным экспериментальных измерений из условия максимальной вероятности правильного обнаружения нефтяных загрязнений, а о наличии нефтяных загрязнений судят по выполнению соотношений:

$$40 I(\lambda_1) + I(\lambda_2) + I(\lambda_3) > K1 \text{ и } \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \geq K2 \text{ и } \frac{I(\lambda_3)}{I(\lambda_1)} \geq K3,$$

где для длины волны возбуждения 266 нм  $\lambda_1=331,5$  нм,  $\lambda_2=351,5$  нм и  $\lambda_3=417,5$  нм, а пороговые значения равны:  $K1=3 \cdot 10^{-4}$ ;  $K2=1,8$ ;  $K3=1,75$ .

45 Недостатками способа обнаружения нефтяных загрязнений на земной поверхности [6] являются:

- небольшая дальность обнаружения, связанная с регистрацией флуоресцентного излучения в узких спектральных диапазонах (327,5-335,5 нм, 347,5-355,5 нм, 413,5-421,5 нм);
- использование только коротковолнового диапазона регистрации флуоресцентного

излучения (с длинами волн короче 421,5 нм) и как следствие игнорирование наиболее характерного максимума флуоресценции растительности в диапазоне 680-740 нм.

**Раскрытие изобретения**

Избежать этого недостатка можно тем, что согласно дистанционному способу

5 обнаружения нефтяных загрязнений, включающему облучение поверхности в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны возбуждения и прием флуоресцентного излучения, для зондирования земной поверхности регистрируют интенсивность флуоресцентного излучения  $I(\Delta\lambda_1)$ ,  $I(\Delta\lambda_2)$ ,  $I(\Delta\lambda_3)$  в трех широких спектральных диапазонах  $\Delta\lambda_1$ ,  $\Delta\lambda_2$ ,  $\Delta\lambda_3$ , выбранных по данным экспериментальных измерений и о 10 наличии нефтяных загрязнений судят по выполнению соотношений:

$$I(\Delta\lambda_1) > R1 \text{ и } \frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_1)} > R2 \text{ и } \frac{I(\Delta\lambda_3)}{I(\Delta\lambda_2)} > R3 \quad (1)$$

где

15 для длины волны возбуждения 355 нм:  $\Delta\lambda_1=460\ldots480 - 540\ldots580$  нм;  $\Delta\lambda_2=580\ldots590 - 640\ldots650$  нм;  $\Delta\lambda_3=670\ldots680 - 740\ldots750$  нм;

для длины волны возбуждения 266 нм:  $\Delta\lambda_1=400\ldots420 - 470\ldots520$  нм;  $\Delta\lambda_2=520\ldots530 - 590\ldots600$  нм;  $\Delta\lambda_3=670\ldots680 - 740\ldots750$  нм;

20  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  - пороговые значения, выбранные в результате предварительных исследований спектров флуоресценции нефти и спектров флуоресценции природных образований на земной поверхности.

Способ основан на анализе данных экспериментальных измерений спектров флуоресценции нефти, разливов нефти на земной поверхности, природных образований 25 на земной поверхности и использует информацию о наиболее характерном максимуме флуоресценции растительности в диапазоне 680-740 нм и позволяет проводить дистанционное (с расстояний ~ 100 м и более) обнаружение разливов нефти на земной поверхности (отличать флуоресценцию природных образований от флуоресценции разливов нефти на земной поверхности).

30 Перечень фигур

На фиг. 1 схематично изображено устройство, реализующее предлагаемый способ.

На Фиг. 2-5 показан примеры спектров флуоресценции чистых нефтепродуктов, загрязненной нефтью земной поверхности, растительности, водных объектов, асфальта и почвы для длины волны возбуждения 355 нм.

35 На Фиг. 6-9 показан примеры спектров флуоресценции чистых нефтепродуктов, загрязненной нефтью земной поверхности, растительности, водных объектов, асфальта и почвы для длины волны возбуждения 266 нм.

**Осуществление изобретения**

Устройство содержит источник ультрафиолетового излучения 1, облучающий земную 40 поверхность на длине волны возбуждения  $\lambda_B$ ; фотоприемник 2, регистрирующий флуоресцентное излучение от земной поверхности в трех спектральных диапазонах ( $\Delta\lambda_1$ ,  $\Delta\lambda_2$ ,  $\Delta\lambda_3$ ); блок обработки 3, который по данным измерений  $I(\Delta\lambda_1)$ ,  $I(\Delta\lambda_2)$ ,  $I(\Delta\lambda_3)$  проводит проверку выполнения соотношений (1).

45 Устройство работает следующим образом.

Источник ультрафиолетового излучения 1 (лазер с длиной волны возбуждения 266 или 355 нм) облучает исследуемую земную поверхность 4 на длине волны возбуждения  $\lambda_B$  (например, источник излучения 1 может находиться на авиационном носителе).

Облучение земной поверхности осуществляют вертикально вниз (для увеличения полосы обзора возможно сканирование поперек направления полета носителя). Фотоприемник 2 регистрирует от исследуемой земной поверхности интенсивность флуоресцентного излучения  $I(\Delta\lambda_1)$ ,  $I(\Delta\lambda_2)$ ,  $I(\Delta\lambda_3)$  в трех спектральных диапазонах  $\Delta\lambda_1$ ,  $\Delta\lambda_2$ ,  $\Delta\lambda_3$ . Сигналы

<sup>5</sup> с фотоприемника 2 поступают в блок обработки 3, в который заранее введены пороговые соотношения (1) и значения порогов R1, R2, R3. В блоке обработки по данным измерений  $I(\Delta\lambda_1)$ ,  $I(\Delta\lambda_2)$ ,  $I(\Delta\lambda_3)$  проводится проверка выполнения соотношений (1) и определяется наличие или отсутствие разливов нефти на земной поверхности. При облете исследуемого района результатом работы блока 3 является массив данных о <sup>10</sup> наличии разливов нефти (карта разливов нефти).

Исходными данными для разработки способа обнаружения разливов нефти на земной поверхности являются измеренные спектры флуоресценции чистых нефти и спектры флуоресценции природных образований на земной поверхности - прежде всего <sup>15</sup> растительности и водных объектов [7-9].

<sup>15</sup> На Фиг. 2-5 показаны пример спектров флуоресценции чистых нефтепродуктов, загрязненной нефтью земной поверхности растительности, водных объектов, асфальта и почвы для длины волны возбуждения флуоресценции 355 нм (здесь «пики» на рисунках на длине волны 532 нм соответствуют второй гармонике лазера подсвета, которую не всегда удавалось эффективно «подавить» во время эксперимента).

<sup>20</sup> На Фиг. 2 показан пример спектра флуоресценции нефти 5 (с Московского НПЗ) и нефти 6, разлитой на почве (сразу после разлия). На Фиг. 3 - спектр флуоресценции зацветшего пруда - кривая 7. На Фиг. 4 - спектры флуоресценции растительности (8, 9 - мох (разные образцы), 10 - трава). На рисунке 5 - спектр флуоресценции асфальта 11, песчаной почвы 12, почвы из сада 13.

<sup>25</sup> На Фиг. 6-9 показаны пример спектров флуоресценции чистых нефтепродуктов, загрязненной нефтью земной поверхности растительности, водных объектов, асфальта и почвы для длины волны возбуждения флуоресценции 266 нм.

На Фиг. 6 показан пример спектра флуоресценции нефти 14 (нефть Альметьевская) и нефти 15, разлитой на почве. На Фиг. 7 - спектр флуоресценции воды со взвесью глины - кривая 16. На Фиг. 8 - спектры флуоресценции растительности (листья деревьев) - кривая 17. На рисунке 9 - кривая 18 - спектр флуоресценции асфальта (флуоресценция от почв еще меньше, чем флуоресценция от асфальта).

<sup>30</sup> Из рисунков (для длины волны возбуждения флуоресценции как 266 нм, так и 355 нм) видно, что интенсивность флуоресценции почв и асфальта существенно меньше интенсивность флуоресценции от нефти.

Однако, интенсивность флуоресценции водных объектов и растительности может быть сравнима по величине с интенсивность флуоресценции нефти, разлитой на почве.

<sup>35</sup> При этом, спектральные области с максимальным значением флуоресценции нефти, земной поверхности загрязненной нефтью, водных объектов и растительности сильно пересекаются. Причем, для длины волны возбуждения 355 нм они практически совпадают:

<sup>40</sup> - интенсивность флуоресценции нефти имеет максимум в области 460-560 нм;  
- интенсивность флуоресценции водных объектов имеет максимум в области 400-550 нм;  
<sup>45</sup> - интенсивность флуоресценции растительности тоже может иметь максимум в области 400-550 нм.

Однако спектры флуоресценции растительности имеют характерные максимумы в спектральном диапазоне 670-740 нм (см. Фиг. 4). Поэтому, флуоресцентный сигнал от

разливов нефти можно отличить от флуоресцентного сигнала растительности, используя анализ формы спектров флуоресценции в спектральном диапазоне 670-740 нм.

Спектры флуоресценции водные объекты не имеют таких характерных особенностей, но их можно отличить (см. Фиг. 3) от спектров флуоресценции нефти по более быстрому спаданию спектра в спектральной области 480-640 нм.

Результаты анализа экспериментально полученных спектров флуоресценции показывают, что для задачи обнаружения разливов нефти на земной поверхности спектральные диапазоны регистрации флуоресцентного излучения могут быть следующие:

10 при длине волны возбуждения 355 нм  
 $\Delta\lambda_1=460\ldots480 - 540\ldots580$  нм,  $\Delta\lambda_2=580\ldots590 - 640\ldots650$  нм,  
 $\Delta\lambda_3=670\ldots680 - 740\ldots750$  нм.

15 при длине волны возбуждения 266 нм  
 $\Delta\lambda_1=400\ldots420 - 470\ldots520$  нм,  $\Delta\lambda_2=520\ldots530 - 590\ldots600$  нм,  
 $\Delta\lambda_3=670\ldots680 - 740\ldots750$  нм.

Параметрами, которые позволяют отличить разливы нефти на земной поверхности от растительности и водных объектов являются отношение интенсивности флуоресценции  $I(\Delta\lambda_1)$  к  $I(\Delta\lambda_2)$  и отношение интенсивности флуоресценции  $I(\Delta\lambda_2)$  к  $I(\Delta\lambda_3)$ :

20 - отношение  $\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_1)}$  для нефти, разлитой на земной поверхности много больше, чем соответствующее отношение для водных объектов (спектр флуоресценции нефти в спектральной области 480-640 нм спадает существенно медленнее, чем спектр флуоресценции водных объектов);

25 - отношение  $\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_3)}$  для нефти, разлитой на земной поверхности много больше, чем соответствующее отношение для растительности (спектр флуоресценции нефти не имеет максимума в спектральном диапазоне 670-740 нм).

30 Процедура проверки наличия разливов нефти на земной поверхности должна состоять из двух этапов:

1. Первый этап.

На этом этапе, используя различия в величине интенсивности флуоресценции в спектральном диапазоне  $\Delta\lambda_1$  разливов нефти, водных объектов, растительности и почв,

35 относят исследуемый элемент поверхности к случаю «не почвы» (разлив нефти или водный объект или растительность) или к случаю «почвы».

2. Второй этап.

На этом этапе, используя различия в спектрах флуоресценции разливов нефти на земной поверхности, водных объектов и растительности, относят исследуемый элемент 40 поверхности к случаю «разлив нефти» или к случаю «природное образование».

Этапы процедуры проверки наличия нефтяных загрязнений на земной поверхности имеют вид:

1 этап. Сравнивается интенсивность флуоресценции в спектральном диапазоне  $\Delta\lambda_1$  с пороговым значением:

45  $I(\Delta\lambda_1) \leq R_1$  для «почв»;  $I(\Delta\lambda_1) > R_1$  для «не почв»

2 этап. Для анализа формы спектров флуоресценции используются два

5 классифицирующих признака -  $\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_1)}$  и  $\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_3)}$ :

$\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_1)} > R2$  и  $\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_3)} > R3$  для случая «разлив нефти»,

$\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_1)} \leq R2$  или  $\frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_3)} \leq R3$  для случая «природное образование».

10 Здесь R1, R2, R3 - пороговые значения, выбранные в результате предварительных исследований спектров флуоресценции нефти и спектров флуоресценции природных образований на земной поверхности для выбранной длины волны возбуждения.

15 Предлагаемый способ дистанционного обнаружения нефтяных загрязнений, основанный на регистрации флуоресцентного излучения в трех спектральных диапазонах, выбранных по данным экспериментальных измерений, и использует информацию о наиболее характерном максимуме флуоресценции растительности в диапазоне 680-740 нм и позволяет проводить дистанционное (с расстояний ~ 100 м и более) обнаружение разливов нефти на земной поверхности.

#### Источники информации

1. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. - М.: Мир. 1987, - 550 с.

20 2. Patent US 7227139. System and method for optical detection of petroleum and other products in an environment. Date of Patent Jun. 5, 2007. Int. CI. G01N 21/64.

3. Заявка PCT WO 93/25891. Oil spill detection system. International Publication Date 23.12.1993. International Patent Classification G01N 21/64.

25 4. Патент RU 2233438. Способ дистанционного обнаружения и идентификации объектов органического происхождения. Дата действия патента 26.08.2003. МПК G01N 21/64.

5. Патент RU 2440566. Способ дистанционного обнаружения нефтяных загрязнений на поверхности воды. Дата действия патента 27.07.10. МПК G01N 21/55.

6. Патент RU 2539784. Способ дистанционного обнаружения нефтяных загрязнений на земной поверхности. Дата действия патента 10.12.14. МПК G01N 21/55.

30 7. Федотов Ю.В, Матросова О.А., Белов М.Л., Городничев В.А., Козинцев В.И. Экспериментальные исследования спектров флуоресценции природных образований и нефтяных загрязнений // Наука и образование. 2011. N11. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/256187.html>.

35 8. Федотов Ю.В, Матросова О.А., Белов М.Л., Городничев В.А., Козинцев В.И. Метод обнаружения нефтяных загрязнений на земной поверхности, основанный на регистрации флуоресцентного излучения в трех узких спектральных диапазонах // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, N3. С. 208-212.

40 9. Белов М.Л., Федотов Ю.В, Кравцов Д.А., Городничев В.А. Лазерный флуориметр на безопасной для глаз длине волны для неконтактного контроля экологического состояния объектов природной среды // Машиностроение и компьютерные технологии. 2018. №05. С. 30-42.

#### (57) Формула изобретения

45 Дистанционный способ обнаружения утечек нефтепроводов на земной поверхности путем облучения поверхности в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны возбуждения и регистрации флуоресцентного излучения, отличающийся тем, что для зондирования земной поверхности регистрируют интенсивность флуоресцентного излучения  $I(\Delta\lambda_1)$ ,  $I(\Delta\lambda_2)$ ,  $I(\Delta\lambda_3)$  в трех широких спектральных диапазонах  $\Delta\lambda_1$ ,  $\Delta\lambda_2$ ,  $\Delta\lambda_3$ ,

выбранных по данным экспериментальных измерений и о наличии нефтяных загрязнений судят по выполнению соотношений:

$$I(\Delta\lambda_1) > R1 \text{ и } \frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_1)} > R2 \text{ и } \frac{I(\Delta\lambda_2)}{I(\Delta\lambda_3)} > R3 \quad (1)$$

5 где

для длины волны возбуждения 355 нм:  $\Delta\lambda_1=460\ldots480 - 540\ldots580$  нм;  $\Delta\lambda_2=580\ldots590 - 640\ldots650$  нм;  $\Delta\lambda_3=670\ldots680 - 740\ldots750$  нм;

10 для длины волны возбуждения 266 нм:  $\Delta\lambda_1=400\ldots420 - 470\ldots520$  нм;  $\Delta\lambda_2=520\ldots530 - 590\ldots600$  нм;  $\Delta\lambda_3=670\ldots680 - 740\ldots750$  нм;

$R_1, R_2, R_3$  - пороговые значения, выбранные в результате предварительных исследований спектров флуоресценции нефти и спектров флуоресценции природных образований на земной поверхности.

15

20

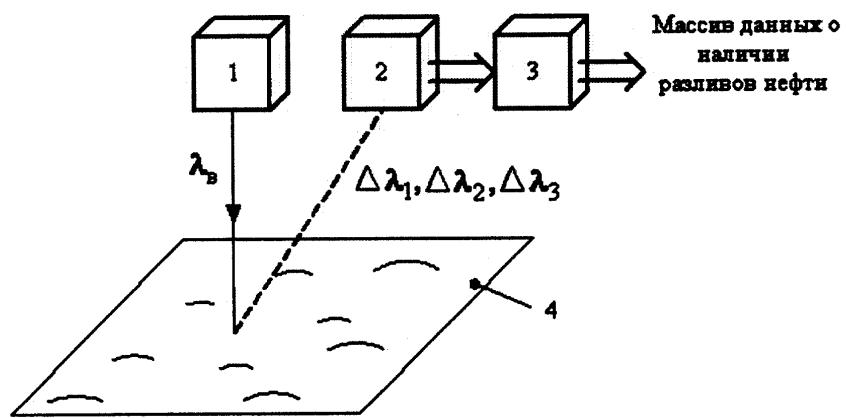
25

30

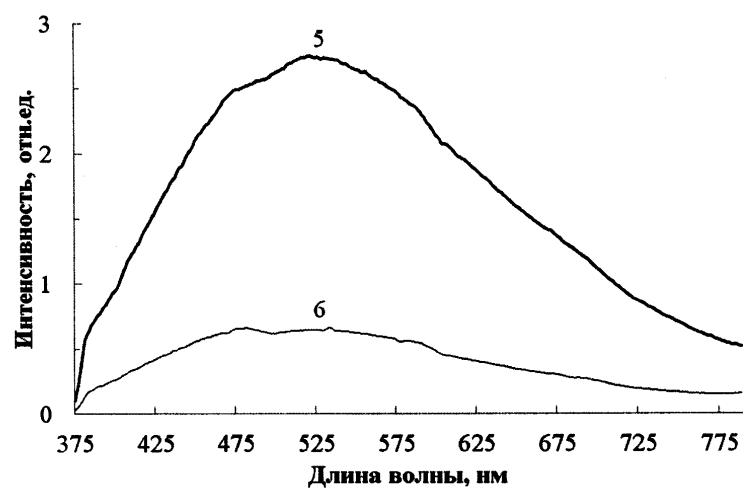
35

40

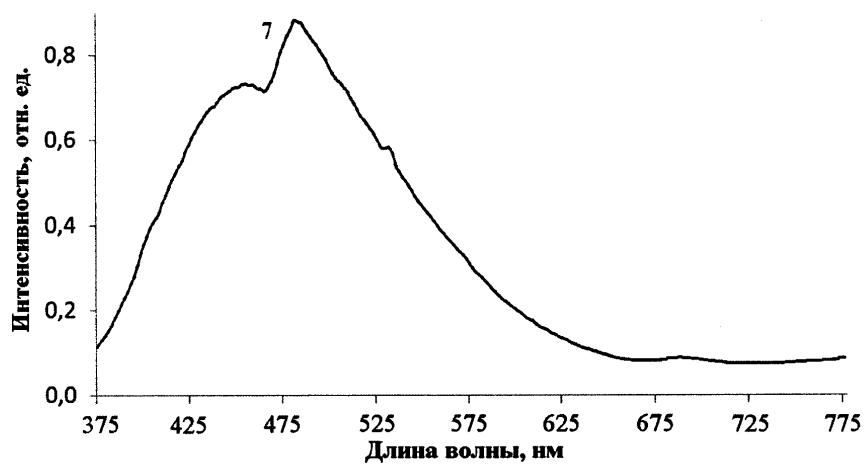
45



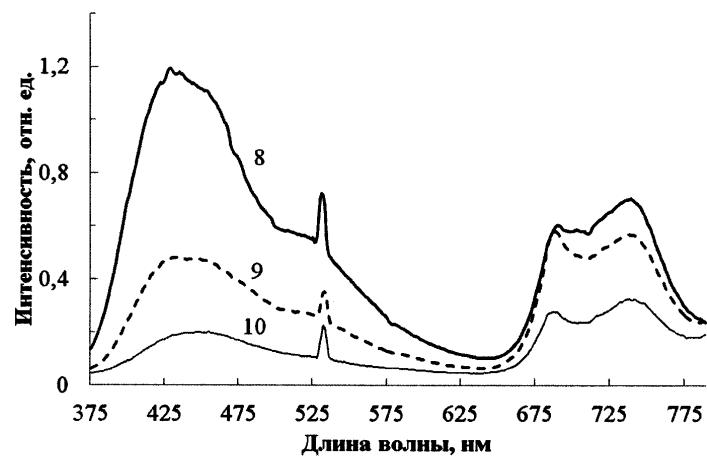
Фиг.1



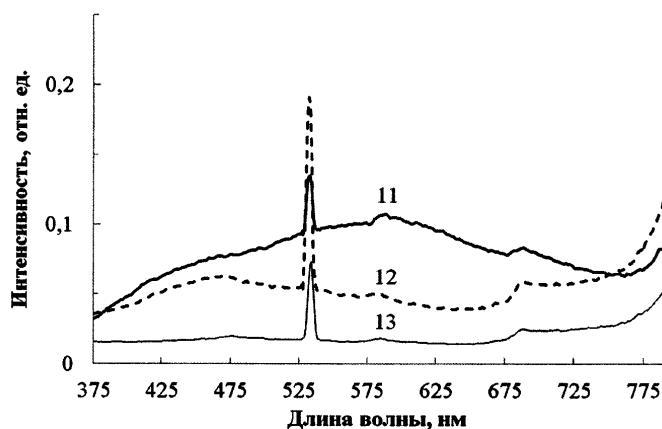
Фиг.2



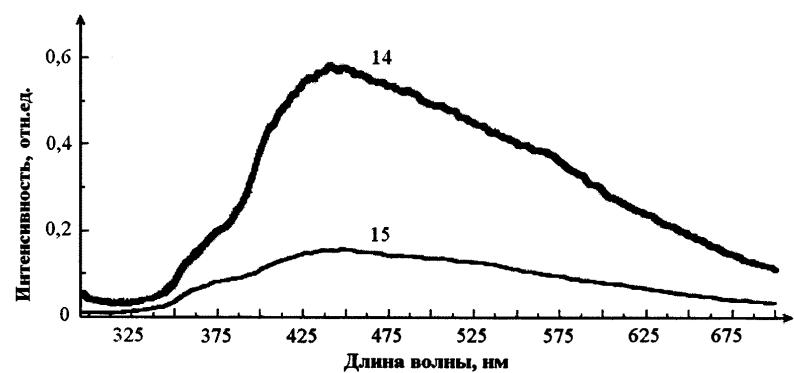
Фиг.3



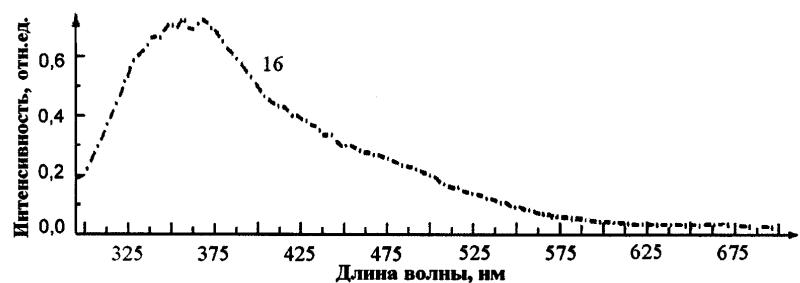
Фиг.4



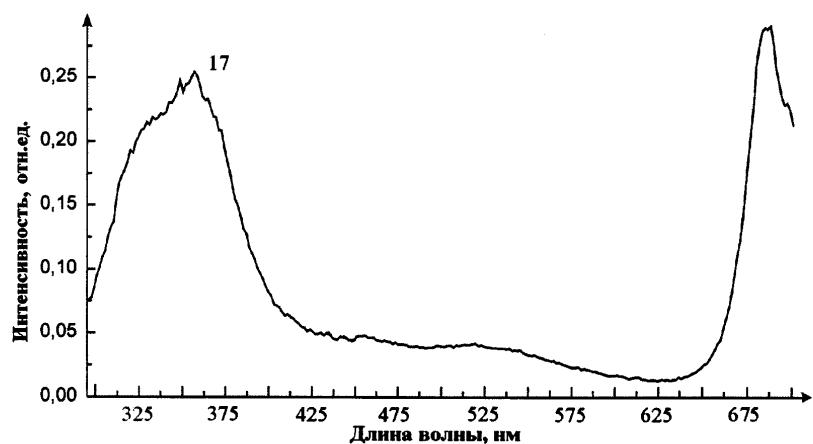
Фиг.5



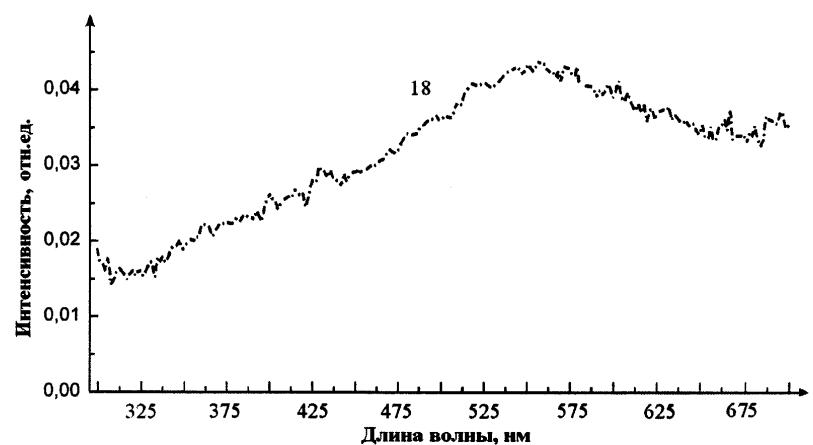
Фиг.6



Фиг.7



Фиг.8



Фиг.9