



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010131043/28, 27.07.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.07.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **27.07.2010**(45) Опубликовано: **20.01.2012** Бюл. № 2(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **US 2005/0122225 A1, 09.06.2005. RU**
2233438 C1, 27.07.2004. RU 2361236 C2,
10.07.2009. JP 1233392 A, 19.09.1989.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, директору (для
М.Л. Белова, НИИРЛ)

(72) Автор(ы):

Белов Михаил Леонидович (RU),
Городничев Виктор Александрович (RU),
Козинцев Валентин Иванович (RU),
Матросова Ольга Александровна (RU),
Федотов Юрий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

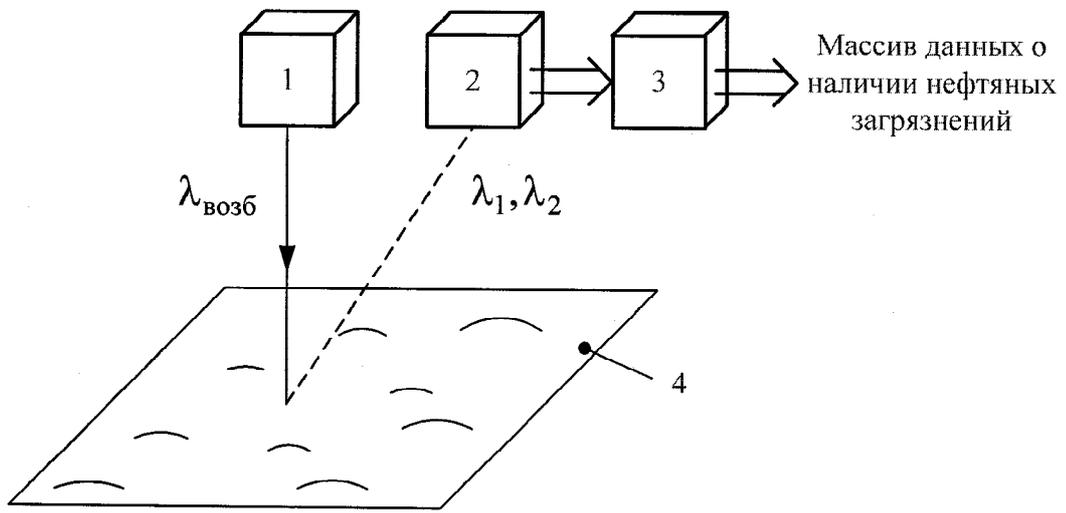
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана" (RU)**(54) СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА
ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной
технике. Способ включает облучение
поверхности воды в ультрафиолетовом
диапазоне на длине волны возбуждения $\lambda_{\text{возб}}$ и
регистрацию интенсивности флуоресцентного
излучения $I(\lambda_1)$ и $I(\lambda_2)$ от исследуемой водной
поверхности в двух узких спектральныхдиапазонах с центрами на длинах волн λ_1, λ_2 .
Проводят сравнение измеренной
относительной флуоресценции с пороговыми
значениями. Конкретные значения порогов
зависят от конкретной длины волны
возбуждения $\lambda_{\text{возб}}$ и определяются из условия
максимальной вероятности правильного
обнаружения при приемлемом значении
вероятности ложных тревог. 1 ил., 2 табл.

RU 2 440 566 C1

RU 2 440 566 C1



RU 2440566 C1

RU 2440566 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2010131043/28, 27.07.2010

(24) Effective date for property rights:
27.07.2010

Priority:

(22) Date of filing: 27.07.2010

(45) Date of publication: 20.01.2012 Bull. 2

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, MGTU
im. N.Eh. Baumana, TsZIS, direktoru (dlja M.L.
Belova, NIIRL)

(72) Inventor(s):

**Belov Mikhail Leonidovich (RU),
Gorodnichev Viktor Aleksandrovich (RU),
Kozintsev Valentin Ivanovich (RU),
Matrosova Ol'ga Aleksandrovna (RU),
Fedotov Jurij Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija
"Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij
universitet imeni N.Eh. Baumana" (RU)**

(54) **METHOD FOR REMOTE DETECTION OF OIL CONTAMINATION ON WATER SURFACE**

(57) Abstract:

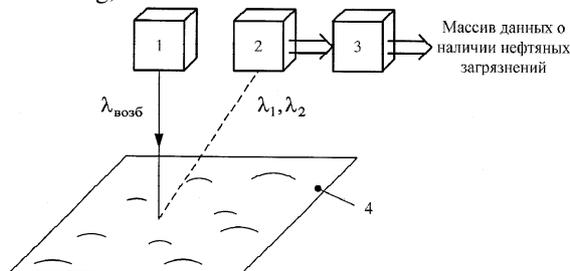
FIELD: physics.

SUBSTANCE: method involves irradiating the water surface in the ultraviolet range at excitation wavelength λ_{exc} and recording intensity of fluorescent radiation $I(\lambda_1)$ and $I(\lambda_2)$ from the water surface under analysis in two narrow spectral ranges with centres at wavelengths λ_1, λ_2 . The measured relative fluorescence is compared with threshold values. Specific threshold values depend on the specific excitation wavelength λ_{exc} and are determined from the condition of maximum

probability of correct detection given an acceptable false alarm probability value.

EFFECT: high accuracy.

1 dwg, 2 tbl



RU 2 440 566 C1

RU 2 440 566 C1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для оперативного обнаружения разливов нефти и нефтепродуктов на морских, озерных и речных акваториях.

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 водной поверхности [1].

Известны способы обнаружения нефтяных загрязнений на поверхности воды [1-4], заключающиеся в том, что исследуемую водную поверхность облучают на длине волны возбуждения в ультрафиолетовом диапазоне, регистрируют флуоресцентное излучение от исследуемой водной поверхности и о наличии нефтяных загрязнений судят, либо проводя калибровку измеренных сигналов в некоторых спектральных диапазонах по сигналу флуоресценции 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].

Недостатком этих способов обнаружения нефтяных загрязнений является сложность методики измерения, связанная с необходимостью калибровки измеряемых сигналов по сигналу флуоресценции окружающей воды, или сложность регистрирующей аппаратуры, вызванная необходимостью регистрации спектра флуоресценции в широком спектральном диапазоне для использования корреляционной обработки измеренных спектров флуоресцентного излучения.

Избежать этого недостатка можно тем, что для обнаружения нефтяных загрязнений на поверхности воды облучают исследуемую водную поверхность в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны $\lambda_{\text{в.озб}}$, регистрируют интенсивность флуоресцентного излучения $I(\lambda_1)$ и $I(\lambda_2)$ от исследуемой водной поверхности в двух узких спектральных диапазонах с центрами на длинах волн λ_1, λ_2 , выбранных из условия максимального различия величины $\frac{I_{\text{Н}}(\lambda_2)}{I_{\text{Н}}(\lambda_1)}$

$$\left(\frac{I_{\text{Н}}(\lambda_2)}{I_{\text{Н}}(\lambda_1)} = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \text{ для нефтепродуктов} \right) \text{ от величины } \frac{I_{\text{В}}(\lambda_2)}{I_{\text{В}}(\lambda_1)}$$

$$\left(\frac{I_{\text{В}}(\lambda_2)}{I_{\text{В}}(\lambda_1)} = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \text{ для воды} \right),$$

и о наличии нефтяных загрязнений судят по выполнению соотношения:

$$\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \geq \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор}} \quad (1)$$

или

$$\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор1}} \geq \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \geq \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор2}} \quad (2)$$

где

$$\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор}} , \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор1}} \text{ и } \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор2}} - \text{пороговые значения, выбранные в результате}$$

предварительных исследований спектров флуоресценции нефтепродуктов (отношения

$\frac{I_H(\lambda_2)}{I_H(\lambda_1)}$) и спектра флуоресценции воды (отношения $\frac{I_B(\lambda_2)}{I_B(\lambda_1)}$) для исследуемой

акватории.

5 Вид пороговых соотношений (1) или (2) и конкретные значения порогов зависят от конкретной длины волны возбуждения $\lambda_{\text{в.озб}}$ и определяются из условия максимальной вероятности правильного обнаружения (вероятности принятия решения о наличии нефтяных загрязнений, когда они действительно присутствуют на исследуемой

10 акватории) при приемлемом значении вероятности ложных тревог (вероятности принятия решения о наличии нефтяных загрязнений, когда их в действительности нет на исследуемой акватории).

Предлагаемый способ использует достоинства способов [1-3] (использование для измерения всего нескольких спектральных диапазонов) и [4] (возможность

15 использования относительных измерений и заранее снятых спектров эталонных образцов), но не имеет их недостатков. Предлагаемый способ позволяет:

- по сравнению с [1-3] упростить методику измерений: убрать этап измерения интенсивности сигналов флуоресценции заведомо чистой (без нефтяных загрязнений) окружающей воды, ведь автоматически (например, с авиационного носителя) это

20 сделать очень сложно (сложно принять решение, что на акватории нет нефтяных загрязнений), значит надо привлекать для измерений береговые службы или суда на исследуемой акватории;

- по сравнению с [4] упростить регистрирующую аппаратуру: вместо регистрации

25 спектра флуоресценции в широком спектральном диапазоне использовать регистрацию спектра флуоресцентного излучения в двух узких спектральных диапазонах с центрами на длинах волн λ_1, λ_2 , которые выбираются в результате предварительных исследований.

30 На чертеже схематично изображено устройство, реализующее предлагаемый способ.

Устройство содержит источник ультрафиолетового излучения 1, облучающий водную поверхность на длине волны возбуждения $\lambda_{\text{в.озб}}$; фотоприемник 2,

регистрирующий флуоресцентное излучение от водной поверхности в двух узких спектральных диапазонах (с центрами на длинах волн λ_1, λ_2); блок обработки 3,

35 который по данным измерений определяет величину $\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}$ и проводит проверку

выполнения соотношений (1) или (2).

Устройство работает следующим образом.

40 Источник ультрафиолетового излучения 1 (например, лазер с длиной волны возбуждения 266, или 308, или 337 нм - на эти длины волн приходится наибольшее количество известных по общедоступной научно-технической литературе измеренных спектров флуоресценции воды и нефтепродуктов) облучает исследуемую водную

поверхность 4 на длине волны возбуждения $\lambda_{\text{в.озб}}$ (например, источник излучения 1 может находиться на авиационном носителе). Облучение водной поверхности

45 осуществляют вертикально вниз. Фотоприемник 2 регистрирует от исследуемой водной поверхности интенсивность флуоресцентного излучения $I(\lambda_1), I(\lambda_2)$ в двух узких спектральных диапазонах с центрами на длинах волн λ_1, λ_2 . Сигналы с

50 фотоприемника 2 поступают в блок обработки 3, в который заранее введены пороговые значения (вид пороговых соотношений (1) или (2), и конкретные значения

порогов $\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \Big|_{\text{пор}}$ или $\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор1}}$ и $\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор2}}$ заранее определены для используемой

5 волны возбуждения $\lambda_{\text{в.озб}}$ и исследуемой акватории). В блоке обработки по данным измерений определяют величину $\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}$, проводят проверку выполнения порогового

10 соотношения и определяют наличие или отсутствие нефтяных загрязнений. При облете исследуемой акватории результатом работы блока 3 является массив данных о наличии нефтяных загрязнений (карта нефтяных загрязнений).

В настоящее время имеются достаточно многочисленные общедоступные экспериментальные данные по спектрам флуоресценции различных нефтепродуктов и чистой воды для разных акваторий (и для разных лазерных длин волн возбуждения) (см., например, [1, 5-7]).

15 Для обнаружения конкретного вида нефтепродукта на фоне конкретного типа вод естественным требованием к выбору длин волн λ_1 и λ_2 является максимизация «расстояния» $R(\lambda_1, \lambda_2)$ (в пространстве значений отношения интенсивности сигналов флуоресценции $\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}$ на длинах волн λ_1 и λ_2) между значением $\frac{I_H(\lambda_2)}{I_H(\lambda_1)}$ (отношения 20 интенсивности сигналов флуоресценции для этого нефтепродукта) и значением

$\frac{I_B(\lambda_2)}{I_B(\lambda_1)}$ (отношения интенсивности сигнала флуоресценции для воды). В качестве

25 «расстояния» $R(\lambda_1, \lambda_2)$ можно использовать, например, следующее выражение:

$$R(\lambda_1, \lambda_2) = \left| \frac{I_H(\lambda_2)}{I_H(\lambda_1)} - \frac{I_B(\lambda_2)}{I_B(\lambda_1)} \right|$$

30 где $\frac{I_H(\lambda_2)}{I_H(\lambda_1)}$, $\frac{I_B(\lambda_2)}{I_B(\lambda_1)}$ - значения отношения интенсивности сигналов флуоресценции на

длинах волн λ_1, λ_2 соответственно для нефтепродукта и воды.

35 Для задачи обнаружения любого нефтепродукта на конкретной акватории естественным требованием к выбору длин волн λ_1 и λ_2 является максимизация минимального (по всем видам нефтепродуктов для конкретной акватории) из «расстояний»

$$40 R(\lambda_1, \lambda_2) = \left| \frac{I_H(\lambda_2)}{I_H(\lambda_1)} - \frac{I_B(\lambda_2)}{I_B(\lambda_1)} \right|$$

в пространстве значений отношения интенсивности сигналов флуоресценции. Таким образом, в общем случае задача выбора λ_1 и λ_2 сводится к перебору по длинам волн и поиску максимума функции $F(\lambda_i, \lambda_j)$ двух переменных:

$$45 F(\lambda_i, \lambda_j) = \min_m \left\{ \left| \frac{I_H^m(\lambda_i)}{I_H^m(\lambda_j)} - \frac{I_B^k(\lambda_i)}{I_B^k(\lambda_j)} \right| \right\} \quad (3)$$

50 где $\frac{I_H^m(\lambda_i)}{I_H^m(\lambda_j)}$, $\frac{I_B^k(\lambda_i)}{I_B^k(\lambda_j)}$ - значения отношения интенсивности сигналов флуоресценции

на длинах волн λ_i и λ_j соответственно для m-го вида нефтепродукта и конкретной k-й акватории.

Исследование эффективности предлагаемого метода обнаружения нефтяных загрязнений на водной поверхности проводилось методом математического моделирования. Для моделирования использовались длины волн возбуждения 337 нм и 266 нм. Относительное среднеквадратическое значение шума регистрирующей аппаратуры задавалось в диапазоне 2-12%. В качестве исходных данных были использованы общедоступные экспериментально измеренные спектры флуоресценции различных нефтепродуктов и чистой воды для разных акваторий (см., например, 1, 5-7).

Для длины волны возбуждения 337 нм математическое моделирование дает следующие значения λ_1 и λ_2 : $\lambda_1=537,5$ нм, $\lambda_2=395,0$ нм. Пороговый алгоритм обнаружения нефтяных загрязнений для длины волны возбуждения 337 нм имеет простой вид:

$$\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \geq \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор}}$$

где

$$\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор}} = 13,0.$$

Для другой длины волны возбуждения - 266 нм выбор λ_1 и λ_2 математическое моделирование дает: $\lambda_1=348,5$ нм, $\lambda_2=317$ нм. Пороговый алгоритм обнаружения нефтяных загрязнений для длины волны возбуждения 266 нм имеет более сложный вид:

$$\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор1}} \geq \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \geq \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор2}}$$

где

$$\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор1}} = 1,0, \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор2}} = 1,8.$$

В Таблицах 1 и 2 приведены результаты математического моделирования обнаружения нефтяных загрязнений на водной поверхности предлагаемым способом. Моделирование проводилось для длин волн возбуждения 337 нм и 266 нм и разной величины относительного среднеквадратического значения шума регистрирующей аппаратуры. В таблицах приведены вероятности правильного обнаружения нефтяных загрязнений и вероятности ложных тревог.

Таблица 1						
Вероятности правильного обнаружения нефтяных загрязнений и вероятность ложных тревог для длины волны возбуждения 337 нм						
	Относительное среднеквадратическое значение шума измерения, %					
	3	4	5	6	7	8
Вероятности правильного обнаружения нефтяных загрязнений						
Дизельное топливо	1,0000	1,0000	1,0000	0,9996	0,9984	0,9954
Керосин	1,0000	1,0000	1,0000	0,9996	0,9976	0,9914
Нефть	1,0000	1,0000	0,9998	0,9992	0,9951	0,9878
Солярное масло	1,0000	1,0000	1,0000	0,9994	0,9974	0,9945
Вероятности ложных тревог						
Вода речная	0,0000	0,0005	0,0001	0,0004	0,0028	0,0068

Таблица 2						
Вероятности правильного обнаружения нефтяных загрязнений и вероятность ложных тревог для длины волны возбуждения 266 нм						

Вещество	Относительное среднее квадратическое значение шума измерения, %					
	2	4	6	8	10	12
Вероятности правильного обнаружения нефтяных загрязнений						
Топливо	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Нефть Шаимская	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9986	0,9946
Нефть Ливийская	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Мазут	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999
Вероятности ложных тревог						
Вода	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0025

10 Из Таблиц 1, 2 видно, что предлагаемый способ позволяет обнаруживать нефтяные загрязнения на водной поверхности с вероятностью правильного обнаружения, близкой к единице при очень небольшой вероятности ложных тревог, даже при больших значениях шума измерения.

15 Таким образом, предлагаемый способ дистанционного обнаружения нефтяных загрязнений на поверхности воды, основанный на регистрации флуоресцентного излучения в двух узких спектральных диапазонах, позволяет достаточно надежно обнаруживать нефтяные загрязнения на водной поверхности.

Источники информации

- 20 1. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. - М.: Мир. 1987, - 550 с.
 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. Cl. 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. Таер Абд Дейдан, Пацаева С.В., Фадеев В.В., Южаков В.И. Спектральные особенности флуоресценции нефтепродуктов в пленках и в объеме воды. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т.7. №4. С.455-463.
 30 6. Дистанционный контроль верхнего слоя океана. / В.М.Орлов, И.В.Самохвалов, М.Л.Белов и др. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1991, 149 с.
 7. Глушков С.М., Фадеев В.В., Филиппова Е.М., Чубаров В.В. Проблемы лазерной флуориметрии органических примесей в природных водах. // Оптика атмосферы и океана. - 1994. - Т.7, №4. - С.464-473.
 35

Формула изобретения

40 Способ дистанционного обнаружения нефтяных загрязнений на поверхности воды, заключающийся в том, что поверхность воды облучают в ультрафиолетовом диапазоне на длине волны $\lambda_{\text{возб}}$, регистрируют интенсивность флуоресцентного излучения $I(\lambda_1)$ и $I(\lambda_2)$ от исследуемой водной поверхности в двух узких спектральных
 45 диапазонах с центрами на длинах волн λ_1, λ_2 , выбранных из условия максимального различия величины $\frac{I_{\text{H}}(\lambda_2)}{I_{\text{H}}(\lambda_1)}$ для всех типов нефтепродуктов от величины $\frac{I_{\text{B}}(\lambda_2)}{I_{\text{B}}(\lambda_1)}$ для исследуемой акватории, а о наличии нефтяных загрязнений судят по выполнению соотношений:

$$50 \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \geq \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор}} \quad (1)$$

$$\text{или } \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор1}} \geq \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \geq \left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор2}} \quad (2)$$

5 где $\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}_{\text{пор}}$, $\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор1}}$ и $\left[\frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \right]_{\text{пор2}}$ - пороговые значения, выбранные в

результате предварительных исследований спектров флуоресценции нефтепродуктов -
 10 отношения $\frac{I_H(\lambda_2)}{I_H(\lambda_1)}$ и спектра флуоресценции воды - отношения $\frac{I_B(\lambda_2)}{I_B(\lambda_1)}$ для

исследуемой акватории, причем вид пороговых соотношений, (1) или (2), и конкретные
 пороговые значения зависят от длины волны возбуждения $\lambda_{\text{возб}}$ и определяются из
 условия максимальной вероятности правильного обнаружения при приемлемом
 15 малом значении вероятности ложных тревог.

20

25

30

35

40

45

50