



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01N 33/18 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018134895, 02.10.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.10.2018

Дата регистрации:  
22.07.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.10.2018

(45) Опубликовано: 22.07.2019 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61, ФГБОУ ВО  
"Алтайский государственный университет",  
ЦРТПТТУИС

(72) Автор(ы):

Суторихин Игорь Анатольевич (RU),  
Фроленков Игорь Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Алтайский государственный  
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: UA 97900 C2, 26.03.2012. RU 2513330  
C1, 20.04.2014. UA 11702 U, 15.01.2006.

## (54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРОФИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРЭСНОВОДНОГО ВОДОЕМА

(57) Реферат:

Способ включает отбор проб воды и измерение ее спектральной прозрачности с использованием спектрофотометра на длине волны 430 нм. В качестве эталонной жидкости используют дистиллированную воду. Рассчитывают спектральный показатель ослабления света в воде и определяют трофический уровень, который соответствует

диапазону значений спектрального показателя ослабления, а именно олиготрофный от 0 до 2 м<sup>-1</sup>, мезотрофный от 2 до 3 м<sup>-1</sup>, эвтрофный от 3 до 23 м<sup>-1</sup>, гиперэвтрофный от 23 до 60 м<sup>-1</sup>. Изобретение обеспечивает оперативное определение трофического уровня пресноводных водоемов. 2 табл.

RU 2 695 154 C1

RU 2 695 154 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01N 33/18 (2019.02)*

(21)(22) Application: **2018134895, 02.10.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**02.10.2018**

Registration date:  
**22.07.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **02.10.2018**

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

Mail address:

**656049, g. Barnaul, pr. Lenina, 61, FGBOU VO  
"Altajskij gosudarstvennyj universitet",  
TSRTPTTUIS**

(72) Inventor(s):

**Sutorikhin Igor Anatolevich (RU),  
Frolenkov Igor Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Altajskij gosudarstvennyj  
universitet" (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINATION OF A TROPHIC LEVEL OF A FRESHWATER RESERVOIR**

(57) Abstract:

FIELD: biology.

SUBSTANCE: method involves sampling water and measuring its spectral transparency using a spectrophotometer at wavelength 430 nm. Reference liquid used is distilled water. Spectral index of light attenuation in water is calculated and a trophic level corresponding to a range of spectral attenuation values

is determined, specifically oligotrophic from 0 to 2 m<sup>-1</sup>, mesotrophic from 2 to 3 m<sup>-1</sup>, eutrophic from 3 to 23 m<sup>-1</sup>, hypereutrophic from 23 to 60 m<sup>-1</sup>.

EFFECT: invention provides efficient determination of trophic level of freshwater reservoirs.

1 cl, 2 tbl

RU 2 695 154 C1

RU 2 695 154 C1

Изобретение относится к определению трофического уровня пресноводных водоемов, определяемому в гидрологии и гидробиологии.

Важной частью современных водно-экологических исследований является оценка трофического уровня водоемов с использованием различных методов.

5 Трофический уровень водоема (от «трофе», греч. - питание) - интегральная характеристика, определяемая множеством взаимосвязанных физико-химических и биологических процессов [1]. Существуют различные подходы к оценке трофического уровня природных водоемов.

10 Трофический уровень водных объектов впервые был оценен А. Тинеманом (1926 г.) и Э. Науманом (1928 г.), которые предложили свою типизацию применимую к озерам. Ими предложено выделить три типа озер: олиготрофный, эвтрофный и дистрофный. Классификация Тинеманна-Науманна, построенная с учетом зональных и азональных признаков, получила в свое время широкое научное признание и оказала влияние на современную лимнологию. Лимнологами разных стран было предложено большое  
15 количество классификаций: по биологическим и биохимическим, гидрохимическим, физическим показателям, классификация по одному показателю и по их совокупности. Известный лимнолог Оле (1955) предложил новую концепцию трофической типизации озер, поддержанную Эльстером, Роде, Винбергом (1960). Она основана на оценке интенсивности обращения органического вещества. При этом функциональными  
20 показателями являются величины первичной продукции фитопланктона и концентрация хлорофилла в воде, между которыми существует прямая корреляционная зависимость. На этой основе появились первые количественные шкалы, дополненные позже величиной биомассы фитопланктона [2]. Затем были предложены новые классификационные шкалы, в т.ч. и нумерические, сформулированные Карлсоном в 1977 г. Систему  
25 трофических градаций озер северной и умеренной зон России по величинам годовой первичной продукции разработал в 1984 г. С.П. Китаев [3].

Наиболее близким способом, для определения трофического статуса пресноводных озер относится способ предложенный Карлсоном (1977) [4]. Суть способа заключается в том, что каждому из 4-х возможных трофических уровней пресноводных озер приведен  
30 со-ответствующий численный интервал - трофический индекс TSI (Trophic State Index) Карлсона, (табл. 1).

Индекс Карлсона (TSI) представляет собой среднее арифметическое трех численных индексов, учитывающих концентрацию хлорофилла "а" - TSI(Chla), глубину видимости по диску Секки - TSI(SD) и концентрацию общего фосфора - TSI(TP).

35 Расчеты численных значений индексов проводят по формулам:

$$TSI(Chla)=30,6+9,81 \cdot \ln[Chla];$$

$$TSI(SD)=60-14,14 \cdot \ln[SD];$$

$$TSI(TP)=4,15+14,42 \cdot \ln[TP];$$

40 где размерности величин соответствуют: Chla - мг/м<sup>3</sup>, TP - мг/м<sup>3</sup>, SD-м.

Трофический уровень по интервалу Карлсона

Интервал TSI	Трофический статус
0-30	олиготрофное
30-50	мезотрофное
50-70	эвтрофное
70 и более	гипертрофное

5

10

Для нахождения концентраций хлорофилла "а" [5] и общего фосфора в поверхностном слое водоема проводят отбор проб воды и лабораторных условиях выполняют необходимые анализы. Глубину видимости по диску Секки определяют в месте отбора проб воды путем его погружения до уровня (глубины) на котором исчезают видимые контуры диска. Эти измерения нужно проводить в дневное время при максимальной

15

высоте Солнца над горизонтом.  
К недостаткам данного способа определения трофического уровня пресноводного водоема относятся:

20

низкая оперативность из-за довольно длительного периода проведения лабораторных анализов (от 2 до 4 суток) по определению концентрации хлорофилла "а" и общего фосфора (от 20 до 40 часов);

невозможность определения трофического уровня водоема в условиях ледостава, в темное время суток и на глубинах ниже видимости диска Секки.

25

С целью устранения указанных недостатков предлагается способ определения трофического уровня пресноводных водоемов заключающийся в следующем: после отбора проб воды измеряют ее спектральную прозрачность с использованием спектрофотометра на длине волны 430 нм, при этом в качестве эталонной жидкости в канале спектрофотометра используют дистиллированную воду; затем рассчитывают спектральный показатель ослабления света в воде и определяют трофический уровень, который соответствует диапазону значений спектрального показателя ослабления, а

30

именно: олиготрофному от 0 до  $2 \text{ м}^{-1}$ , мезотрофному - от 2 до  $3 \text{ м}^{-1}$ , эвтрофному - от 3 до  $23 \text{ м}^{-1}$ , гиперэвтрофному - от 23 до  $60 \text{ м}^{-1}$

35

Отбор проб воды может проводиться по всей акватории и по всем глубинам водоема. После отбора пробы воды с использованием спектрофотометра измеряется ее спектральная прозрачность на длине волны 430 нм. Выбор рабочей длины волны  $\lambda = 430 \text{ нм}$  обусловлен тем фактом, что наибольший главный максимум поглощения хлорофиллом "а", содержащимся в клетках водорослей фитопланктона, находится в области 430-440 нм [6]. В качестве эталонной жидкости в канале спектрофотометра используется дистиллированная вода.

40

По значениям прозрачности воды измеренных экспериментальным путем, рассчитывался первичная гидрооптическая характеристика  $\epsilon(\lambda)$  - спектральный показатель ослабления света в воде (физическая величина, являющаяся суммой показателей поглощения и рассеяния света) согласно закону Бугера-Ламберта-Бера, по формуле:

45

$$\epsilon = 1/\ell \cdot \ln (1 / T);$$

где  $\ell$  - рабочая длина кюветы;

T - прозрачность, равная  $I/I_0$ .

$I, I_0$  - интенсивности прошедшего и падающего света, соответственно.

Абсолютная погрешность величины  $\epsilon(\lambda)$  обусловлена погрешностью измерения коэффициента пропускания с помощью спектрофотометра и погрешностью определения длины кюветы. Максимальная абсолютная погрешность измерений показателя  
5 ослабления света составила около  $0,5 \text{ м}^{-1}$ .

Анализ данных для озер различного трофического статуса в разные сезоны 2013-2014 гг. (Таблица 2) позволяет заключить, что для трофического статуса разнотипных озер, определяемых по шкале индексов Карлсона, можно привести в соответствие  
10 диапазон значений спектрального показателя ослабления на длине волны 430 нм, а именно:

олиготрофному -  $\epsilon=0-2 \text{ м}^{-1}$ ,

мезотрофному -  $\epsilon=2-3 \text{ м}^{-1}$ ,

15 эвтрофному -  $\epsilon=3-23 \text{ м}^{-1}$ ,

гиперэвтрофному -  $\epsilon=23 \text{ м}^{-1}$  и более до  $60 \text{ м}^{-1}$ .

Таблица 2

Значения концентрации хлорофилла «а», общего фосфора, глубины видимости по диску Секки, индекса Карлсона, спектрального показателя ослабления света и  
20 соответствующего трофического уровня исследуемых озер в разные сезоны года

Трофический уровень пресноводных озер Алтайского края (по индексу Карлсона и спектральному показателю ослабления света)

Озеро	$Chl^a$ , $\text{мг/м}^3$	$SD$ , м	$TP$ , $\text{мг/м}^3$	$\epsilon$ , $\text{м}^{-1}$ ( $\lambda=430 \text{ нм}$ )	$TSI$	Тип водоёма
<i>Август 2013</i>						
Красиловское	12,05	1,20	50	8,7	58	Мезотрофно-эвтрофный
Лапа	9,24	1,50	40	5,2	54	Эвтрофный
Большое Островное	46,10	0,25	110	23,7	73	Эвтрофно-гиперэвтрофный

<i>Май 2014</i>						
Красиловское	31,26	0,40	80	14,3	68	Эвтрофный
Лапа	5,94	1,25	25	3,70	52	Эвтрофный
Большое Островное	35,19	0,25	150	31,0	74	гиперэвтрофный
<i>Июль 2014</i>						
Красиловское	31,47	0,85	50	7,2	62	Эвтрофный
Лапа	17,92	0,70	40	8,9	60	Эвтрофный
Большое Островное	49,85	0,40	110	26,2	71	Эвтрофно-гиперэвтрофный
<i>Октябрь 2014</i>						
Красиловское	36,25	1,05	56	5,7	62	Эвтрофный
Большое Островное	40,75	0,35	90	23,2	70	Эвтрофно-гиперэвтрофный
Лапа	13,53	0,85	38	7,1	58	Мезотрофно-эвтрофный
<i>Май 2015</i>						
Большое Островное	27,6	0,4	75	18,5	58	Мезотрофно-эвтрофный
Лапа	14,3	0,4	40	13,6	53	Мезотрофно-эвтрофный
<i>Август 2015</i>						
Красиловское	14,8	1	50	11,2	59	Эвтрофный
Большое Островное	40,3	0,4	90	22,7	69	Эвтрофно-гиперэвтрофный
Лапа	17,1	0,7	40	6,1	59	Эвтрофный
<i>Октябрь 2015</i>						
Красиловское	25,3	0,7	52	6,5	62	Эвтрофный
Большое Островное	54,5	0,4	130	30,2	72	Эвтрофно-гиперэвтрофный
<i>Август 2016</i>						
Лапа	6,31	1,11	39	6,7	54,71	Эвтрофный
Большое Островное	11,15	0,40	84	21,3	65,02	Эвтрофный
<i>Ноябрь 2017</i>						
Красиловское	13,46	1,40	52	10,2	57,48	Эвтрофное

Принимая во внимание, что величина общего показателя ослабления света воды является суммой следующих компонентов: показателей поглощения и рассеяния света чистой водой и содержащимися в ней взвешенными и растворенными веществами - хлорофиллом, растворенными органическими (желтое вещество) и неорганическими соединениями, а также минеральной и органической взвесью [7, 8], можно заключить, что первичная гидрооптическая характеристика  $\epsilon$  является наиболее приемлемой величиной для проведения оперативного мониторинга за трофическим состоянием пресноводных озер в различные сезоны года и на разных глубинах.

Способ является универсальным, применим, как в дневное, так и в ночное время, а также можно использовать всесезонно и на любых глубинах.

#### Литература

1. Кияшко В.В. Методы проведения научных исследований в рыбоводстве краткий курс лекций для магистров I курса направления подготовки 35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура / Сост.: В.В. Кияшко // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2016. - 44 с.
2. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. - Петрозаводск:

Карельский научный центр РАН, - 2007. - 395 с.

3. Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // V съезд Всерос.гидроб. об-ва: тезисы, ч. 2. - Куйбышев, 1986. - С. 254-255.

5 4. Carlson R.E. A trophic state index for lakes // Limnology and Oceanography. - 1977. - Vol. 22.-N2.-P. 361-369.

5. ГОСТ 17.1.4.02-90. Государственный контроль качества воды. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла "а". М., Изд-во стандартов, 2003. - С. 587-600.

10 6. Шифрин К.С. Введение в оптику океана. Л.: Гидрометеиздат, - 1983. - 278 с.

7. Ерлов Н.Г. Оптика моря. - Л.: Гидрометеиздат, - 1980. - 248 с.

8. Апонасенко А.Д. Количественные закономерности функциональной организации водных экосистем в связи с их дисперсной структурой: дисс. ... докт. физ.-мат. наук. - Красноярск, 2001. - 316 с.

15

#### (57) Формула изобретения

Способ определения трофического уровня пресноводного водоема, основанный на определении численных интервалов индексов Карлсона, отличающийся тем, что после отбора проб воды измеряют ее спектральную прозрачность с использованием  
20 спектрофотометра на длине волны 430 нм, при этом в качестве эталонной жидкости в канале спектрофотометра используют дистиллированную воду, затем рассчитывают спектральный показатель ослабления света в воде и определяют трофический уровень, который соответствует диапазону значений спектрального показателя ослабления, а  
25 именно олиготрофный от 0 до  $2 \text{ м}^{-1}$ , мезотрофный от 2 до  $3 \text{ м}^{-1}$ , эвтрофный от 3 до  $23 \text{ м}^{-1}$ , гиперэвтрофный от 23 до  $60 \text{ м}^{-1}$ .

30

35

40

45