

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2513330

### СПОСОБ ОЦЕНКИ ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ЭКОСИСТЕМ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ПО УРОВНЮ РАЗВИТИЯ ВОДНЫХ СООБЩЕСТВ

Патентообладатель(ли): *Безматерных Дмитрий Михайлович (RU), Жукова Ольга Николаевна (RU), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012146483

Приоритет изобретения **31 октября 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **17 февраля 2014 г.**

Срок действия патента истекает **31 октября 2032 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



Автор(ы): *Безматерных Дмитрий Михайлович (RU), Жукова Ольга Николаевна (RU)*

по и

(12)

(21)

(24)

Прив

(22)

(45)

(56)

повс

2

В

т

о

Т

с

Адрес

65

М

эк

Бе

(54) СГ

ОЗЕР

Спо

развит

озерно

сообщ

величи

ее аппр

$V' = k_1$

где  $k_1$

коэффи

$V_p = V$

где  $V$

расчетн

из ур



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 513 330** (13) **C1**

(51) МПК  
*G01N 33/18* (2006.01)

**(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2012146483/15, 31.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.10.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.10.2012

(45) Опубликовано: 20.04.2014 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: UA 97900 C2, 25.11.2011. RU 2420734 C1, 28.02.1994. . CN 102496067 A, 13.06.2012 . КИТАЕВ С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и "шкалах трофности" озер разных природных зон//V съезд всесоюзного гидробиологического общества. Тезисы докладов, часть II, Куйбышев, 1986, с.254,255

Адрес для переписки:

656038, Алтайский край, г.Барнаул, ул. Молодежная, 1, Институт водных и экологических проблем СО РАН, Д.М. Безматерных

(72) Автор(ы):

Безматерных Дмитрий Михайлович (RU),  
Жукова Ольга Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Безматерных Дмитрий Михайлович (RU),  
Жукова Ольга Николаевна (RU),  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) (RU)

RU 2 513 330 C1

**(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ЭКОСИСТЕМ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ПО УРОВНЮ РАЗВИТИЯ ВОДНЫХ СООБЩЕСТВ**

**(57) Формула изобретения**

Способ оценки трофического статуса экосистем минерализованных озер по уровню развития водных сообществ, отличающийся тем, что при оценке трофического статуса озерной экосистемы с минерализацией воды более 3 г/дм<sup>3</sup> по уровню развития водных сообществ учитывают негативное действие уровня минерализации путем расчета величины потерянной биомассы с помощью полученной эмпирической зависимости и ее аппроксимации в виде степенной функции вида:

$$B' = k_1 \cdot X^{k_2}, \quad (1)$$

где  $B'$  - расчетная биомасса,  $X$  - минерализация воды, а  $k_1$  и  $k_2$  - эмпирические коэффициенты;

$$B_p = B'' - B', \quad (2)$$

где  $B_p$  - потенциально потерянная биомасса при возрастании минерализации,  $B''$  - расчетная биомасса при минерализации 3 г/дм<sup>3</sup>;

из уравнений (1) и (2) определяют потенциально возможную биомассу, которая

была бы при отсутствии угнетающего действия минерализации:

$$B_m = B_{cp} + B_p, \quad (3)$$

где  $B_m$  - потенциально возможная биомасса при отсутствии угнетающего действия минерализации,  $B_{cp}$  - средняя биомасса в прибрежье водоема; что после соотнесения ее со стандартными «шкалами трофности» дает реальный трофический статус озерной экосистемы.

RU 2513330 IC1 055102 UA



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012146483/15, 31.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.10.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.10.2012

(45) Опубликовано: 20.04.2014 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: UA 97900 C2, 25.11.2011. RU 2420734  
C1, 28.02.1994. . CN 102496067 A, 13.06.2012 .  
КИТАЕВ С.П. О соотношении некоторых  
трофических уровней и "шкалах трофности"  
озер разных природных зон//V съезд  
всесоюзного гидробиологического общества.  
Тезисы докладов, часть II, Куйбышев, 1986,  
с.254,255

Адрес для переписки:

656038, Алтайский край, г.Барнаул, ул.  
Молодежная, 1, Институт водных и  
экологических проблем СО РАН, Д.М.  
Безматерных

(72) Автор(ы):

Безматерных Дмитрий Михайлович (RU),  
Жукова Ольга Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Безматерных Дмитрий Михайлович (RU),  
Жукова Ольга Николаевна (RU),  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт водных и  
экологических проблем Сибирского  
отделения Российской академии наук (ИВЭП  
СО РАН) (RU)

## (54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ЭКОСИСТЕМ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ПО УРОВНЮ РАЗВИТИЯ ВОДНЫХ СООБЩЕСТВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области экологии и гидробиологии и предназначено для оценки трофического статуса экосистем минерализованных озер. При оценке трофического статуса озерной экосистемы с минерализацией воды более 3 г/дм<sup>3</sup> по уровню развития водных сообществ учитывают негативное действие уровня минерализации путем расчета величины потерянной биомассы с помощью полученной эмпирической зависимости и ее аппроксимации в виде степенной функции вида:

$$V' = k_1 \cdot X^{k_2}, \quad (1)$$

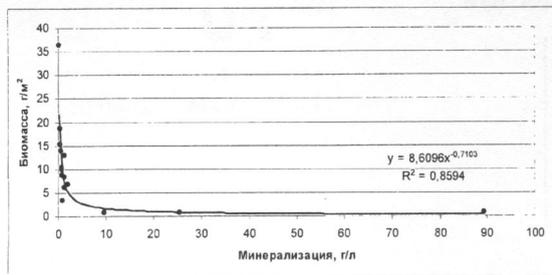
где V' - расчетная биомасса, X - минерализация воды, а k<sub>1</sub> и k<sub>2</sub> - эмпирические коэффициенты.

$$V_p = V'' - V', \quad (2)$$

где V<sub>p</sub> - потенциально потерянная биомасса при возрастании минерализации, V'' - расчетная биомасса при минерализации 3 г/дм<sup>3</sup>. Из уравнений (1) и (2) определяют потенциально возможную биомассу, которая была бы при отсутствии угнетающего действия минерализации:

$$V_m = V_{cp} + V_p, \quad (3)$$

где V<sub>m</sub> - потенциально возможная биомасса при отсутствии угнетающего действия минерализации, V<sub>cp</sub> - средняя биомасса в прибрежье водоема. Изобретение позволяет оценить реальный трофический статус озерных экосистем под действием природных и антропогенных факторов и прогнозировать



Фиг. 1

RU 2513330 C1 2513330 08152 RU

RU 2513330 C1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к методам биоиндикации и может быть использовано в водной экологии и гидробиологии, при изучении и оценке экологического состояния континентальных минерализованных (солености) водоемов и прогнозирования биомассы водных сообществ при изменении минерализации воды.

Применяемые в настоящее время методы химического, физического и микробиологического анализа не могут дать полной оценки воздействия человека на окружающую среду. Во-первых, эти методы отражают ситуацию непосредственно в период взятия проб, биологический же метод позволяет обнаружить воздействия на водоем, предшествующие времени анализа. Во-вторых, невозможно определять все известные и искать неизвестные виды загрязнителей воды, биологические объекты реагируют на все виды загрязнений независимо от их природы и дают интегральный показатель качества воды как среды обитания [1].

Гост 17.1.01.77. [2] определяет эвтрофикацию (эвтрофирование) как повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов.

Известно, что кроме общепризнанных параметров, таких как численность и биомасса отдельных сообществ гидробионтов: фито-, зоопланктона, зообентоса, ихтиоценоза (или отдельных таксонов - олигохет или хирономид) [3, 4], для биоиндикации трофности используют и некоторые индексы, разработанные для оценки качества вод [5]: биотические индексы (Вудивисса и Бика), олигохетные индексы (Гуднайта и Уитлей, Кинга и Балла), индексы видового разнообразия (Шеннона, Одума, Маргалефа).

Причем используемые биотические индексы разработаны для оценки экологического состояния водотоков, а не водоемов.

Кроме того, известны списки видов с указанием трофности мест их обитания, предложена определительная таблица определения трофности водоемов по доминирующим таксонам обитающих в них личинок хирономид (комаров-звонцов) [6, 7]. Применение такого способа требует высокой квалификации специалиста в области систематики хирономид.

Известны способы оценки эвтрофирования, разработанные для Куйбышевского водохранилища [8]: суммарная численность хирономид *Chironomus* sp.(NCh) и *Procladius* sp.(NPr) к общей численности бентоса (N):  $(NCh+NPr)/N$ ; численность мирных *Chironomus* sp.(NmCh) и хищных *Procladius* sp.(NxPr):  $NmCh/NxPr$ ; суммарная численность олигохет (NO) и хирономид:  $NO/NCh$ . Определенное направленное изменение этих показателей год от года интерпретируется как свидетельство интенсивности происходящего процесса эвтрофирования.

К недостаткам перечисленных способов можно отнести [9], что видовой состав гидробионтов в соленых озерах определяется, прежде всего, уровнем минерализации воды. При превышении критического уровня (хорогалинной зоны) происходит кардинальное изменение структуры водных сообществ: 7-11-8-13‰ [10] или 12-14‰ [11] для континентальных вод. После пересечения этих границ методики, основанные на индикаторных видах (сапробности, токсобности, кислотности), теряют свою индикаторную значимость. То же отмечено при индикации по более крупным таксонам [12]. Использование биомассы и продуктивности сообществ для индикации эвтрофирования соленых водоемов также затруднительно, т.к. возрастание минерализации приводит к увеличению энергетических затрат гидробионтов на осмотическую регуляцию [13] и снижению их биомассы и продукции.

Является доказанным, что для биоиндикации экологического состояния

минерализованных водоемов необходима система, учитывающая действие фактора минерализации воды.

Наиболее близкими к заявляемому способу является способ предложенный [14] - Фламандский мультиметрический индекс (ММИФ). Этот способ разработан для озер с разным уровнем минерализации. Недостатком данного способа является то, что он работает только в диапазоне низких уровней минерализации воды.

Заявляемый способ оценки трофического статуса экосистем минерализованных озер по уровню развития водных сообществ отличается от аналогов тем, что он может работать при высоких уровнях минерализации воды (более 3 г/дм<sup>3</sup>).

Следует отметить, что в способах, рассматриваемых в качестве аналогов, необходима высокая квалификация использующего их персонала в области систематики гидробионтов, а также более длительный период обработки и анализа гидробиологических проб.

Изобретение направлено на создание способа оценки трофического статуса озерной экосистемы на основе уровня развития гидробионтов с учетом действия минерализации воды.

Сущность способа заключается в том, при увеличении трофности водоемов повышается уровень развития отдельных водных сообществ. Для определенных уровней трофности характерны определенные биомассы водных сообществ. В свою очередь, при повышении уровня минерализации закономерно изменяются биомасса отдельных водных сообществ.

Соответственно, зная потерянную в результате воздействия минерализации биомассу водного сообщества, можно восстановить показатели развития сообщества, которые могли быть при отсутствии угнетающего действия повышенной минерализации воды.

Физической основой данного метода является натурно установленная зависимость биомассы водного сообщества от уровня минерализации озерных вод.

Реализацию предлагаемого способа осуществляли в следующей последовательности:

1. Отбор образцов (проб) воды и водных сообществ на озерах разной степени минерализации данного региона.

2. Установление уровня минерализации (г/дм<sup>3</sup>) вод стандартными методами гидрохимического анализа [15].

3. Установление средней биомассы водных сообществ в различных биотопах озерных экосистем по стандартным гидробиологическим методикам [16].

4. Расчет зависимости биомассы водного сообщества от уровня минерализации на наиболее распространенных биотопах и одинаковых глубинах - в зоне прибрежья (эта зона, как правило, испытывает наибольшую антропогенную нагрузку).

5. Аппроксимация полученной зависимости в виде степенной функции вида:

$$B' = k_1 \cdot X^{k_2}, \quad (1)$$

где B' - расчетная биомасса, X - минерализация воды, а k<sub>1</sub> и k<sub>2</sub> - эмпирические коэффициенты.

6. Установление потенциально потерянной биомассы водного сообщества при возрастании минерализации:

$$B_p = B'' - B', \quad (2)$$

где B<sub>p</sub> - потенциально потерянная биомасса при возрастании минерализации, B'' - расчетная биомасса по формуле (1) при минерализации 3 г/дм<sup>3</sup> (именно при превышении этого уровня наблюдаются достоверные изменения структуры водных сообществ [17])

).

7. Из уравнений (1) и (2) определяется потенциально возможная биомасса, которая была бы при отсутствии угнетающего действия минерализации:

$$V_m = V_{cp} + V_p, \quad (3)$$

где  $V_m$  - потенциально возможная биомасса при отсутствии угнетающего действия минерализации,  $V_{cp}$  - средняя биомасса в прибрежье водоема.

8. Полученная биомасса соотносится со стандартными «шкалами трофности» (например, [3]) и определяется трофический статус озерной экосистемы.

Для оценки возможности практической реализации предлагаемого способа оценки трофического статуса экосистем минерализованных озер по уровню развития водных сообществ были исследованы озера разной степени минерализации Обь-Иртышского междуречья [18].

Для примера на фиг.1 приведены эмпирические зависимости биомассы зообентоса от минерализации воды на наиболее распространенных илистых грунтах и в зоне прибрежья озер Обь-Иртышского междуречья.

Полученная зависимость была аппроксимирована в виде уравнения:

$$V' = 8,6096 * X^{-0,7103}.$$

При минерализации  $3 \text{ г/дм}^3$  биомасса ( $V''$ ) составила  $3,945 \text{ г/м}^2$ .

Используя предложенную формулу, проведен пересчет биомассы донных беспозвоночных с учетом угнетающего действия минерализации:

Название озера	$V_{cp}$	$V_m$	Уровень трофности (расчетный)
Без названия	3,70	7,29	$\beta$ -мезотрофный
Большое Топольное	1,05	3,89	$\alpha$ -мезотрофный
Горькое	1,92	4,60	$\alpha$ -мезотрофный
Кривое	0,67	2,90	$\alpha$ -мезотрофный
Кулундинское	0,25	3,91	$\alpha$ -мезотрофный
Пресное	1,50	4,57	$\alpha$ -мезотрофный

В соответствии с этим большинство озер оказались  $\alpha$ -мезотрофного типа. Данные гидрохимического изучения этих озер также показали значительное содержание биогенов (N, P) в воде. История развития этих озер и уровень антропогенного воздействия, оказываемого на них, также соответствовали этому уровню трофности [19, 20].

Подобный подход также можно применять при использовании в индикации других сообществ гидробионтов. Следует отметить, что использование этой формулы способно выявить повышение трофности (биогенное загрязнение) солоноватых и соленых озер, но формула мало чувствительна к олиготрофикации. Однако в условиях водоемов с повышенной минерализацией это маловероятно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: аналит. обзор / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. - Новосибирск, 2007. - 87 с. (Сер. Экология. Вып. 85).

2. ГОСТ 17.1.2.04-77 Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. - М.: Госкомитет по стандартам, 1987. - 17 с.

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

4. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям.

- Бентос, перифитон и зоофитос / О.П. Оксийук, Л.Н. Зимбалевская, А.А. Протасов и др. // Гидробиол. журн. - 1994. - Т. 30, №4.-С.31-35.
5. Triverdy R.K. Application of physico-chemical and biological indices for eutrophication evaluation // Pollut. Res. - 1988. - V. 7, №3-4. - P. 153-164.
- 5 6. Saether O.A. Chironomid communities as water quality indicators // Holarctic Ecology. - 1979. - №2. - P. 65-74.
7. Saether O.A. Nearctic chironomids as indicators of lake typology // Verh. Internat. Verein. Limnol. - 1975. - V. 19. - P. 3127-3133.
8. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. -463 с.
- 10 9. Hammer U.T. Saline Lake Ecosystems of the World. - Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. -614 p.
10. Аладин Н.В. Критический характер биологического действия каспийской воды соленостью 7-11‰ и аральской воды соленостью 8-13‰ // Биология солоноватых и гипергалинных вод. - Л.: ЗИН АН СССР, 1989. - С.12-21.
- 15 11. Андреева СИ., Андреев Н.И. Донные биоценозы Аральского моря при изменении его режима // Гидробиол. журн. - 1987. - №5. - С.81- 86.
12. Безматерных Д.М. Применение структурных характеристик зообентоса для оценки экологического состояния озер юга Западной Сибири // Ползуновский вестник. 20 - 2005. - №4, Ч. 2. - С.214-216.
13. Хлебович В.В. Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий // Биология солоноватых и гипергалинных вод. - Л.: ЗИН АН СССР, 1989.- С.5-11.
14. Gabriels W., Lock K., DePauw N. et al. Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders(Belgium) // Limnologia, doi: 25 10.1016/j. limno.2009.10.001. - 2009.
15. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. - М.: Госкомитет по стандартам, 1982.- 12 с.
16. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / 30 Под ред. В.А. Абакумова. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - С.164-173.
17. Безматерных Д.М. Уровень минерализации воды как фактор формирования зообентоса озер Барабинско-Кулундинской лимнобиологической области // Мир науки, культуры, образования. -2007.-№4(7).-С.7-11.
18. Жукова О.Н., Безматерных Д.М. Оценка экологического состояния озер юга 35 Обь-Иртышского междуречья по составу и структуре зообентоса // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. Всерос.науч. конф. с международным участием, г.Барнаул, 20-24 августа 2012 г./ ИВЭП СО РАН: в 3 т.- Барнаул, 2012. - Т.2. - С.80-85.
19. Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Котовщиков А.В., Кириллова Т.В., Долматова 40 Л.А., Ермолаева Н.И., Соколова М.И. Состав и структура водных экосистем бассейна реки Бурлы в 2010 году // Наука - Алтайскому краю, 2010: Сб. статей. - Барнаул: Алтайский дом печати, 2010. - Вып.4. -С.239-252.
20. Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И., Кириллова Т.В., Яныгина Л.В., Долматова Л.А., Котовщиков А.В., Жукова О.Н., Соколова М.И. 45 Сравнительный анализ экосистем разнотипных озер Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока Наука - Алтайскому краю, 2009: Сб. статей. - Барнаул: Азбука, 2009. - Вып.3. - С.311-333.

ПОДПИСИ К ФИГУРАМ

Фиг.1. Зависимость биомассы зообентоса от минерализации воды на илистых грунтах в зоне прибрежья.

#### Формула изобретения

Способ оценки трофического статуса экосистем минерализованных озер по уровню развития водных сообществ, отличающийся тем, что при оценке трофического статуса озерной экосистемы с минерализацией воды более 3 г/дм<sup>3</sup> по уровню развития водных сообществ учитывают негативное действие уровня минерализации путем расчета величины потерянной биомассы с помощью полученной эмпирической зависимости и ее аппроксимации в виде степенной функции вида:

$$V' = k_1 \cdot X^{k_2}, \quad (1)$$

где  $V'$  - расчетная биомасса,  $X$  - минерализация воды, а  $k_1$  и  $k_2$  - эмпирические коэффициенты;

$$V_p = V'' - V', \quad (2)$$

где  $V_p$  - потенциально потерянная биомасса при возрастании минерализации,  $V''$  - расчетная биомасса при минерализации 3 г/дм<sup>3</sup>;

из уравнений (1) и (2) определяют потенциально возможную биомассу, которая была бы при отсутствии угнетающего действия минерализации:

$$V_m = V_{ср} + V_p, \quad (3)$$

где  $V_m$  - потенциально возможная биомасса при отсутствии угнетающего действия минерализации,  $V_{ср}$  - средняя биомасса в прибрежье водоема; что после соотнесения ее со стандартными «шкалами трофности» дает реальный трофический статус озерной экосистемы.