



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128455** (13) **U**
(51) МПК
G01N 33/18 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 11039	(72) Винахідник(и): Протасов Олександр Олексійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 13.11.2017	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, просп. Героїв Сталінграда, 12, м. Київ, 04210 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.09.2018	(74) Представник: Сазонов Володимир Вікторович, реєстр. №183
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.09.2018, Бюл.№ 18	

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ (ПОТЕНЦІАЛУ) ЗНАЧНО ЗМІНЕНИХ ТА ШТУЧНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ, ВОДНИХ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ НА ОСНОВІ ПОРІВНЯННЯ З КОМПЛЕКСОМ ЕКОЛОГІЧНО ТА ТЕХНІЧНО ПРИЙНЯТИХ УМОВ

(57) Реферат:

Спосіб визначення екологічного стану (потенціалу) дуже змінених, штучних, водних об'єктів, водних технооекосистем складається з низки дій, а саме - створення комплексу екологічно та технічно прийнятних показників, які згруповані в 4 блоки: гідрофізичний, гідрохімічний, біотичний (гідробіологічний), технічний: діапазон значень показників розбито на 7 градацій, в першому блоці прозорість води вимірюють за допомогою білого диска Секкі діаметром 20 см, одиниця вимірювання - метр; температуру вимірюють з точністю до 1 °С; нестабільність води вимірюють гідрологічною рейкою відносно проектного рівня води, одиниця вимірювання - метр; блок гідрохімічних показників включає вимірювання концентрацій (вмісту) у мг/дм³ наступних речовин: амонійний азот, нітратний азот, фосфор фосфатів, розчинний кисень, а також мінералізацію (сума іонів); параметри біотичного блока - біомасу угруповань водоростей планктону (фітопланктон), біомасу ниткуватих водоростей, біомасу безхребетних, що створюють обростання (угруповання перифітону), біомасу безхребетних донного населення (бентосу) визначають ваговим методом, одиниці вимірювання - г/м² або г/м³; кількість груп гідробіонтів визначають їх підрахунком на певній ділянці, де відібрано пробу; технічні параметри, а саме рівень біоперешкод, вимірюють по відносній шкалі з уточненням біомаси гідробіонтів (г/м або г/м), які створюють біологічні перешкоди, а визначення потенціалу проводять кількісним порівнянням реальних вимірювань з комплексом екологічно та технічно прийнятних умов.

UA 128455 U

Корисна модель належить до санітарної та технічної гідробіології, біоіндикаційних та комплексних способів оцінки якості водного середовища, а саме використання принципів компаративної (порівняльної) оцінки екологічного стану штучних, антропогенно змінених та антропозалежних водойм.

5 Відомі способи оцінки якості води, умов водного середовища [Жукинський В.М. Використання методів гідроекологічних досліджень при комплексній оцінці стану поверхневих вод// Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. - Київ: ЛОГОС, 2006. - С. 376-400.] [1]

10 Оцінка проводиться на основі порівняння з матрицею екологічної класифікації якості поверхневих вод, в якій виділено класи (5 класів) і категорії (7 категорій) якості води, включаючи блоки гідрографічних, гідрохімічних, гідробіологічних показників. Саме оцінка робиться на основі обчислення середнього індексу, що дозволяє віднести дані, досліджуваний набір показників з певними значеннями до певних сапробіологічних зон та зон трофності. Додатково ці показники були пов'язані з якісною шкалою оцінки - від "дуже чистих" до "дуже брудних" [Афанасьев С.А. Развитие европейских подходов к гидробиологической оценке состояния гидросистем в мониторинге рек Украины// Гидробиол. Журн. 2001. т. 37. № 5. с. 3-18.] [2]

15 На основі цього підходу проведено, зокрема, оцінку якості водного середовища водойми-охолоджувача Хмельницької АЕС у різні періоди його існування [Техно-екосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки/ Под ред. А.А. Протасова. -К.: Институт гидробиологии НАНУ, 2011. - 234 с.] [3]

20 Компаративний принцип покладено в основу оцінки екологічного стану (ecological status) природних водних об'єктів у Водній Рамковій Директиві (ВРД) ЄС [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy] [4]. Існує алгоритм, що дозволяє встановити один з п'яти рівнів екологічного стану (status) природних водойм - високий (high), добрий (good), середній (moderate), бідний (poor) та поганий (bad) [Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential// Working Group 2 A. Ecological Status (ECOSTAT). - Rome, 27 November 2003. - 52 p.]. [5]

30 Порівняння проводиться з так званими референсними умовами [Defining Reference Conditions (D3)/ Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecological Status of European Rivers-A Contribution to the Water Framework Directive (FAME)// A. N. Economou. National Centre for Marine Research. - EL.2002 [https://fame.boku.ac.at] [6], які для даного водного об'єкта є такими, які були до антропогенної дії, та/або є на ділянках, що є непорушеними людиною, та розглядаються як еталонні. Але для значно змінених, штучних водних об'єктів такі еталонні комплекси показників екологічного стану, з якими можливо порівняння, відсутні. Для таких водних об'єктів Водна Рамкова Директива пропонує визначення екологічного потенціалу (ecological potential). Запропоновано алгоритм [Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential// Working Group 2 A. Ecological Status (ECOSTAT). - Rome, 27 November 2003. - 52 p.] визначення 5 рівнів екологічного потенціалу - від максимального (MEP - Maximum Ecological Potential), до поганого (BEP - Bad Ecological Potential). Але визначення проводиться тільки на основі порівняння якісних характеристик, до того ж ніяким чином не враховується те, що суттєво змінені, штучні водні об'єкти створені для певних потреб людини і їх характеристики, якість водного середовища мають бути відповідними певним технічним умовам, але з відсутністю негативного впливу на довкілля.

45 Недоліками вказаних підходів є те, що вони не враховують специфіки штучних водних об'єктів, а саме те, що результат оцінки відомих методик стосується тільки суто екологічних показників, якості води, а не враховують важливих екологічних та технічних характеристик для ефективного використання цих водних об'єктів людиною.

50 Задача, на вирішення якої направлено корисну модель, що заявляється, полягає в адекватному визначенні стану штучного водного об'єкта, який використовується для певних цілей, з урахуванням як екологічних, так і технічних потреб.

1. Спосіб визначення екологічного стану (потенціалу) дуже змінених, штучних, водних об'єктів, водних техноекосистем складається з низки дій, а саме - створення комплексу екологічно та технічно прийнятних показників, які згруповані в 4 блоки: гідрофізичний, гідрохімічний, біотичний (гідробіологічний), технічний: діапазон значень показників розбито на 7 градації, в першому блоці прозорість води вимірюють за допомогою білого диска Секкі діаметром 20 см, одиниця вимірювання - метр; температуру вимірюють з точністю до 1 °С; нестабільність води вимірюють гідрологічною рейкою відносно проектного рівня води, одиниця вимірювання - метр; блок гідрохімічних показників включає вимірювання концентрацій (вмісту) у

мг/дм³ наступних речовин: амонійний азот, нітратний азот, фосфор фосфатів, розчинний кисень, а також мінералізацію (сума іонів); параметри біотичного блока - біомасу угруповань водоростей планктону (фітопланктон), біомасу ниткуватих водоростей, біомасу безхребетних, що створюють обростання (угруповання перифітону), біомасу безхребетних донного населення (бентосу) визначають ваговим методом, одиниці вимірювання - г/м² або г/м³; кількість груп гідробіонтів визначають їх підрахунком на певній ділянці, де відібрано пробу; технічні параметри, а саме рівень біоперешкод вимірюють по відносній шкалі з уточненням біомаси гідробіонтів (г/м² або г/м³), які створюють біологічні перешкоди.

2. Визначення потенціалу проводять кількісним порівнянням реальних вимірювань з комплексом екологічно та технічно прийнятних умов.

Таким чином, методологія цього підходу вимагає двох основних дій - підготовки "еталонного" комплексу показників та адекватне порівняння досліджуваної екосистеми з еталонним комплексом показників (ЕТПУ).

Приклад. Встановлено значення еколого-санітарних показників у водоймі-охолоджувачі (ВО) Хмельницької АЕС в два періоди функціонування одного та двох енергетичних блоків (Техно-екосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки/ Под ред. А.А. Протасова. -К.: Институт гидробиологии НАЛУ, 2011. - 234 с.). Класи і категорії якості води встановлено за вищенаведеною методикою [Жукинський В.М. Використання методів гідроекологічних досліджень при комплексній оцінці стану поверхневих вод// Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. - Київ: ЛОГОС, 2006. -С 376-400.]. Було використано 15 показників: прозорість води за диском Секкі, рН, вміст трьох форм азоту, фосфат-іонів, концентрація кисню, перманганату та бактеріопланктону, індекси сапробності за фітопланктоном, зоопланктоном, зообентосом. Середній індекс по 5 районах ВО складав від 2,9 до 3,1, що відповідає III класу якості води, β-мезасапробні, "достатньо чисті" води.

На другому етапі існування техноекосистеми (у 2006 р.), коли в експлуатації було вже 2 енергоблоки, формально якість води покращилася. Середній індекс (категорія) по ВО був від 2,5 до 3,0, що відповідає категорії "чисті води". Але в цей період в роботі АЕС спостерігалися значні біологічні перешкоди, що були спровоковані масовим розвитком молюска *Dreissena polymorpha* Pall.

Таким чином, екологічні процеси, що відбувалися у водоймі, зіграли вкрай негативну роль в експлуатації технічних об'єктів, в той же час, формально не вплинули негативно на процеси формування якості води. Виходячи з того, загальна оцінка водної техноекосистеми в даному випадку не може бути безумовно позитивною, хоча за результатами оцінки вони є досить добрими. З огляду на це потрібні певні зміни у підході до оцінки як концептуального, так і методичного характеру.

Методологія та методика, що пропонуються в даному поданні, суттєво змінюють викладений вище підхід. В основі оцінок лежить порівняння досліджуваного водного об'єкту (водної екосистеми) з певним "еталоном", або комплексом прийнятних умов, розроблений автором на основі досвіду власних, досліджень та літературних джерел.

Методика, що пропонується для оцінки стану (потенціалу) значно змінених водних об'єктів та техноекосистем складається з низки послідовних кроків.

Визначення показників стану. Комплекс показників (табл. 1) включає у випадку наведеного приклада 25 показник в чотирьох блоках показників: гідрофізичні, гідрохімічні, біологічні, технічні.

Таблиця 1

Гідрофізичні, гідрохімічні, гідробиологічні та технічні показники, значення яких розподілено на 7 градацій

№	Показники	Розмір-ність	Градації показників						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Прозорість за диском Секкі	м	≥2,5	2	1,5	1,3	0,9	0,5	≤0,2
2	Водообмін (V витрата за міс./ V водойми)		≥3	2,99-2,00	1,99-1,50	1,49-1,00	0,99-0,50	0,49-0,25	<0,24

№	Показники	Розмір-ність	Градації показників						
			1	2	3	4	5	6	7
3	Температурний режим	°C	середня ≥0-2 °C	середня ≥3-5 °C	Середня ≥6 °C, але Локально <27 °C	27-29 °C на більш ніж 50 % акваторії	≥30 °C локально	≥30 °C на більшій частині акваторії	локально ≥40 °C
4	Нестабільність рівня води	м	≤0,10	0,11-0,20	0,21-0,40	0,41-0,80	0,81-1,60	1,61-3,00	≥3,01
5	Мінералізація	мг/дм ³	50	100	200	400	700	1000	1500
6	pH		7	7,1-7,2	7,3-7,5	7,6-8,0	8,1-8,5	8,6-9,0	≥9,1
7	Азот амонійний	мг N/дм ³	≤0,09	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	≥2,51
8	Азот нітратний	мг N/дм ³	≤0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	≥2,51
9	Фосфор фосфатів	мг P/дм ³	≤0,015	0,016-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201-0,300	≥0,300
10	Розчинний кисень	мг/дм ³	≥9,0	8,9-8,0	7,9-7,0	6,9-6,0	5,9-5,0	4,9-4,0	≤3,9
11	Перманганатна окисність	мг O/дм ³	≤3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	≥20,1
12	Біомаса фітопланктону	г/м ³	≤0,5	0,6-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	51,1-100,0	≥100,1
13	Біомаса нитчастих водоростей	г/м ²	≤10	11-50	51-100	101-500	501-1000	1001-3000	≥3001
14	Біомаса зооперифітону	г/м ²	≤200,0	100,0-199,9	50,0-99,9	20,0-49,9	5,0-19,9	2,0-4,9	≤1,9
15	Біомаса зообентосу	г/м ²	≤100	101-500	501-1000	1001-3000	3001-5000	5001-10000	≥10001
16	Сапробність за фітопланктоном		≥15	10-14	8-9	6-7	4-5	2-3	1
17	Сапробність за зоопланктоном		≥50,0	20,0-49,9	10,0-19,9	6,0-9,9	2,0-5,9	1,0-2,9	≤0,9
18	Сапробність за зообентосом		≥15	10-14	8-9	6-7	4-5	2-3	1
19	Розвиток заростей вищих водяних рослин		≤1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	3,6-4,0
20	Біоперешкоди від тварин		≤1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	3,6-4,0

№	Показники	Розмір-ність	Градації показників						
			1	2	3	4	5	6	7
21	Біопереш-коди від вищих рослин		≤1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	3,6-4,0
22	Біопереш-коди від нитчатих водоростей		Окремі рослини	Окремі куртини	Скупчення рослин, переважають чисто-воддя	Зароста-ння мілководь на 50 %	Переважан-ня заростей над площею мілководь	Окремі ділянки чистої води	Повне заростан-ня мілковод-них ділянок
23	Біопереш-коди від безхребет-них		Мало-помітні практик-но =0	Помітні	Слабкі	Помірні	Значні	Аварійні	Катаст-рофічні
24	Біопереш-коди від от ВВР		Малопо-мітні практично =0	Помітні	Слабкі	Помірні	Значні	Аварійні	Катаст-рофічні
25	Біопереш-коди від ниткуватих водоростей		Мало-помітні практик-но =0	Помітні	Слабкі	Помірні	Значні	Аварійні	Катаст-рофічні

- 5 Згідно з особливостями досліджуваних водних об'єктів матриця показників може доповнюватися чи скорочуватися. Наприклад, при оцінці стану технооекосистем АЕС необхідно введення показника температури, що може бути зайвим при оцінках об'єктів без техногенних теплових скидів.
- Вибір саме 7 градацій обумовлено необхідністю достатньої чутливості, а також практичною можливістю вибору варіантів стану.
- 10 З урахуванням наявних даних, прийнятих (бажаних) умов (ЕТПУ) використовується наступний комплекс з 25 показника, який далі, як приклад, використано для оцінок стану (екологічного потенціалу) технооекосистеми Хмельницької АЕС (табл. 2). Вибір значень градацій ЕТПУ проводиться на основі натурних гідробіологічних, гідрохімічних, гідрологічних досліджень та технічних умов експлуатації. Застосовуються також експертні оцінки.

Таблица 2

Градації показників ЕТПУ та показників водної технооекосистеми ХАЕС в окремі роки

Градації показників (згідно з табл. 1)	ЕТПУ	1998 р.	2006 р.
1	3	5	3
2	3	7	3
3	4	1	5
4	2	2	2
5	3	4	4
6	4	5	н
7	3	2	4
8	2	1	1
9	2	1	2
10	2	Н*	2
11	3	5	3
12	3	5	2
13	3	6	6
14	4	4	5
15	2	1	6
16	3	1	1

Градації показників (згідно з табл. 1)	ЕТПУ	1998 р.	2006 р.
17	3	4	4
18	3	2	1
19	3	3	3
20	2	3	2
21	5	6	5
22	4	2	3
23	3	1	7
24	1	1	1
25	1	1	6
Сума оціночних градацій показників	71	73	81
Середній показник	2,84	3,04	3,38
Оцінка стану (потенціалу) відносно ЕТПУ	1,00	0,95	0,83
Оцінка стану (потенціалу) відносно ЕТПУ з урахування граничних значень		0,85	0,74

* - немає даних

Очевидно, що в зв'язку з особливістю формування матриці градацій показників (збільшення градації є показником зниження екологічної оцінки, збільшення трофності водойми, збільшення рівня біоперешкод і т.і.), вже сума оціночних градацій дає змогу зробити певні попередні висновки. Але таке порівняння є коректним тільки у випадку повного співпадіння кількості показників, що на практиці не завжди може відбуватися. Тому доцільним є використання середнього показника (сума показників/кількість показників). Для кількісної оцінки потрібне точне порівняння з ЕТПУ, що може бути розраховано як відношення середнього показника в досліджуваній водоймі до значень ЕТПУ. (При відсутності показника у дослідженому об'єкті, він не враховується і в ЕТПУ). Це значення може бути більше 1, тобто потенціал у такому випадку має кращі показники, ніж ЕТПУ.

Важливим є те, що показники в своїх градаціях від 1 до 7 досить нерівнозначні. Так в показнику "біоперешкоди" перехід від градації 6 до градації 7 відповідає переходу від "аварійних" біоперешкод до "катастрофічних", що є дуже суттєвим, в той час, як перехід від 1 до 2 ("малопомітні" - "слабкі") на практиці досить складно відокремити. Те ж стосується гідрохімічних і гідрофізичних показників. Так, зміни температури в діапазоні до 27-28 °С фізіологічно значно менш важливі, ніж перехід межі 28-30 °С.

З огляду на таку диференційованість, пропонується при наявності однієї градації 7 знижувати ("погіршувати") значення потенціалу на 10 %, при наявності двох градацій 7 - на 20 % і т.д. Також може бути доцільним г при наявності градації 6 знижувати значення потенціалу на 5 %, при двох показниках 6-10 % і т.д.

При застосуванні таких коефіцієнтів отримуємо три рівні "оптимістичності" оцінки. На першому рівні (без застосування поправок) значення потенціалу будуть для 1989 та 2006 рр, відповідно - 0,95 і 0,83, з урахування кількості градацій 7 0,85 і 0,74, на третьому рівні - 0,78 і 0,68.

Хоча будь-які отримані кількісні значення потенціалу завжди будуть виходити до певного безперервного ряду, для класифікаційних цілей та вербальних оцінок потрібна спеціальна шкала. Пропонується така шкала оцінок потенціалу, що вміщає 5 рівнів (табл. 3).

Таблиця 3

Шкала оцінки екологічного стану (потенціалу) суттєво змінених, штучних водних об'єктів та технооекосистем.

Вербальна оцінка стану (потенціалу)	Колір для візуалізації	Діапазон потенціалу	Крок між рівнями
високий	блакитний	95-100	5
добрий	зелений	85-94	9
посередній	жовтий	70-84	14
бідний	помаранчевий	45-69	23
поганий	червоний	0^4	44

Слід відзначити, що шкала нерівномірна. Діапазон одного рівня змінюється від 5 до 44, це означає, що оцінка в цілому зрушена в область більш низьких значень, а вся система оцінки є більш чутливою до негативних явищ. Отримання оцінки "високий потенціал" можливе тільки при практично повному співпадінні з ЕТПУ.

Таким чином, в даному прикладі можна зробити висновок, що на першому, більш "оптимістичному" рівні оцінка стану (потенціалу) водної техноекосистеми у 1989 р була високою, на другому рівні - доброю, на третьому - посередньою. У 2006 р оцінки були, відповідно, посередніми, та бідною.

Коротка послідовність дій (алгоритм) для проведення оцінки

1. Розробка комплексу "Екологічно і технічно прийнятних умов" (ЕПТУ) проводиться для окремих типів водних об'єктів, басейнів, регіонів, чи індивідуально для того чи іншого водного об'єкта.

2. Для матриці показників ЕТПУ обираються необхідні показники, характерні для типів об'єктів та способу їх використання, однак обов'язковою умовою є наявність 4 блоків показників: гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних і технічних.

3. Значення показників ЕТПУ розділено на 7 градацій, в подальшому використовуються не абсолютні значення показників, а значення певних градацій.

4. Градації показників ЕТПУ і градації показників досліджуваного об'єкта вносяться в єдину таблицю для порівняння. При неповноті даних в досліджених об'єктах, при порівнянні певні показники вилучаються з ЕПТУ.

5. Розраховуються відношення значень ЕТПУ до середніх показників досліджуваних об'єктів.

6. З урахуванням наявності гранично великих показників градацій вводиться додаткове корегування кінцевої оцінки.

7. Згідно шкали оцінки Екологічно і технічно прийнятних умов проводиться віднесення до одного з 5 рівнів оцінки стану (потенціалу), при необхідності проводиться кольорова візуалізація на мапах, планах, схемах.

Позитивний ефект використання корисної моделі, що заявляється полягає в створенні способу адекватної оцінки стану штучного водного об'єкта, який використовується (створений) для певних цілей, з урахуванням як екологічних, так і технічних потреб.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення екологічного стану (потенціалу) дуже змінених, штучних, водних об'єктів, водних техноекосистем складається з низки дій, а саме - створення комплексу екологічно та технічно прийнятних показників, які згруповані в 4 блоки: гідрофізичний, гідрохімічний, біотичний (гідробіологічний), технічний: діапазон значень показників розбито на 7 градацій, в першому блоці прозорість води вимірюють за допомогою білого диска Секкі діаметром 20 см, одиниця вимірювання - метр; температуру вимірюють з точністю до 1 °С; нестабільність води вимірюють гідрологічною рейкою відносно проектного рівня води, одиниця вимірювання - метр; блок гідрохімічних показників включає вимірювання концентрацій (вмісту) у мг/дм³ наступних речовин: амонійний азот, нітратний азот, фосфор фосфатів, розчинний кисень, а також мінералізацію (сума іонів); параметри біотичного блока - біомасу угруповань водоростей планктону (фітопланктон), біомасу ниткуватих водоростей, біомасу безхребетних, що створюють обростання (угруповання перифітону), біомасу безхребетних донного населення (бентосу) визначають ваговим методом, одиниці вимірювання - г/м² або г/м³; кількість груп гідробіонтів визначають їх підрахунком на певній ділянці, де відібрано пробу; технічні параметри, а саме рівень біоперешкод вимірюють по відносній шкалі з уточненням біомаси гідробіонтів (г/м або г/м), які створюють біологічні перешкоди, а визначення потенціалу проводять кількісним порівнянням реальних вимірювань з комплексом екологічно та технічно прийнятних умов.

Комп'ютерна верстка М. 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