



УКРАЇНА

(19) UA (11) 67479 (13) U  
(51) МПК  
G01N 33/18 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ОЦІНКИ ЗБАЛАНСОВАНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ РІЧКОВОЇ ЕКОСИСТЕМИ

1

2

(21) u201108649

(22) 11.07.2011

(24) 27.02.2012

(46) 27.02.2012, Бюл.№ 4, 2012 р.

(72) АРХИПОВА ЛЮДМИЛА МИКОЛАЇВНА

(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

(57) Спосіб оцінки збалансованого водокористування річкової екосистеми, що включає виміри об'ємів і інтенсивності використання водних ресурсів басейну, об'ємів незворотного водокористування, об'ємів скидів стічних вод, вимірів якості води до і після скидання стічних вод з отриманням загального показника, який **відрізняється** тим, що за даними обробки результатів вимірювань визначають коефіцієнт раціонального використання во-

дних ресурсів, коефіцієнт пониження гідроекологічного потенціалу якості, коефіцієнт самовідновлення якісної складової, після чого проводять оцінку об'єму кількісної складової гідроекологічного потенціалу, з подальшим визначенням показника стійкого збалансованого водокористування ( $lbwr$ ), і оцінювання за його значенням рівня порушеності природного балансу гідроекосистеми за наступною шкалою: буферний (зона екологічної рівноваги)  $lbwr < 0,05$ , оптимальний  $0,05 < lbwr < 0,1$ , напруження адаптації  $0,1 < lbwr < 0,3$ , зона песимуму в межах  $0,3 < lbwr < 0,5$ , критичний - при значеннях показника  $0,5 < lbwr < 0,7$ , кризовий - при значеннях показника  $0,7 < lbwr < 0,9$ , катастрофічний (зона екологічного лиха)  $lbwr > 0,9$ .

Корисна модель належить до способів екологічного контролю поверхневих вод різного цільового призначення, виявлення і оцінки впливу виснаження і забруднення на функціонування річкових екосистем, кількості і якості водних ресурсів та умов їх відтворення в межах річкового басейну і може бути використана для оцінки збалансованого водокористування, визначення безпечного рівня техногенного навантаження.

Спосіб може знайти застосування в екологічному нормуванні, екологічній експертизі, екологічному аудиті при оцінці небезпеки та прогнозуванні впливу водоспоживачів, водокористувачів на річкову екосистему, розробці водоохоронних заходів. Адаже за умов техногенного впливу постає задача пошуку критичного поля значень параметрів, які призводять до виведення гідроекосистеми із стану балансу рівноваги (гомеостазу).

Одною з актуальних проблем сучасної екології є пошук способів об'єктивної оцінки збалансованого природокористування, в тому числі водокористування. В природній гідроекосистемі всі екологічні флуктуації відбуваються в допустимих межах гомеостазу (відновлення рівноваги). В техногенній системі існує небезпека того, що з виходом флуктуацій за допустимі межі, система не зможе компенсувати збурення. Розмах допустимих флуктуа-

цій екологічних циклів являє собою гнучкість гідроекосистеми. Нестача гнучкості являє собою нестачу «здоров'я» гідроекосистеми, під яким розуміємо гідроекологічний потенціал. Екологічна стійкість гідроекосистеми залежить від обмеженості ресурсної бази (кількісного і якісного потенціалу) та від її диверсифікації (різноманітності), тобто від величини. Вочевидь, що гідроекологічний потенціал відновлюється за рахунок змінних процесів кругообігу речовини та процесів самоочищення. Гідроекологічний потенціал річкового басейну для оцінки впливу господарської діяльності набагато важливіше, оскільки процеси на локальному рівні є безперервним ходом збурення довкілля з боку господарської діяльності людини.

Експлуатація гідроекологічного потенціалу природних гідроекосистем традиційно не входить в категорію водокористування, однак чиста природна вода давно розглядається як природний ресурс, дефіцитний в одних регіонах, надлишковий в інших, і як інші ресурси, вичерпний. Його носієм є властивість гідроекосистем до самовідновлення. Чим більші гідроекологічні потенціали стійкості мають гідроекосистеми, тим більше чистої води дістанеться людству. Використання людством потенціалу стійкості гідроекологічного середовища

(19) UA (11) 67479 (13) U

реалізується у вигляді різноманіття техногенних процесів, що впливають на гідроекосистеми.

Тільки розробка та впровадження превентивних водоохоронних заходів, які базуються на вірогідній екологічній інформації, дозволить покращити екологічну ситуацію, що склалася в Україні. У зв'язку із цим важливою частиною заходів щодо покращення стану поверхневих вод є впровадження в водоохоронну практику системи оцінки збалансованого водокористування річкової екосистеми.

Відомий спосіб екологічної оцінки якості поверхневих вод шляхом визначення стану вод за гідрофізичними, гідрохімічними та гідробіологічними показниками з подальшим узагальненням оцінок за окремими блоками, що включають показники сольового складу, трофосапробні показники, показники специфічних речовин токсичної і радіаційної дії та встановлення об'єднаної оцінки з визначенням інтегральних значень [Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін.. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. - 26 с.]. Недоліком відомого способу оцінки є те, що до нього не введений ряд важливих параметрів, які пов'язані з самоочисною здатністю вод та кількісні балансові характеристики, що знижує об'єктивність оцінки і ускладнює аналіз умов відтворення водних ресурсів.

Відомий спосіб визначення допустимих техногенних навантажень на екологічну систему з властивістю самовідновлення [деклараційний патент на корисну модель UA 15482. Заявка u200509573 від 11.10.2005. Опубліковано 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.], що включає відбір проб для аналізу, виявлення одного або декількох компонентів забруднення, згодом вимірюють початковий екологічний стан системи, визначають найбільш чутливі до забруднення елементи системи, вимірюють час дії забруднення і прогнозують зміну стану екологічної системи під впливом техногенного навантаження у вигляді логістичної функції. Недоліком відомого способу оцінки є те, що до нього не введений ряд важливих параметрів, за якими можна було б оцінити збалансованість водокористування.

Є відомим також спосіб оцінки якості поверхневих вод [Заявка деклараційного патенту на корисну модель № u201104305, дата подання 08.04.2011. Заявник ІФНТУНГ, автор Архипова Л.М.], що включає відбір проб води, проведення аналізів, подальше узагальнення за окремими блоками з встановленням об'єднаної оцінки, який відрізняється тим, що узагальнення результатів аналізів поверхневих вод включає отримання комплексного індексу потенціалу якості (КІПЯ) для фонових природних об'єктів, встановлення закономірностей його просторового розподілу, з подальшим визначенням норми потенціалу якості в будь-якій точці фонових водного об'єкта та ступеня відхилення від норми й ступеня відновлення забруднених водних об'єктів-аналогів, оцінюючи рівень потенціалу якості за наступною шкалою: - буферний (зона екологічної рівноваги)  $KIPJA > 5$ , оптимальний  $3 < KIPJA < 5$ , напруження адаптації  $1 < KIPJA < 3$ , зона песимуму в межах  $-1 < KIPJA < 1$ , критичний - при значеннях показника  $-3 < KIPJA < -1$ , кри-

зовий - при значеннях показника  $-3 < KIPJA < -5$ ; катастрофічний (зона екологічного лиха)  $KIPJA < -5$ . Але у такий спосіб не можна оцінити збалансованість водокористування річкової екосистеми.

Відомий спосіб оцінки збалансованості природокористування, [Батурич Л.А., Игнатов В.Г., Кокин А.В. Сбалансированное природопользование г.Ростов-на-Дону, Ростиздат, 1999 - 351 с.], вибраний авторами як прототип заявленого способу, який включає стосовно водного середовища в межах річкового басейну виміри об'ємів і інтенсивності використання водних ресурсів басейну, об'ємів незворотного водокористування, об'ємів скидів стічних вод, вимірів якості води до і після скидання стічних вод з наступним отриманням показника керованості водним середовищем, який являє собою відношення темпів вилучення водних ресурсів до темпів їх кількісно-якісного відновлення в межах річкового басейну. Але оцінити за його значенням рівень порушеності природного балансу гідроекосистеми техногенним навантаженням на річковий басейн не є можливим.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробки способу визначення безпечного рівня техногенного навантаження на гідроекосистему шляхом отримання показника стійкого збалансованого водокористування річкової екосистеми, та оцінка за його значенням рівня порушеності природного балансу гідроекосистеми техногенним навантаженням.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в способі оцінки збалансованого водокористування річкової екосистеми здійснюються виміри об'ємів і інтенсивності використання водних ресурсів басейну, об'ємів незворотного водокористування, об'ємів скидів стічних вод, вимірів якості води до і після скидання стічних вод, надалі розраховують коефіцієнт раціонального використання водних ресурсів, коефіцієнт пониження гідроекологічного потенціалу якості, коефіцієнт самовідновлення якісної складової, об'єм кількісної складової гідроекологічного потенціалу, згодом проводять ідентифікацію стану річкової екосистеми за даними обробки результатів наземних вимірювань шляхом отримання показника стійкого збалансованого водокористування ( $lbwr$ ), і оцінювання за його значенням рівня порушеності природного балансу гідроекосистеми за наступною шкалою: буферний (зона екологічної рівноваги)  $lbwr < 0,05$ , оптимальний  $0,05 < lbwr < 0,1$ , напруження адаптації  $0,1 < lbwr < 0,3$ , зона песимуму в межах  $0,3 < lbwr < 0,5$ , критичний - при значеннях показника  $0,5 < lbwr < 0,7$ , кризовий - при значеннях показника  $0,7 < lbwr < 0,9$ ; катастрофічний (зона екологічного лиха)  $lbwr > 0,9$ .

Відмінними рисами запропонованого способу, в порівнянні з відомими способами та підходами, є:

- універсальність, спосіб придатний для всіх типів річкових екосистем природних і з великою часткою техногенного навантаження з різними буферними властивостями, здатністю до самоочищення та за різних рівнів вмісту забруднювачів різного характеру та природи;

- ефективність для комплексного вивчення стану гідроекосистеми, прогнозування її відновлення;

- оперативність для об'єктивної оцінки безпечних та небезпечних рівнів техногенного навантаження різного характеру і природи.

Стійке водокористування розглядається як збалансоване водокористування, при якому:

- зберігаються і підтримуються умови, що дозволяють задовольняти потреби існуючого населення в необхідній кількості якісної води без шкоди для майбутніх поколінь;

- створюються і підтримуються умови оптимального соціально-економічного розвитку для всіх водокористувачів;

- не порушуються умови функціонування геосистеми басейну;

- гідроекологічний потенціал в межах басейну залишається позитивним при високому рівні природно-техногенної безпеки гідроекосистеми.

Зважаючи на вищенаведене, під стійким збалансованим водокористуванням розуміємо сукупність організаційно-управлінських, технологічних, фінансово-економічних заходів, спрямованих на нормування антропогенного тиску на природно-техногенні гідроекосистеми (в межах гомеостазного відновлення її якостей) суб'єктами водокористування при збереженні мети виробництва: отриманні прибутків за умови достатніх темпів розвитку економіки, що забезпечує сталий розвиток суспільства.

Збалансоване водокористування в системі гідроекологічне середовище - суспільство передбачає порівняння існуючих запасів водних ресурсів кожної природно-техногенної гідроекосистеми з врахуванням потенціалу гідроекологічної стійкості (сукупність кількісної і якісної складової гідроекологічного потенціалу) та ступеня їх використання з врахуванням коефіцієнта зниження потенціалу гідроекологічної стійкості. Співставлення потенціального запасу ресурсу гідроекосистеми та реальної інтенсивності і якості його споживання дозволяє використовувати теоретично обґрунтовані критерії оцінки балансу-дисбалансу у відношеннях гідроекологічне середовище - суспільство і на їх основі визначати тенденції розвитку природно-техногенних гідроекосистем з різними типами водокористування.

Показник стійкого збалансованого водокористування ( $I_{bwr}$ ) в загальному вигляді являє собою відношення об'ємів використання водних ресурсів ( $U_{wr}$ ) з врахуванням коефіцієнта раціонального використання водних ресурсів ( $K_{rw}$ ) та коефіцієнта зниження гідроекологічного потенціалу ( $C_{wq}$ ) до об'єму його відновлення в гідроекологічному середовищі ( $P_{wr}$ ) з врахуванням коефіцієнта самовідновлення якісної складової ( $C_{pq}$ ) за той же період часу:

$$I_{bwr} = \frac{U_{wr} : (K_{rw} \cdot C_{wq})}{(P_{wr} - U_{wr}) \cdot C_{pq}}$$

В найбільш простому вигляді рівняння для розрахунку  $U_{wr}$  для прийнятого інтервалу часу можна представити у вигляді:

$$U_{wr} = U_{fw} + U_{rdw} + U_{mw} + U_{uw} + U_{ob} + U_{aw} - U_{irw} - U_{inw} - U_{cw} - U_{acw} - U_{he} - U_{fsw} - U_{f} - U_{c} - U_{r} - U_{e} - U_{ev},$$

де -  $U_{fw}$  - стічні води;

$U_{rdw}$  - зворотні і дренажні води;

$U_{mw}$  - шахтні води;

$U_{uw}$  - підземні води, гідравлічно не пов'язані з поверхневими;

$U_{ob}$  - застосування стоку з інших басейнів;

$U_{aw}$  - збільшення водних ресурсів за рахунок регулювання стоку ставками й водосховищами;

$U_{irw}$  - зрошення;

$U_{inw}$  - промислове водоспоживання;

$U_{cw}$  - комунальне водоспоживання;

$U_{acw}$  - сільськогосподарське водоспоживання;

$U_{he}$  - гідроенергетика;

$U_{fsw}$  - заповнення ставків, водосховищ;

$U_{f}$  - рибне господарство;

$U_{c}$  - водний транспорт;

$U_{r}$  - рекреація;

$U_{e}$  - санітарно-екологічні витрати;

$U_{ev}$  - додаткові витрати на випаровування з штучних водойм. Раціональне використання водних ресурсів в системах водозабезпечення можна представити коефіцієнтом раціональності водозабезпечення,  $K_{rw}$ :

$$K_{rw} = \frac{Q_g - Q_i}{Q_g},$$

де  $Q_g$  - загальна витрата води на виробничі потреби,  $Q_i$  - безповоротне водокористування.

Чим ближче  $K_{rw}$  до одиниці, тим більш раціонально використовуються водні ресурси.

Коефіцієнт зниження гідроекологічного потенціалу ( $C_{wq}$ ) може бути представлений у вигляді:

$$C_{wq} = \frac{I_{pu}}{I_{pb}},$$

де  $I_{pu}$  - індекс якісної складової гідроекологічного потенціалу (комплексного індексу потенціалу якості) в створі максимального антропогенного навантаження гідроекосистеми;

$I_{pb}$  - фоновий регіональний індекс якісної складової гідроекологічного потенціалу (комплексного індексу потенціалу якості) для створу.

Чим ближче  $C_{wq}$  до одиниці, тим менший антропогенний тиск на водні ресурси за інших рівних умов.

Для розрахунку об'єму кількісної складової гідроекологічного потенціалу в басейні за досліджуваній інтервал часу може бути використано рівняння

$$P_{wr} = P_{fr} + P_{uw} - P_{ev} - P_b,$$

де  $P_{wr}$  - об'єм гідроекологічного потенціалу гідроекосистеми;

$P_{fr}$  і  $P_{uw}$  - поверхневий (природний) і підземний стік;

$P_{ev}$  - сумарне випаровування до побудови штучних водойм;

$P_b$  - найменша середньомісячна витрата багаторічного періоду (нульовий гідроекологічний потенціал).

Коефіцієнт самовідновлення якісної складової ( $C_{pq}$ ) можна представити у вигляді:

$$C_{pq} = \frac{I_{hq}}{I_p},$$

де -  $I_{hq}$  - індекс якісної складової гідроекологічного потенціалу (комплексного індексу потенціалу якості) в замикаючому створі гідроекосистеми на кінцевий момент періоду, що розглядається;

$I_p$  - фоновий регіональний індекс якісної складової гідроекологічного потенціалу (комплексного індексу потенціалу якості) для гідроекосистеми.

Всі компоненти моделі збалансованого водокористування будуть чисельно змінюватись в кожен момент часу, суттєво - за зміною умов водності (наприклад, з 75 % забезпеченості до 90 %. Гідроекосистема зберігатиме стійкість, якщо показник стійкого збалансованого водокористування ( $I_{bwg}$ ) не перевищуватиме 0,5.

Запропонований спосіб оцінки дає можливість більш повно оцінювати стан басейну ріки, визначити імовірність порушення стійкості річкової екосистеми, кількісно-якісних показників водних ресурсів та умови їх відтворення, і відповідно більш предметно застосовувати комплекс заходів щодо відновлення екологічної рівноваги екосистеми, зниження ризику негативних наслідків виснаження і забруднення водних екологічних систем, досягнення рівня збалансованості водокористування.

Корисна модель описується далі прикладом, який ілюструє запропонований спосіб.

Приклад застосування способу

Параметри для обрахунку  $I_{bwg}$  у наведеному прикладі вибирались, виходячи з даних фонових моніторингових досліджень параметрів природних вод. Закономірності просторового розподілу комплексного індексу потенціалу якості вивчались на прикладі р. Прут в межах Карпатського національного природного парку з огляду на те, що показники якості в межах природоохоронних територій можна вважати буферними, екологічно збалансованими.

Дані об'єму стоку по створах Ворохта, Татарів, Яремча за 2009 рік отримані з моніторингових гідрометеорологічних спостережень, які в даних створах проводяться системою Гідрометеослужби

України. Об'єми стоку по створу Заросляк отримані розрахунковим шляхом. Об'єми стічних вод поділяючись між створами та безповоротного водоспоживання розраховані відповідно до форми 2ТП Водгосп. Об'єм кількісної складової гідроекологічного потенціалу в басейні розрахований відповідно до таблиці 1. За норматив якості приймалися ГДК ОБРВ (Москва, 1990) для водойм рибогосподарського призначення, які є діючими на природоохоронних територіях.

Розрахунок показника стійкого збалансованого водокористування ( $I_{bwg}$ ) проведений в таблиці 2 і поданий у відсотках.

Таким чином, оцінка збалансованого водокористування річкової екосистеми Прута до м. Яремче шляхом математичної обробки результатів вимірів і аналізів поверхневих вод дозволила отримати показники стійкого збалансованого водокористування ( $I_{bwg}$ ) по чотирьох створах (Заросляк, Ворохта, Татарів і Яремне), та оцінити за їх значенням рівень порушеності природного балансу гідроекосистеми техногенним навантаженням на річковий басейн. Всі створи належать до зони екологічної рівноваги  $I_{bwg} < 0,05$ , що й слід було довести виходячи з належності території до природно-заповідної.

Корисна модель дозволяє кількісно оцінювати величини критичних навантажень. Такий підхід дає можливість простежити багаторічну динаміку зміни антропогенного навантаження на водні об'єкти, порівняти в різних гідроекосистемах показник збалансованого водокористування. Розрахований показник є відносною величиною, що залежить від рівня антропогенного навантаження. Запропонований спосіб, крім того, може використовуватись при оцінці кількісних показників самоочищення рік.

Застосування запропонованого способу дозволяє провести більш повну оцінку екологічного стану водного об'єкта, яка може бути використана для обґрунтування і прийняття рішень, що спрямовані на його покращення.

Таблиця 1

Кількісна складова гідроекологічного потенціалу для гідроекологічних районів Карпатського регіону (у % від річного стоку) [Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем: Монографія / Л.М. Архипов - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011. - 355 с/]

Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Весна (III-V)	Літо (VI-VIII)	Осінь (IX-XI)	Зима (XII-II)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Середній за водністю рік																
5	2,99	3,34	6,39	14,3	16,8	14,3	12,9	9,74	6,47	4,51	4,62	3,75	37,4	36,9	15,6	10,1
Маловодний рік																
5	2,75	4,52	6,14	12,8	21,2	12,6	8,26	8,74	5,10	4,62	7,60	5,76	40,1	29,6	17,3	13,0
Багатоводний рік																
5	2,78	2,38	8,20	12,5	16,9	14,0	11,6	12,2	6,01	4,11	5,84	3,46	37,6	37,8	16,0	8,62

Таблиця 2

Розрахунок показника стійкого збалансованого водокористування (Ibwr) по басейну р. Прут в межах Карпатського національного природного парку за 2009 рік

Створ 2009	Об'єм використання, рік млн.м.куб			Коефіцієнт раціональності використання,			Коефіцієнт пониження якісного гідроекологічного потенціалу			Об'єм кількісного гідроекологічного потенціалу, млн.м.куб			Коефіцієнт самовідновлення якісної складової гідроекологічного потенціалу			Показник збалансованого водокористування
	U <sub>inw</sub> +U <sub>cw</sub> +U <sub>acw</sub> +U <sub>r</sub> +U <sub>e</sub>	U <sub>juw</sub> +U <sub>rdw</sub>	U <sub>wr</sub>	Q <sub>g</sub> , млн.м.куб	Q <sub>i</sub> , млн.м.куб	K <sub>rw</sub>	I <sub>pi</sub> , бали	I <sub>pb</sub> , бали		P <sub>fr</sub> +P <sub>uw</sub> -P <sub>ev</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>wr</sub>	I <sub>hq</sub> , бали	I <sub>p</sub> , бали	C <sub>pq</sub>	
Заросляк	0,006	0,006	0,012	0,006	0,001	0,833	9,480	9,688	0,979	31,72	1,11	30,61	9,480	8,346	1,136	0,052
Ворохта	0,025	0,012	0,037	0,028	0,022	0,214	5,843	7,143	0,818	56,1	13,86	42,24	5,843	4,977	1,174	0,393
Татарів	0,058	0,037	0,095	0,058	0,022	0,621	4,238	3,728	1,137	240	44,73	195,27	4,238	3,205	1,322	0,118
Яремче	0,187	0,133	0,32	0,103	0,035	0,660	2,893	3,095	0,935	306	66,15	239,85	2,893	2,346	1,233	0,233

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601