



УКРАЇНА

(19) UA (11) 64027 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
G01N 33/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

1

2

(21) u201104305

(22) 08.04.2011

(24) 25.10.2011

(46) 25.10.2011, Бюл.№ 20, 2011 р.

(72) АРХИПОВА ЛЮДМИЛА МИКОЛАЇВНА

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

(57) Спосіб оцінки якості поверхневих вод, 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 за окремими блоками включає отримання комплексного індексу потенціалу якості (КІПЯ) для фонових природних об'єктів, встанов-

лення закономірностей його просторового розподілу, з подальшим визначенням норми потенціалу якості в будь-якій точці фонового 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)  $\text{КІПЯ} > 5$ ;
- оптимальний  $3 < \text{КІПЯ} < 5$ ;
- напруження адаптації  $1 < \text{КІПЯ} < 3$ ;
- зона песимуму в межах  $-1 < \text{КІПЯ} < 1$ ;
- критичний - при значеннях показника  $-3 < \text{КІПЯ} < -1$ ;
- кризовий - при значеннях показника  $-3 < \text{КІПЯ} < -5$ ;
- катастрофічний (зона екологічного лиха)  $\text{КІПЯ} < -5$ .

Корисна модель належить до способів екологічного контролю поверхневих вод різного цільового призначення, виявлення і оцінки впливу забруднення на функціонування водних екосистем, якості водних ресурсів та умов їх відтворення і може бути використана для оцінки якості вод забруднених і чистих, визначення екологічного стану водних об'єктів.

Спосіб може знайти застосування в екологічному нормуванні, екологічній експертизі, екологічному аудиті при оцінці небезпеки та прогнозуванні дії забруднювачів, розробці водоохоронних заходів. Адаже за умов забруднення постає задача пошуку критичного поля значень концентрацій забруднювачів, які ведуть до виведення гідроекосистеми із стану рівноваги (гомеостазу).

Одною з актуальних проблем сучасної екології є пошук способів об'єктивної оцінки екологічного стану зовнішнього середовища. В практичних додатках охорони і раціонального водокористування інтерес представляють комплексні оцінки екологічного стану поверхневих вод, а також параметрів, під впливом яких формується цей стан. Вони характеризують динаміку основних процесів формування якості поверхневих вод. Тільки розробка та впровадження превентивних природоохоронних заходів, які базуються на вірогідній екологічній інформації, дозволить покращити екологічну ситу-

ацію, що склалася в Україні. У зв'язку із цим важливою частиною заходів щодо покращення якості поверхневих вод є впровадження в водоохоронну практику системи оцінки екологічного стану водних екосистем, якості водних ресурсів та умов їх відтворення.

Відомий спосіб оцінки екологічного стану водних об'єктів, що включає відбір проб води, її хімічний і біологічний аналіз з наступним порівнянням отриманих даних з критеріями, які наведені в екологічній класифікації, та визначення загальної оцінки. [Яцик А.В., Денисова О.І., Серебрякова Т.М. та ін. Методика екологічної оцінки стану поверхневих вод України. - К., 1996. - 20 с.]. Недоліком цього способу є складність визначення загальної оцінки за площею діаграми якості вод.

Відомий спосіб екологічної оцінки якості поверхневих вод шляхом визначення стану вод за гідрохімічними, гідрохімічними та гідробіологічними показниками з подальшим узагальненням оцінок за окремими блоками, що включають показники соляного 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.]. Недо-

(19) UA (11) 64027 (13) U

ліком відомого способу оцінки є те, що до нього не введений ряд важливих параметрів, які пов'язані з самоочисною здатністю вод, що знижує об'єктивність оцінки і ускладнює аналіз умов відтворення водних ресурсів.

Є відомим також спосіб еколого-гігієнічної діагностики умов відтворення водних ресурсів водотоків або водойм [Деклараційний патент на корисну модель UA 11700. Заявка u200504566 від 16.05.2005. Опубліковано 16.01.2006, Бюл. №1, 2006 р.]. Спосіб включає відбір проб води, шляхом визначення рівнів порушення умов відтворення водних ресурсів за екологічними та гігієнічними показниками з подальшим узагальненням оцінок по окремих блоках, що включають органолептичні, токсикологічні, санітарного режиму та мікробіологічні показники, з подальшим встановленням об'єднаної оцінки з визначенням інтегральних значень, потім оцінюють рівень порушення умов відтворення як слабкий при значеннях даного показника 1,0-1,5, допустимий - при значеннях показника 1,6-2,0, помірний - при значеннях показника 2,1-2,5, високий - при значеннях показника 2,6-3,0, дуже високий - при значеннях показника 3,1-4,0.

Але у такий спосіб не можна оцінити потенціал якості водних об'єктів. Вказаний деклараційний патент вибраний авторами як прототип заявленого способу.

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

- універсальність, спосіб придатний для всіх типів чистих водойм і техногенно забруднених водойм з різними буферними властивостями, здатністю до самоочищення та за різних рівнів вмісту забруднювачів різного характеру та природи;
- ефективність для комплексного вивчення стану гідроекосистеми чистої і забрудненої, прогнозування її відновлення;
- експресність для об'єктивної оцінки безпечних та небезпечних рівнів забруднення різного характеру і природи.

В основу корисної моделі поставлено задачу в способі комплексної оцінки якості поверхневих вод шляхом математичної обробки результатів аналі-

зів поверхневих вод отримання комплексного індексу потенціалу якості (КІПЯ), знаходження його просторових закономірностей розподілу для фонових природних об'єктів, норми потенціалу якості в будь-якій точці об'єкта. Отримані закономірності використовують для 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  $-3 < KIPJA < -1$ , кризовий - при значеннях показника  $-3 < KIPJA < -5$ ; катастрофічний (зона екологічного лиха)  $KIPJA < -5$ . Корисна модель дає можливість використання простого методу встановлення пріоритетів, тобто певні райони чи ділянки гідроекосистем, які відповідають визначеним стандартам якості навколишнього середовища, без подальшого втручання можуть вважатись еталонними, в той час як інші ділянки гідроекосистем можуть ранжуватись і оцінюватись в залежності від знака і величини КІПЯ.

Поставлена задача досягається тим, що в способі комплексної оцінки потенціалу якості поверхневих вод, на першому етапі здійснюють ідентифікацію стану фонових водних об'єктів за даними обробки результатів наземних вимірювань шляхом отримання інтегрального показника потенціалу якості, на другому - визначають функціональні залежності між параметрами, які визначають стан водного об'єкта, і інтегральним показником якості, а на третьому етапі здійснюють ідентифікацію параметрів моделі стану об'єктів-аналогів.

В розрахунках комплексного індексу потенціалу якості (КІПЯ) підсумовуються так звані коефіцієнти запасу показників (відносна величина резервної потужності), що розраховуються як перевищення допустимих значень над фактичними (концентраціями, одиницями, балами, кількістю і т.ін.), та віднімаються коефіцієнти дефіциту запасу показників (відносна величина нестачі резерву), що розраховуються як перевищення концентрацій (або інших вимірів) над допустимими значеннями (в тих же одиницях). Результат ділиться на кількість використаних показників.

$$KIPJA = \left( \sum \frac{HJA_i}{Ci}, \text{якщо } > 0, \text{якщо } < 0, \text{тоді } \sum - \frac{Ci}{HJA_i} \right) / n, \quad (1)$$

де HJA - норматив якості води для конкретного показника, під яким розуміють допустимі (граничні величини) показників фізико-хімічного і біологічного стану вод та їх властивостей, що відповідають вимогам різних споживачів;

i - показник;

n

- кількість показників.

В розрахунках КІПЯ повинні враховуватись різноманітні показники: органолептичні, фізичні, хімічні, біологічні, токсикологічні, санітарного стану. Кількість показників, що беруться для розрахунку КІПЯ, повинна бути не менше 10-15, незалежно від того, перевищують вони допустимі значення показників якості, чи ні, але обов'язково включати показники з гідрохімічної, трофосапробіологічної та токсикологічної груп: розчинений кисень, ХСК, рН, мінералізацію та БСК<sub>5</sub>. Крім того, обов'язково

повинні бути включені всі показники вказаних груп, значення яких перевищують оптимальні, фонові, нормативні. Причому з обчислень необхідно виключати показники забруднень, яких немає у воді в природному стані, якщо концентрація забруднення далека від ГДК, враховуючи ефекти сумачії, з огляду на те, що потенціал якості природних вод не може характеризувати кількість нестачі забруднюючої речовини, взагалі не характерної для природної води. В розрахунках КІПЯ для показників мінералізації, лужності, водневого показника, кон-

центрації іонів магнію враховуємо і нижню, і верхню межу як безпечний інтервал. Тобто у підсумку додатним буде перевищення верхньої межі над фактичним значенням показника та від'ємним перевищення фактичної концентрації над нижнім допустимим значенням. Якщо ж фактичне значення показника не потрапляє в безпечний інтервал (наприклад, такі випадки ймовірні для забруднень поверхневих вод в районах спорудження нафтогазових свердловин (за показниками мінералізації та рН)), то у підсумку від'ємним буде перевищення фактичного значення показника і над верхнім, і над нижнім допустимим значенням. Виключення складають ті показники якості, для яких встановлений нижній поріг, тобто перевищення нормативу якості є бажаним (наприклад, вміст розчиненого кисню, прозорість тощо).

З урахуванням того, що величина біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) є інтегральним показником наявності легкоокислюваних органічних речовин, а також того, що зі зростанням вмісту легкоокислюваних органічних речовин і зменшенням вмісту розчиненого кисню якість вод знижується не пропорційно різко, нормативи для цих показників при розрахунках ІГЕП пропонуються дещо інші (таблиця 1) [Пелешенко В.І. Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. - К.: Либідь, 1997 - 381 с.].

Запропонована корисна модель дає можливість більш повно оцінювати стан водного об'єкта, визначити ймовірність порушення стійкості водної екосистеми, зниження якості водних ресурсів та умови їх відтворення і, відповідно, більш предметно застосовувати комплекс заходів щодо зниження ризику негативних наслідків забруднення водних екологічних систем. На теперішній час до водних об'єктів надходять тисячі забруднюючих речовин, тому неможливо визначити вміст кожної з них. Більш раціональним є використання комплексних показників, до числа яких належить показник КІПЯ. Корисна модель описується далі прикладами, які ілюструють запропонований спосіб.

Таблиця 1

Нормативи якості для розчиненого кисню та БСК<sub>5</sub> залежно від фактичних значень [Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. - К.: Либідь, 1997 - 381 с.]

| Фактичне значення БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup> щодо О <sub>2</sub> | Норматив якості, мг/дм <sup>3</sup> щодо О <sub>2</sub> | Фактичне значення розчиненого кисню, мг/дм <sup>3</sup> | Норматив якості, мг/дм <sup>3</sup> |
|---|---|---|-------------------------------------|
| До 3  | 3   | Понад 6   | 4                                   |
| 3-15  | 2   | 6-5   | 12                                  |
| Понад 15  | 1   | 5-4   | 20                                  |
|   |   | 4-3   | 30                                  |
|   |   | 3-2   | 40                                  |
|   |   | 2-1   | 50                                  |
|   |   | 1-0   | 60                                  |

Приклади застосування корисної моделі

Параметри для обрахунку КІПЯ у наведеному прикладі вибирались, виходячи з даних фонових моніторингових досліджень параметрів природних вод. Закономірності просторового розподілу КІПЯ вивчалися на прикладі р. Прут в межах Карпатського національного природного парку (КНПП) з огляду на те, що показники якості в межах природоохоронних територій можна вважати буферними, екологічно збалансованими.

В межах КНПП протягом останніх десяти років спостереження за станом екосистеми р. Прут проводились у 8 створах: вище і нижче спортивної бази "Заросляк", що під г. Говерлою, на відстані 2-3,425 км від витoku р. Прут на висоті 1300-1124 м н.р.м.; вище і нижче санаторію "Гірське повітря" у м. Ворохта на відстані 26,425-27,785 км від витoku на висоті 744-736 м н.р.м.; вище і нижче санаторію МВС у с. Татаріє на відстані 36,045-37,878 км від витoku на висоті 680-616 м н.р.м.; і у м. Яремча вище і нижче міських очисних споруд Яр. ВУВКГ на відстані 57,067-60,671 км від витoku на висоті 460-480 м н.р.м.

Вирішення поставленої задачі ґрунтувалось на математичній обробці масиву статистичних даних результатів аналізів поверхневих вод лабораторією аналітичного контролю Карпатського національного природного парку за 2001-2010 роки. Таким

чином, по кожній точці відбору проб з врахуванням всіх дат відбору був отриманий комплексний індекс потенціалу якості. За норматив якості приймалися ГДК ОБРВ (Москва, 1990) для водойм рибогосподарського призначення, які є діючими на природоохоронних територіях. Отримані дані були згруповані посезонно, враховуючи фази водного режиму р. Прут: весняна повінь, зимова межень, осіння межень, літній період (проби відбирались і в межень, і в паводки).

Для середньобаторічних значень отримані лінії тренду та рівняння зміни КІПЯ за висотою місцевості (Фіг.1) та по довжині ріки (Фіг.2), за якими можна визначати норму комплексного індексу потенціалу якості для окремих сезонів і фаз водності р. Прут в межах КНПП в будь-якій точці водного об'єкта. Корисна модель дозволяє кількісно оцінювати величини критичних навантажень. При цьому гідроекологічною нормою вважаємо середньобаторічне із значень розмаху стохастичних коливань показників компонентів гідроекосистем, які не виходять за межі реакцій пристосування для підтримання гомеостазу.

Такий підхід дає можливість простежити багаторічну динаміку зміни антропогенного навантаження на водні об'єкти, порівняти в різних гідроекосистемах комплексний показник якості води або

вибраних параметрів, за якими ведуться багаторічні спостереження.

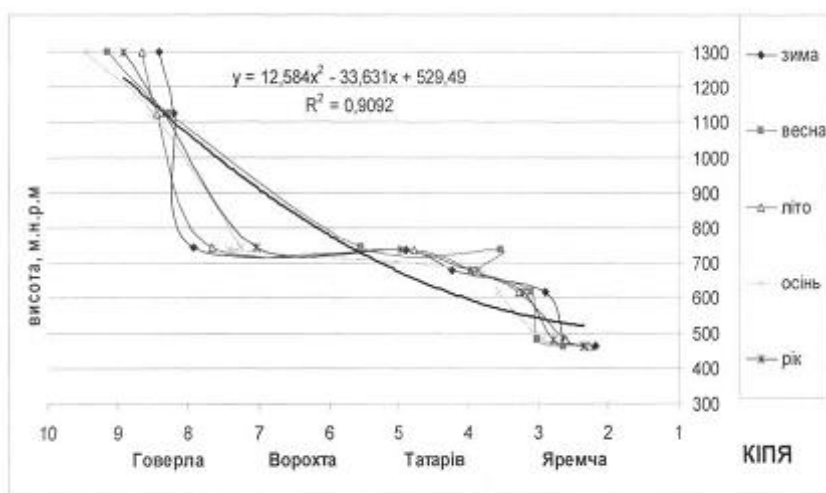
Рекомендуємо в цілях збереження природних екологічних гідросистем Карпатського національного природного парку використати отримані сезонні середньобагаторічні залежності, а також залежності КІПЯ від висоти місцевості і за довжиною ріки як територіальні нормативи якості водних екосистем (Фіг.3). Для заповідної території - Карпатського національного природного парку, гранично допустиме навантаження на гідроекосистему може бути таким, при якому КІПЯ не зменшується нижче розрахованого за модельним рівнянням, особливо в межах м. Яремча, яке перебуває в зоні напруження адаптації.

Розрахований показник КІПЯ є відносною величиною, що залежить від рівня антропогенного навантаження. Запропонований спосіб, наприклад, може використовуватись при оцінці кількісних показників самоочищення рік (за умови, що відбір проб на аналіз в двох створах буде співпадати в часі з терміном добігання води ріки від одного створу до іншого). Наприклад, за проведеними розрахунками на ділянці між створами (відстань 44 км) в с. Розвадів (КІПЯ=-0,32 - зона песимуму) та в с. Журавно (КІПЯ=+1,36 - зона напруження адаптації) ступінь самоочищення Дністра складає 0,038 КІПЯ/км, а перетворююча властивість 0,14 КІПЯ/годину. Між с. Журавно та нижчим за течією створом в м. Галичі (КІПЯ=+2,76 - зона напруження адаптації) - 38 км, за розрахунками ступінь самоочищення або повернення втраченого потенці-

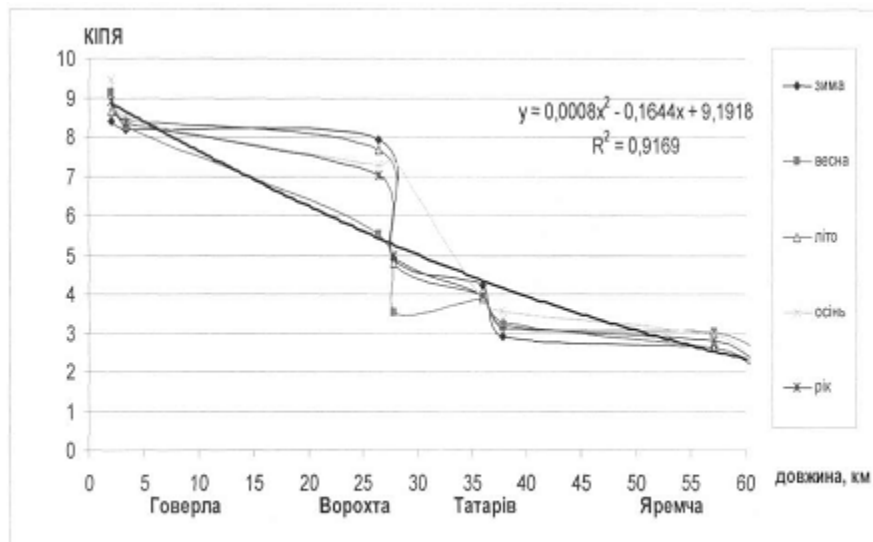
алу якості складає 0,037 КІПЯ/км, а перетворююча (відновлююча) властивість 0,139 КІПЯ/годину. Як бачимо, властивості потенціалу якості у верхній течії р. Дністер практично ідентичні.

Запропонований спосіб дозволяє оцінити вплив народногосподарських об'єктів на водне середовище; виконати порівняння якості вод одного і того ж водного об'єкта вище і нижче місця скиду стічних вод (по течії); виконати порівняння якості вод різних водних об'єктів між собою, незалежно від тих забруднюючих речовин, які в них присутні; оцінити динаміку змін якості водних об'єктів в часі; оцінювати фонові якісні показники природних водних об'єктів; порівнювати якісний стан поверхневих вод різної чистоти, в тому числі заповідних, рекреаційних, рибогосподарських та іншого призначення водних об'єктів; розраховувати рівень самоочищення водних об'єктів, їх здатність до перетворення забруднюючих речовин в умовах постійного техногенного навантаження; визначати величину максимально можливого антропогенного навантаження; оцінювати рівень потенціалу якості для рік, на яких не проводяться моніторингові дослідження; здійснювати гідроекологічний прогноз; моделювати та картувати гідроекологічну ситуацію та ін.

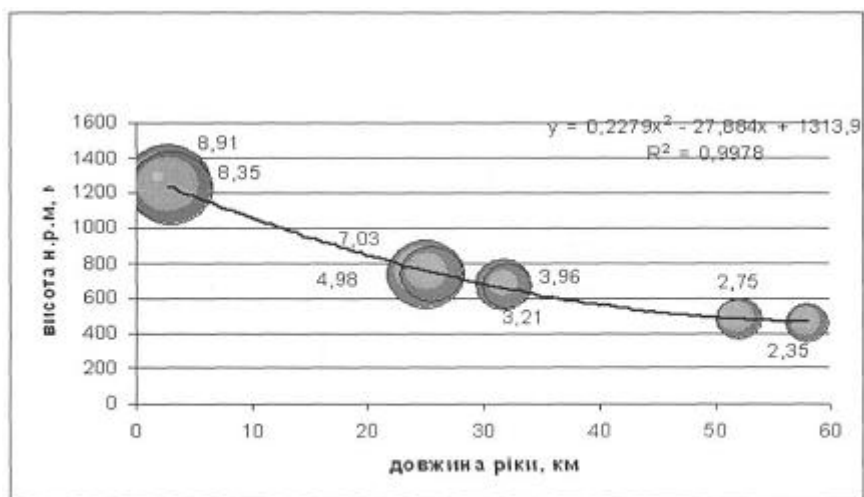
Застосування запропонованого способу дозволяє провести більш повну оцінку екологічного стану водного об'єкта, яка може бути використана для обґрунтування і прийняття рішень, що спрямовані на його покращення.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3