

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

INFORMATION-MEASURING TECHNOLOGIES

Limnology projects management in the use of ecological indexes information

Petro Soprunyuk, Volodymyr Yuzevych¹,
Myroslav Melnyk¹, Oksana Soprunyuk²

Software Department, Lviv Polytechnic National University,
S. Bandery Str., 12, Lviv, 79013, UKRAINE,
E-mail: dep26@ipm.lviv.ua

¹Physico-Mechanical Institute of National Academy of Sciences,
Naukova Str., 5, Lviv, 79601, UKRAINE,

E-mail: yuzevych@ukr.net

²Institute of Computer Sciences and Information Technologies,
Lviv Polytechnic National University, S. Bandery Str., 12,
Lviv, 79013, UKRAINE,

E-mail: oksana-soprunyuk@mail.ru

In the surface-water status evaluation physicochemical and biological indexes are widely used. According to European Union directives quality biological elements have a priority. Therefore, the implementation in a mathematical model of a wide range of physical, chemical and biological parameters with different weight ratios application is very useful when determining the generalized characteristics of the aquatic environment.

Large amounts processing of lakes and rivers environments information should be provided by computer information systems, principles of which are given in the paper.

Problem solution of the ecological information large amounts processing is combined with the important practical task – the System of Environment Projects Monitoring (SPEM) development and implementation in order to control the reserved areas aquatic environments self-purification processes. The development of SPEM is related to the scientific task, which is the lakes physical and chemical processes mathematical modeling improvement based on the water environment quality and ecological risk functional connections research with regard for environmental indexes.

In the ecological monitoring project the priority is given to the environmental information analyzing and selection analytical process regarding the limnology ecologic indexes. The state aquatic rivers system state should be presented as follows: a) statement of the problem and its formalized description; b) the accumulation of information; c) information processing; d) analysis; e) the use of the research results for the water objects environment quality improvement decision-making.

Управління проектами в лімнології з використанням інформації про екологічні індекси

Петро Сопрунюк, Володимир Юзевич¹,
Мирослав Мельник¹, Оксана Сопрунюк²

Кафедра програмного забезпечення, Національний
університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери., 12,
Львів, 79013, УКРАЇНА,
E-mail: dep26@ipm.lviv.ua

¹Фізико-механічний інститут національної академії наук,
вул. наукова, 5, Львів, 79601, УКРАЇНА,
E-mail: yuzevych@ukr.net

²Інститут комп’ютерних наук та інформаційних технологій,
Національний університет “Львівська політехніка”,
вул. С. Бандери., 12, Львів, 79013, УКРАЇНА,
E-mail: oksana-soprunyuk@mail.ru

Представлена структура комп’ютерної системи аналізу якості води на основі оцінки екологічних індексів. Зазначено, що екологічна оцінка якості поверхневих вод є базою для встановлення екологічних нормативів якості води щодо окремих водних об’єктів чи їх частин, груп водних об’єктів та басейнів річок.

Ключові слова – інформаційні технології, вимірювальні системи, лімнологія, екологічні індекси.

I. Вступ

При оцінюванні стану поверхневих вод використовують фізико-хімічні та біологічні індекси [5,8]. За директивами Європейського союзу біологічні елементи якості є пріоритетними. Тому при встановленні узагальнених характеристик водного середовища доцільно впроваджувати в математичну модель широкий набір фізико-хімічні та біологічних параметрів і надавати їм різні коефіцієнти вагомості.

Опрацювання великого обсягу екологічної інформації для водних середовищ озер та річок забезпечить комп’ютерна інформаційна система, принципи формування якої подано у праці [7].

Розв’язання проблеми опрацювання великого обсягу екологічної інформації поєднано з виконанням важливого практичного завдання – розроблення і впровадження системи проектів екологічного моніторингу (СПЕМ) для контролю процесів самоочищення водних середовищ заповідних територій. Розроблення СПЕМ пов’язано з науковим завданням, яке полягає в удосконаленні математичного моделювання фізико-

хімічних процесів в озерах на основі дослідження функціональних зв'язків між якістю водного середовища і екологічним ризиком з урахуванням екологічних індексів [1, 2, 3, 4, 6, 9, 10].

II. Структура комп'ютерної системи аналізу джерел інформації в екології

Структурна схема комп'ютерної системи аналізу джерел інформації в екології подана на рисунку.

В проєкті екологічного моніторингу (СПЕМ) важливе місце належить аналітичному процесу відбору та аналізу екологічної інформації стосовно екологічних індексів в лімнології (озерознавстві). Стан водної системи річок з використанням ПЕОМ (рисунок) можна зобразити в такій послідовності: а) постановка задачі та її формалізований опис; б) накопичення інформації; в) обробка інформації; г) аналіз; д) використання результатів досліджень для прийняття рішень щодо покращення якості середовища водних об'єктів.

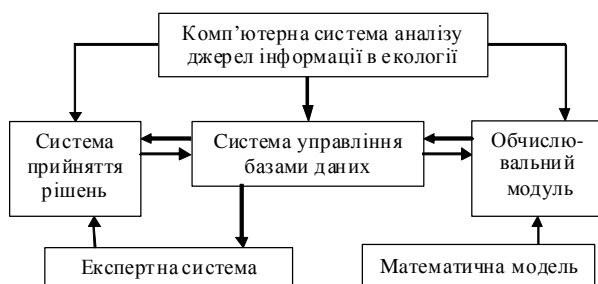


Рис. 1. Структурна схема комп'ютерної системи.

Постановка задачі – етап, на якому визначають сутність задачі, вимоги до регламенту розв'язування, до вихідних даних і конкретних результатів. В описі алгоритму розв'язування задачі виділяють підрозділи: інформація, яка використовується (вихідні дані); математичний опис; алгоритм розв'язування; обчислювальний експеримент; результуюча інформація.

Технологічні засоби автоматизації аналізу екологічної інформації поділяються на інструментальні та комунікаційні. Для введення аналітичної інформації (параметрів та факторних індексів водного середовища) користуються інструментальними засобами, які передбачають контроль і коригування первинної та вторинної екологічної інформації.

Інформаційно-пошукові засоби забезпечують аналітичні задачі й обчислювальні завдання нормативними документами, які містять потрібну інформацію та сприяють формуванню запитів до баз даних і відображенню результатів їх виконання. Інформація від кожного джерела поширення неконсервативних (забруднюючих) речовин спочатку фіксується у відповідних документах, а потім стає об'єктом зберігання чи пошуку в інформаційно-пошукових системах (ІПС).

III. Екологічна інформація

Екологічна оцінка якості вод дає інформацію про воду як складову частину водної екосистеми, життєве середовище гідробіонтів і важливу частину природного середовища людини.

Характеристики якості поверхневих вод формулюються на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України [7]. Класифікація включає широкий набір гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних та інших показників, котрі відображають особливості біотичної й абіотичної складових водних екосистем.

Екологічна класифікація якості поверхневих вод є невід'ємною частиною екологічної оцінки якості поверхневих вод, оскільки виконання такого типу оцінок неможливе без наявності екологічної класифікації, яка є її критеріальною базою.

Застосування екологічної класифікації якості поверхневих вод поширюється на всі поверхневі води України. На основі єдиних екологічних критеріїв екологічна класифікація дозволяє порівнювати якість води не тільки окремих ділянок водних об'єктів, але й водних об'єктів в різних регіонах і в країні загалом.

Загальні вимоги і єдині екологічні критерії є основою для з'ясування тенденцій змін якості поверхневих вод в часі й просторі, визначення впливу антропогенного навантаження на екосистеми водних об'єктів, оцінки змін стану водних ресурсів, розв'язання економічних і соціальних питань, пов'язаних із забезпеченням умов забезпечення громадськості достовірною інформацією щодо охорони довкілля.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод є складовою частиною нормативної бази для комплексної характеристики стану довкілля (зокрема, гідросфери) [11, 12].

Екологічна оцінка якості поверхневих вод є основою для оцінки впливу людської діяльності на довкілля, визначення певних водоохоронних регламентів і застережень (стосовно кожного водного об'єкта зокрема), для планування й здійснення водоохоронних заходів та оцінювання їх ефективності.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод є базою для встановлення екологічних нормативів якості води щодо окремих водних об'єктів чи їх частин, груп водних об'єктів та басейнів річок.

Екологічна класифікація якості поверхневих вод побудована за екосистемним принципом. Необхідна повнота і об'єктивність характеристик якості поверхневих вод досягається введенням достатньо широкого набору показників (параметрів і факторних індексів водного середовища), які відображають особливості абіотичної і біотичної складових водних екосистем.

Комплекс показників екологічної класифікації якості поверхневих вод включає загальні й специфічні показники. До загальних відносять показники соляового складу і трофо-сапробності вод (еколого-сіанітарні). Вони характеризують звичайні властиві водним екосистемам інгредієнти, концентрація

яких може змінюватись під впливом антропогенної діяльності. Специфічні показники характеризують вміст у воді неконсервативних (забруднюючих) речовин токсичної і радіаційної дії.

Система екологічної класифікації якості поверхневих вод включає три групи спеціалізованих класифікацій, за критеріями: а) сольового складу; б) трофо-сапробіологічними; в) вмісту специфічних, речовин токсичної та радіаційної дії, а також за рівнем токсичності.

Група класифікацій сольового складу включає спеціалізовані класифікації за критеріями: а) мінералізації; б) іонного складу; в) забруднення компонентами сольового складу.

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями включає такі групи показників: а) гідрофізичні – завислі речовини, прозорість; б) гідрохімічні – концентрація іонів водню, азоту амонійного, азоту нітратного, азоту нітритного, фосфору, фосфатів, розчиненого кисню; перманганатна та біхроматна окислюваність, біохімічне споживання кисню (БСК); в) гідробіологічні – біомаса фітопланктону, індекс самоочищення; г) бактеріологічні – чисельність бактеріопланктону та сапрофітних бактерій; д) біоіндикація сапробності – індекси сапробності за системами Пантле - Букка і Гуднайта - Утгеля.

Класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критерієм мінералізації має три класи і підпорядковані їм сім категорій якості води [7]:

- клас прісних вод з двома категоріями – гіпогалинних вод і олігогалинних вод;
- клас солонуватих вод з трьома категоріями – β-мезогалинних, α-мезогалинних і полігалинних вод;
- клас солоних вод з двома категоріями – еугалинних і ультрагалинних вод.

Класифікація якості поверхневих вод за критеріями іонного складу поділяє їх на три класи: гідрокарбонатні, сульфатні, та хлоридні. Кожен з них, в свою чергу, диференціюється на три групи: кальцію, магнію і натрію. В результаті формують дев'ять категорій за іонним складом. Крім того, певні категорії вод (річок, озер) за іонним складом поділяють також на чотири типи за кількісним співвідношенням іонів.

У праці [5] запропоновано факторні індекси, які характеризують: продуктивність фітопланктону; концентрацію зоопланктону, бентосу, риби; параметри біорізноманіття.

На завершальному етапі екологічних досліджень діє функціональний блок “Опрацювання результатів досліджень і прийняття рішень про екологічний стан водного об’єкта його зміни”. На основі інформації, отриманої в результаті тестування, експериментальних досліджень і прогнозів, експерти приймають рішення про відповідність програмного забезпечення завданню і вимогам нормативних документів.

Етап визначення об’єднаної оцінки якості води для певного водного об’єкта в цілому або для окремих

його ділянок полягає в обчисленні інтегрального екологічного індексу I_{ei} за однією із формул:

$$I_{ei} = (I_E + I_T + I_R) / 3, \quad I_{ei} = J_1 I_E + J_2 I_T + J_3 I_R, \quad (1)$$

де I_E – індекс забруднення водного середовища компонентами (в основному хімічними), які враховані в індексах I_A, I_B, I_C, I_D ($I_E = (I_A + I_B + I_C + I_D) / 4$); I_A – характеризує загальну мінералізацію, сульфати і хлориди, електропровідність, водневий показник рН; I_B – характеризує завислі речовини, біологічне споживання кисню (БСК), нітрати, нітрити, фосфати); I_C – характеризує залізо, хром, марганець, нікель, мідь; I_D – характеризує продуктивність фітопланктону, зоопланктону, бентосу, риби, параметри біорізноманіття; I_T – індекс трофо-сапробіологічних показників; I_R – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії; J_1, J_2, J_3 ($J_i, i = 1, 2, 3$) – коефіцієнти вагомості ($J_1 + J_2 + J_3 = 1$).

В першому виразі (1) приймають, що коефіцієнти вагомості рівні між собою ($J_i = \frac{1}{3}, J_1 + J_2 + J_3 = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1$). З допомогою екологічних індексів доцільно оцінювати параметри, що характеризують відновлювальні процеси водного середовища озер та їх швидкість.

Тлумачення та методика розрахунку низки екологічних індексів, які входять у співвідношення (1), наведені у працях [5,7].

Розглянемо екологічні індекси I_E і $I_{SLA}^*, I_{sla}, I_{IBD}^*, I_{ibd}, I_{IPS}^*, I_{ips}, I_{ei}$, які характеризують якість води Шацьких озер (Світязь, Пісочне, Велике Чорне, Перемут, Люцимер) за заданими 2007 року.

Тут I_{SLA}^* – індекс сапробності; I_{IBD}^* – біологічний діатомовий індекс; I_{IPS}^* – індекс загальної якості води (характеризує рівень органічного забруднення та евтрофування); $I_{SLA}^*, I_{IBD}^*, I_{IPS}^*$ розраховують за складом і відносною кількістю діатомових водоростей [5]. Різниця між параметрами I_{ibd}, I_{ips} для відзначених п’яти озер ШНПП незначна.

Дані для $I_{SLA}^*, I_{IBD}^*, I_{IPS}^*$ отримані у праці [5] згідно з методиками європейських стандартів (1) BS EN 13946:2003. Water quality. Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers.; 2) DS DS / EN 14407:2004. DS DS/EN 14407:2004 Water quality. Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters).

Особливостями $I_{SLA}^*, I_{IBD}^*, I_{IPS}^*$ є те, що більшим їх значенням відповідає вища якість води. Для I_E – навпаки, оскільки, чим більше значення концентрацій неконсервативних речовин, тим більше I_E .

Тому значення $I_{SLA}^*, I_{IBD}^*, I_{IPS}^*$ були з допомогою простих математичних розрахунків трансформовані в $I_{sla}, I_{ibd}, I_{ips}$ так, що їх більші значення відповідають меншим значенням якості води.

При обчисленні інтегрального екологічного індексу I_{ei} для озер ШНПП використано співвідношення, аналогічне (1):

$$I_{ei} = J_1 I_E + J_2 I_{sla} + J_3 I_{ibd} + J_4 I_{ips} = \\ = 0,4 I_E + 0,3 I_{sla} + 0,15 I_{ibd} + 0,15 I_{ips}, \quad (2)$$

де значення коефіцієнтів вагомості J_i ($i = 1, 2, 3, 4$) для даного прикладу отримано експертним методом.

Для озер ШНПП індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії I_R враховувати недоцільно, оскільки він незначний [5]. Тому I_R у (2) відсутній, а

$$I_T = J_2 I_{sla} + J_3 I_{ibd} + J_4 I_{ips} = \\ = 0,3 I_{sla} + 0,15 I_{ibd} + 0,15 I_{ips}. \quad (3)$$

Розрахунки показали, що найближче I_{ei} відповідає залежність I_E (індекса забруднення водного середовища хімічними компонентами).

Оцінювання інтенсивності відновлювальних процесів в озерних екосистемах заповідних територій проводиться засобами екологічної лабораторії, для ефективного функціонування якої розроблено рекомендації для проекту стандарту "Вимоги до компетентності екологічних лабораторій".

Основним зразком для розробки проекту нового стандарту є ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT).

Висновок

Запропоновано структурну схему комп'ютерної системи аналізу джерел інформації в екології поверхневих вод. Наведено екологічну класифікацію якості поверхневих вод, що враховує розширений набір гідрофізичних, гідохімічних, та гідробіологічних показників, а також факторних (екологічних) індексів, еталонне (критичне) значення яких забезпечує значну біорізноманітність і комфортне існування гідробіонтів в річках та озерах України.

Література

- [1] А. Б. Горстко, "Введение в моделирование эколого-экономических систем", Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1990, 112 с.
- [2] В.В. Меншуткин. Имитационное моделирование водных экологических систем. Наука. СПб., 1993, 158 с.

- [3] В. И. Лаврик, Н. А. Никифорович, "Математическое моделирование в гидроэкологических исследованиях", К.: Фитосоцицентр, 1998, 288 с.
- [4] В. Панасюк, Сопрунюк, В. Юзевич, "Математична екологічна модель озера Світязь", Науковий вісник Волинського Національного університету імені Лесі Українки, 2009, № 1, сс. 56-61.
- [5] Кривенда А. А. Оцінка якості води озер Шацького національного природного парку за допомогою діатомових індексів / А. А. Кривенда // Науковий вісник Волинського Національного університету імені Лесі Українки. Біологічні науки. – 2007. – № 5. – С. 243-247.
- [6] В. И. Лаврик, Н.А. Никифорович. Математическое моделирование в гидроэкологических исследованиях. К.: Фитосоцицентр, 1998, 288 с.
- [7] Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / [В. Д. Романенко, В. М. Жукінський, О. П. Оксіюк та ін.]. – К.: Мінекоресурсів, 2001. – 48 с.
- [8] Нетробчук І. М. Аналіз якісного стану води Шацьких озер / І. М. Нетробчук // Науковий вісник Волинського Національного університету імені Лесі Українки. – 2009. – № 1. – С. 51-56.
- [9] П. М. Сопрунюк, В. М. Юзевич, Н. В. Луців. Математична модель забруднень озера неконсервативними речовинами // Відбір і обробка інформації. 2008. Вип. № 29 (105). С. 67 – 72.
- [10] П. Сопрунюк, В. Юзевич, "Імітаційне моделювання систем управління в лімнології", Матеріали міжнародної конференції CSIT-2009, Львів: НУ "Львівська політехніка", сс. 145–147, 15-18.10.2009.
- [11] Фізико-хімічні дослідження водного середовища озера Світязь / П. М. Сопрунюк, М. М. Мельник, В. М. Юзевич, Я. Є. Підгірняк, О. М. Семенюк // Науковий вісник Волинського Національного університету імені Лесі Українки. – 2009. – № 1. – С. 61-64.
- [12] P. Soprunjuk, V. Yuzevych, A. Soprunjuk // Computer Science and Information Technologies. Proceedings of the Vth International Scientific and Technical Conference CSIT 2010. 14-16 October 2010.– Lviv, 2010. – № 672. – P. 125–127.