

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЗЕРА СВІТЯЗЬ

Я.Є. Підгірняк, О.А. Луцик,
О.М. Семенюк

Фізико-механічний інститут НАНУ,
79060 м. Львів, Наукова, 5
E-mail: pid@org.lviv.net

У роботі проведено аналіз вимірних індикаторних концентрацій біогенних речовин озера Світязь для класифікації та прогнозу його екологічного стану. Описано пристрій для дослідження швидкості течії струмків. На підставі проведених досліджень зроблено висновок, що існує висока ймовірність його швидкої деградації.

Вступ. Екологічний стан озера визначається його віком. Старіння (евтрофія) озера розвивається у межах геологічних періодів часу. Молоде озеро є звичайно оліготрофним, воно містить невелику кількість біогенних речовин, і здатне підтримувати життєдіяльність невеликої кількості біомаси. Природні процеси – вітрова ерозія чи вмивання дощовими водами – забезпечують винесення біогенних речовин у водне середовище, що підтримує розвиток рослин і тварин. Надходження біогенних речовин у водойму завжди перевищує їх втрати з нього, що приводить до чистого накопичення цих речовин у водоймі. В процесі розвитку осадконакопичення глибина озера зменшується і коренева рослинність вторгається на раніше відкриті ділянки водної поверхні. Озеро проходить середню стадію (мезотрофну) і нарешті стає старим озером (евтрофним) [1].

В евтрофному озері вода поганої якості, з низькою концентрацією розчиненого кисню та надлишковою біомасою. Таке озеро в геологічному сенсі скоро щезне – перетвориться у болото. На такій (евтрофній) стадії ріст водоростей лімітується світлом і температурою, а не доступністю біогенних речовин. Евтрофні озера перебувають у нестійкому стані, що приводить до періодичних катастроф, після чого виникає загальне відмирання біомаси в крупних масштабах [2]. У процесі старіння озера бере

участь антропогенний фактор, який суттєво прискорює їх темпи.

Щоб передбачити розвиток подій у озері, виходячи з актуальних вимірювань його параметрів, необхідні критерії для діагностики та прогнозування його стану. Загальноприйнятим є застосування критеріїв граничнодопустимих концентрацій. Для озера Світязь вони застосовані, наприклад у [3 – 5].

Такі критерії дають суперечливі оцінки для класифікації стану озера й практично не дають можливостей для якісного прогнозування процесу його розвитку.

Індикаторні концентрації. ОЕРК (OECD) – Організація Економічного Розвитку і Кооперації (Organization for Economic Cooperation and Development), яка розробила програму дослідження прісноводних водойм, що діяла в обох Америках та у значній частині Європи [6, 7]. У методиках використаних у цій програмі вважається, що стан озера визначається концентрацією 19-ти біогенних речовин – речовин, що їх організми утилізують для життєдіяльності та розмноження. Ці речовини перелічені нижче.

Біогенні речовини

Основні: вуглець, водень, кисень

Макроелементи: натрій, кальцій, фосфор, магній, кремній, азот, сірка

Мікроелементи: мідь, залізо, цинк, хлор, бор, молібден, кобальт, ванадій, марганець

Більша частина біогенних речовин потрібна у незначних (слідових) концентраціях. Тільки фосфор та азот можуть споживатися у великих кількостях, завдяки синьо-зеленим та діатомовим водоростям.

При цьому в програмі ОЕРК приймається, що у водоймі діє закон Лібіха, який говорить про лімітуючі умови (фактори, що обмежують існування організмів): „**при стаціонарному стані екосистеми лімітуючими є ті речовини доступні кількості яких близькі до необхідного мінімуму**”.

Саме внаслідок дії закону Лібіха застосованому до синьо-зелених водоростей відбувається евтрофування озера при перевищенні індикаторних концентрацій

фосфору та азоту. В екосистемі лімітованій по азоту і фосфору зниження їх концентрації має наслідком обмеження росту рослин та водоростей. Евтрофування зупиняється, або, навіть, стає оборотним.

Методики ОЕРК приймають умови Фолленвайдера, які передбачають негайне пермішування води - горизонтальну та вертикальну однорідність озера.

Ця програма визначила **індикатори трофічного стану озера** для специфікації категорії трофності. Для фосфору та азоту індикаторні концентрації є такими:

$$P - 0,01 \text{ г/м}^3, N - 0,3 \text{ г/м}^3.$$

При перевищенні вказаних концентрацій озера загрожує деградація.

Крім того, програма ОЕРК класифікує озеро за швидкістю виснаження кисню в гіполіміоні і визначає озеро при концентрації кисню, як:

оліготрофне < 250 мг/(м³ добу);

мезотрофне – 250 – 500 мг/(м³ добу);

евтрофне > 500 мг/(м³ добу),

за прозорістю:

оліготрофне > 6 м; мезотрофне 3 – 6 м; евтрофне < 3 м

та концентрацією хлорофілу:

оліготрофне > 6м; мезотрофне 3 – 6 м; евтрофне < 3 м.

Результати роботи по дослідженню 140 водойм за програмою і методологією ОЕРК опубліковані в [8].

Таким чином, згідно з методиками програми ОЕРК для виявлення загрози деградації озера необхідно вимірювати концентрації фосфору та азоту, а для класифікації його стану (оліготрофне, мезотрофне, евтрофне) треба проводити вимірювання прозорості, кисню та хлорофілу.

Авторами проведено аналогічно з вимогами програми ОЕРК вимірювання концентрації біогенних речовин гіполіміонію озера Світязь, які проводилися у травні-червні на протязі 2007 – 2010 років. Вони є такими:

– концентрація фосфору 3,5 мг/л;

– концентрація азоту 1,7 мг/л;

– концентрація кисню 35 %;

– концентрація хлорофілу 0,65 мкг/л.

Як бачимо, виміряні, реально наявні концентрації біогенних речовин дозво-

ляють класифікувати озеро Світязь, як мезотрофне, проте концентрації фосфору і азоту озера Світязь у сотні разів перевищують індикаторні значення небезпечних концентрацій – озера Світязь загрожує швидка евтрифікація. Ці вимірювання проводилися стандартними методами [9].

Крім того, згідно з програмою ОЕРК для класифікації стану озера необхідно проводити вимірювання прозорості водойми.

Вимірювання прозорості зі зменшеною похибкою. Прозорість є важливою фізичною характеристикою води. Вона визначає її світлопропускання, яке залежить від наявності у природних водах завислих часток піску, глини, намулу та органічних речовин. Тому прозорість є важливим екологічним параметром води.

Кількісний вміст завислих домішок у воді легко визначається ваговим методом. Однак таке визначення займає багато часу, тому на практиці користуються іншими методами визначення прозорості: диском Секкі, методом шрифту та хреста [1, 2].

Мірою прозорості у цих методах служить висота водяного стовпа, через який можна бачити білу пластину заданих розмірів або прочитати шрифт чи хрест певного розміру. Вимірювання прозорості з допомогою диску Секкі виконують в поверхневих водах у місці відбору проби. Воно полягає у визначенні глибини, на якій занурена біла дошка розміром 20×20 см перестає бути видимою.

Недоліком методу Секкі є те, що важливим завадоутворюючим фактором є бриз, який є додатковою причиною похибки вимірювання прозорості. Крім того, наявність брижів створює дискомфорт при вимірюваннях та накладає погодні обмеження на проведення вимірювань. Для зменшення впливу цього фактора запропонована модифікація методу стандартної дошки [10].

Вимірювання прозорості води таким пристроєм дозволяє зменшити похибку вимірювання у два – три рази у порівнянні зі стандартним диском Секкі. Крім

того знімаються обмеження щодо погодних умов придатних для вимірювання. Умови проведення вимірювань комфортніші у порівнянні із загальноприйнятими. Такі переваги є важливими у зв'язку зі зростанням значення вимірювання прозорості водойми для класифікації її стану.

Про ведені вимірювання прозорості показали, що прозорість озера Світязь 6–7 м у звичайних умовах. Цей параметр також дозволяє класифікувати озеро, як мезотрофне. Проте, автори спостерігали падіння прозорості до 5,5 м під час весняного цвітіння синьо-зелених водоростей, що є додатковим (до вимірюваних концентрацій фосфору та азоту) свідченням загроженого стану екологічної ситуації на озері.

Вимірювання швидкості течії. Зростання рекреаційного навантаження на озеро вимагає контролю за концентрацією біогенних речовин у ньому та їх надходженням [11].

Одним з джерел надходження фосфору та азоту є струмки, що живлять озеро. Проведені авторами вимірювання концентрації вказаних біогенних речовин у струмках є такими: P – 7,2 г/м³; N – 3,5 г/м³. Вони значно перевищують індикаторні, тому важливим є дослідження джерел надходження фосфору та азоту в озеро Світязь.

В озеро Світязь впадає 13 струмків. Для визначення кількості біогенних речовин, що поступають у озеро з струмків необхідно вимірювати швидкість їхньої течії. Відомі засоби використовують для цієї мети плавучий брусок і засікають час проходження певної відстані останнім. Недоліки такого методу очевидні, враховуючи важкодоступність струмків. Авторами запропоновано для вказаної мети вимірювач показаний на рис. 1 Він складається з двох з'єднаних з собою Г-подібних скляних трубок, шкали та двох кранів на кінцях трубок.

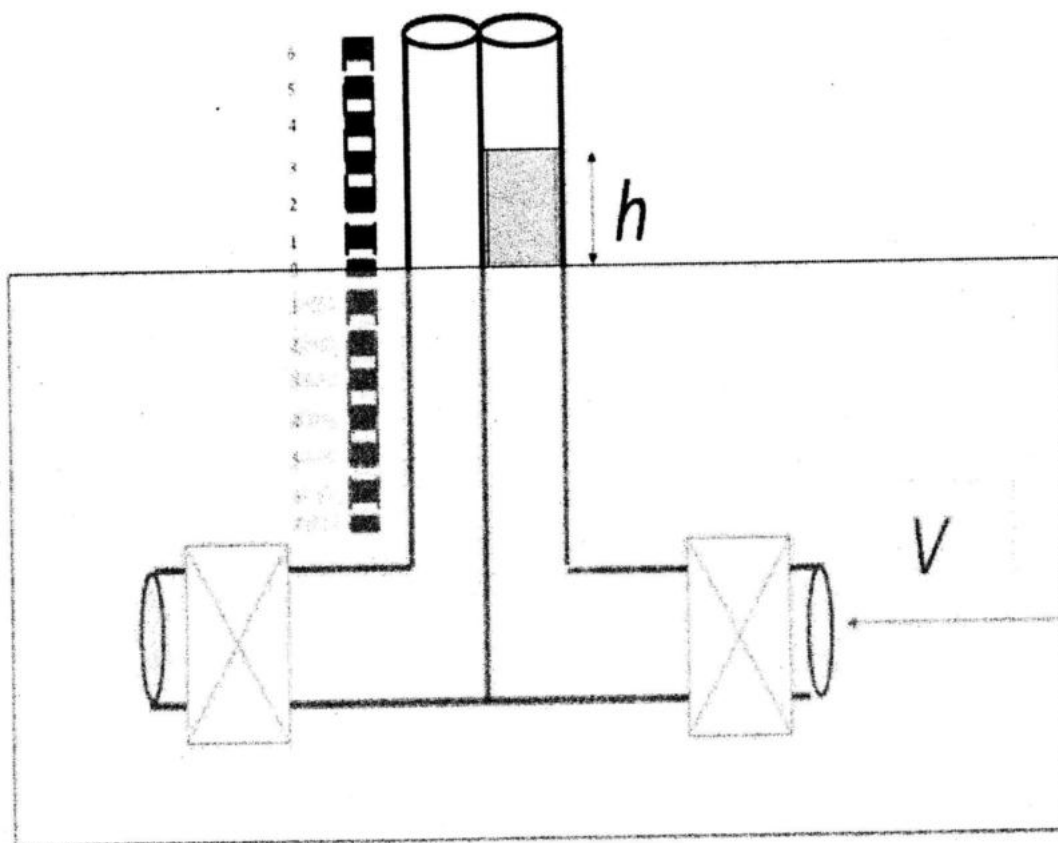


Рис. 1. Пристрій для вимірювання швидкості течії струмка

Якщо отвори колін трубок розмістити за напрямком течії, то в одній з них рівень води підніметься, а в іншій опуститься. Зв'язок між швидкістю течії та різницею рівнів води у трубках виражається формулою:

$$V^2 = 2gH,$$

де V – швидкість потоку; g – гравітаційна стала; H – покази вимірювача.

Вимірювання проводяться таким чином, що зануривши патрубки у воду струмка при відкритих кранах, виймають з води вимірювач при закритих кранах. Це дозволяє зберегти різницю рівнів води у трубках при вийманні вимірювача з струмка, що полегшує процес вимірювання, зменшує похибки.

На підставі усереднених вимірювань проведених на чотирьох струмках можна оцінити швидкість течії середнього струмка, вона становить 0,4 м/хв. Враховуючи середній переріз струмка одержуємо 1 м³ води що поступає з кожного струмка у озеро Світязь за хвилину. З усіх струмків – 13 м³/хв. При відомих концентраціях фосфору та азоту щохвилини зі струмків у озеро Світязь поступає: фосфору – 94 г, азоту – 45,5 г.

Висновки: Проведено для озера Світязь такі вимірювання: прозорість; питомий опір; концентрація кисню; концентрація фосфору; концентрація азоту; концентрація хлорофілу; питомий опір бенталі; швидкість течії струмка. Запропоновано нові типи прозорості та швидкості течії, що покращують проведення кількісних екологічних досліджень.

Одержано дані для визначення фосфорного та азотного навантаження на озеро Світязь, для визначення швидкості його евтрофування та прогнозування перспектив розвитку.

Проведені вимірювання дозволяють класифікувати озеро Світязь як оліготрофне, але таке, що серйозно zagrożене через суттєве перевищення індикаторних концентрацій азоту, фосфору і хлорофілу, велику амплітуду коливань прозорості – наближення її значення до граничного під час весняного цвітіння водоростей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богословский Б.Г. Озероведение. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 335 с.
2. Хатчисон Д. Лимнология. – М.: Прогресс, 1969. – 91 с.
3. Морозова А.О. Гідрохімічний стан та оцінка якості води водойм Шацького національного парку // Науковий вісник Волинського національного ун-ту ім. Лесі Українки, 2009. – № 1. – С. 47 – 56.
4. Панасюк В.В., Сопрунюк П.М., Юзевич В.М. Математична модель озера Світязь // Науковий вісник Волинського національного ун-ту ім. Лесі Українки, 2009. – № 1. – С. 56 – 61.
5. Лахай Ю.А. Деякі показники гідроекології озера Світязь // Науковий вісник Волинського національного ун-ту ім. Лесі Українки, 2009. – № 1. – С. 68 – 72.
6. Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 335 с.
7. Хендерсон-Селлерс Б. Умирающие озера. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 235 с.
8. OECD, 1982, Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control, OECD, PARIS, Ch .7/ 8/ 9. – 154 pp.
9. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
10. Сопрунюк П.М., Цюпка Ф.І., Юзевич В.М., Семенюк О.М., Підгірняк Я.Є. Вимірювання прозорості води методом шрифту зі зменшеною похибкою // Матеріали п'ятої міжнародної конференції „Інженерний захист територій і об'єктів у зв'язку з розвитком небезпечних геологічних процесів”. – Гурзуф: НПП Екологія Наука Техніка, 2007. – С. 77 – 78.
11. Россолимо Л.Л. Проблемы лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. – М.: Наука, 1977. – 149 с.