

# ВИМІРЮВАННЯ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН

УДК 504.75:681.2.543

## ЕЛЕМЕНТИ МЕТОДОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ГІДРОХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

*О Юзевич Володимир, Сопрунок Петро, Підгірняк Ярослав, 2008*

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України,  
вул. Наукова, 5, 79601, Львів, Україна

*Запропоновано рекомендації щодо вимірювання гідрохімічних характеристик в озерах Шацького біорезервату на основі серії міжнародних стандартів ISO 14000, ISO/IEC 17025 з урахуванням математичної моделі оцінки параметрів гідрохімічного і водного режимів.*

*Предложены рекомендации относительно измерений гидрохимических характеристик в озерах Шацкого биорезервата на основе серии международных стандартов ISO 14000, ISO/IEC 17025 с учетом математической модели оценки параметров гидрохимического и водного режимов.*

*Recommendations concerning measurement of hydrochemical characteristics in lakes of biological Shatsk reserve on the basis of a series of international standards ISO 14000, ISO/IEC 17025 in view of mathematical model of an estimation of parameters of hydrochemical and water modes are offered.*

Проблема забруднення водоймищ – одна з основних у життєдіяльності багатьох регіонів України, зокрема екосистем. З урахуванням термодинамічних позицій праці [1] можна дати уточнене визначення екосистеми як основної структурної одиниці екології. Екосистема – це частина об'єктивного світу, яка являє собою сформовану цілісну термодинамічну систему, де відбуваються процеси обміну речовин та енергії, зумовлюючи життєдіяльність, стабільність, а також деградацію організмів рослинного і тваринного походження. Тут істотною є деградація, що відбувається у часі під впливом змін термодинамічних параметрів, зокрема шкідливих речовин, які можуть спричинити загибель екосистеми, під час якої втрачаються зв'язки, які забезпечують інформаційний обмін та поєднання частини екосистеми в єдине ціле.

На цій основі пропонуємо класифікувати екологічні закони на чотири групи, які відповідають таким процесам: 1) спонтанним; 2) неспонтанним; 3) рівноважним; 4) нерівноважним. Обмежимося розглядом нерівноважних процесів, які проходять у водному середовищі озер Шацького національного природного парку (ШНПП).

Новизна комплексної проблематики у тому, що у цій праці запропоновано елементи серії міжнародних

стандартів ISO 14000 і ISO/IEC 17025 застосувати до сертифікації гідрохімічної лабораторії, в якій визначаються параметри гідрохімічного і водного режимів озер ШНПП. Розглянуто систему визначальних приладів, основні гідрохімічні параметри, а також елементи імітаційної математичної моделі, яка описує гідрохімічний і водний режим в акваторії озер ШНПП.

**Зв'язок проблеми з науковими та практичними завданнями.** Практичне завдання: З урахуванням міжнародних стандартів ISO 14000 і ISO/IEC 17025 необхідно дати рекомендації щодо якісного визначення гідрохімічних параметрів, які використовуються для дослідження озер ШНПП.

Наукове завдання. Необхідно удосконалити стандарти, інструкції, а також розробити нові методики і засоби моніторингу з метою раціональних експериментальних досліджень гідрохімічного і водного режимів озер ШНПП.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій з цієї проблеми.** Варіант класифікації законів екології на основі термодинамічних принципів запропоновано у

праці [1]. Елементи методології вимірювання гідрохімічних параметрів в озерах ШНПП розглядались у звіті [2]. Методики аналізу елементів системи якості лабораторій з урахуванням міжнародних стандартів ISO 14000 і ISO/IEC 17025 розглядались у працях [3, 4]. Вимірювати параметри гідрохімічного і водного режимів в акваторії ШНПП необхідно відповідно до імітаційної математичної моделі, основи якої закладено у посібнику [5].

#### **Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрих стосується стаття.**

а) Методики аналізу елементів системи якості гідрохімічної лабораторії (з урахуванням міжнародних стандартів ISO 14000 і ISO/IEC 17025), засобами якої вивчають екологічну обстановку озер ШНПП, раніше не розглядались.

б) Під час розроблення методик експериментальних досліджень у гідрохімічній лабораторії ШНПП недостатньо враховувались моделі водних та гідрохімічних режимів, сформовані на підставі балансових співвідношень.

Метою експериментальних робіт є виконання натурних спостережень за змінами хімічного стану озер засобами екологічної лабораторії, в яку входить гідрохімічна.

Основними завданнями є розроблення нових методик і засобів моніторингу системи озер та експериментальні дослідження характеристик середовищ озер ШНПП.

Об'єкт досліджень – водні екосистеми озер Шацького національного природного парку (ШНПП): Світьязь, Люцимир, Перемут, Пісочне, В. Чорне, Пулемцьке [2].

У лабораторію екологічного моніторингу ШНПП входять: гідрометеостанція (ГМС), автоматична станція контролю (АСК), стаціонарна гідрохімічна лабораторія (СГХЛ) [2].

Предмет досліджень – гідрохімічні характеристики водного середовища озер ШНПП.

Для того, щоб досліджувати нерівноважні процеси міграції хімічних елементів, необхідно через певні проміжки часу визначати хімічний склад домішок у водному середовищі озер.

Досліджувані параметри водного середовища [2]: глибина, м;

#### інтегральні:

питома електропровідність  $\sigma$ , мкОм/см; основна похибка вимірювань  $\pm 5\%$ ;

температура, °С; основна похибка вимірювань 0,1 °С; водневий показник рН, од. рН; основна похибка вимірювань 0,01 рН;

#### селективні:

концентрація таких інгредієнтів у водному середовищі:

нітрати, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

хлориди, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 5\%$ ;

амоній, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

ртуть, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

кадмій, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

свинець, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

мідь, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

марганець, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

залізо, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

цинк, мг/дм<sup>3</sup>; основна похибка вимірювань  $\pm 10\%$ ;

Відзначимо, що прибережні смуги деяких озер (особливо у літній період) інтенсивно забруднюються різними антропогенними агентами, які чинять негативний вплив на рекреаційні якості водного середовища і доброякісність харчових гідробіонтів. У зв'язку з вищезгаданим необхідні охоронні заходи для недопущення негативних антропогенних ситуацій, які могли б погіршити екологічну обстановку.

Відбір проб на хімічний аналіз здійснювався згідно з вимогами державних стандартів [3] за допомогою батометра Молчанова типу ГР-18 на горизонтах вимірювання температури, на кожній з глибин батометр утримувався три хвилини. Потім він піднімався на поверхню, де за допомогою ртутного термометра визначали температуру води.

На кожній рейдовій вертикалі глибину визначали за допомогою мірного лота [2, 6].

Відібрані проби зберігалися у холодильнику.

Для виконання експериментальних робіт використовувалися такі основні вимірювальні прилади [2]:

аналізатор типу "Екотест -01", № 4 – вимірювання питомої електропровідності та температури;

атомно-абсорбційний спектрометр типу С-115-М1 – вимірювання концентрації ртуті, кадмію, свинцю, міді, марганцю, заліза, цинку;

йоніметр типу И-130М – вимірювання водневого показника рН;

фотоколориметр типу КФК-3 – вимірювання концентрації нітратів та амонію;

батометр Молчанова типу ГР-18 – вимірювання температури проб з глибини;

вимірювання концентрації хлоридів здійснювалося з використанням титриметричного методу.

На всі вимірювальні прилади оформлено свідоцтва про перевірку робочого засобу вимірювальної техніки.

Метрологічне забезпечення експериментальних робіт здійснено з використанням перевірених приладів та відповідних методик виконання вимірювань та опрацювання результатів спостережень [7–19].

Розроблення імітаційної математичної моделі, яка описуватиме міграційні процеси хімічних елементів в озерах, буде ґрунтуватись на осередненні процесів і складанні балансових рівнянь у деякій виділеній області  $G$ . Якщо область  $G$  доволі велика порівняно з масштабами тих процесів, що в ній відбуваються, і в області  $G$  спостерігається значна неоднорідність розподілу значень досліджуваних показників (наприклад, концентрація міді), то у такому разі вся область (ділянка)  $G$  розділиться на підобласті  $G^i$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) і кожна підобласть  $G^i$  приймається за окрему “камеру” (реактор) [5]. Зв'язок між цими камерами, як правило, описується через водообмін та масообмін. Внаслідок побудови таких багатокамерних моделей з достатньою для практики точністю можна математично описувати поширення і трансформації речовин у просторі й часі, причому у просторі – дискретно, а в часі – неперервно [5].

Для складання балансових рівнянь і побудови імітаційної математичної моделі гідрохімічного і водного режимів розділимо водний об'єкт на  $n$  камер і введемо для кожної  $i$ -ї камери ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) такі змінні й сталі величини [5]:

1)  $q^i, c^{ij}$  – загальна витрата або потік води з  $i$ -ї камери в  $(i+1)$ -шу камеру і концентрація  $j$ -ї речовини (хімічних елементів, солей, токсикантів в  $i$ -й камері);

2)  $q^{i-1}, c^{i-1,j}$  – потік (витрата) води з  $(i-1)$ -ї в  $i$ -ту камеру і концентрація в  $(i-1)$ -й камері  $j$ -ї речовини;

3)  $q_k^i, c_k^{ij}$  – потік (витрата) води з  $k$ -ї притоки (каналу) в  $i$ -ту камеру і концентрація в ній  $j$ -ї речовини, причому  $k=1,2,3,\dots,n_i$ ;

4)  $q_\phi^i, c_\phi^{ij}$  – фільтраційна витрата підземних вод і концентрація у них  $j$ -ї речовини (солей);

5)  $q_{оп}^i, c_{оп}^{ij}$  – кількість (потік) опадів, що випадають на водне дзеркало  $i$ -ї камери (ділянки) і концентрація у ній  $j$ -ї речовини;

6)  $q_{БВ}^i$  – величина (витрата) безворотного водоспоживання;

7)  $q_{ВВП}^i$  – величина (потік) випаровування з поверхні водного дзеркала ( $i-1$ )-ї камери;

8)  $m_{дн}^{ij}(c^{ij}, c_{дн}^{ij}, t)$  – кількість (потік)  $j$ -ї речовини, що надходить у  $i$ -ту камеру з дна, в якому міститься ця речовина (хімічний елемент, сіль) з концентрацією  $c_{дн}^{ij}$ ;

9)  $a^{ij}, I^j$  – стала (константа) швидкості седиментації і стала (коефіцієнт) хімічного розпаду;

10)  $W^i(t), W_0^i$  – об'єм  $i$ -ї камери (водної товщі  $i$ -ї ділянки водоймища) у момент часу  $t$  і початковий момент  $t=t_0$ ;

11)  $F^{ij}(c^{ij}, c_{ГБ}^{ij}, t)$  – величина (функція), що враховує масообмін  $j$ -ї речовини з водним середовищем  $i$ -ї камери;

12)  $t$  – час у добах (або у місяцях, сезонах).

Відповідно до законів збереження маси  $j$ -ї речовини із урахуванням законів кінетики перетворення (трансформації)  $j$ -ї речовини запишемо диференціальне рівняння типу РРНР у такому вигляді:

$$\frac{dM^{ij}}{dt} = q^{i-1}c^{i-1,j} + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i c_k^{ij} + q_\phi^i c_\phi^{ij} + q_{оп}^i c_{оп}^{ij} + m_{дн}^{ij}(c^{ij}, c_{дн}^{ij}, t) - (q^i + q_{БВ}^i) c^{ij} - (a^{ij} + I^j) W^i c^{ij} - F^{ij}(c^{ij}, c_{ГБ}^{ij}, t), \quad i=1,2,3,\dots,n, \quad (1)$$

де масу  $j$ -ї речовини можна виразити через об'єм води і концентрацію у ній цієї речовини:

$$M^{ij}(t) = c^{ij}(t)W^i(t) = c^{ij}(t) \left\{ W_0^i + \left( q^{i-1} + \dots + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i + q_\phi^i + q_{оп}^i - q^i - q_{БВ}^i - q_{ВВП}^i \right) t \right\} \quad (2)$$

Ураховуючи останнє співвідношення, рівняння (2) запишемо щодо невідомої концентрації  $c^{ij}$  речовини, що забруднює воду  $i$ -го водного об'єкта:

$$\frac{dc^{ij}}{dt} = \frac{1}{W^i} \left( q^{i-1} c^{i-1,j} + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i c_k^{ij} + q_\phi^i c_\phi^{ij} + q_{оп}^i c_{оп}^{ij} + m_{дн}^{ij}(c^{ij}, c_{дн}^{ij}, t) - \left( q^i + q_{БВ}^i + \frac{dW^i}{dt} \right) c^{ij} \right) - (a^{ij} + I^j) c^{ij} - f^{ij}(c^{ij}, c_{ГБ}^{ij}, t),$$

$$i=1,2,3,\dots,n. \quad (3)$$

До виразу (3) необхідно додати рівняння водного балансу щодо  $i$ -ї камери:

$$\frac{dW^i}{dt} = q^{i-1} + q_\phi^i + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i + q_{оп}^i - q^i - q_{БВ}^i - q_{Вип}^i. \quad (4)$$

За сталих значень  $q^{i-1}$ ,  $q_\phi^i$ ,  $q_k^i$ ,  $q_{оп}^i$ ,  $q^i$ ,  $q_{БВ}^i$ ,  $q_{Вип}^i$  після інтегрування співвідношення (4) одержимо таке рівняння водного балансу:

$$W^i = W_0^i \left( q^{i-1} + q_\phi^i + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i + q_{оп}^i - q^i - q_{БВ}^i - q_{Вип}^i \right). \quad (5)$$

Якщо величини  $c^{i-1,j}$ ,  $c_\phi^{ij}$ ,  $c_k^{ij}$ ,  $c_{оп}^{ij}$  також стали або кусково-сталі, а  $m_{дн}^{ij} = f^{ij} = a^{ij} = I^j = 0$ , то після інтегрування рівняння (3) отримаємо формулу для визначення концентрації  $c^{ij}$  забруднень у такому вигляді:

$$c^{ij}(t) = c^{ij*} + (c_0^{ij} - c^{ij*}) \left( \frac{W_0^i}{W^i(t)} \right)^{\frac{q_{БВ}^i}{q_{БВ}^i - q_{Вип}^i}}, \quad (6)$$

де  $q_{БВ}^i = q^{i-1} + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i + q_\phi^i + q_{оп}^i$ ;  $q_{ВВ}^i = q^i + q_{БВ}^i + q_{Вип}^i$ ;  $c^{ij*}$  – значення рівноважної концентрації, що визначається рівністю

$$c^{ij*} = \frac{q^{i-1} c^{i-1,j} + q_\phi^i c_\phi^{ij} + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i c_k^{ij} + q_{оп}^i c_{оп}^{ij} + m_{дн}^{ij}}{q^{i-1} + q_\phi^i + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i + q_{оп}^i - q_{Вип}^i}. \quad (7)$$

Якщо рівень води  $i$ -ї камері (частині озера) не змінюється або змінюється мало і цією зміною можна знехтувати, то формула визначення концентрації забруднень стає особливо простою і записується для неконсервативної речовини ( $a^{ij} \neq 0; I^j \neq 0$ ) при  $f^{ij}(c^{ij}, c_{ГБ}^{ij}, t) = 0$  в такому вигляді:

$$c^{ij}(t) = c_g^{*ij} + (c_0^{ij} - c_g^{*ij}) \exp \left( - \frac{1 + g^{ij} t_0^i}{t_0^i} \right) \quad (8)$$

де

$$c_g^{*ij} = \frac{q^{i-1} c^{i-1,j} + q_\phi^i c_\phi^{ij} + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i c_k^{ij} + q_{оп}^i c_{оп}^{ij} + m_{дн}^{ij}}{(1 + g^{ij} t_0^i) \left( q^{i-1} + q_\phi^i + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i + q_{оп}^i - q_{Вип}^i \right)}, \quad (9)$$

$$t_0^i = \frac{W_0^i}{q^{i-1} + q_\phi^i + \sum_{k=1}^{n_i} q_k^i + q_{оп}^i - q_{Вип}^i}, \quad g^{ij} = a^{ij} + I^j. \quad (10)$$

У приповерхневих областях (камерах) водної системи озер, що контактують з берегами, уведемо узагальнені умови спряження (які впливають із балансів співвідношень) і для границі озера  $L_T^S$  (що у такому разі є замкнутою кривою лінією) отримаємо за аналогією до праці [20]:

$$\begin{aligned} r_i^S \cdot dS_i^S / dt &= \dot{N}_{Si} \cdot (k^+ \cdot \nabla t^+ - k^- \cdot \nabla t^-) / T_i^S, \\ r_i^S \cdot dc_i^S / dt + J_{iN}^+ - J_{iN}^- &= q_i^S, \end{aligned} \quad (11)$$

У співвідношеннях (11)  $k^\pm$  – фізичні сталі (коефіцієнти теплопровідності);  $\bar{N}_{Si}$  – нормаль до ділянок лінії розділу середовищ  $L_T^S$ ;  $r_i^S$  – питома густина маси, яка відповідає ділянці (лінійній камері) на границі озера ( $i$  – порядковий номер граничної (лінійної) камери ( $i = 1, 2, \dots, n$ ); у такому разі границя озера  $L_T^S$  розділена на  $n$  лінійних відрізків (камер));  $T_i^S$  – температура граничної лінійної камери;  $\nabla t^+$ ,  $\nabla t^-$  – градієнти температур ( $t^+$ ,  $t^-$ ) ліворуч і праворуч від границі  $L_T^S$ ;  $c_i^S$  – концентрації (зокрема, забруднювальних речовин);  $t$  – час;  $J_{iN}^+$ ,  $J_{iN}^-$  – потоки домішок ліворуч і праворуч від границі  $L_T^S$ ;  $q_i^S$  – внутрішні джерела речовин, які можуть виникати за рахунок опадів і підводних джерел у граничних лінійних камерах. Параметр  $S_i^S$  – питома ентропія граничної ділянки (спряжений параметр до температури  $T_i^S$ ), зміну якої подамо так:

$$s_i^S = S_i^S - S_{i0}^S = -(2 \cdot a_{i*}^S \cdot t_i^S + a_{ci}^S \cdot c_i^S). \quad (12)$$

де  $a_{i*}^S$ ,  $a_{ci}^S$  – характеристики матеріалу;  $t_i^S = T_i^S - T_{i0}^S$  – відхилення температури у  $i$ -й граничній лінійній камері.

Проекції потоків речовини (домішок, забруднювальних речовин)  $J_{iN}^+$ ,  $J_{iN}^-$  на нормаль  $\vec{N}_{Si}$  в околі граничної лінії розділу середовищ  $L_T^S$  отримаємо за допомогою співвідношень:

$$J_{iN}^{\pm} = \vec{N}_{Si} \cdot (L_{i1}^{\pm} \cdot \nabla \mathbf{m}_1^{\pm} + L_{i2}^{\pm} \cdot \nabla \mathbf{m}_2^{\pm} + \dots + L_{in}^{\pm} \cdot \nabla \mathbf{m}_n^{\pm} + L_{iq}^{\pm} \cdot \nabla t^{\pm} / T^{\pm}), \quad (13)$$

де  $L_{i1}^{\pm}$ ,  $L_{i2}^{\pm}$ , ...,  $L_{in}^{\pm}$ ,  $L_{iq}^{\pm}$  – кінетичні коефіцієнти, які визначають експериментально.

Співвідношення (1)–(13) разом з початковими умовами становлять варіант замкнутої (повної) системи рівнянь для визначення параметрів гідрохімічного і водного режимів в акваторії озер ШНПП на основі гідрохімічної лабораторії.

З використанням вимірних гідрохімічних параметрів сформовано комплексні показники якості екосистеми ШНПП, які одночасно характеризують набір параметрів і властивостей гідрохімічного та водного режимів. Для оцінки комплексних показників якості застосовують методи оптимізації.

Системи з оптимізацією забезпечують оптимальне значення параметрів якості за усіх можливих умов системи [21]. Функціонал якості для такої системи задамо у вигляді

$$J = \int_{t_0}^{t_k} f(\bar{g}, \bar{u}, \bar{s}) dt, \quad (14)$$

де  $\bar{g}$  – вектор заданих впливів ( $g_i$  – параметри системи);  $\bar{u}$  – вектор керувань;  $\bar{s}$  – вектор невизначених збурень;  $[t_0, t_k]$  – інтервал часу, в якому розглядається процес (формування критеріального співвідношення для екосистеми ШНПП);  $f(\bar{g}, \bar{u}, \bar{s})$  – функція, що відображає показник якості. Методика застосування алгоритмів оцінювання та оптимізації розглядалась у монографії [22].

У склад гідрохімічної лабораторії входять ще такі прилади та пристрої:

апаратура тонкошарової хроматографії АТХ; апарат для струшування АБУ-6с; блок автоматичного титрування БАТ-15; вага лабораторна ВЛР-200г; вага лабораторна РН-10ц; іонімір И-130; імітатор електродної системи И-3 Є И-02; перемішувач магнітний ММ-5; полярограф ПУ-1; ротор кутовий РУ 180; рН-метр – мілівольтметр рН-637М (И-120.1); пристрій титрувальний ТПР-М; спектрофотометр СФ-46; термостат ТС-80М-2; хроматограф 3700;

газоаналізатор "Палладий-3"; холодильник-термостат ХТ-3 (ТГУ-0 1-200); центрифуга лабораторна ОПН8; годинник сигнальний; штатив поліетиленовий; електропіч СНОЛ-1,6 тощо.

В останні роки стратегічний напрям розвитку сучасного менеджменту на рівні випробувальних лабораторій – розроблення та впровадження систем управління якістю (СУЯ), побудованих відповідно до вимог сучасних міжнародних стандартів, зокрема стандартів ISO/IEC 17025 [3] та ISO 14000 [4]. А експериментальні дослідження водного та гідрохімічного режимів екосистем необхідно виконувати на основі сертифікованих екологічних та гідрохімічних лабораторій. Впровадження стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 дасть змогу визначити необхідну кількість документів (інструкцій, методик і процедур) для забезпечення функціонування системи якості гідрохімічної лабораторії [3].

Основним предметом ISO 14000 є система екологічного менеджменту (EMS). Типові положення відповідних стандартів полягають в тому, що в організації повинні бути введені і дотримуватися певні процедури, а також повинна бути підготована певна документація і повинен бути призначений відповідальний за певну сферу діяльності. Основний документ серії – ISO 14001 (Специфікації і керівництво щодо використання систем екологічного менеджменту) не містить ніяких "абсолютних" вимог до дії організації на довкілля, за винятком того, що організація у спеціальному документі повинна оголосити про своє прагнення відповідати національним стандартам. Передбачається, що система стандартів ISO 14000 забезпечуватиме зменшення несприятливих дій на довкілля на трьох рівнях: організаційному, національному, міжнародному [4].

**Результати і висновки.** 1. Об'єкти досліджень для гідрохімічної лабораторії – хімічні елементи та солі, які характеризують водну систему озер ШНПП. Основними завданнями для лабораторії є розроблення нових методик і засобів моніторингу водних екосистем, а також виконання якісних та ефективних експериментальних досліджень гідрохімічних характеристик озер ШНПП.

2. Визначено основні параметри і прилади, на підставі яких можна оцінити якість експериментальних досліджень водного та гідрохімічного режимів ШНПП.

3. Сформовано основні співвідношення імітаційної математичної моделі для визначення параметрів

гідрохімічного і водного режимів в акваторії озер Шацького національного природного парку на підставі даних гідрохімічної лабораторії.

4. Упровадження стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 дасть змогу визначити необхідну кількість документів (інструкцій, методик і процедур) для забезпечення функціонування системи якості гідрохімічної лабораторії.

5. Основним принципом організації спостережень та експериментальних екологічних досліджень є їхня комплексність, яка передбачає узгоджену програму робіт сертифікованої на основі серії міжнародних стандартів ISO 14000 та ISO/IEC 17025 гідрохімічної лабораторії.

У перспективі з використанням накопиченого на основі експериментальних даних матеріалу можна буде створити станцію фонового екологічного моніторингу для Шацького національного природного парку із ефективно і якісно функціонуючими сертифікованими (згідно з стандартами ISO/IEC 17025 та ISO 14000) дослідними лабораторіями.

1. Корчинський Г. А., Сорочинський О.П., Звенигородський Е.Л. Класифікація законів екології на основі термодинамічних принципів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 2. – С. 53–56.  
 2. Погребенник В., Мельник М., Михайлівський Р. Звіт по темі НД-33л/313 “Розробка методів моніторингу локальних природних екосистем Шацького національного природного парку з використанням наземних спостережень, цифрової кольориметрії та аналізу космоснімків. Розділ. Моніторинг водних екосистем Шацького національного природного парку”. – Львів: ФМІ НАН України, 2005. – 69 с.  
 3. Новіков В. Основи управління якістю в лабораторіях // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2004. – № 2. – С. 50–57.  
 4. [http://www.iso.org/iso/iso\\_14000\\_essentials](http://www.iso.org/iso/iso_14000_essentials).  
 5. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології. Навч. посібник. – К.: Видавничий дім “КМ Академія”, 2002. – 204 с.  
 6. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и

атмосферных осадков. 7. Алевин О. А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – С. 22–31.  
 8. Булатов М. И., Калинин И. П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.  
 9. ГОСТ 27384-87. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств.  
 10. ГОСТ.8.010-90 ГСИ. Методики выполнения измерений.  
 11. Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу. Видання офіційне // Міністерство екології та природних ресурсів України. Нормативний документ. – К., 2001. – 54 с.  
 12. Новіков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов / Под ред А.П. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.  
 13. Руководство по химическому анализу вод суши / Под ред А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.  
 14. Савенко В.С. Введение в ионометрию природных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 77 с.  
 15. СанПиН 4630-89. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – Введ. 01.01.1989. – К.: Вид-во стандартів, 1989. – 47 с.  
 16. СанПиН-96. Вода питна, гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. – Введ. 23.12.96. – К.: Вид-во стандартів, 1996. – 24 с.  
 17. Справочник по гидрохимии / Под ред А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 392 с.  
 18. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1971. – 375 с.  
 19. Унифицированные методы исследования качества вод. – Ч. 1: Методы химического анализа вод. – Изд. 2-е. – М.: СЭВ, 1974. – С. 90–100.  
 20. Сопрунюк П.М., Юзевич В.М. Діагностика матеріалів і середовищ. Енергетичні характеристики поверхневих шарів. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України, вид-во “СПОЛОМ”. – 2005. – 292 с.  
 21. Чумаков Е.П., Оптимальные и адаптивные системы. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.  
 22. Граничин О.Н., Поляк Б.Т. Рандомизированные алгоритмы оценивания и оптимизации при почти произвольных помехах. – М.: Наука, 2003. – 292 с.