

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В. Н. КАРАЗІНА  
Екологічний факультет

# ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Збірник наукових статей  
XV Всеукраїнських наукових  
Таліївських читань



Харків – 2019

Затверджено до друку рішенням Науково-методичної ради  
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
(протокол № 1 від 30.10.2019 р.)  
Посвідчення УкрІНТЕІ МОН України № 610 від 18 грудня 2018 року

Редакційна колегія:

Н. В. Максименко, канд. геогр. наук (голова редколегії);  
М. І. Адаменко, д-р техн. наук; С. А. Балюк, д-р с.-г. наук;  
О. М. Крайнюков, д-р геогр. наук; В. В. Медведєв, д-р біол. наук;  
А. Н. Некос, д-р геогр. наук; О. О. Гололобова, канд. с.-г. наук;  
І.М. Коваль, канд. с.-г. наук, Е. О. Кочанов, канд. військ. наук;  
А. В. Тітенко, канд. геогр. наук; К. Б. Уткіна, канд. геогр. наук.  
Л. В. Баскакова; А. А.Клещ; (відповідальний секретар);  
Ю. В. Мірошник (технічний секретар).

Адреса редакційної колегії:

61022, м. Харків-22, майдан Свободи, 6, к. 480а.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, екологічний факультет.

Тел. 707-53-36, e-mail: [monitoring.ecodepart@gmail.com](mailto:monitoring.ecodepart@gmail.com)

Розглядаються сучасні проблеми раціонального природокористування та охорони природи, оцінки екологічного стану компонентів і комплексів довкілля. Висвітлені наукові та освітнянські проблеми заповідної справи в Україні. Також надано результати міжнародного співробітництва в галузі екологічної освіти і просвітництва.

Для науковців, фахівців-екологів, викладачів, аспірантів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за добір, точність, достовірність наведених даних, фактів, цитат, інших відомостей.

Матеріали друкуються мовою оригіналу



With the support of the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

**XV Всеукраїнські наукові Таліївські читання  
проводяться за підтримки Проектів:**

INTENSE – Integrated Doctoral Program for Environmental  
Policy, Management and Technology;

INENCY – Instruments of the EU Environmental Policy;

INTERNATIONAL VISEGRAD FOUNDATION PROJECT –  
Political and economic aspects of biodiversity conservation in  
V4 countries

## ЗМІСТ

<b>Ачасов А. Б., Круглов О. В., Ачасова А. О.</b> Експрес-методи діагностики еродованості ґрунтів.....	6
<b>Баскакова Л. В., Гончарова А. Ю.</b> Прогнозування забруднення атмосферного повітря міста Харкова.....	9
<b>Бурченко С. В.</b> Порівняння критеріїв вибору об'єктів зеленої інфраструктури на міському та регіональному рівнях.....	12
<b>Безсонний В. Л., Третяков О. В., Буц Ю. В.</b> Математичне моделювання в оцінці екологічного стану поверхневих вод.....	14
<b>Гаврилюк Ю. В., Шарай Д. С., Скороход Н. О.</b> Рідкісні лікарські рослини Луганської області.....	17
<b>Гололобова О. О., Дорогань В. В.</b> Шляхи реалізації принципу мінімізації витрат ландшафтного дизайну на прикладі Шевченківського району м. Харків.....	19
<b>Деменко А. В.</b> Використання ANABAENA FLOS-AQUAE у якості тест-організму для встановлення екологічних стандартів якості.....	22
<b>Жук Ю. І., Стефанишин А. В.</b> Переваги та ризики транскордонної екологічної безпеки.....	23
<b>Залізняк Я. І.</b> Інтенсифікація природокористування у Вінницькій області та її вплив на геосистеми річок.....	26
<b>Карпов В. Г., Доманішевська М. В.</b> Екологічна оцінка якості поверхневих вод в басейні р. Казенний Торець.....	29
<b>Кисельов Ю. О., Ужела М. І.</b> Історико-культурні рекреаційні ландшафти Прикарпаття.....	32
<b>Клець А. А., Осетинська К. І., Шейко М. В.</b> Розробка алгоритму екосистемного управління РЛП «Сокольники-Помірки».....	35
<b>Коваль І. М., Воронін В. О.</b> Вміст важких металів у ґрунтах сосняків борової тераси р. Харків.....	37
<b>Косенко Ю. Ю.</b> Екологічний туризм як фактор формування екологічної свідомості.....	39
<b>Кочанов Е. О., Острікова М. О.</b> Оцінка якості питної води з водопроводу та підземних джерел м. Харкова.....	41
<b>Кочанов Е. О., Толстокора А. А.</b> Реалізація національної стратегії поводження з відходами як крок до євроінтеграції.....	44
<b>Кравченко Н. Б., Сафонова О. О.</b> Удосконалення системи екологічного менеджменту на підприємстві машинобудівної промисловості «Новокраматорський машинобудівний завод».....	46
<b>Крайнюков О. М., Черкашина Ю. Ю.</b> Оцінка впливу важких металів на фотосинтезуючий апарат рослин.....	49
<b>Кривицька І. А., Безугла К. Д.</b> Визначення фітотоксичності водної витяжки з різними концентраціями купрума на вищих рослинах Avena Sativa.....	52

УДК 504.4.054

**В. Л. БЕЗСОННИЙ<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доц.,

**О. В. ТРЕТЬЯКОВ<sup>2</sup>**, д-р техн. наук, проф.,

**Ю. В. БУЦ<sup>1</sup>**, канд. геогр. наук, доц.

<sup>1</sup>*Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця*

<sup>2</sup>*Харківська державна академія фізичної культури*

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ОЦІНЦІ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД**

Розглядаються основні підходи до математичного моделювання поширення забруднень у поверхневих джерелах питного водопостачання. Найбільш доцільним методом екологічного стану водних ресурсів визначається модель РК-БПК (Фелпса і Стрітера).

**Ключові слова:** математична модель, якість води, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню

The basic approaches to mathematical modeling of pollution spread in surface sources of drinking water are considered. The most appropriate method of ecological status of water resources is determined by the model of DO-BOD (Phelps and Streeter).

**Keywords:** mathematical model, water quality, dissolved oxygen, biochemical oxygen consumption

Для успішного вирішення задач, пов'язаних з оцінкою екологічного стану водного середовища, необхідне комплексне описання гідрохімічних, гідродинамічних та гідробіологічних процесів у водоймах. Подібне описання здійснюється останнім часом з використанням методів системного аналізу та математичного моделювання, що, використовуючи сучасні інформаційні технології, дозволяє збільшити обсяги моніторингової інформації, дати кількісну оцінку значимості різноманітних процесів та виділити найбільш значимі фактори. Математичні моделі дозволяють спланувати стратегію управління якістю води в джерелі та оцінити наслідки її реалізації. Практично усі відомі методи математичного моделювання присвячені розгляду певної окремої задачі, що характеризує один із аспектів водокористування та управління якістю вод, а математичної моделі, яка б могла бути покладена в основу управління водними ресурсами басейну в цілому, на сьогодні не створено.

Усі відомі моделі можна розбити на два класи – оптимізаційні та імітаційні. Перші призначені для визначення оптимальної стратегії господарювання й для вибору оптимального плану водоохоронних заходів. Відповідні математичні моделі дозволяють обґрунтувати різні види платежів і нормативні документи. Вони сприяють виробленню раціональної стратегії із визначеними пріоритетами водоохоронної діяльності, з точною адресністю фінансових вкладень, певними нормативами й забезпеченням правових і контролюючих функцій. При всій ефективності оптимізаційних моделей для відбору й аналізу способів управління якістю води, за їх допомогою не можливо точно прогнозувати усі наслідки, які можуть виникнути в результаті вибору будь-якої політики управління [1].

На сьогодні існує досить великий клас моделей якості поверхневих вод,

починаючи з перших класичних моделей Фелпса та Стритера [2], що запропонували формули для розрахунку динаміки біохімічної потреби кисню (БПК) і розчиненого кисню (РК), і закінчуючи сучасними програмними розрахунковими комплексами, що детально моделюють основні гідрологічні й гідрохімічні процеси [3]. Найбільш відомі в цей час наступні моделі якості води:

- імовірнісна модель для стохастичних навантажень консервативних забруднювачів;
- Модель Стритера-Фелпса для потоку РК і БПК;
- спрощені моделі зважених речовин;
- моделі мікрозабруднювачів, що враховують абсорбцію й інші процеси;

Однією з найважливіших характеристик якості води є концентрація розчиненого в ній кисню, необхідного елементу для забезпечення життєдіяльності водойми. В класичній моделі Стритера – Фелпса розглядається система, що складається з води та розчинених у ній кисню та органічних речовин. У цій моделі концентрація розчиненого кисню та органічних відходів взаємопов'язані. Розкладання відходів відбувається під впливом бактерій, що викликають хімічну реакцію з використанням розчиненого у воді кисню.

Швидкість розкладання органічних речовин описується рівнянням

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L, \quad (1)$$

де  $L(t)$  – концентрація органічної речовини,  $t$  - час,  $k_1$  - коефіцієнт розкладання органічної речовини, 1/добу.

Позначимо  $D$  – дефіцит кисню, тобто  $D = q - q_0$ , де  $q$  – реальна концентрація кисню у воді,  $q_0$  - рівноважна концентрація кисню, що має місце при відсутності забруднення.

Динаміка дефіциту кисню описується звичайним диференціальним рівнянням виду

$$\frac{dD}{dt} = k_1 L - k_2 D, \quad (2)$$

де  $k_2$  - коефіцієнт аерації, 1/добу.

Рівняння (1) та (2) були аналітично розв'язані Фелпсом і Стритером для ділянки ріки, і на сьогодні широко використовуються в розрахунках [4, 5].

В роботі [4] запропоновано в процес самоочищення, що описаний за допомогою рівнянь (1) та (2), включати самоочищення за допомогою біофільтра шляхом додавання складової  $-kL$  в (1):

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L - kL \quad (3)$$

де  $k$  – константа швидкості вилучення органічних забруднень, 1/добу, обрховується за допомогою формули

$$k = k_{20} \cdot 1,047^{T-20} \quad (4)$$

Тут  $k_{20}$  – константа швидкості біохімічних процесів у стічній воді при температурі 20<sup>0</sup>С,  $T$  – температура стічної води, <sup>0</sup>С.

Динамічні моделі якості води дозволяють виявити та оцінити особливості просторово-часової динаміки поля концентрації забруднюючих речовин залежно від гідрометеоумов, морфометричних характеристик водотоків, розташування та інтенсивності стаціонарних й аварійних джерел забруднень річкової системи, інтенсивності процесу біохімічної деструкції.

Виходячи з наведеного найбільш доцільним методом для цілей екологічної оцінки якості водних ресурсів можна вважати модель Стрітера – Фелпса та її модифікації (РК-БПК). БПК є одним з найважливіших критеріїв рівня забрудненості водойми, визначає кількість легкоокислюваних органічних забруднюючих речовин у воді. В умовах відсутності належної лабораторної бази показники РК-БПК можна використовувати як інтегральні показники забруднення водойми, відповідно і моделі даного типу є найбільш простими та інформативними, оскільки вони можуть враховувати широкий спектр легкоокислюваних органічних сполук, що знаходяться у воді. Простота вимірювання біохімічної потреби в кисні та розчиненого кисню, наочність та доступність даних роблять цей метод одним за найкращих стандартних методів аналізу якості води.

#### Література:

1. Третьяков О. В., Безсонний В. Л. Основні методи математичного моделювання для методичного забезпечення басейнового підходу в управлінні якістю водних ресурсів // Системи обробки інформації. 2016. № 8(145). С. 194–199.
2. Пряжинская В. Г., Ярошевский Д. М., Левит-Гуревич Л. К. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами. М.: Физматлит. 2002. С. 289-323.
3. Fedra K. Water Resources Simulation and Optimization: a web based approach. IASTED/SMO 2005, Oranjestad, Aruba, August 2005.
4. Михайлов М. Д. Об одной модификации модели Стритера – Фелпса и ее численной реализации с помощью многопроцессорных вычислительных систем // Вестник томского государственного университета. Серия: Математика и механика, 2010, №1(9). С. 39 – 46.
5. Цхай А. А. Математическое моделирование качества воды в проектируемом водохранилище на основе РК-БПК // Известия Алтайского государственного университета. Выпуск № 1(73) /том 2/2012. С. 123 – 126.

Наукове видання

**Охорона довкілля**

Збірник наукових статей  
XV Всеукраїнських наукових  
Таліївських читань

Українською, російською, англійською мовами

Підписано до друку 04.11.2019 р. Формат 60x84/16  
Папір офсетний. Друк ризографічний.  
Ум. друк. арк. 8,54. Обл.-вид. арк. 9,93  
Наклад 100 пр., зам. № 205

61022, Харків, майдан Свободи, 6,  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Надруковано: ХНУ імені В. Н. Каразіна  
61022, Харків, майдан Свободи, 4,  
Видавництво  
тел. (057)705-24-32

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09