

**УНІВЕРСИТЕТ ДЕРЖАВНОЇ ФІСКАЛЬНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ  
ННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ТОВАРОЗНАВСТВА  
ТА ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**



*Присвячена 100-річчю  
Університету державної фіскальної служби України*

**ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ:  
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ /  
ТЕБ-2019**

*Матеріали  
ІХ Всеукраїнської науково-практичної  
Інтернет-конференції*

*04 – 15 листопада 2019 р.*

**м. Ірпінь**

УДК 502.17 (477)(06)  
ББК 20/9 (4У) 1я43  
Т 38

*Рекомендовано  
Вченою радою ННІ інформаційних технологій  
(протокол № 11 від 13 листопада 2019 р.)*

**Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку / ТЕБ-2019** [Текст] : матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, Ірпінь, 04-15 листопада 2019 р. – Університет ДФС України. – Ірпінь, 2019. – 350 с.

У матеріалах ІХ Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції розглядаються актуальні теоретичні, методологічні та практичні проблеми техногенно-екологічної безпеки України в сучасний період та в перспективі.

Значна увага приділена: сталому розвитку України в умовах євроінтеграції; сучасним видам науково-практичної діяльності людини в галузі охорони НПС; економіко-правовим засадам раціонального використання природних ресурсів; еколого-економічним аспектам промислових технологій; проблемам якості та екологічної безпеки продукції/послуг; формуванню екологічного світогляду, культури безпеки та здоров'я населення.

**Матеріали друкуються в авторській редакції.  
За точність викладеного матеріалу відповідальність покладається  
на авторів.**

© Університет ДФС України, 2019

IX Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція  
«Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» /  
ТЕБ-2019

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЯК НЕВІДЄМНА СКЛАДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ <b>Світлана Цимбалюк, Олександра Кучинська</b> .....	166
ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ЕКОНОМІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ <b>Карина Кушнірук, Наталія Авраменко</b> .....	170
ЩОДО ЦІЛЬОВОГО ВИКОРИСТАННЯ КОШТІВ ЕКОЛОГІЧНИХ ФОНДІВ <b>Ірина Сагайдак, Валентина Биховченко</b> .....	174
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ В НПП «ГУЦУЛЬЩИНА» <b>Марина Тимчук, Оксана Гаврилук</b> .....	179

## СЕКЦІЯ 5

### НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ НПС

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВИКИДНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК <b>Андрій Афтанюк, Олексій Кіріс</b> .....	184
ПОКРАЩЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ КОМПОНЕНТІВ УРБОЕКОСИСТЕМИ <b>Олена Барабаш</b> .....	187
ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ <b>Віталій Безсонний, Олег Третьяков, Олена Дашковська</b> .....	191
НЕБЕЗПЕКА ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ ДНІПРО БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ КСЕНОБІОТИКАМИ <b>Тетяна Білик, Маріанна Плисюк, Поліна Тремасова</b> .....	195
ОЦІНКА ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЧАСНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЙОГО ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ <b>Наталія Герасименко, Лариса Черняк</b> .....	198

## ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ

**Віталій Безсонний<sup>1</sup>, Олег Третьяков<sup>2</sup>, Олена Дашковська<sup>3</sup>**

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

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

<sup>3</sup>Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти»

Теоретичні обґрунтування й практичні підходи до рішення завдань оцінки екологічного стану природних вод досить детально описані в науковій літературі, розробці та застосуванню методів системного аналізу та математичного моделювання стосовно водних об'єктів присвячено низку збірок та монографій як у нашій країні, так і за її межами.

Математичні моделі дозволяють спланувати стратегію управління екологічним стоком води в джерелі та оцінити наслідки її реалізації. 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 [1]. При цьому розгляд ведеться в масштабах цілого регіону, наприклад, басейну ріки або великої його частини. Обґрунтування регіональної стратегії базується на спрощених моделях зміни екологічного стану поверхневих вод й методах оптимізації. 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. Прикладом подібного роду моделювання можуть служити такі моделі лінійного програмування, як моделі управління якістю води або міжрегіональні моделі.

Вибір базових моделей екологічного стану води визначається потребами розв'язуваних завдань аналізу фактичного стану та прогнозування тенденцій зміни екологічного стану водних ресурсів при зміні водогосподарчої політики й при аварійних ситуаціях. Розроблені моделі екологічного стану ресурсів прийнятні для використання у завданнях з управління якістю води у водних об'єктах, тому що прогноз екологічного стану в остаточному підсумку призначений для оцінки

впливу водоохоронних заходів. У цей час існує досить великий клас моделей екологічного стану поверхневих вод, починаючи з перших класичних моделей Фелпса та Стритера, що запропонували формули для розрахунку динаміки біохімічної потреби кисню (БПК) і розчиненого кисню (РК) [2], і закінчуючи сучасними програмними розрахунковими комплексами, що детально моделюють основні гідрологічні та гідрохімічні процеси [3]. Найбільш відомі в цей час наступні моделі екологічного стану поверхневих вод:

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

Однією з найважливіших характеристик екологічного стану води є концентрація розчиненого в ній кисню – необхідного елемента для забезпечення життєдіяльності водотоку або 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 біохімічну реакцію з використанням розчиненого у воді кисню.

Швидкість розкладання органічних речовин описується рівнянням

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L, \quad (1.4)$$

де  $L(t)$  – концентрація органічної речовини, мг/м<sup>3</sup>,  $t$  – час, с;  $k_1$  – коефіцієнт розкладання органічної речовини, 1/с.

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

$$\frac{dD}{dt} = k_1 L - k_2 D, \quad (1.5)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт аерації, 1/с.

Рівняння (1.4) та (1.5) 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 (1.4) та (1.5), включати самоочищення за допомогою біофільтра шляхом додавання складової –  $kL$  в (4.3):

$$\frac{dL}{dt} = -k_1L - kL \quad (1.6)$$

де,  $k$  – константа швидкості вилучення органічних забруднень, 1/с, обраховується за допомогою формули

$$k = k_{20} \cdot 1,047^{T-20} \quad (1.7)$$

Тут  $k_{20}$  – константа швидкості біохімічних процесів у стічній воді при температурі 20 °С,  $T$  – температура стічної води, °С. Для визначення коефіцієнта  $k_1$  використовують формули

$$k_1 = 10\alpha F_2 + \beta, \quad (1.8)$$

$$F_2 = \frac{H^x B_{y0}^y k_t^c}{qz}, \quad (1.9)$$

де  $\alpha$ ,  $\beta$  – постійні коефіцієнти. Таким чином, модифікація моделі самоочищення Стритера-Фелпса з додаванням біофільтра, описується системою звичайних диференціальних рівнянь (1.5), (1.6) з відповідними початковими умовами:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1L - kL, \quad (1.10)$$

$$\frac{dD}{dt} = k_1L - k_2D,$$

$$L(0) = L^0, \quad D(0) = D^0 \quad (1.11)$$

В роботі [4] використовується модифікація моделі розчиненого кисню – біологічної потреби кисню в наближенні кінетики першого порядку.

При нехтуванні повздовжньою дисперсією домішки для випадку неусталеного руху води та нестационарних кінетичних процесів рівняння моделі РК – БПК виглядає наступним чином:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(C \cdot w)}{\partial t} &= \frac{\partial(C \cdot Q)}{\partial x} - (K_1 + K_3) \cdot C \cdot w + G, \\ \frac{\partial(D \cdot w)}{\partial t} &= \frac{\partial(D \cdot Q)}{\partial x} - K_2 \cdot D \cdot w + K_1 \cdot C \cdot w + J \cdot B, \end{aligned} \quad (1.16)$$

де  $t$  – час, с;  $C(x,t)$  – концентрація біохімічної потреби в кисні, г/м<sup>3</sup>;  $D(x,t)$  – дефіцит кисню, г/м<sup>3</sup>;  $x$  – повздовжня координата вздовж русла, м;  $Q$  – витрата води, м<sup>3</sup>/с;  $B$  – ширина вільної поверхні водотоку, м;  $w$  – площа

поперечного січення водотоку,  $m^2$ ;  $u$  – середня за січенням швидкість водотоку,  $m/s$ ;  $G_j$  – шляхове навантаження на одиницю довжини водотоку,  $г/м \cdot с$ ;  $J$  – щільність кисневого потоку, обумовленого фотосинтезом та поглинанням донними відкладами,  $г/м^2 \cdot с$ ;  $K_1$  – коефіцієнт біохімічного розпаду біохімічної потреби в кисні,  $с^{-1}$ ;  $K_2$  – коефіцієнт реаерації,  $с^{-1}$ ;  $K_3$  – коефіцієнт фізичного видалення біохімічної потреби в кисні,  $с^{-1}$ .

Дефіцит кисню  $D(x,t)$  визначається як

$$D = O_{2S} - O_2 \quad (1.17)$$

де  $O_2$  – вміст кисню у воді,  $г/м^3$ ;  $O_{2S}$  – гранична рівноважна концентрація кисню у воді,  $г/м^3$ .

Динамічні моделі екологічного стану поверхневих вод 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. Математичне моделювання масопереносу забруднюючих речовин у річкових системах часто супроводжується труднощами, обумовленими просторово-часовою неоднорідністю досліджуваного процесу. Для моделювання екологічного стану води на окремі ділянки річки найбільш широко використовується система рівнянь турбулентної дифузії, що дозволяє розрахувати концентрацію домішок з будь-якою точністю.

### Список використаної літератури

1. Пряжинская В. Г. Современные методы управления качеством речных вод урбанизированных территорий. *Водные ресурсы*. 1996. №2. С. 168–175.
2. Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога). М.: Инфра-Инженерия, 2006. С. 404–420.
3. Безсонний В. Л., Третьяков О. В. Халмурадов Б.Д. Моделювання кисневого режиму поверхневих джерел питного водопостачання. *Збірник наукових праць*. Шостий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2017), Вінниця, ВНТУ, 2017. С. 88.
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.

IX Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція  
«Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» /  
ТЕБ-2019

*Наукове видання*

**ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ:  
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ  
(ТЕБ-2019)**

*Матеріали  
IX Всеукраїнської  
науково-практичної Інтернет-конференції*

*04-15 листопада 2019 р.*

*Відповідальний за випуск І.С. Сагайдак*

Здано до друку 21.11.2019. Формат 60.84/16

Папір офсетний № 1. Гарнітура «Arial».

Друк. арк. 15.3.

Тираж 300 примірників.

*Підготовлено до друку*

*Видавничо-поліграфічним центром Університету ДФС України  
08200, вул. Університетська, 31, м. Ірпінь, Київська область, Україна*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготовлювачів і  
розповсюджувачів видавничої продукції  
Серія ДК № 5104 від 20.05.2016*