

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ДУ «ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА НАН УКРАЇНИ»

ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА

НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА  
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ»

**XVII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

# **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ**

13-17 вересня 2021 р.  
м. Харків, Україна

Харків 2021

УДК 502.58:504.064.4

Друкується за постановою вченої ради УКРНДІЕП

Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей  
XVII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків,  
13-17 вересня 2021 р.) / УКРНДІЕП. – ПП «Стиль-Іздат», 2021. — 242 с.

У збірнику наукових статей висвітлено проблеми, що пов'язані з регіональною екологією, охороною атмосферного повітря та водних об'єктів, переробкою промислових та побутових відходів, моніторингом навколишнього природного середовища, радіоекологічною безпекою та екологічно чистими енергозберігаючими технологіями.

Збірник розраховано на вчених та спеціалістів академічних та галузевих науково-дослідних і проектних інститутів, керівників підприємств різних форм власності, організацій МОЗ України, представників департаментів екоресурсів обласних та міських державних адміністрацій та екологічних інспекцій, управлінь з питань надзвичайних ситуацій, органів державної виконавчої влади та місцевого самоврядування і громадських організацій.

Статті надруковано за авторською редакцією.

© Укладач Науково-дослідна установа  
«Український науково-дослідний  
інститут екологічних проблем»  
(УКРНДІЕП), 2021

Рашкевич Н. В., наук. співр.

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

Цитлішвілі К. О., наук. співр.

Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», м. Харків

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПОВЕРХНЕВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Зростаючі темпи розвитку промисловості зумовлюють не лише збільшення об'ємів використання води, а й її забруднення. Перевищення значень граничнодопустимих концентрацій (ГДК) забруднювальних речовин становить екологічну небезпеку, актуальними стають питання забезпечення цивільного захисту – попередження надзвичайних ситуацій унаслідок наявності у воді шкідливих (забруднювальних) речовин понад ГДК.

Зона поверхневого забруднення водного середовища антропогенними рідинами, в тому числі побутовими, виробничими та технологічними стічними водами, проходить три стадії формування [1, 2]. Радіус зони розпливання легкої рідкої фракції по поверхні водного середовища визначається:

– першою стадією (гравітаційно-інерційною), коли визначальну роль відіграють сили тяжіння і інерції,  $r_1$  (м) описується рівнянням (1):

$$r_1 = C_1 \cdot (g \cdot V \cdot t^2 \cdot \delta)^{1/4}, \quad (1)$$

– другою стадією (поверхневого натягу і в'язкості), коли визначальну роль відіграють сили поверхневого натягу та в'язкості,  $r_2$  (м) описується рівнянням (2):

$$r_2 = C_2 \cdot \left( \frac{\sigma^2 \cdot t^3}{\rho^2 \cdot \nu} \right)^{1/4}, \quad (2)$$

– третьою стадією (гравітаційно-в'язкою), коли визначальну роль відіграють сили тяжіння та в'язкості,  $r_3$  (м) описується рівнянням (2):

$$r_3 = C_3 \frac{g^{1/6} V^{1/3} \delta \cdot t^{1/4}}{\sigma^{1/12}}, \quad (3)$$

де  $C_1, C_2, C_3$  – безрозмірні коефіцієнти, які залежать від динамічного опору води;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості води (м<sup>2</sup>/с);  $t$  – час від початку розтікання (с);  $V$  – об'єм рідкої фракції (м<sup>3</sup>);  $\delta = (\rho_w - \rho) / \rho_w$  (де  $\rho_w$  – щільність води (кг/м<sup>3</sup>);  $\rho$  – щільність легкої рідкої фракції антропогенного забруднювача (кг/м<sup>3</sup>);  $\sigma$  – коефіцієнтом поверхневого натягу плівки (Н/м).

У ході досліджень проведені розрахунки часової залежності радіусів зон розпливання легкої рідкої фракції забруднювача з щільністю  $\rho \approx 800$  кг/м<sup>3</sup>, об'ємом  $V = 1$  м<sup>3</sup>,  $V = 3$  м<sup>3</sup> та  $V = 30$  м<sup>3</sup>, коефіцієнтом кінематичної в'язкості  $\nu = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с та коефіцієнтом поверхневого натягу плівки  $\sigma = 0,04$  Н/м (таблиця 1).

За відсутності зовнішніх сил стадія поверхневого натягу і в'язкості характеризується більшим радіусом поширення небезпечних речовин по поверхні водойм. Зі збільшенням об'єму забруднювача – набирає значення гравітаційно-інерційна стадія. Розпливанню перешкоджає сила поверхневого натягу, яка найсильніше проявляється при відносно невеликих об'ємах розливу, і сила тертя.

*Таблиця 1 – Часова залежність радіусів зон розпливання легкої рідкої фракції антропогенного забруднювача по поверхні водного середовища*

$t, \text{с}$		$10^3$	$3 \cdot 10^3$	$10^4$	$3 \cdot 10^4$	$10^5$	$3 \cdot 10^5$	$10^6$
$V = 1 \text{ м}^3$	$r_1, \text{м}$	37,6	65,2	119	206	376	652	1190
	$r_2, \text{м}$	90,7	206,7	510	1163	2868	65,37	16128
	$r_3, \text{м}$	7,8	10,3	13,9	18,2	24,6	32,4	43,8
$V = 3 \text{ м}^3$	$r_1, \text{м}$	49,5	85,7	157	271	495	858	15,65
	$r_2, \text{м}$	90,7	206,7	510	1163	2868	65,37	16128
	$r_3, \text{м}$	11,2	14,8	20,0	26,2	35,4	46,7	63,1
$V = 30 \text{ м}^3$	$r_1, \text{м}$	87,8	152	278	481	878	1523	2783
	$r_2, \text{м}$	90,7	206,7	510	1163	2868	65,37	16128
	$r_3, \text{м}$	24,3	32,0	43,2	56,6	76,5	100,8	136,2

Розглянемо єдиноразовий викид об'ємом  $V$  ( $\text{м}^3$ ). Через те, що щільність рідкої фракції забруднювача  $\rho$  менше щільності води  $\rho_w$  частина об'єму рідини  $\Delta V$  висотою  $\Delta h$  спочатку підноситься над водою. При рівності сили тяжіння рідини виштовхувальній силі Архімеда слідує, що

$$\Delta V = V \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_w} \right) = \delta V. \quad (4)$$

При цьому центр ваги об'єму рідкої легкої фракції забруднювача знаходиться на глибині  $h_1 = h/2 - \Delta h$ , де  $h = V/S$ , тоді  $\Delta h = \Delta V/S = \delta V/S$ , де  $S$  – нижня частина об'єму. Сила Архімеда надає об'єму легкої фракції потенційну енергію:

$$E = \rho V g \left( \frac{h}{2} - \Delta h \right) = \frac{\rho V^2 g}{S} \left( \frac{1}{2} - \delta \right). \quad (6)$$

При  $S = V^{2/3}$ , де  $\delta_1 = 1/2 - \delta = 0,3$ , маємо:

$$E = \rho V^{4/3} g \delta_1, \quad (7)$$

Сила тертя  $F$  ( $\text{Н/м}^2$ ), що уповільнює рух, описується рівнянням (8):

$$F = \eta S \frac{dv}{dh}, \quad (8)$$

де  $\eta = \rho v$  – коефіцієнт динамічної в'язкості,  $S = \pi r^2$  – площа плями легкої фракції антропогенного забруднювача радіусом  $r$ ,  $v$  – горизонтальна швидкість розтікання,  $h$  – вертикальна координата. Врахуємо, що  $\frac{dv}{dh} = \frac{dv}{dr} \frac{dr}{dh}$ , тоді для циліндричного об'єму

$$V = \pi r^2 h = \text{const} \text{ отримаємо, що } \frac{dr}{dh} = -\frac{r}{2h} = -\frac{\pi r^3}{2V}.$$

Робота сили тертя описується виразом (9):

$$A = \int_0^{r_m} F(r) dr = \frac{\pi}{2} \eta b r_m^2, \quad (9)$$

де  $r_m$  – максимальний радіус зони розпливання легкої фракції антропогенного забруднювача, що обмежується силою тертя.

Прирівнюючи вираз (7) співвідношенню (9) отримаємо:

$$S_m = \pi r_m^2 = \frac{2E}{\eta b} = \frac{256}{243\pi} \frac{g^{1/3} \delta_1}{v^{2/3} \delta^4} V,$$

$$r_m = \sqrt{\frac{2E}{\pi \eta b}} = \frac{8}{9\eta \delta^2} \sqrt{\frac{g^{1/3} \delta_1}{3v^{2/3}}} V. \quad (10)$$

Мінімальна товщина рідинної плівки при цьому

$$h_{\min} = \frac{243\pi}{256} \frac{v^{2/3} \delta^4}{g^{1/3} \delta_1}. \quad (11)$$

Розглянуті вище співвідношення справедливі лише за відсутності зовнішніх сил, викликаних вітром, течіями, поверхневими хвилями і турбулентної дифузії.

Результати моніторингу водного середовища є основою для прийняття управлінських рішень з їх очищення та відновлення. Система моніторингу вирішує задачі з реєстрації наявності антропогенних домішок, вимірювання їх концентрації, ідентифікації, визначення меж та обчислення параметрів поширення [3].

Сьогодні традиційна система моніторингу компонентів навколишнього середовища представляє собою ручний відбір проб [4], вимірювання складових параметрів забруднювачів, відповідний збір та подальшу обробку даних. Але при цьому відсутня безперервність та оперативність в отриманні результатів, що важливо в умовах надзвичайних ситуацій.

Дистанційні засоби, а саме лідари, забезпечують високу точність, достовірність, безперервність та оперативність в отриманні результатів спостереження [5,6]. Лідари, на основі використання сигналів комбінаційного розсіювання води, які надходять від лазерного променя у водній товщі під плівкою небезпечної зони, дають можливість

визначати не тільки вид забруднювача, але й масштаби забруднення – товщину плівки забруднювача.

Практичне значення роботи полягає в формуванні інформаційної бази опису масштабів поверхневого забруднення водного середовища для підтримки прийняття управлінських рішень в системі забезпечення навколишнього середовища та людини окремо. Подальші дослідження спрямовані на оцінку поверхневих забруднень за допомогою дистанційних засобів моніторингу – лідарів, та порівняння розрахункових результатів моделювання з практичними.

### **Література**

1. Трухин В. И. Общая и экологическая геофизика / В. И. Трухин, К. В. Показеев, В. Е. Куницын. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, – 576 с.
2. Тютюник В.В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. –Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – Вип. 14. – С. 171-194.
3. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: монографія / В.А. Андронов, М.М. Дівізінюк, В.Д. Калугін, В.В. Тютюник. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. – 319 с.
4. ДСТУ ISO 5667-2:2003. Якість води. Відбирання проб. Частина 2. Настанови щодо методів відбирання проб.
5. Костюченко Ю.В., Ющенко М.В., Білоус Ю.Г. Моделювання базових тенденцій формування та розвитку надзвичайних ситуацій гідрологічного характеру. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / за ред. В.І. Лялько та М.І. Попова. Київ: Наукова думка, 2006. С. 120-143.
6. Петрук В. Г., Кватернюк С. М., Васильківський І. В. Моделювання режиму роботи лідара комбінаційного розсіяння випромінювання. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2008. № 2 (16). С. 161–167.

<b>Пісня Л. А., Чумаченко С. М., Петрухін С. Ю.,</b> Обґрунтування узагальнених базових елементів теоретичних та практичних основ управління екологічною безпекою.....	146
<b>Рашкевич Н. В., Цитлішвілі К. О.,</b> Дослідження динаміки поверхневого забруднення водного середовища.....	152
<b>Савцова О. В., Воронов Г. К., Каліновська А. В., Свіщов Д. О.</b> Радіопоглинаючі склокерамічні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання.....	157
<b>Савцова О. В., Покроєва Я. О., Молчанова К. І.</b> Розробка заходів знезараження місць громадського користування в умовах поширення пандемії із застосуванням керамічних плиток.....	163
<b>Сєрікова О. М., Стрельнікова О. О., Пісня Л. А.</b> Підвищення рівня екологічної безпеки систем зберігання нафти,.....	170
<b>Сєрікова О. М., Стрельнікова О. О., Пісня Л. А.</b> Підвищення сейсмічної небезпеки у водонасичених ґрунтах.....	173
<b>Сікідіна Т. М., Забара І. І.</b> Вплив зворотних стічних вод з очисних споруд м. Суми на стан річки Псел...	176
<b>Старко Н. В.</b> Оценка линейного роста дрейссены ( <i>dreissena polimorpha</i> ) в водоеме- охладителе Змиевской ТЭС с позиций ее воздействия на функционирование электростанции.....	183
<b>Старко Н. В.</b> О целесообразности использования морфометрических показателей рыб для биомониторинга экологического состояния массивов поверхностных вод.....	188
<b>Таргонський А. О., Пісня Л. А., Хабарова Г. В., Гончаренко І. О.</b> Підвищення екологічної безпеки експлуатації звалищ та полігонів твердих побутових відходів при прийнятті управлінських рішень.....	196
<b>Уберман В. І.</b> Принципи та тенденції українського регулювання скидання забруднювальних речовин.....	202