

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

№ 1–2 (21), січень-червень 2016 р.

Збірник наукових праць

Заснований у 2008 р.
Виходить 4 рази на рік

КИЇВ 2016

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головні редактори **О.С. Волошкіна**, д-р техн. наук, проф.
О.М. Трофимчук, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ

Члени редколегії:

Білявський Г.О.,	д-р геол.-мін. наук, проф.
Биченок М.М.,	д-р техн. наук
Довгий С.О.,	д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАНУ
Калюх Ю.І.,	д-р техн. наук, проф.
Качинський А.Б.,	д-р техн. наук, проф.
Коржнев М.М.,	д-р геол.-мін. наук, проф.
Олійник О.Я.,	д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ
Павлишин В.І.,	д-р геол.-мін. наук, проф.
Радчук В.В.,	д-р геол. наук
Рудько Г.І.	д-р техн. наук, д-р геол.-мін. наук, д-р геогр. наук, проф.
Стрижак О.Є.,	д-р техн. наук
Удод В.М.,	д-р біол. наук, проф.
Шнюков С.Є.,	д-р геол. наук, проф.
Яковлев Є.О.,	д-р техн. наук

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
(протокол № 6 від 14.06.2016 р.)

Збірник наукових праць включений до списку наукових фахових видань України (затверджено Постановами Президії ВАК України №1-05/3 від 14 квітня 2010 р. за напрямом «технічні науки» та № 1-05/8 від 22 грудня 2010 р. за напрямом «геологічні науки»).

ОСНОВНІ ТЕМАТИЧНІ РОЗДІЛИ ЗБІРНИКА

- Екологічна безпека
- Інформаційні ресурси та системи
- Основи природокористування
- Дискусійні повідомлення

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ

03186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13,
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
Телефони: (044) 245-87-97
(044) 524-22-62
E-mail: itelua@kv.ukrtel.net

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 14146-3117 Р від 27.05.2008 р.

Електронна версія збірника в Інтернеті
міститься на сайті Національної
бібліотеки України ім. В.І. Вернадського

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Венгерський П.С., Трофимчук О.М.

Комп'ютерний аналіз та моделювання потоків рідини в річках з використанням Web-аплікацій з GIS-компонентою на основі ArcGIS Server'a..... 5

Коржнев М.М., Кошарна С.К.

Концептуальні підходи щодо визначення асиміляційного потенціалу територій з врахуванням його складових для геологічного середовища..... 16

Воскобойник В.А., Хомицкий В.В., Воскобойник А.А., Воскобойник А.В., Терещенко Л.Н., Хижа И.А.

Распределение давления на поверхности гибкой струенаправляющей завесы..... 25

Дмитруха Т.І., Маджд С.М., Радомська М.М., Бовсуновський Є.О.

Визначення терміну безпечного перебування людей на об'єктах різного призначення у разі їх забруднення парою ртуті 35

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Коваленко О.В., Кряжич О.О.

Інформаційна модель міграції тритію..... 41

Телима С.В., Плахотний С.А.

Про зміни природних та техногенних умов на територіях закриття вугільних шахт 52

Кривомаз Т.І., Демецька О.В., Мовчан В.О.

Перший аналіз цитотоксичності міксоміцетів..... 57

Гречанюк В.Г., Гречанюк І.М., Маценко О.В.

Вплив шкідливих викидів в атмосферу на корозійну стійкість композитів (Cu-Zr-Y)-Mo..... 63

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

Калюх Ю.І., Клименков О.А., Берчун Я.О.

Моніторинг Лівадійського палацу при змінах фізико-механічних характеристик ґрунтів Центральної Лівадійської зсувної системи..... 69

Лагоднюк А.М., Корбутяк В.М., Стефанишин Д.В.

Ідентифікація коефіцієнта шорсткості річкових заплав за даними дистанційного зондування для підтримки математичного моделювання неусталеного руху води при повенях..... 83

Варавін Д.В., Сіпаков Р.В.

Показники ефективності енергозбереження та екологічної безпеки при реконструкції житлових будинків 95

Зорін Д.О.

3D моделювання Дністровського протипаводкового полігону..... 102

РЕФЕРАТИ..... 112

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ..... 119

CONTENTS

ENVIRONMENTAL SAFETY

Venherskyi P.S., Trofymchuk O.M.

Computer modeling and analysis of fluid flow in rivers using Web-applications from components based on ArcGIS Server 5

Korzhnev M.N., Kosharna C.K.

Conceptual approaches in relation to determination of territories assimilatory potential taking into account his constituents for geological environment..... 16

Voskoboinick V.A., Khomicky V.V., Voskoboinick A.A., Voskoboinick A.V., Tereschenko L.N., Khizha I.V.

Pressure distribution on the surface of the flexible training screen 25

Dmytrukha T.I., Madzhd S.M., Radomska M.M., Bovsynovsky E.O.

Determination of the period of safety people situated at objects of the different types in case of their mercury pollution 35

NATURAL RESOURCES

Kovalenko O.V., Kryazhych O.O.

Information model of the tritium migration 41

Telyma S.V., Plakhotniy S.A.

About the changes of the natural and the technogenic conditions on the territories of the closing of the coal miners 52

Kryvomaz T.I., Demetska O.V., Movchan V.O.

The first analysis of myxomycetes cytotoxicity 57

Hrechanyuk V.G., Hrechanyuk I.M., Matsenko O.V.

The impact of harmful emissions on corrosion resistance composites (Cu-Zr-Y)-Mo 63

INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

Kaliukh I., Klymenkov O., Berchun Y.

Monitoring of the livadia palace with a changes of physical and mechanical characteristics of the Central livadia landslide system 69

Lagodnyuk A.M., Korbutyak V.M., Stefanyshyn D.V.

Identification of floodplains roughness coefficient with using remote sensing data to support mathematical modelling of unsteady water movement under floods..... 83

Varavin D.V., Sipakov R.V.

Indicators of energy efficiency and environmental safety at residential buildings reconstruction..... 95

Zorin D.O.

3D modeling of Dniester anti-flood landfill..... 102

ABSTRACTS..... 112

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS..... 119

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 532.543

П.С. ВЕНГЕРСЬКИЙ, О.М. ТРОФИМЧУК

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКІВ РІДИНИ В РІЧКАХ З ВИКОРИСТАННЯМ WEB-АПЛІКАЦІЙ З GIS-КОМПОНЕНТОЮ НА ОСНОВІ ARCGIS SERVER'А

Анотація. Розглянуто підхід до моделювання стоку нестисливої рідини у псевдопризматичному руслі з вертикальною площиною симетрії. Описано умови стійкості для встановленого потоку. Введено і проаналізовано значення корективу середньої швидкості для різних видів потоків у річках. Наведено варіаційне формулювання задачі, яка розв'язувалася методом скінченних елементів. Результати протестовано на прикладі, що має аналітичний розв'язок, а також виконано порівняння результатів обчислень із лабораторними дослідженнями інших авторів.

У даній роботі запропоновано технології, які б дали змогу використовувати ArcGIS-розширення, тобто GIS-компоненти, для Web-застосувань на базі ArcGIS Server'а. Такі технології забезпечують просте та зручне інтегрування та використання GIS-компонент на Web-сайті, де на окремому шарі надаються можливості моделювання та розв'язування прикладних задач руху потоків води у річках.

Ключові слова: рівняння руху рідини, швидкість потоку, переріз русла, напірний рух, радіус кривини середньої лінії дна, проекційні рівняння, схема Гальоркіна, метод скінченних елементів, однокрокова рекурентна схема, лінеаризація.

Вступ

Сьогодні гідрологічні системи, до яких можна віднести річкові басейни, ріки, озера, зазнають сильного антропогенного впливу. Господарська діяльність на водозборі, використання водних ресурсів та зумовлені перетворенням природного середовища регіональні і глобальні зміни клімату не можуть не спричинити зміни у гідрологічному циклі та в процесах формування річкового стоку. Виникає потреба оцінювати ці зміни і, якщо можливо, передбачити стан гідрологічних систем у майбутньому. Головні перспективи розвитку методів досліджень і передбачень поведінки природних систем на даний час вирішуються за допомогою їх математичного моделювання [1, 5–8, 10].

Рівняння руху потоків рідини у псевдопризматичних руслах

Запишемо систему рівнянь, що характеризують рух рідини:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right); \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial vu}{\partial x} + \frac{\partial vv}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial z} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial wu}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial y} + \frac{\partial ww}{\partial z} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right). \quad (4)$$

Рівняння (1) – це рівняння нерозривності для нестисливої рідини, а (2)–(4) – рівняння Нав'є – Стокса.

Прийmemo за координатну лінію x_1 лінію середнього дна, а за координатні лінії x_2 і x_3 – прямі, що лежать у нормальній до лінії дна площині так, що x_2 напрямлене горизонтально. Припущення про малість глибини потоку порівняно з радіусом кривизни лінії середнього дна пов'язане якраз із цим вибором системи координат.

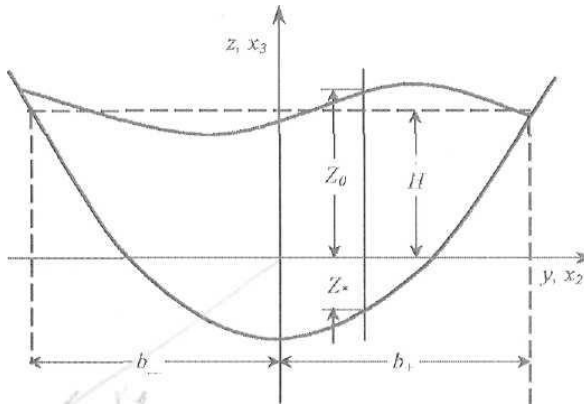


Рис. 1 – Поперечний переріз потоку

Позначимо U – швидкість потоку річки, F – площу живого перерізу потоку річки для заданої ширини B . Проінтегруємо систему рівнянь (1)–(4) за площею поперечного перерізу потоку (рис. 1) і, нехтуючи доданками, що значно не впливають на поведінку розв'язків задачі, після простих математичних перетворень отримаємо систему рівнянь у вигляді [2–4]:

$$\frac{\partial(UF)}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial t} = 0;$$

(5)

$$\frac{1}{g} \left(\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial \alpha U}{\partial x} - \frac{\alpha - 1}{F} U \frac{\partial F}{\partial t} \right) = i - \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{U^2}{C^2 R}.$$

Формулювання початково-крайової та варіаційної задач

Виконаємо в другому рівнянні системи (5) заміну $\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial F}{\partial x} \cdot \frac{1}{B}$, отримаємо

$$\frac{\partial(UF)}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial t} = 0;$$

(6)

$$\frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\alpha}{g} U \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\alpha - 1}{g} \frac{U}{F} \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{U^2}{C^2 R} = i,$$

де $g = 9,8$ м/с – прискорення сили тяжіння; $c = \text{const}$ – коефіцієнт Шезі; $i = \sin \delta = \text{const}$ – нахил лінії середнього дна; $B = b_- + b_+ = \text{const}$ – ширина вільної поверхні; $R = \text{const}$ – гідравлічний радіус русла; α – відомий у гідравліці коректив середньої швидкості.

Доповнимо ці рівняння початковими

$$U|_{t=0} = u_0(x), \quad F|_{t=0} = f_0(x) \quad \text{на } [0, L]$$

та крайовими

$$U(t, 0) = 0, \quad F(t, 0) = 0$$

умовами, отримаємо початково-крайову задачу знаходження невідомих U, F .

Уведемо простори допустимих функцій $H := L^2(\Omega)$, $V := \{v \in H^1(\Omega) \mid v(0) = 0\}$.

Для побудови варіаційної задачі домножимо перше рівняння задачі (20) на довільну функцію $\varphi \in V$, друге – на $\psi \in V$ і результати проінтегруємо за областю Ω .

Уведемо такі білінійні форми:

$$a(u, f, \varphi) = \int_{\Omega} u \frac{\partial f}{\partial x} \varphi dx; \quad b(u, \varphi) = \int_{\Omega} u \varphi dx; \quad c(u, \varphi) = \int_{\Omega} \frac{\partial u}{\partial x} \varphi dx; \quad d(u, f, \varphi) = \int_{\Omega} u f \varphi dx,$$

а також лінійний оператор

$$l(\varphi) = \int_{\Omega} i \varphi dx.$$

Тоді варіаційне формулювання початково-крайової задачі (6) запишемо так:

Задано:

$$u_*, f_* \in H$$

Знайти пару:

$$(u, h) \in L^2(0, T; V \times V) \text{ таку, що}$$

$$\begin{cases} a(u, f, \varphi) + a(f, u, \varphi) + b(f', \varphi) = 0; \\ \frac{1}{g} b(u', \psi) + \frac{\alpha}{g} a(u, u, \psi) + \frac{1}{B} c(f, \psi) + \frac{1}{C^2 R} d(u, u, \psi) - \frac{\alpha - 1}{g} d(w, f', \psi) = \langle l, \psi \rangle; \\ b(u(0) - u_0, \varphi) = 0, b(f(0) - f_0, \psi) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Дискретизація задачі за просторовою та часовою змінними

Для побудови обчислювальної схеми розв'язку варіаційної задачі виконаємо напівдискретизацію варіаційної задачі в часі [9]. Розділимо відрізок часу $[0, T]$ на $N_T + 1$ однакові (хоча це необов'язково) частини $[t_j, t_{j+1}]$ завдовжки

$$\Delta t = t_{j+1} - t_j, \quad j = 0, \dots, N_T.$$

На кожному відрізку $[t_j, t_{j+1}]$ шукаємо розв'язки задачі (7) $u(x, t), f(x, t) \in L^2(0, T; V)$, які апроксимуємо поліномами вигляду

$$\begin{cases} u_{\Delta t}(x, t) = \{1 - \omega(t)\} u^j(x) + \omega(t) u^{j+1}(x); \\ f_{\Delta t}(x, t) = \{1 - \omega(t)\} f^j(x) + \omega(t) f^{j+1}(x); \\ t \in [t_j, t_{j+1}], j = 0, 1, \dots, N_T - 1, \omega(t_j, t) = \frac{t - t_j}{\Delta t} \end{cases} \quad (8)$$

з невідомими функціями $u^j(x), f^j(x) \in V_h$.

Для функціонала $l(x, t) \in V_h^1$ задачі (7) будемо використовувати апроксимації вигляду

$$l_{\Delta t}(x, t) = l_{j+1/2} = l(t_{j+1/2}, x). \quad (9)$$

Виберемо послідовність скінченновимірних просторів апроксимацій V_h з простору V з властивостями $\dim V_h \xrightarrow{h \rightarrow 0} \infty$.

Тоді (u_h, f_h) – напівдискретна апроксимація розв'язку (u, f) .

Виберемо базис $\{\varphi_j\}_{j=1}^N$ простору апроксимацій V_h . Апроксимація Гальоркіна u_h та f_h однозначно визначена такими розкладами:

$$u_h^j(x) = \sum_{i=1}^N U_i^j \varphi_i(x), \quad f_h^j(x) = \sum_{i=1}^N F_i^j \varphi_i(x) \quad (10)$$

за функціями базису $\{\varphi_i\}_{i=1}^N$ і невідомими коефіцієнтами $U = \{U_i\}_{i=1}^N, F = \{F_i\}_{i=1}^N$.

З використанням матричних позначень рекурентна схема (10) допускає еквівалентне зображення:

Задано:

$$\Delta t, \omega(t) = \text{const} > 0,$$

$$u^j, f^j \in R^n.$$

Знайти:

$$u^{j+1}, f^{j+1} \in R^n.$$

такі, що:

$$\begin{cases} [B1 + \Delta t \gamma A1(u^j) + \Delta t \gamma A2(u^j)] f^{j+1/2} + [\Delta t \gamma A3(f^j) + \Delta t \gamma A4(f^j)] u^{j+1/2} = \\ = -AP1(u^j, f^j) - AP2(f^j, u^j); \\ \left[\frac{1}{B} \Delta t \beta C + \frac{\alpha - 1}{g} D2(w^j) \right] f^{j+1/2} + \left[\frac{1}{g} B2 + \frac{\alpha}{g} \Delta t \beta (A5(u^j) + A6(u^j)) + \frac{1}{C^2 R} 2 \Delta t \beta D1(u^j) \right] u^{j+1/2} = \\ = L_{j+1/2} - \frac{\alpha}{g} AP3(u^j, u^j) - \frac{1}{B} CP(f^j) - \frac{1}{C^2 R} DP(u^j, u^j); \\ u^{j+1} = u^j + \Delta t u^{j+1/2}, f^{j+1} = f^j + \Delta t f^{j+1/2}. \end{cases} \quad (11)$$

Для розв'язування задачі напівдискретизації Гальоркіна було використано кусково-лінійні апроксимації методу скінченних елементів.

Тестові приклади

Приклад 1. Розглянемо приклад з відомим аналітичним розв'язком:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(u f)}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial t} &= 0; \\ \frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{u}{g} \frac{\partial \alpha u}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{(\alpha - 1)}{f} u \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{u^2}{C^2 R} &= i + G(x, t); \\ u|_{t=0} &= -x, \quad f|_{t=0} = x; \end{aligned}$$

$$u(t, 0) = 0, \quad f(t, 0) = 0,$$

де

$$G(x, t) = \frac{1}{(1+t)^2} \left(\frac{x}{g} + \frac{\alpha x}{g} + \frac{2(\alpha - 1)}{g} + \frac{(1+t)^4}{B} + \frac{x^2}{C^2 R} \right) - i.$$

Точний аналітичний розв'язок цієї задачі запишемо у вигляді

$$\begin{cases} u^*(x, t) = -\frac{x}{(1+t)}; \\ f^*(x, t) = x(1+t)^2. \end{cases}$$

Обчислення проведені для розбиттів відрізка $x \in [0,1]$ на 20, 40, 80 скінченних елементів і з кроком $\Delta t = 0.01$.

Нижче подаються графіки зміни площі поперечного перерізу та швидкості в часі.

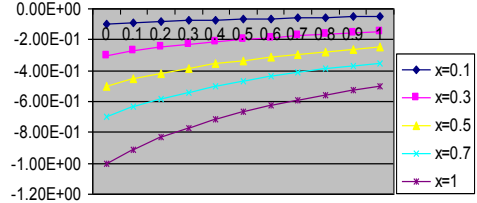
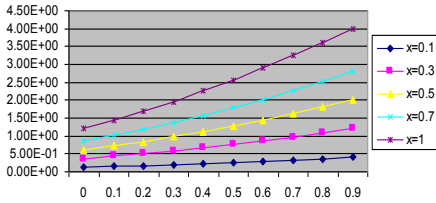


Рис. 2 – Площа для різного розбиття по X Рис. 3 – Швидкість для різного розбиття по X

Норму похибки для функції F , як і для U , обчислювали за такою формулою:

$$\|e_{\Delta th}\|^2 = \int_0^T \int_0^1 (f_{h\Delta t} - f)^2 dx dt = \sum_{t_i}^{t_{i+1}} \int_0^1 (f_{h\Delta t} - f)^2 dx dt = \Delta t \sum_{i=0}^{N-1} \int_0^1 \left(f_{h\Delta t} \left(x, t_{i+\frac{1}{2}} \right) - f \left(x, t_{i+\frac{1}{2}} \right) \right)^2 dx.$$

Порядок збіжності за просторовою змінною знаходили зі співвідношення:

$$K = \log_2 \frac{\|e_{\Delta th}\|^2 - \|e_{\Delta t \frac{h}{2}}\|^2}{\|e_{\Delta t \frac{h}{2}}\|^2 - \|e_{\Delta t \frac{h}{4}}\|^2}.$$

Отримано порядок збіжності для функції F , який дорівнює 1.925635, аналогічно для функції U – 2.40379. Подібно обчислювали порядки збіжності за часом, для функції F : $K = 5.007565$; для функції U : $K = 4.996095$.

Для різних типів річок вибрано такі значення параметра α :

$\alpha = 1$ – рівнинні;

$1 < \alpha \leq 1.07$ – напівгірські;

$1.07 < \alpha < 6$ – гірські річки.

Задано такі значення параметра α : $\alpha = 1$; $\alpha = 1.05$; $\alpha = 2$.

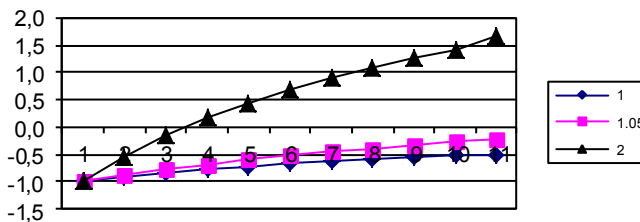


Рис. 4 – Значення швидкості при різних параметрах α

Приклад 2. Покажемо використання цієї моделі на складному дні русла ріки.

$$\frac{\partial(uf)}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0;$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{u}{g} \frac{\partial \alpha u}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{(\alpha - 1)}{f} u \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{u^2}{C^2 R} = i;$$

$$u|_{t=0} = 0, \quad f|_{t=0} = x^2;$$

$$u(t, 0) = 0, \quad f(t, 0) = 0,$$

де параметри: $\alpha = 1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq 1, \Delta t = 0.0001, B = 8, g = 9.8, C = 60, R = 1$.

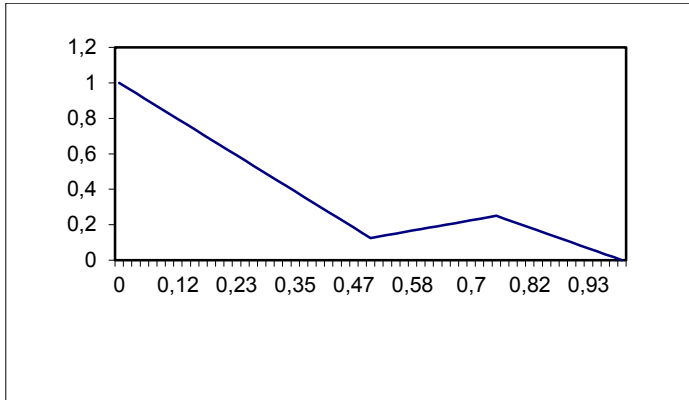


Рис. 5 – Зображення рельєфу дна ріки

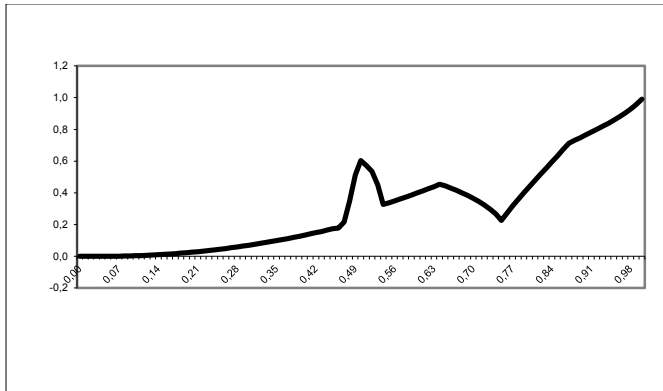


Рис. 6 – Зміни площі поперечного перерізу F

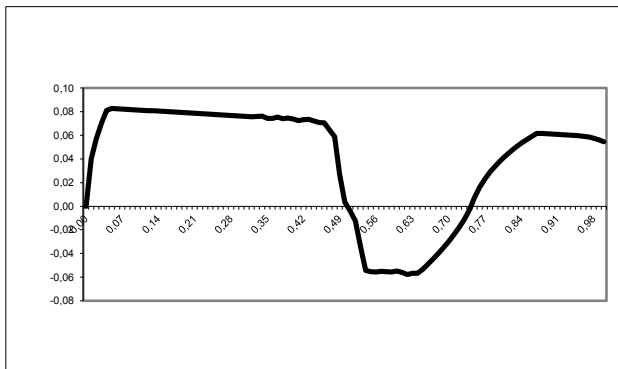


Рис. 7 – Зміни швидкості руслового потоку для постійної ширини русла $B = 8$

З аналізу графіків з рис. 6 і рис. 7 видно, що площа поперечного перерізу приймає найбільше і найменше значення в точках екстремуму рельєфу дна річки. Швидкість потоку з рис. 7 приймає від'ємні значення, коли вода перетікає вершини рельєфу дна потоку. Слід зауважити, що складність рельєфу дна породжує осциляції розв'язку задачі, що приводить до апроксимацій шуканої функції базисними функціями вищих порядків або до застосування адаптивних схем побудови сіток у вибраній області.

Використання аплікації з GIS-компонентою, побудованої на основі ArcGIS Server'a

Завданням даного проекту є розробка технології, яка б дала змогу використовувати ArcGIS-розширення, тобто GIS-компоненти, для Web-застосувань на базі ArcGIS Server'a без внесення значних змін у сайт. Такі технології забезпечують просте та зручне інтегрування та використання GIS-компонент на Web-сайті.

Програмне забезпечення повинно володіти наступними можливостями:

- динамічне додавання та видалення шарів карт;
- підтримка основних операцій з об'єктами на шарах;
- організація різних запитів про характеристики об'єктів на шарах.

Також додатково типовому шару надаються можливості моделювання та розв'язування прикладних задач з даними характеристиками об'єктів шару.

Дана технологія буде суттєво зменшувати вартість програмного забезпечення, яке б мало бути на комп'ютері кінцевого користувача (клієнта), тому що на ньому не потрібно встановлювати програмне забезпечення сімейства ArcGIS і, відповідно, не витрачаються кошти на придбання ArcGIS-ліцензії для роботи з ним.

Вимоги, які забезпечує дана технологія:

- дизайн GIS-компонент повинен бути аналогічний до дизайну Windows-компонент;
- на стороні клієнта не потрібно встановлювати програмного забезпечення ArcGIS, а лише операційні системи сімейства Windows, Web-browser Internet Explorer 5 та .NET Framework 2.0;
- безпека:
 - HTTPS (HTTP Security protocol);
 - система логування;
- інтеграція у вже існуючі Web-сайти, створені на основі ArcGIS Server Web ADF та ArcGIS Server Manager;
- мінімальне використання ArcObjects на стороні сервера та робота компонент на стороні клієнта без використання ArcObjects.

Покажемо використання такої технології для створення GIS-компоненти web-сайту гідрологічної системи вибраної території.

Технологія складається з наступних трьох головних частин:

1. Core;
2. Implementation Framework для ArcMap;
3. Implementation Framework для ArcGIS Server Web ADF.

На рис. 8 зображено графічне розташування частин та взаємозв'язки між ними даної технології.

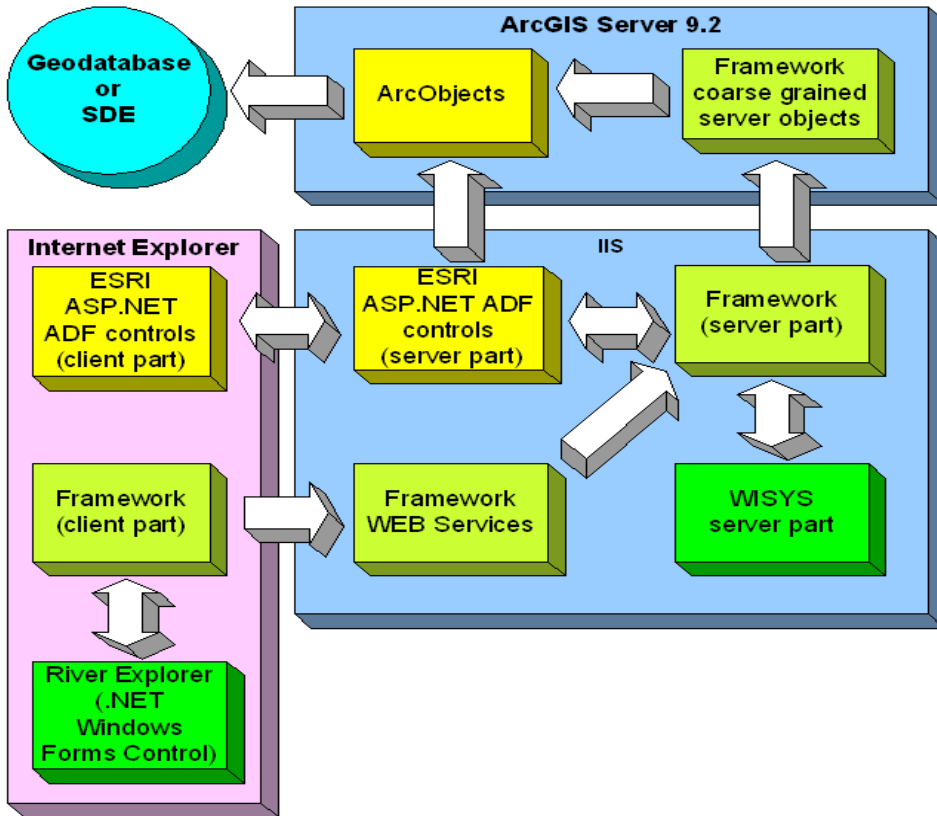


Рис. 8 – Архітектура розміщення об'єктів системи

Як бачимо на рис. 8, GIS-компоненти знаходяться на клієнтській стороні і через певний набір методів (Framework(client part)) зв'язуються з Веб-сервісом, який знаходиться на Веб-сервері. Веб-сервіс служить для зв'язку з ArcGIS Server-ом, де через ArcObject обмінюється даними з базою даних, та збереження даних в сесії. Також на серверній стороні використовуються компоненти ESRI ASP.NET ADF, які тісно пов'язані з відповідними компонентами на Веб-сервері. На Веб-сервері ці компоненти зв'язані з Веб-сервісом через набір методів з Framework(server part), а також передають дані в базу даних через ArcObjects. Такий механізм забезпечує надійну роботу серверів та зв'язків між певними їхніми частинами. За таким механізмом і повинно працювати розширення сайтів на основі ArcGIS Server.

У даній роботі створено Web-застосування геоінформаційної системи водних ресурсів України, яка використовує технологію універсального розширення. В ній створено та вбудовано GIS-компоненту, яка використовує наступні можливості розширення Web-сайту:

- виділення річки;
- збільшення зображення річки;
- інформація про річку;
- розв'язування задачі моделювання водних потоків у річках.

Вигляд Web-сторінки сайту з GIS-компонентою показано на рис. 9.

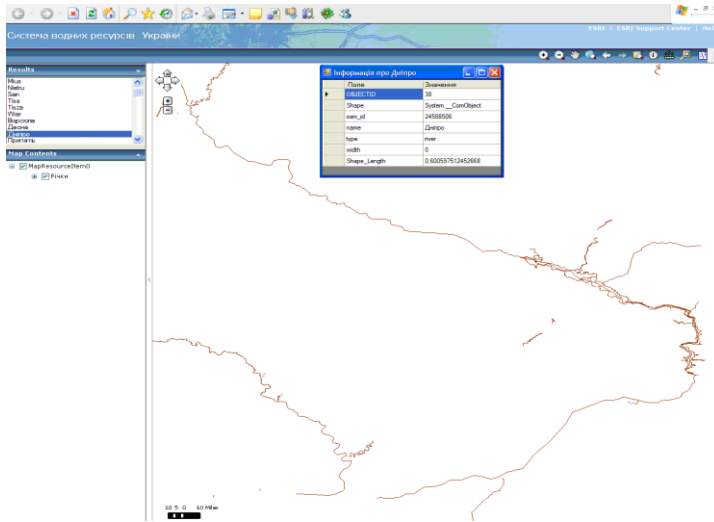


Рис. 9 – Інформація про річку

Далі показано виклик меню для вводу даних та отримання результатів розв'язку задачі.

Форма вводу даних про річки, в якій задаються додаткові характеристики потоку, викликається наступним чином:

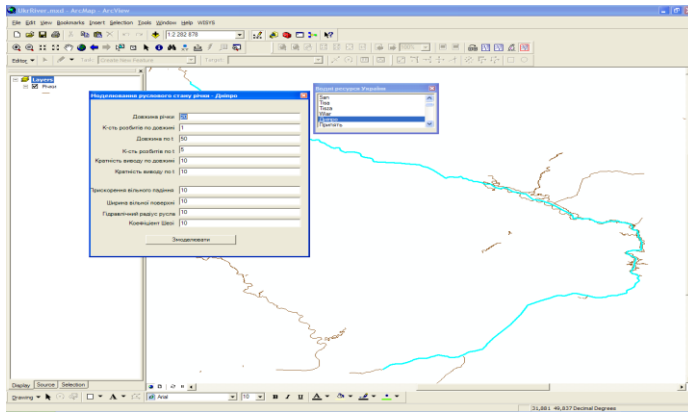


Рис. 10 – Форма вводу даних для розв'язування задачі моделювання руслового потоку

У результаті розв'язування задачі створюється новий шар, в якому шириною кривої русла річки і динамічним насиченням її кольору показано рівень наповненості ріки і швидкість руху води по руслу.

Підсумки та перспективи застосування

У даній роботі розглянуто задачу математичного моделювання руслового стоку рідини з поверхні водозбору. Виведено із загальних рівнянь Нав'є – Стокса систему рівнянь, що описують русловий стік. Сформульовано умови зміни параметра для різних видів потоків у річках. Досліджено умови стійкості

встановленого потоку. Сформульовано початково-крайову задачу руху нестисливої рідини в руслі з вертикальною площиною симетрії та варіаційну задачу, яка розв'язується методом скінченних елементів. Виконано напівдискретизацію варіаційної задачі в часі та дискретизацію Гальоркіна за просторовою змінною. Обчислено абсолютні та відносні похибки швидкості та глибини руслового потоку, проаналізовано норму похибки результуючих даних.

Знайдено порядок збіжності числової схеми апроксимації розв'язку за просторовою змінною і часом. Виконано порівняння числових результатів з точним аналітичним розв'язком задачі. Апробовано поведінку розв'язків задачі для різних типів рельєфу дна русла. Зроблено аналіз достовірності результатів програми та порівняння їх з результатами лабораторних досліджень російських вчених [11].

Для формування даних і візуалізації розв'язку задачі запропоновано технології, які б дали змогу використовувати Web-застосування на базі ArcGIS Server'a, де на окремому шарі надаються можливості моделювання та розв'язування прикладних задач, а саме моделювання потоків води у річках вибраної території.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бураков Д.А. Математическое моделирование стока: теоретические основы, современное состояние, перспективы / Д.А. Бураков, Е.Д. Карелова, В.В. Шайдуров // Вестн. КрасГУ. – 2006. – 19 с.
2. Венгерський П.С. Математичне моделювання руслового стоку вологи / П.С. Венгерський, Я.В. Коковська // Dynamical System Modeling and Stability Investigation: – «DSMSI-2007»; International Conference: Theses of conference reports. May 22–25. Kyiv, 2007. – P. 174.
3. Венгерський П.С. Моделювання потоків рідини на території водозбору з використанням WEB-аплікацій з GIS-компонентою на основі ArcGIS Server'a / П.С. Венгерський, І. Кіщак, Я.В. Коковська // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Том 23. – 2010 – № 1. – С. 36–48.
4. Венгерський П.С. Один з підходів моделювання процесів руслового стоку рідини / П.С. Венгерський, Я.В. Коковська // Вісн. Льв. ун-ту. Сер. прикл. матем. інформ. Вип. 15 – 2010.
5. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока / Ю.Б. Виноградов – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 312 с.
6. Гришанин К.В. Динамика русловых потоков / К.В. Гришанин – Л.: Гидрометеиздат, 1979. 311 с.
7. Картвелишвили Н.А. Неустановившиеся открытые потоки / Н.А. Картвелишвили – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 126 с.
8. Кучмент Л.С. Модели процессов формирования речного стока / Л.С. Кучмент– Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 142 с.
9. Савула Я.Г. Метод скінченних елементів / Я.Г. Савула, Г.А. Шинкаренко – Львів, 1999. – 80 с.
10. Трофимчук А.Н. Динамика пористоупругих насыщенных жидкостью сред / А.Н. Трофимчук, А.М. Гомилко, О.А. Савицкий – К.: Наукова думка – 2003. – 232 с.
11. <http://bedload.boom.ru/index.html>: Теплов В.И. Расчет водопропускной способности призматического прямоугольного русла с отрицательным уклоном дна. Государственный гидрологический институт СПб. – Россия. – 13 с.

Стаття надійшла до редакції 29.03.2016

УДК 553.504.06

М.М. КОРЖНЕВ, С.К. КОШАРНА

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЙ З ВРАХУВАННЯМ ЙОГО СКЛАДОВИХ ДЛЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Анотація. Асиміляційний потенціал виступає як елемент, що перешкоджає виникненню екологічної небезпеки і зменшує як саму небезпеку, так і можливий екологічний збиток від надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф у зоні ризику.

Для порівняльної оцінки загального асиміляційного потенціалу територій доцільно використати такі складові асиміляційного потенціалу геологічного середовища: 1 – здатність територій розсіювати (зв'язувати) забруднення; 2 – стійкість породного масиву (його здатність протидіяти розвитку небезпечних геологічних процесів); 3 – ступінь захищеності горизонтів підземних вод питного водопостачання. Пропонується здійснити бальну оцінку цих складових. Сума їх балів буде відображати загальний асиміляційний потенціал території. Для інтегральної оцінки загального асиміляційного потенціалу конкретної території треба скористатись середньоваговими значеннями балів для кожної складової у залежності від площ їх розповсюдження.

Ключові слова: екологічна небезпека, екологічний ризик, екологічний збиток, антропогенне навантаження.

Вступ

Поняття асиміляційного потенціалу останнім часом починає широко використовуватися в економіці природокористування і плануванні економічного розвитку регіонів. У його основі лежать суто природні властивості територій частково поглинати антропогенний вплив. Вони є різними для різних складових навколишнього природного середовища і різних територій, що потребує визначення концептуальних підходів щодо оцінки асиміляційного потенціалу конкретних територій, виходячи із саме цих властивостей.

Асиміляційний потенціал у системі понять екологічної безпеки

Всі природні процеси й явища, пов'язані з геологічним середовищем, та негативні зміни цього середовища внаслідок антропогенного впливу розглядаються, насамперед, з точки зору їх небезпеки для людини і природних екосистем [7]. У відповідності до цього слід розрізняти наступні поняття:

екологічна небезпека – викликана природними чи антропогенними чинниками, наближена у часі реальна загроза життєдіяльності населення та інтенсивних змін стану довкілля на великих площах із значними матеріальними та соціальними збитками;

екологічна безпека – стан захищеності довкілля (збереження рівноваги природних екосистем) та умов життєдіяльності людей від реальних або потенційних загроз небезпечних впливів природних або антропогенних чинників.

У сучасному суспільстві будь-яка країна намагається побудувати свою систему екологічної безпеки в залежності від того, які екологічні загрози та ризики природного і техногенного характеру існують на її території.

Асиміляційний потенціал – здатність навколишнього природного середовища до певної межі поглинати небезпечні впливи природних або антропогенних чинників. Він є одним із факторів, що знижує екологічну небезпеку і може трактуватись як природний ресурс.

Ризик – це ймовірність виникнення тієї чи іншої події, що спричинена впливом зовнішніх чинників та діяльністю людини і призводить до негативних наслідків для держави, суспільства, для окремого індивіда.

Вважається, що об'єктивне існування ризику зумовлене імовірнісним характером багатьох природних, соціальних і технологічних процесів. На понятті ризику базується методологія дослідження і оцінки небезпеки.

Поняття «*небезпека*» і «*ризик*» відносяться, відповідно, до можливих дій впливу небезпеки, які безпосередньо не залежать від об'єкта і від його реакції. Ризик виникає тільки в області перетину небезпеки з об'єктом і не існує без них [13]. Звідси випливає те, що небезпека – це процес, властивість або стан природи, суспільства чи техніки, які визначають загрозу для життя або благополуччя людей, об'єктів господарства чи навколишнього природного середовища, а ризик – ймовірнісна міра небезпеки.

Таким чином, *ризик* – *міра кількісного визначення небезпеки*. Вона характеризує векторну (тобто багатокомпонентну) величину, розраховану у більшості випадків за допомогою статистичних даних або імітаційних моделей, яка містить такі кількісні показники [2]:

- величина збитків від дії того чи іншого небезпечного фактора;
- ймовірність виникнення (частота виникнення) небезпечного фактора, що розглядається;
- невизначеність у величинах як збитку, так і ймовірності.

Збиток – *фактичні і можливі економічні та соціальні втрати у результаті будь-яких подій, явищ, дій*.

Природа не визначає ризиків для себе. Виникнення усіх катастрофічних (з точки зору людини) природних явищ, які б наслідки вони не мали для біосфери – все це змінюється природним шляхом. Катастрофи по відношенню до біоти в цілому слід розглядати як механізми корекції розвитку, або так звані біфуркації. Щодо їх впливу на окремі види, то для них це дійсно катастрофи, які можуть призвести до їх повного вимирання. Водночас людина надто потерпає і від катастрофічних природних явищ, і від наслідків власної техногенної діяльності, яка, у свою чергу, завдає збитків навколишньому природному середовищу, що з часом негативно впливає на ту ж саму людину.

У контексті запропонованих термінів асиміляційний потенціал виступає як елемент, що перешкоджає виникненню екологічної небезпеки і зменшує як саму небезпеку, так і можливий екологічний збиток від надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф у зоні ризику.

Порівняння природної здатності територій асимілювати природні і антропогенні впливи

Будь-який біогеоценоз із розповсюджених на території складаються з двох частин: біоценозу – сукупності видів живих організмів і біотопу – абіотичних

умов їх існування. Асиміляційний потенціал мають і біоценоз як частинка біосфери, і біотоп. В реальних умовах їх вичленити із загального асиміляційного потенціалу території важко, а мабуть і непотрібно.

Ми пропонуємо для порівняльної оцінки загального асиміляційного потенціалу територій та їх природної здатності асимілювати природні і антропогенні впливи використати такі складові асиміляційного потенціалу геологічного середовища (ГС), як здатність територій розсіювати (зв'язувати) забруднення, стійкість породного масиву та його здатність протидіяти розвитку небезпечних геологічних процесів і ступінь захищеності горизонтів підземних вод питного водопостачання. Намагатися безпосередньо визначити це у фізичних величинах, що характеризують ці складові, досить складна справа, хоча є численні дослідження у цьому напрямку. Безумовно, на них треба спиратися і враховувати їх результати. Але, у кінцевому рахунку, простіше зробити бальну оцінку цих складових, яка дасть можливість зробити висновки про те, на яких територіях окремі складові більші, а де – менші, а сума їх балів буде відображати загальний асиміляційний потенціал території.

Здатність територій розсіювати (зв'язувати) забруднення залежить від характеру розповсюдження в їх межах ґрунтів, їх рН, кількості у них гумусу і кількості у них глинистих мінералів, а також від дренажу території [15].

Ґрунтовий покрив України різноманітний. Згідно з ґрунтовими картами і даними щодо розповсюдження типів ґрунтів [9], країна налічує близько 650 видів ґрунтів, однак переважають чорноземи звичайні (близько 9 млн га), чорноземи типові (понад 7,2 млн га), чорноземи південні (3,2 млн га), чорноземи опідзолені і темно-сірі лісові ґрунти (3,2 млн га), дерново-підзолисті ґрунти (1,4 млн га), темно-каштанові ґрунти (1, 2 млн га).

На Поліссі переважають дерново-підзолисті ґрунти, які займають близько 55% території цієї зони. Інші ґрунти мають тут другорядне значення – лучно-болотні та болотно-лучні поширені на 13% території, торф'яно-болотні ґрунти та торфовища – на 12%, сірі лісові – на 6%, дерново-підзолисті оглеєні ґрунти та дернові карбонатні – займають по 4%. У межах Лісостепу домінуючі на Поліссі дерново-підзолисті ґрунти займають лише 2% території. Панівними типами ґрунтів тут є сірі лісові – близько 45% території та чорноземи, поширені на 40% території. У Степовій зоні три чверті території зайняті чорноземними ґрунтами, серед яких переважають звичайні мало- і середньогумусні. Темно-каштанові ґрунти розповсюджені на 10% території Степової зони, солонці та солончаки покривають лише 1,5%. В Карпатах і Криму панівними ґрунтами є різні підтипи бурих гірських ґрунтів, які займають 50 і 60% території відповідних зон [6].

Найбільш адекватно, повно й з урахуванням біосферної складової здатність територій асимілювати (розсіювати, зв'язувати, знешкоджувати) забруднення відображають ландшафтно-геохімічні дослідження, які мають багаторічну історію. Основою еколого-геохімічного ландшафту є елементарний і геохімічний ландшафти, визначення яких дали, відповідно, Б.Б. Полинов [12] і О.І. Перельман [11].

Ландшафти, що характеризуються різними умовами міграції забруднювальних речовин, реагують на екологічні навантаження по-різному [5]: одні спроможні накопичувати переважно токсиканти, інші, у процесах латеральної та радіальної міграції, самоочищаються від забруднення. Гірські ландшафти Карпат і Криму відносяться до територій з високою здатністю до самоочищення.

Ландшафти, здатні до самоочищення, виділяються в центральній частині України, її лісовій і степових зонах. Розвинені вони на лесах і кристалічних породах. У їхніх межах добре проявляються низхідна та висхідна міграція хімічних елементів, а також площинний змив важких металів і радіонуклідів з ґрунтовим шаром і розвантаженням ґрунтових вод у зниженій частині рельєфу (долини річок, днища ярів). До ландшафтів з низькою здатністю до самоочищення віднесені ландшафти заходу, південного заходу та півдня України (Волино-Поділля, Придністров'я, північна частина степового Криму). Для них характерний площинний змив, ерозія ґрунтів, розвиток карсту та тріщинної тектоніки, що сприяє проникненню забруднювальних речовин у ґрунтові води. Ландшафти із переважаючою здатністю до акумуляції поширені у східній, меншою мірою – у південній і північно-східній частинах України, в основному в межах лісостепової та степової біокліматичних зон. Ландшафти кальцієвого й солених складів, що розвинені на карбонатних породах, здатні накопичувати, насамперед у ґрунтах, забруднювальні речовини, хімічні елементи та їх сполуки.

Задача порівняльної бальної оцінки територій за їх здатністю *асимілювати (розсіювати, зв'язувати, знешкоджувати) забруднення* буде зводитися до ранжирування за цією здатністю природних чистих і умовно чистих еколого-геохімічних ландшафтів України з наданням їм відповідних балів.

Стійкість породного масиву визначається, насамперед, складом порід і ступенем їх порушення тектонікою, карстом та іншими природними процесами, а здатність протидіяти розвитку небезпечних природних процесів, разом зі складом порід, – переважно рельєфом, крутизною схилів, їх зволоженістю, захисним шаром рослинності та іншими чинниками.

Задача порівняльної бальної оцінки територій за *стійкістю породного масиву та його здатністю протидіяти розвитку небезпечних геологічних процесів* може бути вирішена, з одного боку, шляхом ранжирування територій за комплексами порід та їх стійкістю до руйнації з врахуванням ступеня їх порушення, а з іншого – ранжирування територій за їх рельєфом, лісистістю й т. д. Можна рухатись шляхом ранжирування за цими характеристиками типових ландшафтів у місцях їх найменшого антропогенного порушення, скориствовавшись існуючими картами розвитку небезпечних геологічних процесів.

Існують різні підходи до оцінки захищеності підземних вод – з урахуванням сукупності гідрогеологічних параметрів товщі порід, що перекривають водоносний горизонт (відповідно до горизонту ґрунтових вод), і з урахуванням співвідношення рівнів (відповідно до напірних вод). Якісну оцінку виконують за розміром інфільтраційного живлення підземних вод шляхом відповідного районування території і виділення районів з різною інтенсивністю живлення. Загальну захищеність підземних вод виражають відносною величиною, зворотною інфільтраційному живленню (бали, ймовірний час досягнення забруднень до рівня водоносного горизонту та ін.). Перспективні способи оцінки захищеності підземних вод – за ємністю поглинання й дефіцитом вологості порід, що перекривають водоносний горизонт. Один із методичних підходів бальної оцінки захищеності водоносних горизонтів підземних вод був запропонований В.О. Сляднєвим [3].

Асиміляційний потенціал кожної із трьох складових можна оцінювати за 10-бальною чи 100-бальною шкалою, а можна й в долях одиниці. Це не принципово. Враховуючи, що різні ландшафти чи території з певною здатністю

асимілювати забруднення, протидіяти розвитку небезпечних геологічних процесів, різною стійкістю породного масиву й різною захищеністю підземних вод мають різне розповсюдження на території, для інтегральної оцінки її загального асиміляційного потенціалу треба скористатись середньоваговими значеннями балів для кожної складової у залежності від площ їх розповсюдження.

Визначення величини граничнодопустимих антропогенних (техногенних) навантажень на територію

Людина за своєю суттю залишається біологічним видом і є складовою біосфери. Енергетичний вклад господарської діяльності людини залишається несуттєвим по відношенню до енергетичного потенціалу біосфери, що накопичила свій потенціал за мільярди років еволюції, чим і визначається її інертність як здатність чинити опір впливу господарської діяльності людини [6]. З іншого боку, діяльність людини може бути тригером для розвитку багатьох небезпечних геологічних процесів (мабуть, тільки за виключенням деяких найбільш масштабних типу вулканізму чи цунамі). Хоча іноді здатність людини погіршувати умови свого існування вражає, а за енергетичним рівнем її діяльність вже наближається до геологічних процесів [10].

Можна виділити декілька типів асиміляційного потенціалу території.

Природний асиміляційний потенціал території – це той, який вона має у природному стані без помітного впливу діяльності людини. Він не є постійним і може змінюватися з часом природним чином зі швидкістю природних процесів, з якою змінюється клімат, рельєф, тектонічна активність, протікають інші геологічні процеси. Але, зазвичай, ці зміни повільні. Природні умови не завжди комфортні для людини. Вони можуть покращуватися людиною з підвищенням асиміляційного потенціалу, наприклад, з метою комфортності її проживання чи покращення продуктивності сільськогосподарської діяльності – *асиміляційний потенціал, покращений людиною*. Але частіше ці умови погіршуються за рахунок промислової, сільськогосподарської чи військової діяльності людини, що веде до його зниження. Як наслідок – ми маємо на території *існуючий асиміляційний потенціал*, який може змінюватись від *максимального до мінімального* у часі.

З'ясувати наскільки й за якими складовими асиміляційний потенціал території, що досліджується, нижче за такий потенціал у її природному стані – складна задача. Для цього можна скористатись порівнянням з її природним аналогом, якщо такий реально існує, або з моделлю природного стану території, який існував раніше, складеної, виходячи з її геологічної будови, типів ландшафтів, складу порід, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов території та інших даних.

Визначення величини граничнодопустимих антропогенних (техногенних) навантажень на територію зводиться до вирішення задачі: до якого значення й за якими складовими величина асиміляційного потенціалу цієї території може бути знижена без суттєвих втрат для суспільства й довкілля (продуктивності економіки, здоров'я населення, біорізноманіття та іншого). Шляхом аналізу й зіставлення величин показників антропогенного навантаження й збитків від нього треба визначити граничнодопустиму величину такого навантаження, вище якого втрати довкілля й витрати на підтримку належного

рівня комфорту й здоров'я населення будуть перевищувати прибутки від промислової й сільськогосподарської діяльності.

Нормативний асиміляційний потенціал території людина може встановлювати сама, виходячи з фінансових можливостей бюджету з його підтримки. Зазвичай виникає замкнуте коло. Для того щоб підтримувати належний рівень асиміляційного потенціалу території, треба вкладати кошти у розвиток промисловості, щоб мати фінансові надходження до бюджету. В той же час розвиток промисловості збільшує техногенне навантаження на територію й зменшує її асиміляційний потенціал.

Асиміляційний потенціал території дозволяє зменшити вплив антропогенного (техногенного) навантаження за рахунок попередження частини екологічних збитків. З розвитком видобутку і переробки мінеральної сировини [8], наприклад, йде накопичення екологічних збитків, які до певного моменту часу t_1 нівелюються за рахунок асиміляційних властивостей геологічного середовища і можуть позначатися як попереджені екологічні збитки $Зб_{пн}$. Але після цього вже починають розвиватися негативні зміни ГС, які характеризуються реальними екологічними збитками $Зб_p$ (рис. 1). Об'єм попереджених екологічних збитків може служити кількісною мірою зменшення величини ризику на території за рахунок АП.

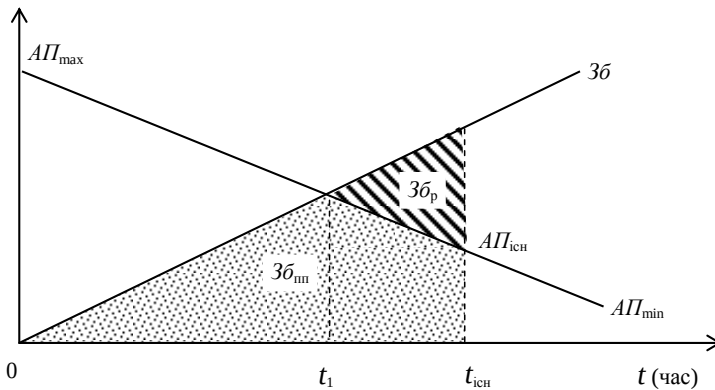


Рис. 1 – Накопичення екологічних збитків і зменшення асиміляційного потенціалу території при господарському освоєнні територій

При геолого-економічній оцінці родовищ врахування змін якісних характеристик геологічного середовища використовується в деяких оцінках на етапах інтенсивного використання і виснаження надр. Така ситуація призводить до виникнення екологічних збитків на кінцевих етапах експлуатації родовищ, які за Тарановим О.С. та ін. (2007) можуть вираховуватися наступним чином:

$$Y = S \times \varphi(\lambda) \times [d_1(\lambda) + d_2(\lambda)]$$

де S – це площа порушених земель; λ – фактори, що мають вплив; $\varphi(\lambda)$ – річні нормативні економічні збитки; $d_1(\lambda)$ – розрахунковий коефіцієнт рекультивування землі без врахування ступеня освоєності території.

Вважають [14], що мінімальний і максимальний АП території й зміни їх динаміки та антропогенного навантаження необхідно враховувати для практичного використання АП (рис. 2).

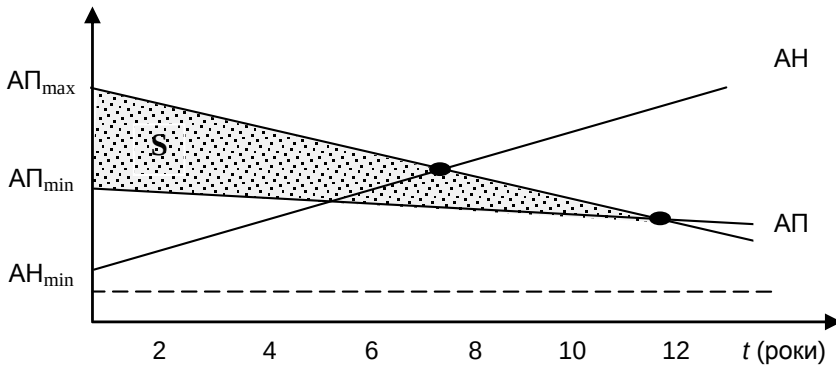


Рис. 2 – Динаміка змін мінімального і максимального асиміляційного потенціалів території та антропогенного навантаження за [14]

На графіку зображено збільшення антропогенного навантаження (АН) в часі, починаючи з вихідної точки АН_{min}, яка відповідає АН на території нині.

АН_{min} – відповідає сумарним граничнодопустимим навантаженням по усіх антропогенних чинниках за час t.

Діапазон (АП_{max} - АП_{min}) – це та частка асиміляційного потенціалу, яка може бути використана в якості природного ресурсу в початковий період часу.

S – ємність АП, яка може бути використана в господарській діяльності за час t.

Динаміка зміни АП в часі може залежати від чинників, зі знаком (+) – збільшення АП, зі знаком (-) – зменшення:

фонове забруднення (-); трансграничне перенесення (-); щільність населення (-); площа лісів (+); кількість водойм (+); об'єм робіт по рекультивції, лісонасадженню і так далі (+); характеристика антропогенної дії (+/-).

Для виміру об'єму АП території в різні періоди часу пропонують користуватися формулою [15]:

$$АП_t = АП_0 \cdot (1 - r) t,$$

де АП_t – об'єм АП у момент часу t; r – норма зменшення ресурсу від впливу різних антропогенних дій і початкової ситуації.

Висновки

Асиміляційний потенціал виступає як елемент, що перешкоджає виникненню екологічної небезпеки і зменшує як саму небезпеку, так і можливий екологічний збиток від надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф у зоні ризику.

Для порівняльної оцінки загального асиміляційного потенціалу територій доцільно використати такі складові асиміляційного потенціалу геологічного середовища: 1 – здатність територій розсіювати (зв'язувати) забруднення;

2 – стійкість породного масиву (його здатність протидіяти розвитку небезпечних геологічних процесів); 3 – ступінь захищеності горизонтів підземних вод питного водопостачання. Пропонується здійснити бальну оцінку цих складових, яка дасть можливість зробити висновок про те, на яких територіях окремі складові більше, а де менше, а сума їх балів буде відображати загальний асиміляційний потенціал території.

Порівняльна бальна оцінка територій за їх здатністю асимілювати (розсіювати, зв'язувати, знешкоджувати) забруднення буде зводитися до ранжирування за цією здатністю природних чистих і умовно чистих еколого-геохімічних ландшафтів України з наданням їм відповідних балів. Задача порівняльної бальної оцінки територій за стійкістю породного масиву та його здатністю протидіяти розвитку небезпечних геологічних процесів може бути вирішена, з одного боку, шляхом ранжирування територій за комплексами порід та їх стійкістю до руйнації з врахуванням ступеня їх порушення, а з іншого – ранжируванням територій за їх рельєфом, лісистістю й так далі. Можна рухатись шляхом ранжирування за цими характеристиками типових ландшафтів у місцях їх найменшого антропогенного порушення, скориставшись існуючими картами розвитку небезпечних геологічних процесів. Загальну захищеність підземних вод, яку зазвичай виражають відносною величиною, зворотною інфільтраційному живленню, також доцільно оцінювати у балах. Для інтегральної оцінки загального асиміляційного потенціалу конкретної території треба скористатись середньоваговими значеннями балів для кожної складової у залежності від площ їх розповсюдження.

Визначення величини граничнодопустимих антропогенних (техногенних) навантажень на територію зводиться до вирішення задачі: до якого значення й за якими складовими величина асиміляційного потенціалу цієї території може бути знижена без суттєвих втрат для суспільства й довкілля (продуктивності економіки, здоров'я населення, біорізноманіття та іншого). Шляхом аналізу й зіставлення величин показників антропогенного навантаження й збитків від нього треба визначити граничнодопустиму величину такого навантаження, вище якого втрати довкілля й витрати на підтримку належного рівня комфорту й здоров'я населення будуть перевищувати прибутки від промислової й сільськогосподарської діяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гавриленко Ю.Н. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / Гавриленко Ю.Н., Ермаков В.Н., Кренида Ю.Ф., Улицкий О.А., Дрибан В.А. – Донецк: Норд-Пресс. – 2004. – 631 с.
2. Гошовський С.В. Екологічна безпека техногенних систем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів / Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. – Львів – Київ, 2002. – 624 с.
3. Довгий С.О. Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення / С.О. Довгий, В.М. Шестопапов, М.М. Коржнев та ін. – К.: Наукова думка, 2008. – 347 с.
4. Жовинський Е.Я. Еколого-геохімічне оцінювання ландшафтів / Жовинський Е.Я. // У навч. посібнику «Екогеологія України». – К.: ВПЦ «Київський університет». – С. 636–656.
5. Игнатов В.Г. Экологическое право. / В.Г. Игнатов, А.В. Кокин, В.Н. Кокин. – Ростов-на-Дону-Москва: МарТ, 2005.

6. Кокин А.В. Ассимиляционный потенциал природы как показатель возможности экономического роста. Бизнес и экономика / А.В. Кокин / <http://www.avkokin.ru/documents/222>
7. Коржнев М.М. Концептуальні підходи до удосконалення системи екологічної безпеки в Україні / М.М. Коржнев, В.С. Міщенко, Я.І. Мовчан та ін. – Київ: РВПС НАН України, 2000. – 52 с.
8. Коржнев М.Н. Ресурсные и экологические критерии определения ассимиляционного потенциала геологической среды на примере горнодобывающих регионов Украины / М.Н. Коржнев, М.М. Курило, Н.В. Захарий // Вестн. Том. гос. ун-та. 2014. № 387. – С. 243–252.
9. Люта Н.Г. Землі сільськогосподарського призначення / Н.Г. Люта // «Розвиток України в умовах глобалізації та скорочення природно-ресурсного потенціалу» за ред. М.М. Коржнева. – К.: ЛОГОС, 2009. – С. 77–97.
10. Малахов И.Н. Новая геологическая сила / И.Н. Малахов. – Кривой Рог: Отделение морской геологии и осадочного рудообразования, 2009. – 312 с.
11. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. Учебное пособие. / Перельман А.И., Касимов Б.С. – М.: Астрель – 2000, 1999. – 768 с.
12. Польшов Б.Б. Географические работы. / Польшов Б.Б. – М.: Географиздат. – 1952. – 400 с.
13. Рагозин А.Л. Современное состояние и перспективы оценки и управления природными рисками в строительстве / А.Л. Рагозин // Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. – М., 1995. – С. 7–25.
14. Таранов А.С. Ассимиляционный потенциал региона / А.С. Таранов, И.И. Манило, Ю.И. Мамонтов, В.В. Усманов / <http://www.kazedu.kz/>
15. Ярош О.Б. Механизмы оценки ассимиляционного потенциала почв Украины / О.Б. Ярош // Учёные записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Экономика и управление». Том 27 (66). 2014 г. № 4. С. 176–184.

Стаття надійшла до редакції 31.03.2016

УДК 532.5

**В.А. ВОСКОБОЙНИК, В.В. ХОМИЦКИЙ, А.А. ВОСКОБОЙНИК,
А.В. ВОСКОБОЙНИК, Л.Н. ТЕРЕЩЕНКО, И.А. ХИЖА**

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ГИБКОЙ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩЕЙ ЗАВЕСЫ

***Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных исследований поля давления, действующего на полотно гибкой завесы модели струенаправляющего сооружения, спроектированного для акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя Южно-Украинской АЭС. Наибольшее динамическое давление, действующее на полотно завесы, наблюдается в приповерхностном слое потока. В спектральных плотностях мощности пульсаций пристеночного давления обнаружены дискретные составляющие, которые отвечают частотам колебания полотна завесы, их субгармоникам и гармоникам высших порядков.*

***Ключевые слова:** струенаправляющее сооружение, гибкая завеса, поле давления, спектр пульсаций давления.*

Введение

В настоящее время выработка электроэнергии в Украине и в большинстве стран Европы осуществляется в основном на крупных тепловых и атомных электростанциях (ТЭС и АЭС). Атомные электростанции, на долю которых приходится около 50% электроэнергии, вырабатываемой электростанциями Украины, играют ведущую роль в энергообеспечении народнохозяйственного комплекса [1]. Одним из важнейших условий надежной эксплуатации АЭС является их бесперебойное водообеспечение, источником которого являются водохранилища и водоемы-охладители. Системами охлаждения для нормального функционирования ТЭС и АЭС необходимо отводить в окружающую среду огромное количество тепла, составляющего около 70% энергии потребляемого топлива [2].

Среди основных гидрологических факторов, которые определяют условия функционирования водоемов-охладителей, важное место занимают водообмен, внутриводоемная гидродинамика и тепловой (термический) режим водных масс. Водообмен водоемов-охладителей подразделяют на две принципиально различные составляющие. Первая – внешний водообмен – формируется преимущественно за счет расхода воды на испарение и фильтрацию, с одной стороны, и компенсацию этих расходов благодаря подпитке с прилегающего природного водного объекта (реки, водохранилища), с другой. Внешняя подпитка, например, водоема-охладителя Южно-Украинской АЭС составляет в год 42% его объема [3]. Вторая составляющая – внутренний водообмен – обусловлен сбросом подогретых на станции вод и забором воды для охлаждения агрегата. На Южно-Украинской АЭС, например, такой водообмен осуществляется свыше 60 раз за год [3].

Эффективность охлаждения воды в водоеме-охладителе, а следовательно, и его гидротермический режим зависят напрямую от схемы организации движения потока, которая должна обеспечивать наиболее низкие температуры

охлажденной воды при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах [4]. Как показано в работе [5], компонентная схема водозаборных и водовыпускных сооружений Ташлыкского водоема-охладителя Южно-Украинской АЭС относится к так называемому совместному типу, когда разделение потоков происходит за счет вертикальной стратификации температуры. Недостатком такой схемы является привлечение теплых вод верхнего слоя потока в нижние его слои. Для уменьшения этого эффекта в работе [6] предложено применить струенаправляющую завесу, которая способна разделить теплые воды, сбрасываемые в водоем, от вод нижнего слоя водоема, которые попадают в водозаборные сооружения. Это дает возможность разделить поток не только по вертикали, но и по горизонтали. Как показали расчеты [7], струенаправляющее сооружение, которое достигает дна водохранилища, разделяет потоки воды на водосбросе и водозаборе, улучшая, таким образом, тепловой режим работы Ташлыкского водохранилища-охладителя. При этом разница температур на водосбросе и водозаборе достигает нескольких градусов. Проведенные технико-экономические расчеты [7] показывают, что реализация проекта системы доохлаждения эквивалентна вводу энергоблока тепловой станции мощностью до 100 МВт. Реконструкция системы технического водоснабжения Южно-Украинской АЭС позволит полностью исключить разгрузки энергоблоков в летний период из-за недостаточной охлаждающей способности водохранилища. А это значит, что дополнительные потери выработки электроэнергии будут сведены к минимуму.

Согласно проектно-конструкторской документации [8] струенаправляющее сооружение (завеса) (рис. 1) будет располагаться на расстоянии (80...140) м от восточной части Ташлыкского водохранилища-охладителя.

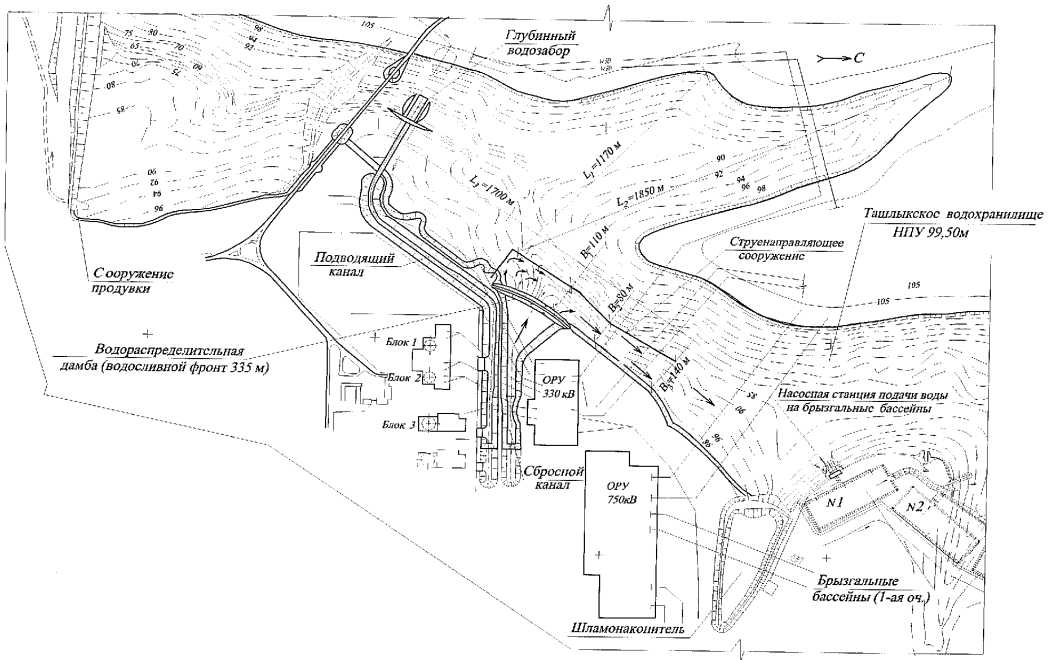


Рис. 1 – План-схема размещения струенаправляющего сооружения в акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя Южно-Украинской АЭС

Глубины в месте расположения завесы изменяются в зависимости от рельефа дна от 1 м до 15,2 м. Средние глубины в огражденной части равняются (4,4...10,4) м. Расстояние от струенаправляющего сооружения до противоположного берега водохранилища составляют (1170...1700) м. Вертикальная завеса выполняется на всю глубину потока до дна водохранилища. Глубина потока по длине сооружений в зависимости от рельефа дна изменяется от 1 м до 15,2 м [8].

Конструктивно струенаправляющее сооружение представляет собой гибкую платформу из пластиковых модульных элементов (понтон) системы "Sunplast", соединенных между собой специальными крепежными устройствами. К модульной плавучей платформе крепится сплошная вертикальная завеса, выполненная из армированной мембраны типа "Aqua100P" производства фирмы "Haugenplast" (Израиль).

В настоящее время Ташлыкское водохранилище работает в тяжелых условиях термического режима. В жаркие летние месяцы его охлаждающая способность снижается. Необходимого объема воды нужной температуры недостаточно для работы всех трех энергоблоков станции, поэтому в летний период возникает необходимость уменьшения эксплуатационной мощности Южно-Украинской АЭС [3]. Использование гибкой завесы в струенаправляющем сооружении в акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя, на которую натекает теплый поток из водосбросного канала, предусматривает изменить направление этого потока. При этом на завесу, которая достигает дна водоема, действуют нестационарные пристеночные и придонные течения, которые вызывают выгибание завесы и ее колебание. В угловых областях завесы генерируются крупномасштабные вихревые течения и напорные потоки, которые приводят к появлению нестационарных во времени и неоднородных в пространстве сил [9]. Они действуют как на завесу, так и на якорную систему, которая удерживает ее. Для определения этих сил, процессов и механизмов, которые их генерируют, а также для получения качественных и количественных характеристик структуры течения, напряженно-деформированного состояния полотна завесы и динамических нагрузок на якорную систему модели струенаправляющего сооружения возникла необходимость в проведении численных и экспериментальных научно-исследовательских работ.

Выполнение работ, результаты которых представлены, проведено методами физического эксперимента [9, 10]. Физическое моделирование реализовано в лабораторных условиях. Для измерения турбулентных параметров скорости и давления использовался экспериментальный стенд на базе специально разработанного и изготовленного гидродинамического канала Института гидромеханики НАН Украины. Стенд был оснащен датчиками скорости и давления, контрольно-измерительной аппаратурой и средствами анализа и регистрации данных. Совместно с инструментальными измерениями проведена визуализация потока с помощью красителей и подачи в поток контрастных веществ и частиц. В системах обработки и анализа экспериментальных данных использованы методы теории вероятности и математической статистики, с применением пространственно-временного корреляционного и спектрального анализов.

Цель исследований – определение поля давления, действующего на плотно гибкой завесы модели струенаправляющего сооружения, спроектированного для акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя Южно-Украинской АЭС.

Экспериментальный стенд

Для проведения физического моделирования и исследований напряженно-деформационного состояния гибкой завесы и динамических нагрузок на якорную систему модели струенаправляющего сооружения в акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя Южно-Украинской АЭС были разработаны и изготовлены экспериментальные установки и стенды. В них наряду со средствами измерений и контроля характеристик турбулентных течений использовались системы регистрации, обработки и анализа результатов исследований, детально описанные в работе [9, 10].

Основой экспериментального стенда служил гидродинамический канал, специально спроектированный и изготовленный согласно конструкторской документации, входная часть которого показана на рис. 2. Вода через струенаправляющие решетки поступала на модель дамбы и далее на гибкую струенаправляющую завесу, которая поддерживалась в вертикальном положении пенопластовыми поплавками и якорной системой, закрепленной на модели рельефа дна водохранилища. Номера створов, где располагались якоря вблизи модели струенаправляющей завесы, и поле скорости в приповерхностном слое, обтекающем завесу, представленное в работе [9], схематически показаны на рис. 3. В ходе исследований глубина потока над моделью дамбы (H) сохранялась как 0,06 м, а среднерасходная скорость течения (U) изменялась от 0,06 м/с до 0,21 м/с, которым отвечают числа Фруда $Fr = U / \sqrt{gH}$ от 0,08 до 0,27 и числа Рейнольдса $Re_H = UH / \nu$ от 3600 до 12600, где g – гравитационная постоянная и ν – кинематический коэффициент вязкости воды.



Рис. 2 – Входной участок гидродинамического канала с моделью струенаправляющей завесы

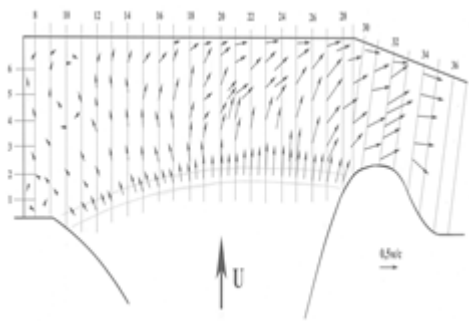


Рис. 3 – Створы расположения якорей и поле скорости в приповерхностном слое завесы

Поле давлений как на обтекаемой поверхности завесы, так и в пограничном слое регистрировалось датчиками пьезорезистивного и пьезокерамического типов. Пьезорезистивные датчики абсолютного давления позволяли измерять статическое и динамическое давление в низкочастотном диапазоне

(до 200 Гц). Эти датчики отличались повышенной стабильностью и точностью. Они были изготовлены с применением микроэлектронной техники, где радиоэлементы напылялись на кварцевую мембрану, изгибающуюся под действием приложенных нагрузок, пропорциональных давлению. В исследованиях применялись специально разработанные и изготовленные датчики, которые позволяли измерять давления от 1 Па (0,1 мм водяного столба) до 6 кПа с погрешностью 0,01%. Сгруппированные в блок (рис. 4) и установленные вертикально на дно канала, датчики абсолютного давления измеряли статическое и динамическое давление вблизи гибкой завесы по ее высоте от дна канала и до поддерживающих завесу поплавков.

Измерения пульсаций пристеночного давления и скоростного напора проводились при помощи миниатюрных датчиков пульсаций давления (рис. 5).



Рис. 4 – Группа пьезорезистивных датчиков абсолютного давления



Рис. 5 – Пьезокерамические датчики пульсаций пристеночного давления

Эти датчики, изготовленные на базе пьезокерамических чувствительных элементов, отличались повышенным пространственным разрешением и быстродействием [11]. Были разработаны и изготовлены пьезокерамические датчики пульсаций давления стержневого и мембранного типов с диаметром чувствительной поверхности 0,0013 м и 0,0016 м. Диаметры этих датчиков близки к диаметру так называемых ультраминиатюрных [12] датчиков пульсаций давления фирмы Kulite Semiconductor Products (модель ХСЕ-062). Датчики пульсаций пристеночного давления устанавливались заподлицо с обтекаемой поверхностью и регистрировали пульсации давления в диапазоне частот от 0,2 Гц до 1,5 кГц. На основе этих датчиков были созданы корреляционные блоки (рис. 5) и датчики пульсаций скоростного напора, когда чувствительный элемент датчика устанавливался, посредством державок, навстречу потоку.

Для повышения соотношения сигнал/помеха датчики давления снабжались предварительными усилителями, которые располагались на минимально возможных расстояниях от них либо в одном корпусе. Предварительные малошумные усилители усиливали электрический сигнал, генерируемый датчиками, на (20–40) дБ. Усиленный сигнал поступал на прецизионные усилители мощности, а затем контрольно-измерительную и регистрирующую аппаратуру. Сигналы пьезорезистивных датчиков и термоанемометров через полумостовые и мостовые схемы также поступали на аналогичную аппаратуру.

Экспериментальные исследования были проведены с помощью ансамблей датчиков абсолютного давления, пульсаций давления и скоростного напора, сигналы с которых оцифровывались восьми- или шестнадцатиканальными аналогово-цифровыми преобразователями (АЦП), которые были установлены в системные блоки персональных компьютеров. В исследованиях использовались преобразователи фирмы National Instruments (16-битовое АЦП PCI-6031E) и фирмы L-Card (12-битовое АЦП L-154 и 14-битовое АЦП E-14-440), оснащенные, в частности, пакетами прикладных программ математического моделирования для решения задач технических вычислений, обработки и анализа экспериментальных данных.

Результаты исследований

Одновременно с измерениями поля скорости перед моделью струенаправляющего сооружения [9, 13] измерялось поле давления на поверхности полотна завесы, а также ее вибрации. Поле давления на поверхности полотна завесы определялось при помощи датчиков абсолютного давления, установленных на переносную конструкцию (рис. 4), а также датчиков пульсаций пристеночного давления (рис. 5), закрепленных на поверхности полотна завесы. Датчики абсолютного давления сообщались с исследуемой областью через трубки, на концах которых были сделаны отверстия, направленные навстречу потоку. Переносная конструкция с пятью пьезорезистивными датчиками располагалась вблизи полотна завесы струенаправляющего сооружения (рис. 6) и позволяла измерять поле статического и динамического давления на различных глубинах завесы.



Рис. 6 – Измерение поля давления на полотне завесы модели струенаправляющего сооружения

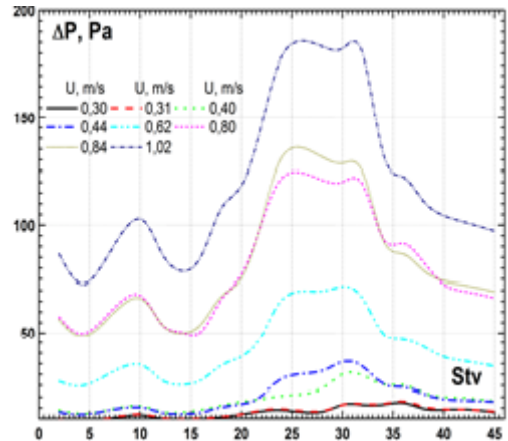


Рис. 7 – Динамическое давление на обтекаемой поверхности полотна завесы струенаправляющего сооружения

Как показали измерения, наибольшее динамическое давление, действующее на полотно завесы струенаправляющего сооружения, наблюдается в приповерхностном слое потока (до 1,5 м в натурных условиях). Изменения осредненного динамического давления на полотно завесы в приповерхностном слое потока вдоль завесы (по створам, отвечающим номерам якорей)

представлены на рис. 7 для различных скоростей потока. Здесь по оси абсцисс отложены номера створов (номера якорей), а по оси ординат – среднее значение динамического давления, представляющее собой разницу между полным давлением на полотно завесы и статическим давлением в точке измерения ($\Delta P = P - P_{st}$). С увеличением скорости динамическое давление, действующее на полотно завесы, увеличивается, и максимальные его значения наблюдаются в области (25...32) створов (вблизи сужения потока), что коррелирует с результатами измерения поля скорости в приповерхностном слое потока (см., например, рис. 3).

Распределение средних значений динамического давления, действующего на полотно завесы, для скорости потока 0,3 м/с показано на рис. 8. Измерения показывают, что на глубине порядка 8 м (для натуральных условий) динамическое давление на завесу убывает почти на порядок в области сужения потока, оставаясь в этой области наибольшим. Когда скорость потока на дамбе выросла до 0,44 м/с (скорость, соответствующая наибольшему расходу в натуральных условиях) (рис. 9) появилась еще одна область повышенного динамического давления, а именно в области 25-го створа или 25-го якоря сооружения. При этом разница между давлениями в области сужения потока и в тупиковой области составила почти порядок. Для максимальных скоростей потока $U = 1,02$ м/с, которые исследовались, максимальные динамические давления на полотно завесы наблюдаются перед сужением потока (рис. 10).

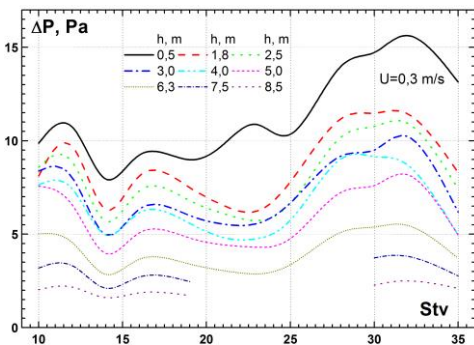


Рис. 8 – Динамическое давление на обтекаемой поверхности полотна завесы по ее глубине для числа Фруда $Fr = 0,08$

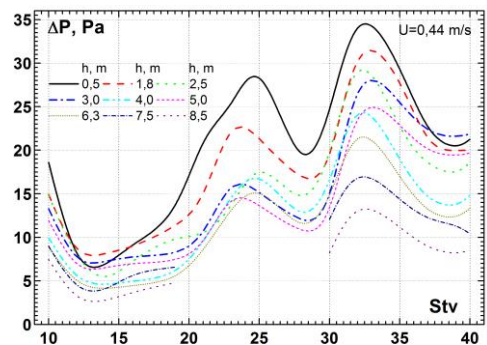


Рис. 9 – Динамическое давление на обтекаемой поверхности полотна завесы по ее глубине для числа Фруда $Fr = 0,12$

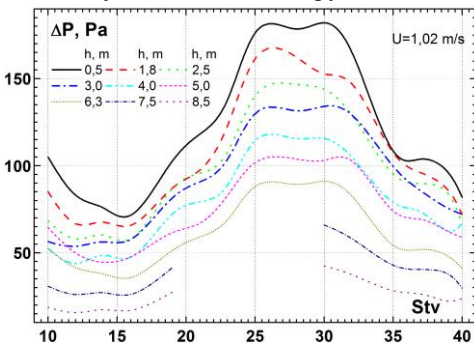


Рис. 10 – Динамическое давление на обтекаемой поверхности полотна завесы по ее глубине для числа Фруда $Fr = 0,27$

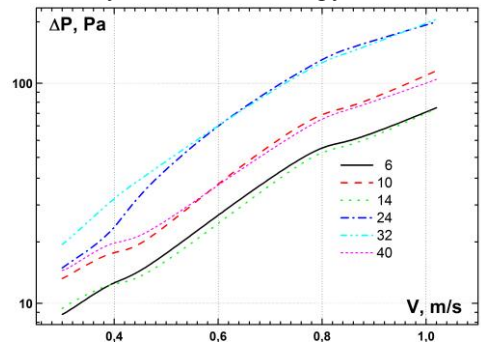


Рис. 11 – Изменение динамического давления на поверхности полотна завесы в критических створах от скорости потока

Таким образом, в распределении динамического давления, действующего на полотно завесы, наблюдается ряд характерных или экстремальных

областей вдоль полотна завесы, и изменения давления в этих критических створах показано на рис. 11. Обнаружено, что с ростом скорости давление на полотно завесы растет пропорционально квадрату скорости (для больших чисел Фруда). Для малых скоростей динамическое давление в критических створах завесы пропорционально скорости с коэффициентом степени пропорциональности, который меньше 2.

Итак, результаты исследований поля динамического давления, действующего на полотно завесы струенаправляющего сооружения, показали, что давление максимальное в приповерхностном слое завесы независимо от скорости потока.

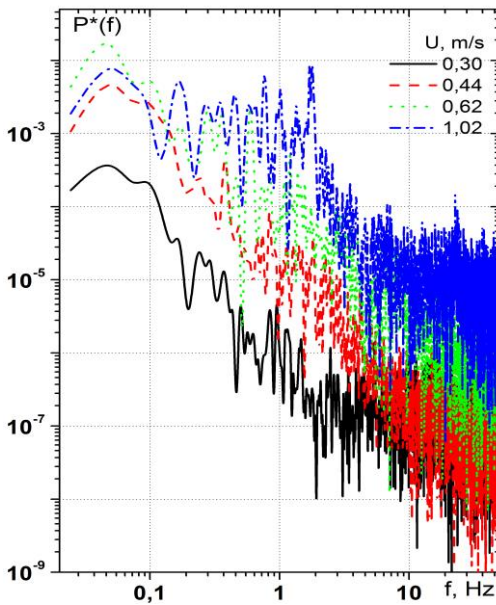


Рис. 12 – Спектральные плотности мощности пульсаций пристеночного давления на поверхности полотна завесы

Наибольшее давление, генерируемое течением, наблюдается в области сужения потока. Когда скорость потока увеличивается, то максимальные динамические давления на поверхности полотна завесы имеют место и перед областью сужения потока.

Расположение датчиков пульсаций пристеночного давления, установленных заподлицо с обтекаемой поверхностью полотна завесы, позволило определить поле пульсаций пристеночного давления и его спектральные уровни, используя быстрое преобразование Фурье, с соответствующими весовыми окнами [14–16]. Так, на рис. 12 представлены спектральные плотности мощности

пульсаций пристеночного давления, измеренные на полотне завесы, находящемся в приповерхностном слое потока. Частотные спектры, нормированные скоростным напором, получены для створа 32 и показаны для различных скоростей потока. Обнаружено, что спектральные уровни пульсаций пристеночного давления растут и наполняются высокочастотными составляющими с увеличением скорости потока. При этом в спектральных зависимостях проявляются дискретные составляющие, которые отвечают частотам колебания полотна завесы, их субгармоникам и гармоникам высших порядков.

Выводы

Результаты исследования давления вблизи модели струенаправляющего сооружения, проектируемого для акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя Южно-Украинской АЭС, дали возможность сделать следующие выводы:

1. Обнаружено, что наибольшее динамическое давление, действующее на полотно завесы струенаправляющего сооружения, наблюдается в приповерхностном слое потока (до 1,5 м в натурных условиях). С увеличением скорости

динамическое давление, действующее на полотно завесы, увеличивается, и максимальные его значения наблюдаются в области сужения потока. Обнаружено, что на глубине порядка 8 м (для натуральных условий) динамическое давление на завесу убывает почти на порядок в области сужения потока, оставаясь в этой области наибольшим. Когда скорость потока увеличивается, то максимальные динамические давления на поверхности полотна завесы имеют место и перед областью сужения потока.

2. Установлено, что с ростом скорости давление на полотно завесы растет пропорционально квадрату скорости (для больших чисел Фруда). Для малых скоростей динамическое давление в критических створах завесы пропорционально скорости с коэффициентом степени пропорциональности, который меньше 2.

3. Обнаружено, что спектральные уровни пульсаций пристеночного давления растут и наполняются высокочастотными составляющими с увеличением скорости потока. При этом в спектральных зависимостях проявляются дискретные составляющие, которые отвечают частотам колебания полотна завесы, их субгармоникам и гармоникам высших порядков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романенко В.Д. Гідроекологічна безпека атомної енергетики в Україні / В.Д. Романенко, М.І. Кузьменко, С.О. Афанасьєв, Д.І. Гудков [и др.] // Вісник НАН України. – 2012. – № 6. – С. 41–51.
2. Доманов В.Н. Процессы тепломассообмена водоемов–охладителей с атмосферой / В.Н. Доманов, А.Г. Костин, Е.И. Никифорович. К.: НПП «Издательство Наукова думка НАН Украины». 2011. – 319 с.
3. Расчеты гидротермических показателей Ташлыкского водоема-охладителя методами трехмерного моделирования для обоснования решений, разрабатываемых в рамках ТЭР по улучшению охлаждающей способности ТВО с учетом расширения Южно-Украинского энергокомплекса. Отчет по договору № 3-Ю/08 от 28.01.2009. – К.: УЦЭВП, 2009. – 202 с.
4. Антонова Л.Н. Назначение и особенности условий работы водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций / Л.Н. Антонова, Г.И. Канюк, Т.Е. Погонина, Д.М. Михайский [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Вып. 2/10 (56). – С. 56–63.
5. Омельченко М.П. Вопросы рациональных компоновочных решений гидротехнических сооружений на водоемах-охладителях ТЭС и АЭС / М.П. Омельченко, Л.Н. Антонова [и др.]. – Харьков: ХУПС, 2009. – 239 с.
6. Расчеты гидротермических и гидрохимических показателей режима Ташлыкского водоема-охладителя методами трехмерного моделирования с учетом расширения ТГАЭС Отчет по договору № 2-Ю/07 от 30.11.2007. – К: УЦЭВП, 2008. – 198 с.
7. Расчеты гидротермических показателей Ташлыкского водоема-охладителя методами трехмерного моделирования для обоснования решений, разрабатываемых в рамках ТЭР по улучшению охлаждающей способности ТВО с учетом расширения Южно-Украинского энергокомплекса Отчет по договору № 3-Ю/08 от 28.01.2009. – К: УЦЭВП, 2009. – 202 с.
8. Модельные исследования напряженно-деформированного состояния полотна завесы и динамических нагрузок на якорную систему струенаправляющего сооружения в акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя Южно-Украинской АЭС. Исходные данные для выполнения НИР. – Харьков: ОАО Харьковский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Энергопроект», 2014. – 7 с.

9. Модельные исследования напряженно-деформированного состояния полотна завесы и динамических нагрузок на якорную систему струенаправляющего сооружения в акватории Ташлыкского водохранилища-охладителя Южно-Украинской АЭС Отчет по договору № 2-2014 от 25.06.2014. – К: ИГМ НАНУ, 2014. – 143 с.
10. Воскобойник В.А., Фізичне моделювання течії поблизу гнучкої струмененаправляючої завеси / В.А. Воскобойник, В.В. Хомицький, О.А. Воскобойник, А.В. Воскобойник, І.А. Хижа // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – Вип. 17, № 1. – С. 65–73.
11. Воскобойник В.А. Псевдозвук за препятствием на продольно обтекаемом цилиндре / В.А. Воскобойник, В.Т. Гринченко, А.П. Макаренков // Акустичний вісник. – 2002. – Т. 5, № 1. – С. 22–36.
12. Solomon J.T. High-bandwidth pulsed microactuators for high-speed flow control / J.T. Solomon, R. Kumar, F.S. Alvi // AIAA J. – 2010. – Vol. 48, № 10. – P. 2386–2396.
13. Воскобойник А.А. Обтекание гибкой струенаправляющей завесы / А.А. Воскобойник, А.В. Воскобойник, В.А. Воскобойник, И.А. Хижа, В.В. Хомицкий // Прикладна гідромеханіка. – 2015. – Т. 17, № 1. – С. 10–20.
14. Бендат Дж. Измерение и анализ случайных процессов: Пер. с англ. / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1974. – 464 с.
15. Воскобойник А.А. Пульсации давления на поверхности размыва грунта / А.А. Воскобойник, А.В. Воскобойник, В.А. Воскобойник, В.И. Никишов // Прикладна гідромеханіка. – 2014. – Т. 16, № 2. – С. 27–35.
16. Voskoboinick V. Study of near wall coherent flow structures on dimpled surfaces using unsteady pressure measurements / V. Voskoboinick, N. Kornev, J. Turnow // Flow Turbulence Combust. – 2013. – Vol. 90, № 2. – P. 86–99.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2016

УДК 628.16.065.2(045)

**Т.І. ДМИТРУХА, С.М. МАДЖД, М.М. РАДОМСЬКА,
Є.О. БОВСУНОВСЬКИЙ**

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ БЕЗПЕЧНОГО ПЕРЕБУВАННЯ ЛЮДЕЙ НА ОБ'ЄКТАХ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У РАЗІ ЇХ ЗАБРУДНЕННЯ ПАРОЮ РТУТІ

***Анотація.** У статті представлено новий екологічний параметр, що дозволяє визначати термін безпечно перебування людей на об'єктах різного призначення у разі їх забруднення паром ртуті.*

***Ключові слова:** пара ртуті, ртутне забруднення, ГДК.*

Вступ

За сучасною класифікацією шкідливих речовин і сполук з 2001 року ртуть відноситься до 1 класу небезпеки (надзвичайно небезпечні речовини). Завдяки високій рухливості та великому поверхневому натягу металева ртуть при розливі розбивається на маленькі краплини і, розсіюючись по різних поверхнях, досить легко проникає в тріщини та нерівності будівлі, збільшуючи таким чином площу забруднення [1, 2]. Пара ртуті також добре адсорбується штукатуркою, килимами, тканинами (особливо з вовни), хутряними виробами, взуттям та волоссям. Випаровуючись вже при температурі 18°C, ртуть отрує в приміщенні повітря, яким ми дихаємо.

В організм людини ртуть може потрапити через шкіру, шлунково-кишковий (травний) тракт або у вигляді пари (що найбільш небезпечно). Пари ртуті не мають ні кольору, ні запаху, і органи чуття людини не в змозі зафіксувати їх наявність у приміщенні.

Потрапивши в організм людини, вони створюють не тільки місцеву подразнюючу дію, а й, що особливо важливо, викликають глибоке внутрішнє отруєння організму: вражають серцево-судинну систему, нирки, пригнічують роботу центральної нервової системи. Найбільша вірогідність потрапляння ртуті в організм – при вдиханні її дуже токсичної пари (при її вдиханні всмоктується понад 75% ртуті). Якщо тривалий час вдихати випари навіть незначної кількості ртуті, то розвивається захворювання хронічної форми. Таке отруєння довгий час протікає без будь-яких чітких симптомів.

Гранично допустима концентрація (ГДК) ртуті у повітрі приміщень населених пунктів є надзвичайно малою і складає лише 0,0003 мг/м³, а у повітрі різних промислових об'єктів – всього 0,005–0,01 мг/м³.

Концентрація ртуті в приміщенні залежить від:

- 1) поверхні випаровування;
- 2) температури приміщення;
- 3) вентиляції.

До найбільш істотних забруднювачів довкілля ртуттю і ртутними матеріалами належать розгерметизовані ртутні розрядні джерела світла і особливо люмінесцентні лампи, які повсюдно застосовуються для освітлення різних житлових та виробничих приміщень. Виробництво цих ламп у світі вже

перевищує 1,5 млрд штук на рік [3] і продовжує зростати, що, у свою чергу, призводить до подальшого зростання ртутної небезпеки довкілля для людей.

В даний час в країні експлуатуються не менше 140 млн світильників з ртутними лампами низького тиску (переважно з люмінесцентними трубчастими) і близько 13 млн світильників з ртутними лампами високого тиску. Загальна кількість ламп зі вмістом ртуті, які на даний час знаходяться на території підприємств України, досягає 1,7 млн штук [4]. Навіть у разі найменшого вмісту ртуті в них, який, зокрема, у компактній люмінесцентній лампі складає всього 2,5 ... 5 мг, після руйнування однієї з цих ламп у приміщенні концентрація пари ртуті у його повітрі може перебільшувати ГДК у 30...50 разів. У найбільш розповсюджених лінійних люмінесцентних лампах кількість ртуті є значно більшою і досягає 60...120 мг і більше.

Проте поверхня випаровування вилитої з розрядних ламп ртуті є настільки малою, що для досягнення ГДК її пари у приміщенні у разі руйнування у ньому таких ламп потрібен достатньо великий час. І це є дуже важливим для попередження можливого недопустимого ртутного отруєння людей, які продовжують перебувати у цьому приміщенні ще певний час.

Популярність таких ламп визначається високим коефіцієнтом корисної дії та тривалішим терміном їх експлуатації, що виправдовує їх застосування з економічної та екологічної точок зору. Виходячи з цього, Європейський союз має намір поступово відмовитися від використання ламп розжарювання.

Постановка проблеми

Метою і завданням даної роботи є подальші дослідження динаміки ртутних забруднень у довкіллі і попередження отруєння ними людей.

Розв'язання поставленого завдання

Для визначення закономірностей зміни у часі τ концентрації пари ртуті c у повітрі непривітрюваних (замкнених) забруднених ртуттю приміщень складемо баланс кількостей ртуті, яка випаровується в приміщенні, збільшується у його повітрі і конденсується у ньому за нескінченно малий час $d\tau$. Цей баланс перерахованих кількостей ртуті можна представити у такому вигляді:

$$W_{\text{вип}} S_{\text{вип}} d\tau = V_{\text{пр}} dc + \alpha V_{\text{пр}} c d\tau,$$

де $W_{\text{вип}} S_{\text{вип}} d\tau = G_{\text{вип}}$ – кількість ртуті, випареної у приміщення за час $d\tau$;
 $V_{\text{пр}} dc = G_{\text{пов}}$ – частка ртуті, випареної за час $d\tau$, яка залишилася у повітрі цього приміщення і призвела до зміни її концентрації у ньому на значення dc ;
 $\alpha V_{\text{пр}} c d\tau = G_{\text{к}}$ – частка ртуті, сконденсованої у цьому приміщенні за час $d\tau$, яка є тим більшою, чим більшим є об'єм приміщення $V_{\text{пр}}$ і вищою є концентрація пари ртуті у його повітрі c , а α – коефіцієнт пропорційності;
 $W_{\text{вип}}$ – швидкість випаровування ртуті при її температурі $t_{\text{рт}}$, а $S_{\text{вип}}$ – вільна

площа випаровування ртуті; $V_{\text{пр}} = S_{\text{пр}} h_{\text{пр}}$, де $S_{\text{пр}}$ – площа приміщення і $h_{\text{пр}}$ – його висота.

Отже,

$$\frac{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}{V_{\text{пр}}} = \frac{dc}{d\tau} + \alpha c.$$

В усталеному (рівноважному) стані, коли $\frac{dc}{d\tau} = 0$, $c = c_y$, де c_y – усталене значення концентрації насиченої пари ртуті в приміщенні, яке, як відомо з молекулярної теорії, відповідає температурі найхолоднішої ділянки приміщення, тобто кінцевому стану пари, коли вона у замкненому просторі стає насиченою. Відповідно

$$\frac{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}{V_{\text{пр}}} = \alpha c_y \text{ і } \alpha = \frac{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}{V_{\text{пр}} c_y}.$$

У результаті отримане вище диференціальне рівняння набуває такого вигляду:

$$\frac{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}{V_{\text{пр}}} = \frac{dc}{d\tau} + \frac{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}{V_{\text{пр}} c_y} c \text{ або } \frac{dc}{d\tau} + \frac{1}{T_{\text{ек}}} c = \frac{c_y}{T_{\text{ек}}}$$

$$\text{де } T_{\text{ек}} = \frac{V_{\text{пр}} c_y}{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}.$$

Величину $T_{\text{ек}} = \frac{V_{\text{пр}} c_y}{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}$ можна розглядати як параметр, який харак-

теризує хід і інтенсивність процесу зміни концентрації пари ртуті у повітрі приміщень протягом часу. Він має розмірність часу. За аналогією з іншими фізичними перехідними процесами ця величина також може розглядатися як постійна (стала) часу і за змістом її відповідно можна назвати постійною часу ртутної безпеки.

Отже,

$$c = c_y - c_y e^{-\frac{\tau}{T_{\text{ек}}}} = c_y \left(1 - e^{-\frac{\tau}{T_{\text{ек}}}} \right).$$

Коли у початковий момент $c = c_n \neq 0$, $c_n = c_y + A$ і $A = c_n - c_y = -(c_y - c_n)$

Отже, у цьому випадку $c = c_y - (c_y - c_n) e^{-\frac{\tau}{T_{ек}}}$.

Це співвідношення дозволяє визначати динаміку концентрації пари забруднення у просторі виробничих та інших приміщень, у тому числі у разі руйнування в них розрядних джерел світла зі вмістом ртуті [7].

Проте більш інформативним для оцінки ртутної чи іншої безпеки приміщень є визначений нижче інший параметр, який також залежить і від параметру $T_{ек}$. Для його визначення треба прийняти, що $c = c_{гдк}$, де $c_{гдк}$ – гранично допустима концентрація ртутної пари у даному приміщенні. Тоді:

$$c_{гдк} = c_y - (c_y - c_n) e^{-\frac{\tau_{гдк}}{T_{ек}}}, \quad (1)$$

де $\tau_{гдк}$ – тривалість часу до досягнення концентрацією ртуті чи іншого забруднення ГДК.

Як зрозуміло, протягом часу $\tau = \tau_{гдк}$ після руйнування розрядної лампи зі вмістом ртуті, людина може знаходитися у даному забрудненому ртуттю приміщенні без істотної шкоди для здоров'я і обережно виконувати певні, зокрема демеркуризаційні, роботи. Подальше перебування людини у цьому приміщенні може бути допустимим лише у разі його інтенсивного провітрювання для видалення з нього накопиченої пари ртуті разом з повітрям. Наочно це показано на рис. 1.

Проте, провітрювання забруднених парою ртуті приміщень призводить до поширення ртуті у сусідні приміщення та у довкілля, що з точки зору охорони навколишнього середовища не може вважатися нормальною операцією.

Величина $\tau_{гдк}$ характеризує безпеку довкілля в разі забруднення парою ртуті.

Як впливає із співвідношення (1),

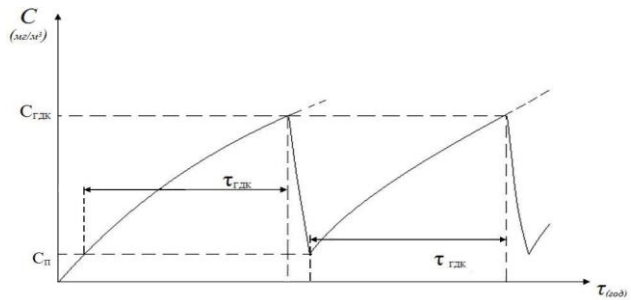


Рис. 1 – Динаміка зміни концентрації пари ртуті у забрудненому ртуттю приміщенні у разі його періодичних провітрювань

$$-\frac{\tau_{гдк}}{T_{ек}} = \ln \frac{(c_y - c_{гдк})}{c_y - c_n} \quad \text{і}$$

$$\frac{\tau_{гдк}}{T_{ек}} = -\ln \frac{(c_y - c_{гдк})}{c_y - c_n}.$$

Оскільки $\ln 1 = 0$, то можна записати

$$\frac{\tau_{\text{з\partial\kappa}}}{T_{\text{ек}}} = \ln 1 - \ln \frac{(c_y - c_{\text{з\partial\kappa}})}{c_y - c_n} = \ln \frac{1}{\frac{c_y - c_{\text{з\partial\kappa}}}{c_y - c_n}},$$

або

$$\tau_{\text{з\partial\kappa}} = T_{\text{ек}} \ln \frac{c_y - c_n}{c_y - c_{\text{з\partial\kappa}}} = \frac{V_{\text{np}} c_y}{W_{\text{вин}} S_{\text{вин}}} \ln \frac{c_y - c_n}{c_y - c_{\text{з\partial\kappa}}}.$$

Отже, величина $\tau_{\text{з\partial\kappa}}$ визначає тривалість відносної безпеки об'єктів різного призначення (без урахувань порівняно незначного часу провітрювань) у разі їх забруднень парою ртуті залежно від початкової концентрації пари цих забруднень (c_n), об'єму приміщень ($V_{\text{пр}}$), температури найхолоднішої їх ділянки (c_y), площі випаровування забруднень ($S_{\text{вин}}$), температури цих забруднень ($W_{\text{вин}}$) та ГДК їх пари у повітрі цих приміщень.

Оскільки при падінні на тверду поверхню чи під іншою будь-якою навіть незначною механічною дією ртуть легко розпадається на дрібні краплі (кульки) діаметром до 0,1 мм і менше, то, виходячи з цього, площу випаровування ртуті $S_{\text{вин}}$ можна представити як:

$$S_{\text{вин}} = \pi D_{\text{к}}^2 n_{\text{к}} = \pi D_{\text{к}}^2 \frac{V_{\text{рт}}}{V_{\text{к}}} = \pi D_{\text{к}}^2 \frac{G_{\text{рт}}}{\rho_{\text{рт}} V_{\text{к}}},$$

де $D_{\text{к}}$ – середній діаметр кульок; $n_{\text{к}} = \frac{V_{\text{рт}}}{V_{\text{к}}}$ – кількість кульок, коли всі вони

мають діаметр $D_{\text{к}}$, а $V_{\text{рт}} = \frac{G_{\text{рт}}}{\rho_{\text{рт}}}$ – загальний об'єм ртутного забруднення;

$G_{\text{рт}}$ – загальна кількість (вага) ртутного забруднення; $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \text{ г/см}^3$ – пи-

тома вага ртуті; $V_{\text{к}} = \frac{\pi D_{\text{к}}^3}{6} = 0,524 D_{\text{к}}^3$ – об'єм однієї кульки.

Отже, у разі ртутного забруднення постійна часу ртутної безпеки $T_{\text{ек}}$ може бути визначена і таким співвідношенням:

$$T_{\text{ек}} = \frac{V_{\text{np}} c_y}{W_{\text{вин}} S_{\text{вин}}} = \frac{V_{\text{np}} c_y}{W_{\text{вин}} \left(\pi D_{\text{к}}^2 \frac{G_{\text{рт}}}{\rho_{\text{рт}} V_{\text{к}}} \right)} = 0,167 \frac{V_{\text{np}} c_y \rho_{\text{рт}} D_{\text{к}}}{W_{\text{вин}} G_{\text{рт}}}. \quad (2)$$

Якщо, як зазвичай, об'єм приміщень вимірювати в м^3 , концентрацію ртуті у повітрі – в мг/см^3 , питому вагу ртуті – в г/см^3 , діаметр кульок ртуті – в мм, швидкість випаровування ртуті – в $\text{мг/год}\cdot\text{м}^2$, вагу ртутних забруднень – в мг, а також, коли $D_k = 0,1$ мм, то співвідношення (2) буде таким:

$$T_{ек} = 2,27 \cdot 10^5 \frac{V_{np} c_y}{W_{вин} G_{рт}} (\text{год}). \quad (3)$$

Співвідношення (3) для визначення постійної часу ртутної безпеки є значно зручнішим для практичного використання, ніж попереднє, оскільки в нього входить не площа випаровування ртуті, а загальна кількість (вага) вилитої ртуті. Відповідно при цьому зручнішим є і визначення значень величини $\tau_{зdk}$, оскільки

$$\tau_{зdk} = T_{ек} \ln \frac{c_y - c_n}{c_y - c_{зdk}} (\text{год}).$$

Висновки

Представлений новий екологічний параметр – величина $\tau_{зdk}$, що визначає термін безпечного перебування людей на об'єктах різного призначення у разі їх забруднення парою ртуті.

Отримане співвідношення для визначення постійної часу ртутної безпеки приміщень є зручнішим для практичного використання, ніж те, що отримано в роботі [7].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гигиенические критерии состояния окружающей среды // Ртуть: экологические аспекты применения. – М.: Медицина, 1992. – Вып. 6. – 130 с.
2. Ртуть – проблема XX века: сб. наук. работ. – СПб.: 1994. – С. 20–27.
3. Коста, Э. Эйхенбергер. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
4. Янин Е.П. Аспекты производства и использования ртутных ламп / Е.П. Янин. – М.: Диалог-МГУ, 1997. – 41 с.
5. Кухар В.П. Проблеми України – перехід до сталого розвитку / В.П. Кухар // Современные проблемы токсикологии. – 1998. – № 3. – С. 9–11.
6. Косорукова Н.В. Утилизация отходов ртутьсодержащих изделий / Н.В. Косорукова, Е.П. Янин // Светотехника. – 2002. – № 3. – С. 25–29.
7. Дмитруха Т.І. Зменшення ртутної небезпеки приміщень в разі руйнування в них джерел оптичного випромінювання / Т.І. Дмитруха // Електроніка та системи управління. – 2010. – № 4. – С. 121–124.

Стаття надійшла до редакції 08.02.2016

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 629.039.58 + 004.942

О.В. КОВАЛЕНКО, О.О. КРЯЖИЧ

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ МІГРАЦІЇ ТРИТІЮ

***Анотація.** У статті подано інформаційну модель міграції техногенного тритію. Використано підхід опису просторів пов'язаних різномасштабних моделей стану системи та модель переносу у середовищі водонасичених ґрунтів. Досліджено питання розповсюдження тритію та його міграції за харчовими ланцюгами. Представлено алгоритм побудови інформаційної моделі міграції тритію. Наведено дані вимірів тритію у стічних водах, сніговому покриві та березовому соку. Зроблені висновки про можливе використання моделі.*

***Ключові слова:** ізотоп, міграція, модель, система, забруднення.*

Вступ

Біогеохімічний кругообіг речовин є основою самопідтримки функціонування навколишнього середовища. У природі всі елементи знаходяться в постійній міграції, що забезпечує розвиток живих організмів у біосфері. Різні рівні організації міграції радіоактивних речовин та їх хімічних сполук майже нічим не відрізняються від механізму міграції інших елементів. У більшості випадків деякі особливості міграції радіонуклідів обумовлені фізико-хімічними властивостями радіоактивного елементу.

Враховуючи те, що вода є основою всіх живих організмів, тривалий час особливою увагою в дослідженнях міграції елементів у біосфері користується водень та його ізотопи. Унаслідок ізотопного обміну важкі ізотопи водню можуть легко і швидко включатися у біохімічні процеси та замішувати атоми водню на тритій. Зовнішнє опромінення β -електронами тритію практично відсутнє. Проте основну частину своєї енергії β -електрони тритію витрачають на взаємодію з електронними оболонками атомів речовини середовища, в якому вони рухаються, що призводить до її іонізації. Бета-електрони тритію мають найвищу іонізаційну здатність у порівнянні з іншими ізотопами – 1900 пар іонів на 1 см проникнення. Основні фізико-хімічні властивості тритію

повністю аналогічні властивостям водню, тому живий організм не розрізняє, які атоми водню є присутніми аж до виникнення критичного стану організму.

Метою роботи є розробка інформаційної моделі міграції тритію в навколишньому середовищі.

Мета розкривається за допомогою наступних завдань:

- розглянути фізико-хімічні властивості водню та його ізотопів;
- дослідити особливості техногенної міграції тритію в навколишнє середовище та організм людини;
- представити та обґрунтувати інформаційну модель біогеоміграції тритію, на основі якої, в подальшому, можна розробити методи забезпечення територій від забруднення та певний програмний продукт для прогнозування можливого викиду техногенного тритію.

Дослідженню процесів міграції тритію у довіклі присвячена значна частина роботи [1] за авторства В.В. Доліна, О.В. Пушкарьова, І.Ф. Шраменка та інших дослідників, деякі аспекти моделювання кругообігу тритію розглянуті в [2] Г.Д. Коваленком, В.В. Турбаєвським та В.А. Седневим [3]. Частково зазначена тематика була представлена у статтях [4–5], де були представлені підходи до моделювання події локального забруднення техногенним тритієм.

1. Фізико-хімічні властивості водню та його ізотопів

Міграція хімічних елементів, їх сполук та радіонуклідів відбувається внаслідок природних явищ – при паводках, пожежах, дощах, ураганах, повенях, снігопадах. Техногенна міграція виникає за наявності людського фактора – при небезпечних ситуаціях та аваріях на підприємствах, вибухах, скиді сміття, хімічній обробці полів. При цьому міграція радіонуклідів у довіклі відбувається внаслідок ядерних випробувань, при роботі ядерних установок, підприємств ядерної енергетики, видобуванні і переробці урану, кам'яного вугілля, руди.

Техногенна міграція підсилюється природною міграцією, в результаті чого хімічні елементи, у тому числі і радіонукліди, переносяться вертикально при випарах вологи після дощу, зростанні дерев і так далі та горизонтально – за течією річок, вітром, потрапляння з водою у харчові ланцюги живих організмів з переміщенням далеко за межі забруднення.

Останнє є найцікавішим з точки зору розповсюдження ізотопу водню – тритію. Трофічні ланцюжки є рядом послідовних етапів, по яких здійснюється трансформація речовини і енергії в екосистемі. При забрудненні одного з ланцюгів радіоактивним ізотопом тритію відбувається міграція, яку дуже важко спрогнозувати і відслідкувати, навіть з врахуванням накопичення небезпечного елемента в живому організмі.

Проблема виявлення і прогнозування розповсюдження тритію у навколишньому середовищі полягає у фізико-хімічних особливостях водню, який знаходиться у довіклі та організмі живих істот майже лише у вигляді сполук. Чистий водень у незначній кількості знаходиться в атмосфері і збільшується з висотою. Найпоширенішою сполукою водню є вода.

Водень H_2 є двохатомним найлегшим газом без кольору, запаху і смаку. Електронна конфігурація атому водню ($1s^1$) визначає його основні властивості. Атом має один електрон з $Z = (-1)$, який обертається по орбіті навколо ядра, що містить один протон з одиничною масою і позитивним зарядом $(+1)$.

Процес віддачі електрону ріднить водень з металами, а маленька маса і розмір атомів обґрунтовують його здатність проникати через різні речовини.

Фізичні властивості водню найбільш яскраво проявляються особливостями речовин, до яких входять різні ізотопи водню. Зокрема, якщо до води замість найпоширенішого атому ^1H входить ^2H – його ізоотп з двома елементарними частинками (позитивною і незарядженою), то утворюється важка дейтерована вода. Тритій (T) ^3H має в ядрі два нейтрона і один протон, є радіоактивним елементом і, відповідно, утворює тритировану воду. Тритій може розпадатися до моноатомного газу з випроміненням електрону і антинейтрино із свого ядра.

Основні фізико-хімічні властивості тритію за [1] наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні фізико-хімічні властивості тритію

Показник	Значення
Атомна маса	3,01605
Молекулярна маса	6,03210
Приблизний діаметр атома тритію, нм	0,11
Спін	1/2
Магнітний момент	2,975
Енергія зв'язку ядра, МеВ	8,1–8,4
Максимальна енергія р-частинок, кеВ	18,61
Енергія дисоціації T_2 до 2T , еВ	4,59
Іонізаційна енергія T до T^+e , еВ	13,55
Період піврозпаду, роки	12,34
Питома активність, ГБк/г	$3,59 \cdot 10^5$
Густина потужності, В/г	0,328
Густина активності (T_2 газ, 1 атм, 0°C), Бк/см ³	$9,5 \cdot 10^{10}$
Густина активності (T_2 газ, 1 атм, 25°C), Бк/см ³	$8,7 \cdot 10^{10}$

Завдяки високому коефіцієнту дифузії, тритій легко проникає крізь пористі матеріали, а також метали, з утворенням тритидів металів. Різна глибина проникнення β -частинок обумовлена їх різною енергією (табл. 2) [1].

Таблиця 2 – Глибина проникнення β -частинок тритію

Матеріал	E (р), кеВ	Глибина проникнення
T_2 , газ, стандартні умови (0°C , 101 325 Па)	5,7	0,24 см
T_2 , газ, стандартні умови	18,6	3,2 см
Повітря, стандартні умови	5,7	0,036 см
Повітря, стандартні умови	18,6	0,45
Вода, м'які тканини, масла	5,7	0,42 мкм
Вода, м'які тканини, масла	18,6	5,2 мкм
Нержавіюча сталь	5,7	0,06 мкм

І хоча електронна конфігурація тритію аналогічна конфігураціям дейтерію і протію, хімічні властивості мають деякі відмінності, що обумовлено різницею атомних мас. Ця електронна конфігурація сприяє і легкому обміну з атомом водню органічної молекули. А враховуючи те, що атоми водню

містяться майже всюди, атоми тритію легко заміщують атоми протію або дейтерію і утворюють тритіровані молекули.

Тритій може існувати у вигляді молекулярного тритію T_2 , утворювати молекули прототритію HT з іншими ізотопами, дейтеротритію DT , існувати у формах оксидів тритію DTO , HTO , T_2O , TMe та органічно зв'язаного тритію O_3T .

Найактивнішими є водні форми. А найбільш розповсюдженим виступає оксид тритію HTO , що утворюється з тритій-газу в результаті обмінних реакцій з водою чи окислення.

2. Техногенна міграція тритію в навколишнє середовище та організм людини

В Україні діють п'ять АЕС та п'ять регіональних сховищ радіоактивних відходів, серед яких сховища Харківського та Київського спецкомбінатів, які мають високий рівень зносу та виступають найбільшими вмісниками тритію. Після аварії на Чорнобильській АЕС у навколишнє середовище потрапило близько 10^{14} Бк тритію. Крім того, в країні працюють наукові лабораторії та підприємства, які у своїй роботі використовують та викидають тритій у вигляді оксидів або тритій-газу.

Взаємодія ізотопу водню тритій-газу з заміщенням атомів водню у відкритій воді і повітрі відбувається за хімічним рівнянням обміну з вивільненням водню та утворенням оксиду тритію:



Реакція відбувається в обох напрямках за відповідної температури в межах $(16-20,2)^\circ C$. Частина HTO може утримуватися у насиченому парі, що утворюється над поверхнею води або ґрунту.

Водна та парова фаза оксиду тритію легко вбирається рослинами та просочується в ґрунтову вологу. Далі, за трофічними ланцюгами, тритій проходить до організму людини, де при тривалому впливі може накопичуватися або виділятися з передачею в повітря, до води та іншим живим істотам.

Наявні моделі переносу тритію здебільшого представлені у площині водного середовища та водонасичених ґрунтах і потребують детальних розрахунків по гідрогеології досліджуваного елементу. Наприклад, у процесі аналізу концентрації тритію розробками МАГАТЕ використано спрощений підхід з використанням функції Гріна [6], завдяки чому визначається концентрація тритію як функція від часу і простору при точковому використанні інжектування тритію. Концентрація тритію при горизонтальній координаті x від початку потоку й глибині z при часі t визначається рівнянням:

$$c(x, z, t) = \iint g_1(\xi, \tau; x) g_3(\xi, \tau; z) \exp(-\lambda \tau) d\xi d\tau \quad (1)$$

де g_1 , g_3 – функції Гріна для горизонтального та вертикального переміщення; τ – час від початку скидання, с; ξ – відстань від джерела до елементу $d\xi$ (точки скиду), м. Крім того, функція g_1 описує необмежене горизонтальне переміщення тритію, а функція g_3 – переміщення тритію у вертикальному напрямку, але має обмеженість за висотою пористопружного насиченого рідиною середовища (ПНРС).

У цьому випадку слід врахувати параметри ґрунтів. Для цього пропонується використовувати ступені зв'язаності між твердою і рідкою фазами ґрунту – граничні випадки ПНРС [6]. Середовище «без зв'язків» буде характеризуватися тим, що рідина вільно циркулюватиме між зернятами твердої фази ґрунту. Прирошення напруги, яке виникає при проходженні пружних хвиль ПНРС, не буде змінювати напруги заповнювача, а відбиватиметься тільки на скелеті середовища (це маловологі середовища піску або пісковика). У середовищі «з довершеними зв'язками» заповнювач не може циркулювати у порах і виштовхуватися з них під тиском динамічної напруги (глини, вапняки). Розрахунки для граничних випадків середовища «без зв'язків» та середовища «з довершеними зв'язками» можуть проводитися на основі моделі пружного однорідного напівпростору з відповідним коефіцієнтом Пуассона матеріалу основи [6].

Запропоноване можна обґрунтувати математичною залежністю взаємодії двох різнорідних середовищ [6]. Так, використовуючи теорію взаємодії багатозафазових середовищ, можна представити рівняння руху для твердої та рідкої фази у деякому контурі (тунелі, трубі) без врахування об'ємних сил:

$$\begin{aligned}\rho_1 \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_{ij}^s}{\partial x_j} - W_j \\ \rho_2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma^f}{\partial x_i} - W_i,\end{aligned}\quad (2)$$

де u_i , U_i – компоненти векторів переміщення твердої та рідкої фаз відповідно; $\rho_1 = (1 - m)\rho_s$; $\rho_2 = m\rho_f$; ρ_s – густина твердої фази; ρ_f – густина рідкої фази; m – пористість; σ_{ij}^s – тензор напружень у пружному скелеті (трубі) при проходженні рідини; σ^f – сила, що діє на рідину; t – час; x – координата; W_i – міжфазова сила взаємодії при просуванні рідини у трубі. Ця сила фільтраційного тертя включає складову, що визначається в'язкими силами на міжфазовій поверхні, та пов'язана з інерційними силами, які обумовлюють прискорення фаз відносно одна одної.

За умов, коли на двофазну систему взаємодії двох різнорідних середовищ діє ряд сил на межах їх розділу, на межі взаємодії двофазного середовища та твердого тіла, а також взаємодії твердої та рідкої фази середовища, можна представити взаємодію всіх сил на систему наступною моделлю:

$$\dot{T} + \dot{W} + 2D = \int_s (\sigma_{ij}^s \dot{u}_i + \sigma^f \delta_{ij} \dot{U}_i) n_j dS, \quad (3)$$

де в лівій частині виразу – сума кінетичної та потенціальної енергії двофазної системи з врахуванням функції дисипації в одиниці об'єму, а поверхневий інтеграл в правій частині – робота всіх сил, що діють на двофазну систему.

За зазначеною моделлю (3) враховується обмеження тиску в рідкій фазі середовища системи. Це у підсумку дозволяє визначати коефіцієнти зрушення твердої фази відносно рідкої фази, тобто, визначити товщину створення певного шару твердої фази, що виштовхує, наприклад, тритієву воду з-під землі на поверхню, звідки вона потрапляє до рослин та організмів тварин, а також випаровується. Ці процеси вже частково були представлені в роботах [4–5, 7].

Таким чином, прослідковується процес перенесення ізотопів техногенного тритію, що у результаті аварійної ситуації потрапили у ґрунтові води. З цього моменту слід враховувати, що живий організм мешкає в деякому навколишньому середовищі, на яке впливають різні фактори. Існує багато моделей для розрахунку радіоактивних речовин в атмосфері, ґрунті, воді, але вони, в основному, торкаються міграційних проблем і не спрямовані на оцінку впливу на людину. Для вирішення задачі застосування системного підходу при дослідженні перенесення радіоактивних ізотопів у різних середовищах можна застосувати простори пов'язаних різномасштабних моделей стану системи [4], де підприємство, яке є небезпечне по викидах, представляється ділянкою площини $R, \Omega \subset R$ у адміністративно обмеженій території $\vec{r} \subset R$.

Простори, що моделюють стан системи, представляються у вигляді вектор-функцій стану підприємства, рівня забруднення, впливу на середовище, а також просторів операцій, що відбуваються у досліджуваній системі, можуть традиційно бути розглянутими, як контрзаходи на подію. Моделювання стану системи відбувається з акцентом керований режим функціонування підприємства, на повернення до якого і спрямовані зусилля осіб, що приймають рішення за ситуацією.

Перехід до цього режиму можна представити моделлю, за якою враховуються значення стану системи в конкретний момент часу:

$$\widetilde{R}_{tr}^{+} : R_{os} \xrightarrow{U_{tr}} R_{sd}, \quad (4)$$

де $\widetilde{R}_{tr}^{+}$ – керований режим функціонування, який обумовлений множиною керуючих параметрів U_{tr} системи управління безпекою, які протягом періоду $\widetilde{T}_{tr}^{\pm}$ призводять до переходу нештатного режиму R_{os} до штатного режиму R_{sd} . Це, фактично, вже динамічна модель, за якою узгодження за простором і часом досягає критичного моменту для достовірності ситуації, що моделюється.

До людського організму радіоактивні речовини надходять через дихальні шляхи, кишково-шлунковий тракт і шкіру. Через шкіру серед усіх ізотопів найбільш легко проникає тритій, який також потрапляє через органи травлення з водою, а при випаровуванні забрудненої тритієм води разом із повітрям надходить до органів дихання [8].

За характером розподілу ізотопів водню і вуглецю в організмі людини мікробіальний метан, який утворюється в процесі CO_2 редукції, відрізняється від метану, що виділяється в результаті ферментації ацетату. Проте конкретна роль активних організмів у фракціонуванні ізотопів водню не встановлена. Ізотопний склад водню і кисню, що в процесі фотосинтезу переходять до вуглеводів рослин із води, практично повністю визначається ізотопним складом води. Ізотопи водню фракціонуються під час перебігу процесів випаровування-конденсації води.

Виведення 3H з рослин визначається процесом водообміну. Основний період напіввиведення, характерний для 90% виведення водної форми тритію НТО, практично не залежить від кліматичних умов і коливається від декількох годин до (10–20) діб.

3. Модель біогеоміграції тритію

У роботі [1] наведена модель міграції НТО в системі атмосфера-рослина-грунт. Безумовно, позитивною стороною наведеної моделі є її базування на засвоєнні водної і парової фаз НТО рослинами з врахуванням горизонтальної та вертикальної міграції іонів тритію.

Зазначена модель орієнтована на те, що понад 90% водню асимілюється переважно рослинами. Тобто, основним утримувачем НТО виступають рослини. Проте рослини виступають лише частиною трофічного ланцюга, на вершині якого стоїть людина, як споживач не лише їжі рослинного та тваринного походження, а й води і повітря.

Є робота [9], в якій обґрунтовується модель, де людина виступає засобом переносу радіонуклідів тритію до інших людей, що не підпали під вплив викиду небезпечної речовини, а також виносу ізотопу тритію у своєму організмі із зараженням чистих територій власного помешкання, членів своєї родини, сусідів, знайомих. Особливості такої моделі – накопичення тритію та його перетік до інших площин. Це близько до того, що можна описати просторами пов'язаних різномасштабних моделей стану системи, про що зазначалося вище та досліджувалося у роботах [4–5, 7–8].

Враховуючи все викладене, схематично кругообіг тритію у навколишньому середовищі можна представити у вигляді схеми (рис. 1).

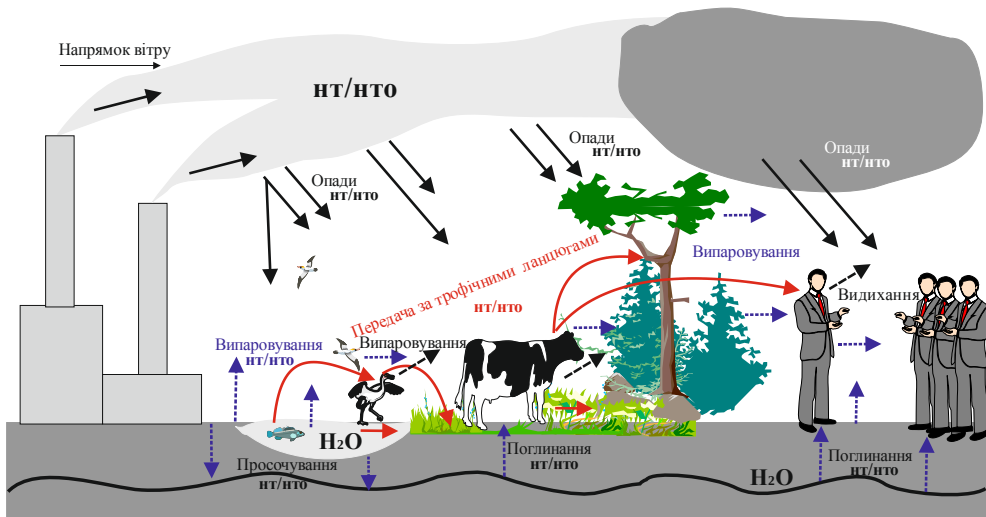


Рис. 1 – Кругообіг тритію в навколишньому середовищі

Схему (рис. 1) можна продемонструвати на прикладах. В табл. 3–5 наведені результати вимірів питомої активності тритію у скидних водах за період з лютого по листопад, у талій воді снігового покриву у лютому та у соку берез у березні 2014 року. Проби відбиралися у точках виміру, встановлених для підприємства, що використовує тритій у своїй діяльності.

Як можна помітити з табл. 3, активність тритію зростає в період танення снігу та навесні і восени, у дощовий період, що обумовлено додатковим проникненням у навколишнє середовище вод, що утримують НТО, з атмосфери та з поверхні ґрунту і рослин. Це можна підтвердити, аналізуючи

табл. 4, де представлена питома активність тритію у талій воді снігового покриву. Погода на дату відбору зразків (10.02.2014) була наступною: вночі температура не опускалася нижче 0°C, вдень складала +4°C. В перші дні лютого 2014 року температура була морозною, але вже 5 лютого вдень відбулося потепління (+5°C) з пониженням вночі (-8°C). З 7 лютого почалося потепління і температура вдень коливалася в межах 2–5°C. Тобто, на дату відбору розпочалося активне танення снігу.

Таблиця 3 – Питома активність тритію у скидних водах у 2014 р., Бк/л

№ п/п	Дата відбору	Вода (500 м від точки викиду тритію)	Погодні умови
1	06.02	321,1 ± 11,5	температура 0°C, вітер 6 м/с, південний, вологість повітря 71%, хмарно
2	03.03	223,4 ± 12,3	температура +3°C, вітер 4 м/с, північно-східний, вологість повітря 89%, мокрий сніг
3	01.04	590,9 ± 16,2	температура +7°C, вітер 7 м/с, північний, вологість повітря 34%, ясно
4	06.05	400,9 ± 12	температура +12°C, вітер 7 м/с, західний, вологість повітря 44%, ясно
5	06.06	78,1 ± 4,0	температура +26°C, вітер 5 м/с, північно-західний, вологість повітря 36%, ясно
6	27.06	70,9 ± 4,0	температура +21°C, вітер 6 м/с, північно-західний, вологість повітря 65%, дощ
7	30.07	88,4 ± 4,4	температура +33°C, вітер 4 м/с, південно-східний, вологість повітря 23%, ясно
8	03.10	156,1 ± 6,1	температура +15°C, вітер 2 м/с, північно-східний, вологість повітря 37%, ясно

Таблиця 4 – Питома активність тритію у талій воді снігового покриву у 2014 р.
Дата відбору зразків 10.02.2014 р.

№ точки відбору	Питома активність, Бк/л	№ точки відбору	Питома активність, Бк/л
Об'єкт А		Об'єкт В	
1	136,4 ± 5,9	1а	185,8 ± 7,2
2	138,9 ± 6,0	2а	144,2 ± 7,6
3	145,8 ± 6,0	3а	210,1 ± 7,8
4	154,4 ± 6,0	4а	220,9 ± 8,2
5	156,4 ± 5,9	5а	249,5 ± 8,2
6	170,1 ± 6,6	6а	230,7 ± 8,5
7	150,6 ± 6,2	7а	159,5 ± 6,5
8	163,6 ± 6,5	8а	183,3 ± 7,3
9	128,7 ± 5,5		
Реперна точка (відстань – 30 км)		–	74,5 ± 5,2

Враховуючи, що після танення снігу і активного просочування талих вод у ґрунт починається активний рух соку дерев, цікавим є спостереження питомої активності тритію у березовому соку (табл. 5).

Таблиця 5 – Питома активність тритію у березовому соку, Бк/л.
Дата відбору зразків 26.03.2014 р.

№№ точок відбору	Об'єкт А (20 м)	Об'єкт В (50 м)	Об'єкт С (100 м)
1	124,3 ± 5,5		
2	121,3 ± 6,8		
3	117,1 ± 5,3		
4		89,3 ± 4,6	
5		86,1 ± 4,5	
6		66,6 ± 4,0	
7			61,6 ± 4,1
8			85,7 ± 6,9
Реперна точка (відстань – 20 км) – 55,8 ± 3,3			

Хоча, виходячи з даних табл. 3–5, питома активність не перевищує припустимі показники, у порівнянні з реперною точкою по березовому соку у реперній точці на відстані 20 км від об'єктів дослідження (табл. 5), слід дослідити рух тритію в навколишньому середовищі на проміжку сніг – вода – березовий сік.

Для того, щоб побудувати цілісну картину міграції тритію в навколишньому середовищі, слід проаналізувати не лише процес руху НТО з атмосфери в гідросферу і через воду – до живого організму, а й розглянути обмін НТО живого організму з навколишнім середовищем та іншими живими організмами. Інформаційну модель такого дослідження можна побудувати за умов реалізації наступного алгоритму (рис. 2).

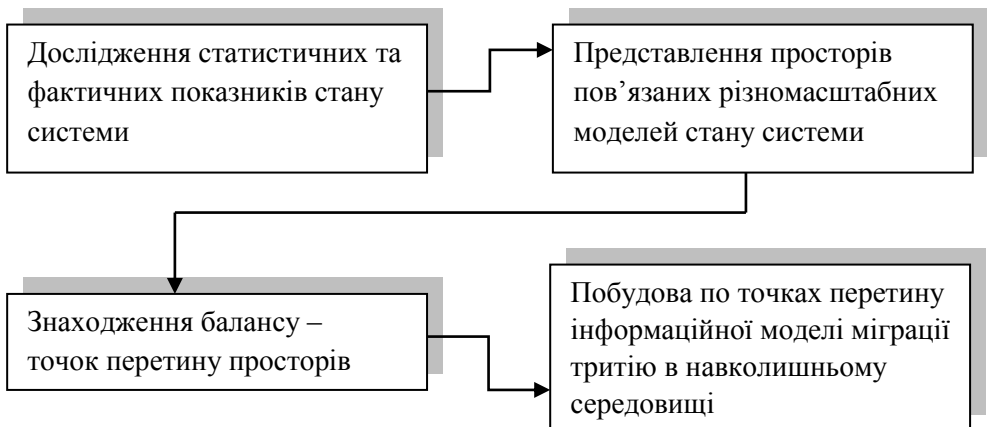


Рис. 2 – Побудова інформаційної моделі міграції тритію

Перехід до формалізованої моделі міграції тритію можливий за умов опису таких просторів стану системи, як:

- опис зони можливого розсіювання радіонуклідів при аварійному викиді;
- моделювання поглинання НТО рослинністю, тваринами і людиною на території імовірного забруднення;
- просочування і випаровування НТО в залежності від складу ґрунтів і особливостей руху ґрунтових і наземних вод;
- моделювання обмінних процесів в навколишньому середовищі;
- вимірювання концентрації НТО в повітрі робочих приміщень підприємства, що небезпечно за викидами тритію;
- контроль забруднення організму працівників підприємства та моделювання стану на основі отриманих даних;
- вимірювання концентрації НТО в житлових приміщеннях працівників підприємства, що працюють з тритієм;
- контроль рівня тритію в організмі тих, хто оточує працівника підприємства, що працює з тритієм (люди, тварини, рослини);
- опис динаміки руху радіонукліду в залежності від погодних умов, пори року, інших можливих станів системи, що досліджується.

Висновки

Враховуючи те, що тритій потрапляє в організми живих істот здебільшого за харчовим ланцюгом, а до людини – ще й через шкіру, моделювання розповсюдження і накопичення тритію необхідно проводити системно, через простори станів середовища, враховуючи особливості як середовища та живих організмів, так і поведінку радіонукліда за різноманітних умов. Лише тоді можна отримати цілісну картину розповсюдження тритію деякою територією та визначити вплив на біосферу.

У роботі запропонована описова інформаційна модель кругообігу тритію в навколишньому середовищі, яка побудована на основі статистичних спостережень та моделей переносу радіонукліду у воді, повітрі, ґрунті та за харчовими ланцюгами.

Інформаційна модель кругообігу тритію може бути використана при роботі програмних продуктів для моделювання стану навколишнього середовища у разі забруднення ізотопами тритію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Долін В.В., Пушкарьов О.В., Шраменко І.Ф. та ін. Тритій у біосфері. – К.: Науково-виробниче підприємство «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. – 224 с.
2. Коваленко Г.Д., Турбаєвський В.В. Деякі питання моделювання розповсюдження тритію в ґрунтових водах // Ядерні й радіаційні технології – 2004 – т. 4, № 3. – С. 46–52.
3. Коваленко Г.Д., Седнів В.А., Турбаєвський В.В. Накопичення і міграція тритію в районах розташування АЕС з реакторами ВВЕР // Ядерна і радіаційна безпека. – 2004. – № 2. – С. 47–53.
4. Коваленко О.В. Моделювання події радіоактивного забруднення тритієм / О.В. Коваленко // Технічні науки та технології : науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів: Черніг. нац. технол. ун-т, 2015. – № 1 (1). – С. 199–205.

5. Кряжич О.О., Коваленко О.В. Моделювання події радіаційного забруднення локальних територій в умовах невизначеності // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ, Нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол. О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2015. – Вип. 3 (19). – С. 100–112.
6. Динамика пористоупругих насыщенных жидкостью сред / А.Н. Трофимчук, А.М. Гомилко, О.А. Савицкий – К.: Наук. думка, 2003. – 230 с.
7. Коваленко О.В. Підходи до моделювання забезпечення безпеки від джерел техногенного тритію / О.В. Коваленко // Штучний інтелект: науковий журнал. – К., 2015, – № 1–2(67–68) – С. № 1–2(67–68) – С. 99–105.
8. Коваленко О.В. Моделювання міграції тритію в навколишньому середовищі / О.В. Коваленко // Математичне моделювання в економіці. – 2015. – № 2. – С. 51–64.
9. Баталин Ю., Кречетова А. Модель переноса трития в окружающую среду персоналом ядерных объектов / Юрий Баталин, Алена Кречетова // Journal of Environmental enginetring and Landskape managment. – 2004, Vol. XII, Suppl 1, 25–30.

Стаття надійшла до редакції 18.02.2016

УДК 556.1: 556.3

С.В. ТЕЛИМА, С.А. ПЛАХОТНІЙ

ПРО ЗМІНИ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ УМОВ НА ТЕРИТОРІЯХ ЗАКРИТТЯ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

***Анотація.** Запропоновано концептуальне та системне обґрунтування створення постійнодіючої математичної моделі водо- і масообміну для прогнозування підтоплення та затоплення ґрунтовими водами території розташування шахти № 1 «Червоноградська» і подальшого прийняття відповідних рішень щодо припинення та ліквідації цих негативних процесів*

***Ключові слова:** підтоплення, водообмін, ліквідація шахти, граничні умови, фільтраційні параметри, постійнодіюча математична модель, прогноз.*

Вступ

Діяльність вугільних шахт в Червоноградському районі Львівської області та їх затоплення після закриття супроводжуються низкою негативних екологічних явищ, у тому числі підтопленням та затопленням території, забрудненням поверхневих і підземних вод та забрудненням родючих ґрунтів [3, 8].

Згідно зі ст. 16 Конституції України забезпечення екологічної безпеки населення є обов'язком держави. Стаття 24 Кодексу України «Про надра» зобов'язує користувачів надр приводити земельні ділянки, порушені при користуванні надрами, у стан, придатний для подальшого їх використання у суспільному господарстві [4, 10].

Сформоване локальне підтоплення земель в межах гірничого відводу шахти № 1 «Червоноградська» є головною екологічною проблемою в даному районі. Особливо активно цей негативний процес відбувається на території с. Добрячин, яка знаходиться в зоні впливу зазначеної шахти [3, 8].

Гідрогеологічні умови в районі села Добрячин

Дана територія входить до складу північно-західної частини Волино-Подільського артезіанського басейну. Для цієї частини артезіанського басейну характерна певна витриманість і однорідність осадової товщі, в якій розповсюджені основні водоносні горизонти [1, 5, 6].

В районі розповсюджені водоносні горизонти у четвертинних відкладах, тріщинуватих мергелях сенонського ярусу крейдяної системи, юрських пісковиках, аргілітах та вугіллях візейського і намюрського ярусів карбону та у вапняках девону (рис. 1) [5, 6]. У формуванні підтоплення в даному районі основну роль відіграє водоносний горизонт ґрунтових вод у четвертинних відкладах. Взаємозв'язок з нижчезалягаючими горизонтами практично відсутній, оскільки має місце дуже сповільнений водообмін з ними.

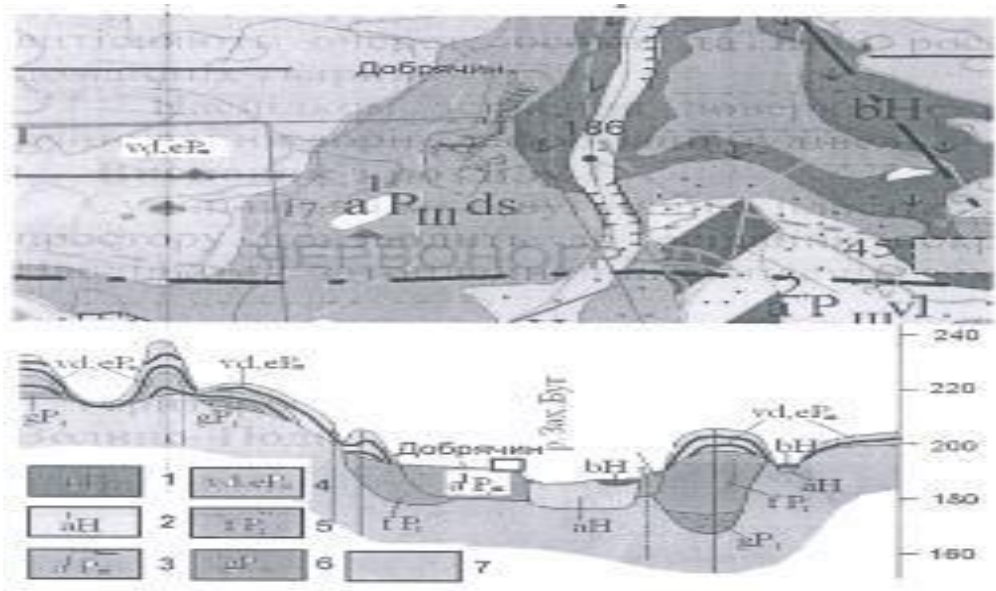


Рис. 1 – Геологічна карта та розріз по лінії I-I':
1 – болотні відкладення; 2 – алювіальні відкладення

Водоносний горизонт четвертинних відкладів розвинутий у четвертинних утвореннях, а саме: у суглинках на вододілах та супісках в алювіальних відкладеннях у долинах річок. Найбільше значення для процесів підтоплення мають алювіальні відкладення. Склад відкладів здебільшого представлений шаром пісків або супісків, потужністю 0,5–6,0 м (при максимальній потужності до 16 м). Нерідко спостерігається їх перешарування. В підшві інколи присутній малопотужний шар гравію або гальки.

Коефіцієнт фільтрації суглинків за літературними даними становить 0,003–0,17 м/добу, пісків та супісків – 2–5 м/добу [3, 5, 6, 8]. Горизонт безнапірний, не захищений верхнім водотривким шаром і живиться за рахунок атмосферних опадів і талих вод. Крім того, існують техногенні джерела живлення: спостерігається фільтрація шахтних вод із водозбірника, а також із невпорядкованих водойм біля очисних споруд. Приток в шахту формується за рахунок підземних вод сенонських та кам'яновугільних відкладів в умовах активного водообміну між вказаними водоносними горизонтами. Ґрунтові води частково дренуються каналом, який проходить у широтному напрямку між двома частинами села, а також канавою, викопаною вздовж східного схилу заболоченої заплави Західного Бугу. На формування підтоплення впливає також підпір зі сторони р. Західний Буг, так як внаслідок просідання території рівні води в річці вищі за абсолютні відмітки навколишньої місцевості і відбувається фільтрація з річки в алювіальний водоносний горизонт, тобто, складова живлення у загальному водному балансі переважає над розвантаженням ґрунтового потоку, що і призводить до підйому рівнів ґрунтових вод та підтоплення і затоплення території с. Добрячин [3, 5, 7]. Подібна ситуація має місце у пониженій частині м. Нікополь, де рівні води в Каховському водосховищі вищі відміток поверхні землі на даній ділянці і для зниження рівнів ґрунтових вод вже багато років використовується відсічний дренаж

із вертикальних свердловин, які розташовані паралельно захисній дамбі для перехоплення потоку зі сторони водосховища. В результаті чисельного моделювання були визначені величини притоку на підтоплену ділянку і запроєктовано відповідний відсічний дренаж, що дозволяє підтримувати РГВ на ділянці на глибинах 2–3 м від поверхні землі і забезпечує нормальну життєдіяльність цієї частини міста [9].

В результаті впливу вказаних вище факторів відбулося і відбувається подальше підтоплення навколишньої території, що призвело до надмірного зволоження ґрунтів аж до їх повного насичення вологою і пов'язаних із ним істотних змін у докільлі, порушення побутових умов життєдіяльності населення та господарської діяльності на цій території.

Досліджена територія представляє собою техногенно-природну систему з переважним впливом господарсько-промислової діяльності, в першу чергу, вуглевидобувної. Порушено гідрогеологічний режим підземної гідросфери, триває нагромадження териконів, відбувається процес просідання земної поверхні з наступним її підтопленням та утворенням техногенного рельєфу, значно збільшилась площа поширення боліт та заболочених земель, змінився характер гідромережі, відбувається підтоплення орних земель і лісових масивів [3, 7].

Виходячи із вищесказаного, для кількісної та якісної оцінки процесів підтоплення доцільно, на наш погляд, створення постійнодіючої математичної моделі водо- і масообміну на зазначеній території з метою прогнозування подальшого розвитку підтоплення та розробки ефективних заходів щодо усунення його наслідків.

Створення такої моделі передбачає системне обґрунтування структури та форми області фільтрації, схематизацію фільтраційної неоднорідності району, схематизацію граничних умов та основних джерел формування водообміну, вибір відповідної моделі фільтрації та ефективних методів чисельного моделювання [2, 7].

Як показує аналіз гідрогеологічних умов району, достатньо розглядати лише один водоносний горизонт у четвертинних відкладах, де відбувається підйом РГВ, що спричиняє підтоплення навколишньої території. Тому задача зводиться до розв'язку рівняння планової нестационарної фільтрації при наявності інфільтраційного живлення та відповідних граничних умов, а також із врахуванням внутрішніх джерел водопритоку та водовідведення в межах вибраної області фільтрації.

Слід відмітити, що на даній території ґрунтові води залягають на незначній глибині від поверхні землі (менше 2 м), а деякі площі затоплені, і тому необхідно враховувати на моделі процеси вологопереносу та випаровування.

Необхідно зауважити, що швидкість вологопереносу суттєво відрізняється при неглибокому і глибокому заляганні рівнів ґрунтових вод. При глибокому заляганні вона є функцією вмісту вологи в проміжній підзоні, а при неглибокому швидкість вологопереносу залежить від коливань вмісту вологи в підзоні поверхневих ґрунтових вод, неусталений процес в якій у даному випадку грає основну роль у порівнянні з іншими факторами.

При моделюванні інфільтраційного живлення різного походження слід враховувати ті обставини, що на процес інфільтрації впливає глибина залягання рівнів ґрунтових вод. При неглибокому їх заляганні інфільтрація відбувається з постійною початковою вологістю, яку можна розглядати як умову,

яка не змінюється по вертикалі вниз, а при глибокому заляганні рівнів ґрунтових вод інфільтрація відбувається у ґрунт з початковим, довільно розподіленим вмістом вологи, форма якого визначається властивостями ґрунтів.

Таким чином, врахування процесів вологопереносу в зоні аерації та випаровування з поверхні землі значно ускладнює всю модель, і тому на попередньому етапі прогнозування підтоплення доцільно використовувати наближені дані стосовно сумарного інфільтраційного живлення на поверхню ґрунтових вод без врахування на моделі окремо процесів вологопереносу та випаровування.

На основі розв'язків прогнозних прямих та обернених задач фільтрації у разі необхідності є можливим моделювання процесів забруднення ґрунтових вод у четвертинних відкладах за рахунок шахтних вод шляхом чисельного розв'язку сумісних задач гідродинаміки та міграції забруднюючих речовин, оскільки водоприток із шахти містить сильно мінералізовані води.

В цілому, попередня схематизація природних умов району досліджень дозволяє створити концептуальну модель водо- і масообміну вказаної території та провести моделювання тестових та імітаційних задач з метою уточнення та обґрунтування прийнятої розрахункової схеми, а потім перейти до розв'язку прогнозних задач та прийняття відповідних ефективних рішень з управління та забезпечення екологічної стабільності в даному регіоні.

Висновки

З аналізу виконаних досліджень та систематизації вихідних даних можна зробити наступні висновки щодо причин та факторів впливу на підтоплення та затоплення території села Добрячин:

1) пониження земної поверхні відбувається внаслідок суцільного виймання 1–2 вугільних пластів з обваленням покрівлі, яке продовжується і після припинення діяльності шахти в період ліквідації;

2) підйом рівнів ґрунтових вод частково обумовлений припиненням відводу дренажних вод із шахтних стволів після ліквідації шахти;

3) особливості літологічного складу порід зони аерації (лесові суглинки) та наявність великої кількості слабопроникних прошарків у водонасиченій зоні сприяють подальшому підйому ґрунтових вод на даній території;

4) мають місце малі градієнти потоків підземних вод, що призвело до сповільненого водообміну в системі водоносних горизонтів та погіршення умов їх розвантаження;

5) закриття шахти та значне зменшення водовідбору із сенонського горизонту на господарсько-питні потреби, внаслідок чого збільшився приток у шахту, являється однією із причин прискорення процесів підтоплення, так як відбулися суттєві зміни умов водообміну на даній території;

6) на досліджуваній території сформувався фактично безстічний режим фільтрації ґрунтових вод; складова живлення горизонту переважає над витоків, внаслідок чого відбувається постійний підйом РГВ.

Таким чином, створення за таких умов моделі водо- і масообміну даної території є актуальною і необхідною проблемою і дозволить розробляти та приймати виважені ефективні рішення для поліпшення тої складної ситуації, що склалася.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабинец А.Е., Боровский Б.В., Шестопалов В.М. и др. Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины. К., Наукова думка, 1979. – 216 с.
2. Бабинец А.Е., Огняник Н.С., Телыма С.В. О создании постоянно действующих моделей гидрогеологических объектов и применении метода конечных элементов. К., Геологический журнал, том XXXVIII, вып. 4, 1977. – С. 119–122.
3. Бабаджанова О.Ф., Сукач Р.Ю. Вплив діяльності шахт на гідрологічний режим території Львівської області [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.google.com.ua/url?Sa=t&rct=j&tsrc=s&source=web&cd=1&ved=0cbwqfjaa>
4. Биченок М.М., Трофимчук О.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. К., УІДНСР, 2002. – С. 153.
5. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в нарушенных условиях. – К.,: Наукова думка, 1991. – 528 с.
6. Гидрогеология СССР, том У. М., Недра, 1971. – 614 с.
7. Огняник Н.С. Постоянно действующие математические модели гидрогеологических процессов. К., Наукова думка, 1983. – 166 с.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2013 році [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.ekologia.lviv.ua/file/monitoring/nacdop> 2014.pdf
9. Телима С.В. Аналіз впливу експлуатації гідротехнічних споруд на екологічний стан прилеглих територій (на прикладі м. Нікополь). Збірник наукових праць МНС України, К., 1999. – С. 57–61.
10. Яковлев Є.О. Про необхідність зниження екологічних та соціально-економічних загроз регіонального підтоплення земель в Україні. К.: ПІНБ, – 2005. – 28 с.

Стаття надійшла до редакції 20.01.2016

УДК 504.064.2

Т.І. КРИВОМАЗ, О.В. ДЕМЕЦЬКА, В.О. МОВЧАН

ПЕРШИЙ АНАЛІЗ ЦИТОТОКСИЧНОСТІ МІКСОМІЦЕТІВ

Анотація. Вперше проаналізовано токсичність 16 видів міксоміцетів. На підставі експрес-методу з використанням сперматозоїдів бика було доведено переважну нетоксичність досліджених зразків. Всього три види з проаналізованих можна вважати умовно токсичними: *Fuligo septica* (IT = 150%), *Didyma mycelae* (IT = 123,9%) та *Trichia favoginea* (IT = 121,8%), що, можливо, обумовлено біохімічними особливостями цих міксоміцетів. Порівняння ксилофільних та нівальних видів не виявило суттєвих відмінностей параметрів цитотоксичності в залежності від екологічної групи, оскільки середнє значення ІТ практично однакове: 104,96% – для нівальних та 104,89% – для ксилофільних. Проте у групі нівальних спостерігається більш рівномірний розподіл параметрів: різниця в граничних показниках ІТ становить 38,8, натомість, у групі ксилофільних видів ця величина має вдвічі більше значення – 76,3 одиниці. Показники токсичності міксоміцетів носять видоспецифічний характер і не залежать від екологічної спеціалізації, часу колекціонування та місцезростання розглянутих представників цієї групи.

Ключові слова: цитотоксичність, міксоміцети, екологічна безпека, паспортизація.

Вступ

Живі організми відіграють вирішальну роль в усіх природних процесах [1], тому оцінка токсичності біооб'єктів має велике значення для моніторингу біотичних та абіотичних складових навколишнього середовища у сфері екобезпеки. Постійно ведеться пошук тестових видів для з'ясування параметрів дії несприятливих факторів на довкілля. Обрані біооб'єкти мають відповідати ряду критеріїв, зокрема характеризуватись широким ареалом поширення, невеликими розмірами та відносно нейтральною роллю у циклах взаємовідносин з іншими живими організмами. Саме таким критеріям відповідають представники грибоподібних протистів – міксоміцети (слизовики, Mucomycetes), які поєднують в собі ознаки грибів та тварин [2]. На вегетативній стадії життєвого циклу, що представлена плазмодієм, вони здатні активно пересуватись, живлячись мікроскопічними організмами та органічними рештками, а на генеративній – утворюють на детритних субстратах плоді тіла (спорофори). Найчисленнішою екологічною групою міксоміцетів справедливо вважають ксилофільні види, що приурочені до відмерлої деревини. Крім того, серед міксоміцетів є особлива екологічна група нівальних видів, які формують спорофори навесні на відкритих гірських схилах поруч з талим снігом. Загалом міксоміцети поширені в усіх кліматичних зонах і здатні пристосовуватись до різноманітних умов існування. У лісовій підстилці та ґрунті слизовики відіграють роль біоконцентраторів, що здатні накопичувати елементи та сполуки в концентраціях, які перевищують їх вміст в навколишньому середовищі [3]. Таким чином, міксоміцетам притаманна властивість акумулювати токсичні сполуки, які можуть проявляти відповідний ефект на різних рівнях: клітинному, видовому, популяційному та екосистемному. Токсичний ефект

сполук на клітинному рівні виявляється безпосередньою дією речовини на структурні елементи клітини [4]. Одним з поширених методів дослідження цих процесів *in vitro* служить процедура виявлення біотоксикантів шляхом біотестування об'єктів навколишнього середовища. Експрес-методи, що включають використання різних тест-організмів (бактерій, водоростей, простіших та ін.), надають попередню інформацію щодо токсичності досліджуваних об'єктів та набувають все більш широкого застосування нарівні з традиційними токсикологічними дослідженнями [5]. У порівнянні з використанням лабораторних тварин, перевагою цих методів є менша собівартість та невелика кількість часу, що витрачається на експеримент. Зокрема, експрес-метод дослідження цитотоксичності використовує доступний, дешевий та стандартний біологічний матеріал (сперматозоїди бика), дозволяє досліджувати нестерильні витяжки та отримувати результат за час, що не перевищує 3 години. Крім того, експрес-методи більш виправдані з позицій біоетики [6]. Дослідження цитотоксичності міксоміцетів допоможе з'ясувати невідомі аспекти їх впливу на інші живі організми, а також виявити залежність токсичних властивостей біооб'єктів від умов довкілля. Дане дослідження є вкладом в комплексний аналіз взаємодії живих організмів у навколишньому середовищі в системі екологічної безпеки та формування екологічних паспортів видів.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення цитотоксичності окремих видів нівальних та ксилофільних міксоміцетів для з'ясування впливу параметрів навколишнього середовища на їх біохімічні властивості.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження були 16 видів нівальних та ксилофільних міксоміцетів. Нівальні міксоміцети були зібрані на межі снігу, який щойно розтанув, у травні 2005 р. на території Говерляньського лісництва (зараз – Говерляньське природоохоронне науково-дослідне відділення) Чорногорського масиву Карпатського національного природного парку, розташованого в Яремчанському районі Івано-Франківської обл. Для аналізу було відібрано 7 видів нівальних міксоміцетів: *Diderma meyeri* H. Singer, G. Moreno, Illana & A. Sánchez, *D. alpinum* (Meyl.) Meyl., *Lamproderma echinulatum* (Berk.) Rostaf., *L. ovoideum* Meyl., *L. splendens* Meyl., *Physarum albescens* Ellis ex T. Macbr. та *Ph. venum* Sommerf. Зразки ксилофільних видів міксоміцетів були зібрані на території Гідропарку на Трухановому острові в Києві. Ксилотрофні міксоміцети включали 9 видів: *Arcyria obvelata* (Oeder) Onsberg, *A. oerstedii* Rostaf., *Fuligo septica* (L.) F.H. Wigg., *Leocarpus fragilis* (Dicks.) Rostaf., *Lycogala epidendrum* (L.) Fr., *Mucilago crustacea* F.H. Wigg., *Reticularia olivacea* (Ehrenb.) Fr., *Stemonitis fusca* Roth, *Trichia favoginea* (Batsch) Pers. Для видової ідентифікації зразків міксоміцетів використовувався визначник «Les Mухомycètes» [7]. Дослідження проводились на базі біологічної лабораторії кафедри охорони праці та навколишнього середовища факультету інженерних систем та екології Київського національного університету будівництва і архітектури. Визначення токсичності досліджуваних видів міксоміцетів проводилось в лабораторії токсикології аерозолів та гігієни праці у зварювальному

виробництві ДУ «Інститут медицини праці НАМН України» за допомогою експрес-методу з використанням сперматозоїдів бика. Оцінку ступеня цитотоксичності розраховують за величиною індексу токсичності (ІТ), що дорівнює відношенню параметра рухливості суспензії сперматозоїдів в дослідному зразку до параметра рухливості сперматозоїдів в контрольному зразку та вираженої в процентах. При значенні індексу токсичності від 70% до 120% дослідний розчин вважається нетоксичним [5]. Сутність методики полягає у дослідженні токсичності екстракту із застосуванням як тест-об'єкта сперми бика, що заморожена в парах рідкого азоту. Гранули замороженої бичачої сперми отримують на станціях штучного осіменіння та зберігають у посудинах Дьюара, наповнених рідким азотом. В основі методу лежить спостереження зміни залежності рухової активності сперматозоїдів від часу під впливом хімічних сполук, що містяться в екстракті досліджуваного зразка. В якості вимірюваного параметра використана інтегральна рухливість сперматозоїдів в суспензії m , яка пропорційна концентрації рухливих сперматозоїдів c_m та середньому модулю швидкості руху клітин v :

$$m = c_m v .$$

Інтегральна рухливість сперматозоїдів в суспензії $m = m(t)$ для контрольного і досліджуваного зразків вимірюється за період, поки її величина не стане близькою до нуля. Рухливість сперматозоїдів в суспензії вимірюється аналізатором зображень (АТ-05), принцип роботи якого заснований на автоматичному комп'ютерному аналізі мікроскопічних відеозображень суспензії сперматозоїдів. Для вимірювання були використані наступні засоби, обладнання та реактиви: аналізатор зображень АТ-05 (аналізатор токсичності АТ-05) ТУ 1525-001-2913668-03; пробірки з притертими пробками об'ємом 3–5 мл – 10 шт.; дозатори піпеточні на обсяги 0,5, 0,2 і 0,1 мл; мірні колби з притертими пробками об'ємом 50 мл – 2 шт.; ваги аналітичні з похибкою зважування не більше 1 мг; пінцет анатомічний довжиною 250 мм; посудина Дьюара типу СДС, об'ємом не менше 25 л і діаметром горла не менше 50 мм – 2 шт.; глюкоза та цитрат натрію тризаміщений, чисті; сперма бика, заморожена в рідкому азоті ГОСТ 26030-83 [6].

Результати

Дослідження цитотоксичності міксоміцетів продемонстрували відносно невисоке значення індексу токсичності для всіх 16 видів. Середнє значення ІТ для досліджених зразків міксоміцетів дорівнює 104,9%. Максимальне ІТ у *Fuligo septica* – 150,0%, а мінімальне – у *Lycogala epidendrum* (73,7%).

Загалом аналіз цитотоксичності виявив, що за показниками ІТ досліджені види міксоміцетів нерівномірно розподілились на три групи (рис. 1). До першої групи (ІТ від 70 до 100%) увійшло 6 видів: *Lycogala epidendrum* (73,7%), *Reticularia olivacea* (77,1%), *Diderma alpinum* (85,1%), *Physarum albescens* (85,6%), *Mucilago crustacea* (87,9%) та *Leocarpus fragilis* (94,5%). До другої групи (ІТ від 100 до 120%) належать 7 видів: *Lamproderma splendens* (105,2%), *Physarum vernalis* (105,8%), *Arcyria oerstedii* (110,5%), *Stemonitis fusca* (111,7%), *Lamproderma ovoideum* (114,4%), *Lamproderma echinulatum* (114,7%) та *Arcyria obvelata* (116,8%).

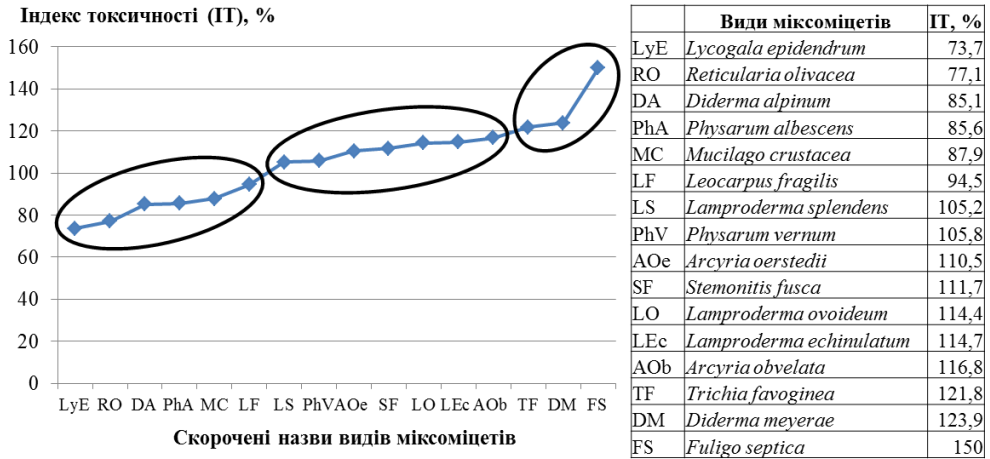


Рис. 1 – Індекс цитотоксичності досліджених зразків міксоміцетів

Таким чином, переважна більшість досліджуваних міксоміцетів (13 видів) не виявили цитотоксичної дії (ІТ від 70 до 120%). І всього три види відносяться до третьої групи міксоміцетів, які за даними досліджень можна вважати умовно токсичними, оскільки ІТ дещо перевищував 120%: *Trichia favoginea* (121,8%), *Diderma meyeriae* (123,9%) та *Fuligo septica* (150%).

Порівняння цитотоксичності ксилофільних та нівальних видів міксоміцетів (рис. 2) не виявило суттєвої залежності параметрів цитотоксичності від екологічної спеціалізації даних груп міксоміцетів, оскільки і для нівальних, і для ксилофільних видів середнє значення індексу токсичності виявилось майже однаковим: 104,96% – для нівальних та 104,89% – для ксилофільних.

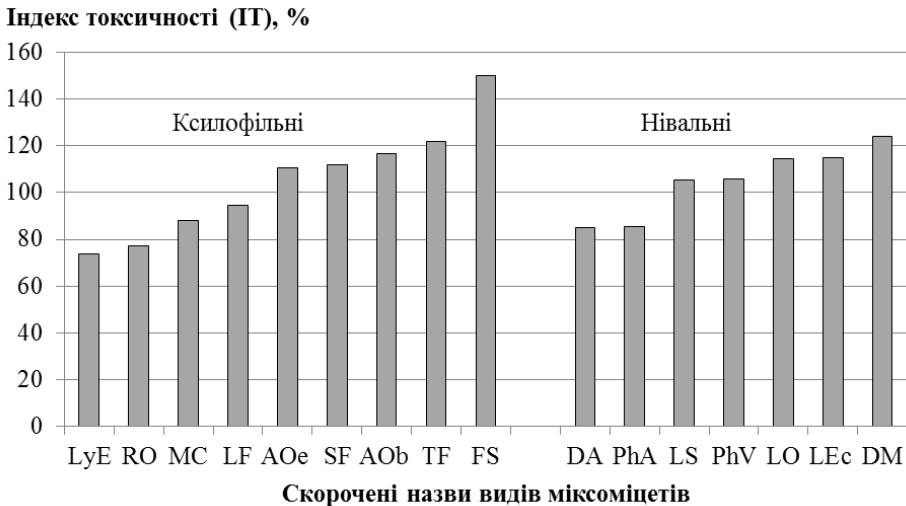


Рис. 2 – Порівняння цитотоксичності ксилофільних та нівальних видів міксоміцетів

Проте у групі нівальних спостерігається більш рівномірний розподіл, тут діапазон значень ІТ коливається від 85,1% у *Diderma alpinum* до 123,9% у *Diderma meyeriae*. Цікаво, що обидва граничні види належать до одного роду

та характеризуються морфологічною схожістю, разом з подібністю екологічної спеціалізації. Натомість, у групі ксилофільних видів різниця в граничних показниках ІТ становить 76,3 одиниці, на відміну від нівальних, де ця величина має вдвічі менше значення – 38,8 одиниці. Така різниця не випадкова, оскільки саме до групи ксилофільних міксоміцетів відносяться види з максимальним та мінімальним значенням цитотоксичності. Загалом, на підставі даних досліджень можна зазначити, що токсичність міксоміцетів носить видоспецифічний характер і не залежить від екологічної спеціалізації, часу колекціонування та місцезростання розглянутих представників грибоподібних протистів.

Обговорення та висновки

Цитотоксичність обумовлена здатністю живих організмів накопичувати певні агресивні сполуки у великих концентраціях. З проаналізованих 16 зразків міксоміцетів експрес-метод виявив найбільший індекс токсичності у *Fuligo septica* (150%), що, очевидно, пов'язано з наявністю в плодовому тілі біоактивних речовин. Проте значно більша кількість вторинних метаболітів відома для *Lycogala epidendrum*, що продемонструвала найменший ступінь токсичності в даному дослідженні. Наприклад, лікогалорубіни та лікогалові кислоти, що входять до переліку хімічних сполук цього виду, проявляють антибіотичну активність стосовно грибів та бактерій, а також передбачають противірусний потенціал [8]. Слід зазначити, що *Fuligo septica* та *Lycogala epidendrum* належать до поширених ксилотрофних міксоміцетів з великими, помітними неозброєним оком плодовими тілами, які можна виявити практично всюди, де наявні детритні рослинні залишки. Обидва види знайдені одночасно, в одному й тому ж місці, тому можна припустити, що різниця цитотоксичних параметрів пов'язана з видоспецифічними біохімічними властивостями. Умовна токсичність *Fuligo septica* можливо обумовлена унікальною здатністю цього міксоміцета до гіперакумуляції Zn [9, 10, 11]. При цьому високі концентрації такого токсичного для живих організмів елементу не завдають шкоди самому *F. septica*, що пояснюється наявністю в плазмодії та еталіях цього слизовика жовтого пігменту фулігорубіну А, який утворює з металами хелати, конвертуючи токсичні елементи в неактивну форму [12]. Очевидно, що біохімія міксоміцетів вивчена недостатньо та нерівномірно. І якщо стосовно хімічного складу ксилофільних міксоміцетів існують хоча б фрагментарні дані, то вивчення вмісту біоактивних сполук у нівальних міксоміцетах не проводилось взагалі. Таким чином, дослідження цитотоксичності міксоміцетів виявляє невідомі раніше аспекти кругообігу речовин в навколишньому середовищі. Здатність деяких видів міксоміцетів накопичувати токсичні елементи відкриває нові перспективи для їх використання у сфері екологічної безпеки.

В результаті дослідження зроблені наступні висновки:

1. На підставі експрес-методу оцінки цитотоксичності з використанням сперматозоїдів бика було доведено переважну нетоксичність 16 досліджених зразків міксоміцетів.

2. Порівняння ксилофільних та нівальних видів міксоміцетів не виявило суттєвих відмінностей параметрів цитотоксичності в залежності від екологічної групи, оскільки середнє значення індексу токсичності виявилось майже однаковим (104,96% – для нівальних та 104,89% – для ксилофільних), проте

у групі нівальних спостерігається більш рівномірний розподіл параметрів: різниця в граничних показниках ІТ становить 38,8 одиниці, натомість, у групі ксилофільних видів ця величина має вдвічі більше значення – 76,3 одиниці.

3. Всього три види з 16 досліджених міксоміцетів можна вважати умовно токсичними, оскільки ІТ перевищував 120%: *Fuligo septica* (150%), *Diderma meyeri* (123,9%) та *Trichia favoginea* (121,8%), що, можливо, обумовлено наявністю біологічно активних сполук в плодових тілах та іншими біохімічними особливостями.

4. Показники токсичності міксоміцетів носять видоспецифічний характер і не залежать від екологічної спеціалізації, часу виявлення та місцезростання розглянутих представників цієї групи.

5. Перші дослідження токсичності міксоміцетів стали вкладом у формування паспорту екологічної безпеки для даної групи організмів та створюють підґрунтя для подальших досліджень в цьому напрямку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривомаз Т.І. Паспортизація об'єктів біорізноманітності в системі управління екологічної безпеки / Т.І. Кривомаз // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2015. – № 1(11). – С. 149–154.
2. Кривомаз Т.І. Оцінка модельних об'єктів для поетапної розробки «Паспортів екологічної безпеки видів» // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ, Нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К., 2014. – Вип. 16. – С. 32–39.
3. Kryvomaz T. The assessment of heavy metal accumulation by myxomycetes // *Motorol* (Польща) / Polish Academy of Sciences – Lublin, 2015. – Vol.17, No. 8. – P. 157–164.
4. Куценко С. А. Основы токсикологии, т. 4. – Санкт-Петербург, 2002. – 395 с.
5. Leonenko N.S., Demetska O.V., Tkachenko T.Yu., Leonenko O.B. Geometry of nanoparticles as a determinant of their cytotoxicity // Український журнал з проблем медицини праці. – 2014. – № 1. – С. 18–22.
6. Демецька О.В., Леоненко Н.С. Експрес-спосіб визначення токсичності наноматеріалів у розчинах *in vitro* з використанням сперматозоїдів великої рогатої худоби як тест-об'єкта. Патент України №101308 від 10.09.2015.
7. Poulain M., Meyer M., Bozonnet J. *Les Myxomycètes*. 2 vol. – Delémont: FMBDS, 2011. – 1119 p., 544 plates.
8. Keller H.W., Everhart S.E. Importance of Myxomycetes in Biological Research and Teaching // *Fungi*. – 2010. – № 3(1). – P. 13–27.
9. Stijve, T., Andrey D. Accumulation of various metals by *Fuligo septica* (L) Wiggers and by some other slime molds (myxomycetes) // *Australasian Mycologist*. – 1999. – № 18(2) – P. 23–26.
10. Stephenson S. L., Mc Quattie C. J. Assessing the potential use of myxomycetes as bio-monitors of heavy metals in the environment // *Proceedings of the West Virginia Academy of Science*. – 2000. – 72. – P. 32–33.
11. Zhulidov, D.A., Robarts R.D., Zhulidov A.V., Zhulidova O.V., Markelov D.A., Rusanov V.A., Headley J.V. Zinc Accumulation by the Slime Mold *Fuligo septica* (L.) Wiggers in the Former Soviet Union and North Korea // *Journal of Environmental Quality*. – 2002. – № 31 (3). – P. 1038–1042.
12. Latowski D., Lesiak A., Jarosz-Krzeminska E., Strzalka K. *Fuligo septica*, as a new model organism in studies on interaction between metal ions and living cells // *Metal Ions in Biology and Medicine*. – 2008. – № 10. – P. 204–209.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2015

УДК 620.197

В.Г. ГРЕЧАНЮК, І.М. ГРЕЧАНЮК, О.В. МАЦЕНКО

ВПЛИВ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ КОМПОЗИТИВ (Cu-Zr-Y)-МО

Анотація. В роботі розглянуто вплив шкідливих викидів в атмосферу CO_2 і SO_2 на корозійну стійкість композиційних матеріалів (Cu-Zr-Y)-Мо, отриманих методом електронно-променевого випаровування-конденсації у вакуумі. Показано, що корозійна стійкість зменшується при підвищенні вмісту молібдену в зразках. Інтенсивність корозійних пошкоджень збільшується при випробуваннях в різних середовищах в такій послідовності: найменша – у дистильованій воді, потім – SO_2 і найбільша – в атмосфері CO_2 . Вагові і глибинні показники корозії матеріалу (Cu-Zr-Y)-Мо, розраховані в різних середовищах на основі гравіметричних досліджень, підтвердили, що найбільші корозійні пошкодження спостерігаються в атмосфері CO_2 .

Ключові слова: композиційні матеріали, електронно-променева технологія, корозія, рентгеноструктурний аналіз, структурні, мікрорентгено-спектральні та гравіметричні дослідження.

Вступ

Атмосферна корозія на відкритому повітрі завдає великої шкоди композиційним матеріалам. Ступінь агресивності впливу середовища на композиції при атмосферній корозії залежить від їх складу, виду і концентрації шкідливих викидів в атмосферу, вологості повітря, тривалості перебування в даній атмосфері тощо. Оскільки композиційні матеріали на основі міді і молібдену (Cu-Zr-Y)-Мо знаходять широке застосування в якості електроконтактних матеріалів різного призначення [1–4], що працюють в атмосферних умовах забруднення шкідливими викидами, виникла необхідність дослідження їх корозійної стійкості в середовищах, які характерні для довкілля. Підраховано, що кількість SO_2 , яка викидається в атмосферу, становить до 8% від загальної кількості палива, що спалюється. Кожний рік в повітряному просторі накопичується до 90 млн т цього шкідливого газу. При підвищенні вологості повітря корозія значно прискорюється, у зв'язку з цим для дослідження використовували дистильовану воду, яка відповідає 100% вологості, насичену CO_2 і SO_2 при $pH = 6,7$.

Основна частина

Композиційні матеріали (КМ) (Cu-Zr-Y)-Мо отримували методом електронно-променевого випаровування Cu і Mo із двох незалежних тиглів і подальшої конденсації у вакуумі змішаного парового потоку на стаціонарній підкладці у вигляді кола, діаметром 800 мм, виготовлений із Ст. 3 при температурі $800 \pm 30^\circ C$ [5]. Технологічна схема отримання КМ (Cu-Zr-Y)-Мо наведена на рис. 1.

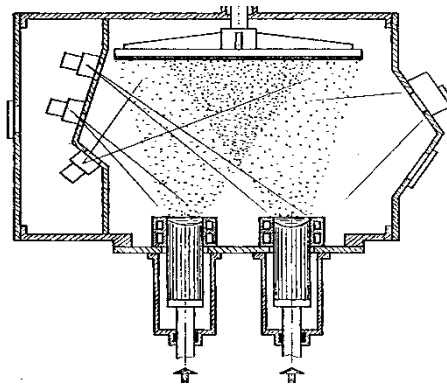
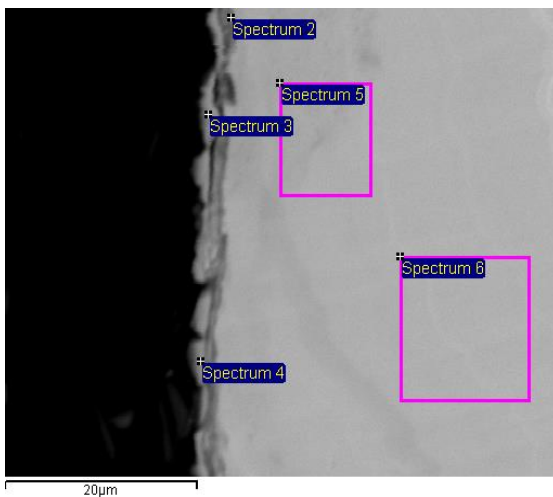


Рис. 1 – Схема отримання композиційних матеріалів (Cu-Zr-Y)-Mo

Об'єктами досліджень були отримані зразки матеріалу (Cu-Zr-Y)-Mo із вмістом молібдену до 12 мас.%, цирконію й ітрію сумарно до 0,8 мас.%. Зразки для досліджень корозійної стійкості вирізали перпендикулярно діаметру конденсату.

Після проведення корозійних досліджень у дистильованій воді, насиченій CO_2 , встановлено, що для всіх зразків характерна зміна концентрації молібдену по товщині конденсату, причому при наближенні до поверхні концентрація молібдену зменшується з 15,74 мас.% в об'ємі до 1,24 мас.% в плівці на поверхні конденсату (рис. 2).



Spectr	C	O	Cu	Mo
Spectr 2	12,78	15,14	70,5	1,57
Spectr 3	22,59	16,34	59,83	1,24
Spectr 4	13,06	16,68	67,39	2,87
Spectr 5	0,39	0,34	84,81	4,49
Spectr 6	0,40	0,26	83,6	15,74

Рис. 2 – Склад конденсату (Cu-Zr-Y)-Mo в перерізі після корозійних випробувань в атмосфері CO_2

Звертає на себе увагу, що мінімальний вміст кисню в об'ємі конденсату 0,26%, в той же час на поверхні досягає 16,68%. У зразках спостерігаються домішки карбону в кількості 0,39 мас.%, обумовлені особливостями проведення технологічного процесу, пов'язаними з потраплянням карбону з пари вакуумної оливи в об'єм парового потоку. На поверхні плівки концентрація карбону збільшується максимально до 22,59 мас.% за рахунок присутності

вуглецевого газу в корозійному середовищі, що сприяє утворенню на поверхні основних солей типу $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.

Результати структурних та мікрорентгено-спектральних досліджень поверхні плівки також вказують на підвищений вміст карбону на поверхні плівки, в той же час концентрація молібдену є мінімальною. Кількість карбону на поверхні практично не залежить від вмісту молібдену в конденсаті і коливається в діапазоні 4,27 – 10,17 мас.%. Наявність кисню на поверхні свідчить про утворення оксидної плівки.

Рентгеноструктурний аналіз поверхні плівки показав, що основними складовими плівки є мідь і оксид міді Cu_2O , крім того, присутній молібден, кількість якого зростає зі збільшенням його вмісту в конденсаті (рис. 3). Присутність молібдену сприяє зниженню захисних властивостей плівки, що утворилася на поверхні конденсатів, і корозія прискорюється.

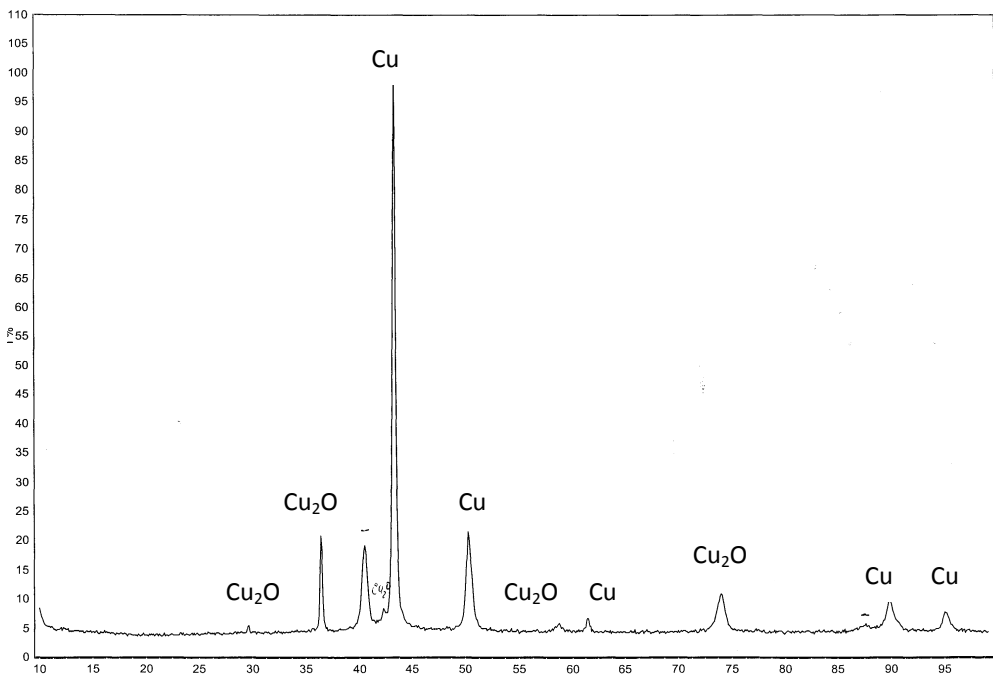


Рис. 3 – Фрагмент дифрактограми КМ (Cu-Zr-Y)-Мо після випробування в дистильованій воді, насиченій CO_2

Проведені дослідження показали, що із збільшенням концентрації молібдену корозійна стійкість зменшується. Відбиття в рентгенівському опроміненні показують, що в поверхневому шарі збільшується вміст молібдену і кисню, в той час як міді – зменшується (рис. 4).

Наведені відображення компонентів підтверджують механізм корозійних процесів, який однаковий в різних середовищах: при утворенні гальванопари мідь – молібден більш активний метал – молібден дифундує до поверхні, іонізується і при взаємодії з киснем із розчину утворює на поверхні оксидну плівку, яка не має захисних властивостей, і процес корозії поширюється вглибину. Інтенсивність корозійних пошкоджень, як показали дослідження, збільшується

при випробуваннях в різних середовищах в такій послідовності: найменша – у дистильованій воді, потім – SO_2 і найбільша – в атмосфері CO_2 .

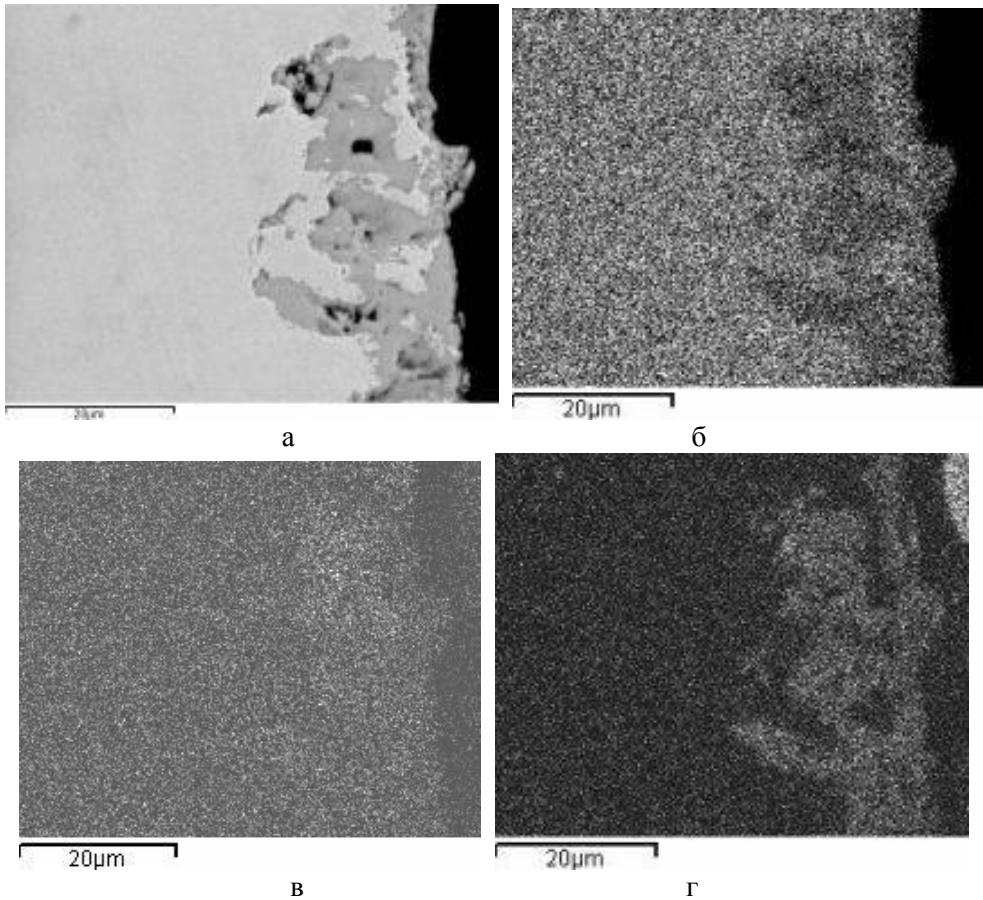


Рис. 4 – Загальний вигляд оксидної плівки (а), зображення в рентгенівському опроміненні: б – купрум, в – молибден, г – кисень

Про це свідчить характер пошкоджень і також інтенсивність утворення оксидів на поверхні конденсатів (Cu-Zr-Y)-Mo (рис. 5). Про кількість фази можна судити по інтенсивності відповідних рентгенівських ліній відбиття – чим вони інтенсивніші, тим більша кількість даної фази в зразку. Така тенденція зберігається для КМ з різним вмістом молибдену. Корозійна стійкість зменшується в усіх досліджуваних середовищах з підвищенням вмісту молибдену в зразках.

Присутність оксиду молибдену (VI) на поверхні зразків зменшує корозійну стійкість, оскільки оксидна плівка молибдену відрізняється низькою суцільністю і не може виконувати захисні функції. У зв'язку з цим корозійна стійкість найменша для матеріалу (Cu-Zr-Y)-Mo з максимальним вмістом молибдену в середовищі CO_2 .

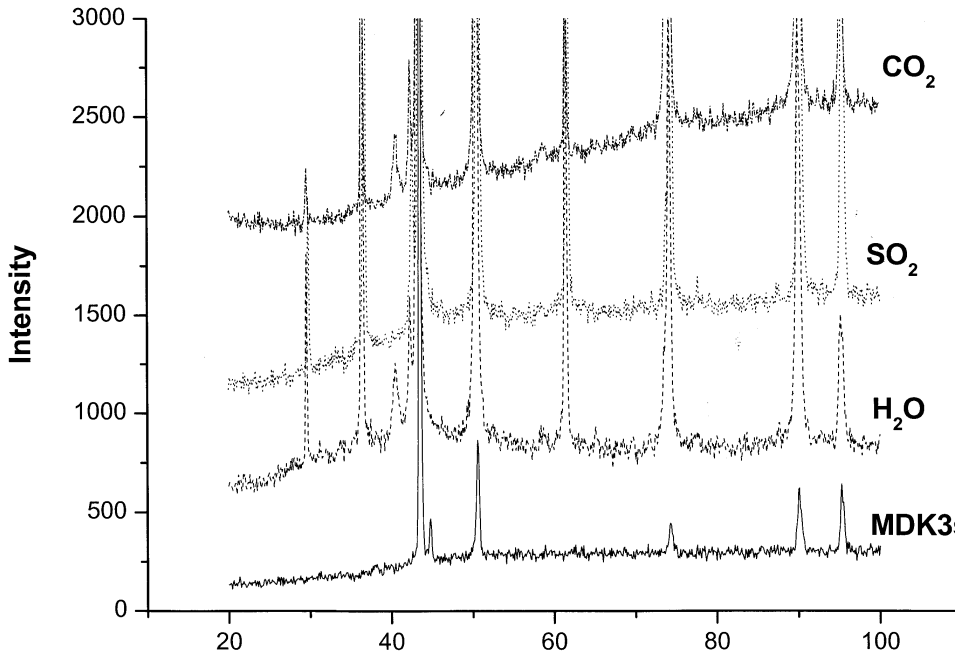


Рис. 5 – Порівняльна оцінка дифракційних максимумів фаз, присутніх в конденсатах (Cu-Zr-Y)-Мо в різних середовищах

Наведені результати підтверджуються гравіметричними дослідженнями КМ (Cu-Zr-Y)-Мо в різних середовищах (рис. 6).

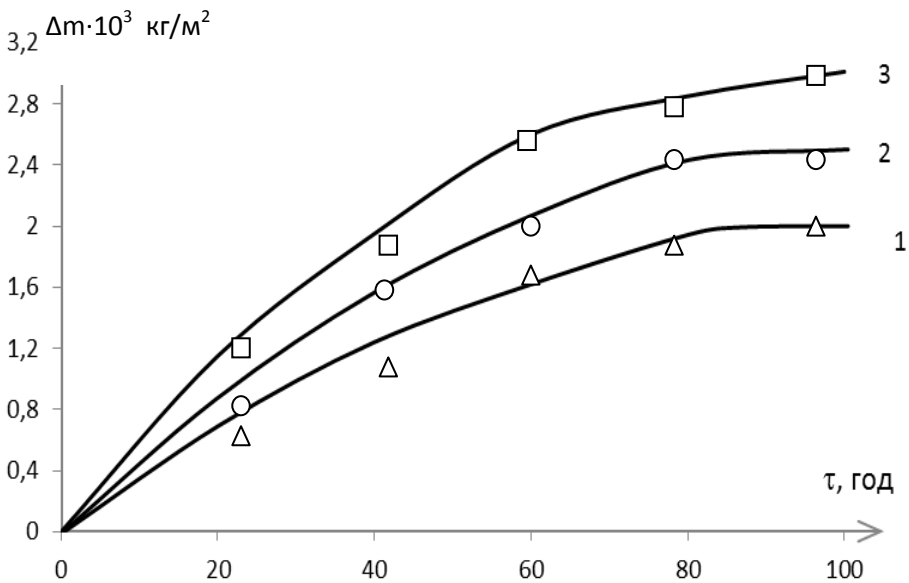


Рис. 6 – Вплив корозійного середовища на втрати маси в залежності від часу випробувань композитів (Cu-Zr-Y)-Мо: 1 – у дистильованій воді; 2 – у середовищі SO₂; 3 – у середовищі CO₂

На основі гравіметричних досліджень розраховані вагові і глибинні показники корозії та визначений бал корозійної стійкості (табл.).

Таблиця – Вагові і глибинні показники корозії матеріалу (Cu-Zr-Y)-Mo в різних середовищах

Матеріал	$K_{\text{ваг}}, \text{г/м}^2 \cdot \text{год}$	$P, \text{мм/рік}$	Бал корозійної стійкості
Дистильована вода			
(Cu-Zr-Y)-Mo	0,058	0,057	Стійкі 5
Дистильована вода, насичена CO ₂			
(Cu-Zr-Y)-Mo	0,075	0,074	Стійкі 5
Дистильована вода, насичена SO ₂			
(Cu-Zr-Y)-Mo	0,065	0,064	Стійкі 5

Висновки

Із результатів дослідження випливає, що найбільші втрати маси спостерігаються в дистильованій воді, насиченій CO₂, яким відповідає найнижчий бал корозійної стійкості.

Одним із методів підвищення корозійної стійкості КМ (Cu-Zr-Y)-Mo є додаткове легування мідної матриці металами, що входять до складу бронз.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Материалы в приборостроении и автоматике: справочник / Под. ред. Ю.М. Петина. – М.: «Машиностроение», 1985. – 335 с.
2. Дзекер Н.Н. Монтаж контактных соединений в электроустановках / Н.Н. Дзекер, В.А. Книгель, Л.Г. Саргосян. – М.: «Энергоатомиздат», 1995. – 197 с.
3. Минакова Р.В. Композиционные материалы для контактов и электродов / Р.В. Минакова, М.Л. Грекова, А.П. Кресанова [и др.] // Порошковая металлургия. – 1999. – № 7/8. – С. 32–52.
4. Бернт В.Я. Материалы и свойства электрических контактов / В.Я. Бернт – Москва: «Интекст», 2005. – 408 с.
5. Гречанюк Н.И. Новое электронно-лучевое оборудование и технологии получения современных материалов и покрытий / Н.И. Гречанюк, П.П. Кучеренко, И.Н. Гречанюк. – Автоматическая сварка. – № 5. – 2007. – С. 36–41.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2016

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

УДК 528.48

Ю.І. КАЛЮХ, О.А. КЛИМЕНКОВ, Я.О. БЕРЧУН

МОНІТОРИНГ ЛІВАДІЙСЬКОГО ПАЛАЦУ ПРИ ЗМІНАХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЛІВАДІЙСЬКОЇ ЗСУВНОЇ СИСТЕМИ

***Анотація.** Розглянуто систему моніторингу будівельних конструкцій Лівадійського палацу, який розташований на Центральній Лівадійській зсувній системі, та результати впливу зміни фізико-механічних характеристик ґрунтової основи на деформування палацу. Система моніторингу складається з високоточних акселерометрів та інклінометрів. Всі датчики з'єднані в єдину систему з безперервним режимом передачі даних на центральний блок обробки даних.*

***Ключові слова:** інклінометр, акселерометр, моніторинг, Лівадійський палац, охорона культурної та природної спадщини.*

Вступ

Зсуви становлять серйозну загрозу життю людей, об'єктам інфраструктури та природному середовищу в багатьох регіонах світу. Протягом останнього десятиліття (з 2000 по 2009 рр.) стихійні лиха пошкодили та зруйнували близько одного мільйона об'єктів, що безпосередньо торкнулося майже 2,5 млрд населення у всьому світі. Щорічно у Європі трапляється близько 20 великих зсувів, що за частотою прояву значно більше, ніж повені, землетруси та урагани [1].

Особливу увагу необхідно звернути на стан зсувонебезпечних територій в Криму. За останній час сталися значні зміни у фізико-механічних характеристиках ґрунтової основи та природній обстановці узбережжя, пов'язані в основному з інтенсивною господарською діяльністю, що виразилися у виснаженні природного штучного пляжевого матеріалу, розмиві акумулятивних форм, а також в інтенсивному розвитку зсувних процесів. Періодична активізація екзогенних геологічних процесів і складна інженерно-геологічна ситуація в межах Південного берега Криму (ПБК) призводить до перетворення ландшафту і деформацій інженерних й архітектурних споруд. Особливо відчутних збитків завдають зсуви, які часто створюють загрозу збереженню

унікальних пам'яток архітектури, історії та культури. За всю історію інженерного освоєння ПБК зсуви спричинили більший сумарний збиток, ніж землетруси. На сьогодні утворилася загрозна ситуація на території Лівадійського палацово-паркового комплексу і Центральної Лівадійської зсувної системи (ЦЛЗС).

Формування зсувів – одного з найнебезпечніших екзогенних геологічних процесів – відбувається під впливом цілого комплексу факторів, що визначають режим їх розвитку. Виявлення та вивчення факторів, що зумовлюють зсувні деформації, проводиться при інженерно-геологічному обстеженні територій або розробці карт ділянок розвитку небезпечних геологічних процесів. Оцінка й аналіз всієї сукупності факторів, що призводять до формування чи активізації зсувів, з метою їх прогнозу проводиться на основі моніторингу. При цьому при оперативному прогнозуванні стійкості схилів, плануванні та проведенні невідкладних заходів зі стабілізації зсувів необхідні отримання та обробка даних спостережень в режимі, близькому до режиму реального часу. Системи моніторингу та раннього попередження широко використовуються у світі для виявлення зсувної небезпеки та запобігання їй (Sassa K. [2], Lollino G. [3], Highland L. and Bobrowsky P. [4], Baum R. [5] та ін.).

У світовій практиці також широко використовуються спеціалізовані системи моніторингу будівельних конструкцій (Huston D. [6], Nagayama T. and Spencer B. [7] та ін.). В Україні вперше система on-line моніторингу будівельних конструкцій південної та північної вентиляційних шахт зруйнованого 4-го блоку Чорнобильської АЕС з метою дослідження питань їх цілісності і деградації, а також вироблення рекомендацій щодо їх подальшого посилення була розроблена в 1993–1994 рр. під керівництвом проф. Ю.І. Калюха [8] і встановлена наприкінці 1994 р. на 4-му блоці ЧАЕС.

Лівадійський палац. Історична довідка

До 1779 р. у межах території Лівадійського палацово-паркового комплексу розташовувалось невелике грецьке село. Інтенсивне освоєння території Лівадії розпочалося у 50-х роках XIX століття. Було споруджено поміщицькі будинки, церкву, житлові та господарські будівлі. На 437 000 м² закладено парк із цінними породами субтропічних рослин: вічнозеленими миртами, лаврами, кедрами, пініями, магноліями і кримськими соснами. У 1860 р. Лівадію придбала царська родина Романових, яка доручила перебудову одного з будинків під імператорський палац. З 1866 р. Лівадія стає царською резиденцією (рис. 1).

У 1910–1911 рр. на місці старого палацу за проектом відомого архітектора Н.П. Краснова зводиться новий Великий Лівадійський палац, який являє собою двох-триповерховий корпус, побудований в стилі строгих архітектурних форм Італійського Відродження з включенням композиційних елементів інших стилів (рис. 2), для чого здійснюється потужне вертикальне планування рельєфу з розширенням доріг і будівництвом електростанції, льодовиробного заводу, гаражу, зеленого театру. Під час будівництва палацу були споруджені дренажні галереї, дренажні та водопровідні системи, а також резервуари для води. Всього вже налічувалося близько 400 будинків, з яких майже 100 житлових будівель; споруджуються оранжереї, молочна ферма, розбивається фруктовий сад.



Рис. 1 – Цар Микола II з родиною в Лівадійському палаці



Рис. 2 – Зведення Лівадійського палацу

Під час Другої світової війни 1939–1945 рр. комплекс Лівадійського палацу зазнав значних пошкоджень. Згорів Малий палац, зруйновано ряд корпусів, вирубано багато паркових насаджень. У зв'язку із проведенням Ялтинської конференції навесні 1945 року у Великому Лівадійському палаці були здійснені ремонтно-відновлювальні та будівельні роботи. У 1974 р. в Лівадійському палаці відкрито Виставковий зал, присвячений Ялтинській конференції (рис. 3).



Рис. 3 – Зліва-направо: У. Черчілль, Ф. Рузвельт, Й. Сталін
в Лівадійському палаці у травні 1945 р.

У радянські часи палацові споруди комплексу – Великий Лівадійський палац (рис. 4), Христо-Воздвиженська церква, Світський корпус, палац Фредерікса – були взяті на державний облік як пам'ятки архітектури та містобудування. Інженерний захист на Лівадійському схилі частково формувався під час будівництва Палацу (1911–1912 рр.) і складався з дренажних галерей, зливостоків й підпірних стін. Після революції 1917 р. в Росії, коли територія переходила до різних відомств СРСР, йшло інтенсивне зведення будівель і споруд на прилеглих до Лівадійського палацу ділянках, проводилася реконструкція водогінних комунікацій, а будівництво нових проводилося без урахування



Рис. 4 – Сучасний вигляд Лівадійського палацу

раніше побудованих. У 1965–1968 рр. зведено комплекс берегозахисних споруд – буни і міжбунне засипання (штучні пляжі), гідротехнічні стінки, вантажна пристань. Перераховані споруди до цього часу деформуються, у зв'язку з чим не спроможні протистояти розвитку зсувних і абразивних процесів. Інтенсифікації зсувних процесів сприяла відсутність контролю за водонесучими і дренажними спорудами, виток з яких, разом з порушеною системою поверхневого стоку, призвели до обводнення території Лівадійського палацово-паркового комплексу. До того ж дренажна галерея навколо палацу відіграє негативну роль щодо стійкості схилу (створює підпір ґрунтовим водам, зводжує ґрунти, підвищує гідрогеологічні сили).

Центральна Лівадійська зсувна система та її активізація

У 60–70-ті роки ХХ ст. у верхній частині Лівадійського палацово-паркового комплексу відбувалось інтенсивне будівництво автодороги Ялта–Севастополь та нового санаторного комплексу «Прикордонник», що призвело до інтенсивного розвитку зсувних процесів на всій цій території. У зв'язку із зазначеним, в сучасних умовах Центральна Лівадійська зсувна система (ЦЛЗС) має досить високий коефіцієнт техногенного навантаження, який досягає 0,8 у верхніх і 1,0 – в нижніх частинах. По всій території існує досить розгалужена й густа мережа водонесучих комунікацій (документація щодо старих комунікацій загублена). За останні 10 років (Трофимчук О.М. [10], Kaliukh I. [9]) намітилася стійка тенденція зростання інтенсивності зсувних деформацій ґрунтового масиву, що проявляється в розширенні площ локальних зсувних тіл, руйнуванні підпірних стін, дренажних і водовідвідних споруд, комунікацій, в розширенні старих і появи нових тріщин на будівлях палацового ансамблю і самому царському палаці.

У результаті зсувних переміщень повністю зруйновані під'їзні автодороги, підпірні стіни, пішохідні доріжки, Лаврова альтанка (рис. 5).



Рис. 5 – Руйнування Лаврової альтанки правим бортом «Західного» зсуву

Зсуви ЦЛЗС руйнують Лівадійський палацово-парковий комплекс, різноманітні комунікації (як, наприклад, міський каналізаційний колектор), шахти ліфтопідйомників (де на глибинах 18 і 30 м помічено зріз тубінгових болтів), а також берегоукріплювальні споруди в язикових частинах «Західного» і «Східного» зсувів ЦЛЗС (Малюк Ю. [11]).

Подальший розвиток зсувних процесів може призвести до значних руйнувань будівлі Лівадійського палацу та прилеглої території. Під загрозою руйнування знаходиться система дренажу в південно-східній частині палацу. Загальна стійкість ЦЛЗС стрімко знижується через збільшення різноманітних техногенних навантажень на тлі дії природних чинників, у результаті чого до цього часу в межах палацу й прилеглої території сформувалося 10 локальних (досить розвинених) зсувів.

Враховуючи, що з 1995 р. помітно посилилася активізація зсувних процесів в районі «Західного» зсуву ЦЛЗС, основна увага при проведенні наших досліджень була зосереджена на ділянці схилу, де розташований сам Великий Лівадійський палац і прилегла до нього територія зсувного схилу, практично, до сучасного урізу Чорного моря.

Обстеження технічного стану будівельних конструкцій Лівадійського палацу

В даний час активні прояви зсувних процесів спостерігаються в безпосередній близькості від Великого Лівадійського палацу (рис. 4), нижче якого сформувалися сучасні зсуви «Східний» і «Західний» (Малюк Ю. [11]). Триває відчленування у бік моря мармурових сходів, що ведуть на оглядовий майданчик над двориком у північно-східному куті царського палацу, а також спостерігаються деформації на асфальті на відстані 3–5 м від південного фасаду палацу. У результаті візуального обстеження будівельних конструкцій Великого Лівадійського палацу в 2012–2014 рр. було встановлено посилення активності «Східного» зсуву, що виразилося в розширенні зсувних деформацій вище його головної частини. Відмостка і прилеглі до будівлі палацу асфальтове і бетонне покриття мають численні тріщини, через які зливові води проникають і замочують ґрунти основи палацу. У технічному цокольному поверсі палацу видно тріщину в цокольній стіні, що йде вглиб до його фундаменту. У місцях примикання ганку і сходів до будівлі палацу з боку південно-східного фасаду спостерігаються тріщини з розкриттям до 55 мм і більше. З південно-східного і південно-західного боків фасадів палацу наявні тріщини від цоколя до карнизу, в тому числі і в арочних конструкціях віконних прорізів. В межах безпосередньо палацу, Світського корпусу, церкви протягом останнього періоду зсувної активізації 2012–2014 рр. (Трофимчук О. [12]) тривав розвиток зсувних тріщин до значень 8–14 см.

За останні 80 років експлуатації Лівадійського палацово-паркового комплексу було виведено зі стану рівноваги близько 30% розглянутої території ЦЛЗС. У межах палацу і паркової зони спостерігається підтоплення території, що призводить додатково до зниження несучої здатності ґрунтів, збільшення гідрогеологічних сил і сейсмічної бальності. Сейсмічна бальність збільшується за рахунок деградації і водонасичення ґрунтів ЦЛЗС. Локальні зсуви вільно (прогресивно і регресивно) розширюються і об'єднуються в просторі, формуючи тим самим єдиний зсув по всій території. Висока сезонна і річна

активність локальних зсувів у межах палацово-паркового комплексу підвищує ступінь соціально-економічного ризику (вже зараз палац розташований на відстані до 70–100 м від головних поверхонь відриву трьох локальних зсувів і в зоні незатухаючої повзучості, що сприяє формуванню і розвитку тріщин на прилеглих ділянках і стінах палацу та знижує його сейсмостійкість). Ризик обвалення будівельних конструкцій створює небезпеку не тільки для самого палацу, а й для численних груп туристів, які щодня відвідують його визначні пам'ятки.

Моніторингова система Лівадійського палацу

З метою зниження і виключення ризику для наступної експлуатації Лівадійського палацово-паркового комплексу (Трофимчук О. [12]) було втілено в життя «Програму робіт зі збереження Лівадійського палацово-паркового комплексу від небезпечних геологічних процесів», що являє собою систему науково обґрунтованих і взаємопов'язаних проектно-пошукових, захисних і літомоніторингових заходів, як локальних, у межах палацу, так і по всій території ЦЛЗС.

Моніторинг напружено-деформованого стану будівельних конструкцій Великого Лівадійського палацу в on-line режимі здійснюється за допомогою нової програми «Sensor». Вона виконує перетворення аналогових сигналів за допомогою аналогово-цифрового перетворювача у цифровий код і введення даних у комп'ютер у режимі реального часу, первинну обробку статистичних даних вимірів і збереження цих даних, що надходять з високоточних електричних інклінометричних датчиків, встановлених на окремих будівельних конструкціях палацу. Одним з основних елементів системи моніторингу «Sensor» є реєструючі датчики, точність яких залежить, у першу чергу, від типу обраних чутливих елементів, їхньої чутливості і погрешностей, як випадкових, так і систематичних. Датчики складаються з двох ортогонально орієнтованих в горизонтальній площині високоточних акселерометрів. Осі чутливості акселерометрів орієнтовані паралельно поздовжній і поперечній осям корпусу. Принцип формування сигналів, величина яких прямо пропорційна кутам нахилу датчика в досліджуваній точці, заснований на вимірюванні проекцій вектора сили тяжіння g на осі чутливості акселерометрів. Точність датчиків системи моніторингу «Sensor» становить не більше 5 кутових секунд.

Із середини грудня 2001 року за допомогою моніторингової системи «Sensor» (Трофимчук О. [12]) проводяться вимірювання динамічних коливань просторового положення Лівадійського палацу в режимі реального часу. Еволюція просторового положення визначається шляхом вимірювання динаміки кутів нахилу фасаду палацу.

Один з датчиків був встановлений на мармурове підвіконня (із зовнішнього боку) кутової кімнати (кабінет імператриці) 2-го поверху південно-східного крила палацу (рис. 6). Датчик був жорстко закріплений на квадратній основі мармурової колони і орієнтований по поздовжній і поперечній осях Лівадійського палацу. За поздовжню вісь Лівадійського палацу прийнята його фасадна частина (з боку м. Ялта). Сигнали про кутове положення і вібрації несучих конструкцій Лівадійського палацу формуються в датчиках акселерометра у вигляді напруги змінного струму, пропорційній амплітуді

і частоті вібрацій. Цей сигнал надходить до блоку перетворення сигналів, де посилюється і перетворюється в напругу постійного струму. Посилений сигнал по спеціальному кабелю надходить на аналогово-цифровий перетворювач і далі в персональний комп'ютер. Програма «Sensor» у режимі реального часу дозволяє: реєструвати поточні кути нахилу будівельних конструкцій палацу, сейсмічну та техногенну динамічну активність; виконувати первинну статистичну

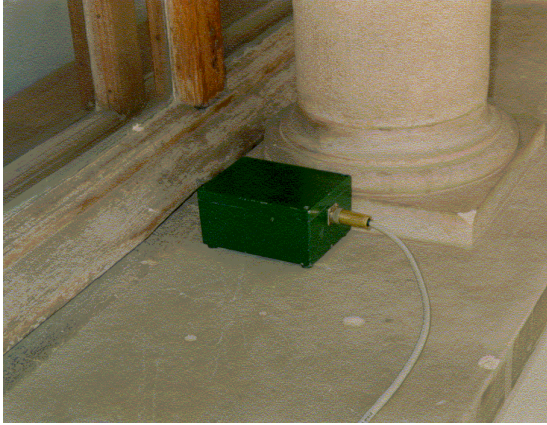


Рис. 6 – Місце встановлення одного з вимірювачів кутів нахилу і вібрацій на південно-східній частині Лівадійського палацу

обробку отриманих даних; виконувати архівування та накопичування отриманих даних і результатів первинної статистичної обробки. Програма «Sensor» реалізована у вигляді декількох взаємодіючих між собою блоків. Користувальницьку оболонку програми «Sensor» можна умовно розділити на 5 частин (рис. 7).

Тут:

1 – графік, що показує динаміку зміни спостережуваної величини (колір графіка змінюється в залежності від типу датчика: ■ – для статичних даних, ■ – для динамічних даних);

2 – результати роботи блоку статистичної обробки;

3 – індикатор зміни спостережуваної величини (супроводжується звуковим сигналом при наявності звукової карти і спеціального файлу horn.wav);

4 – індикатори накопичення й обробки даних;

5 – органи керування програми «Sensor».

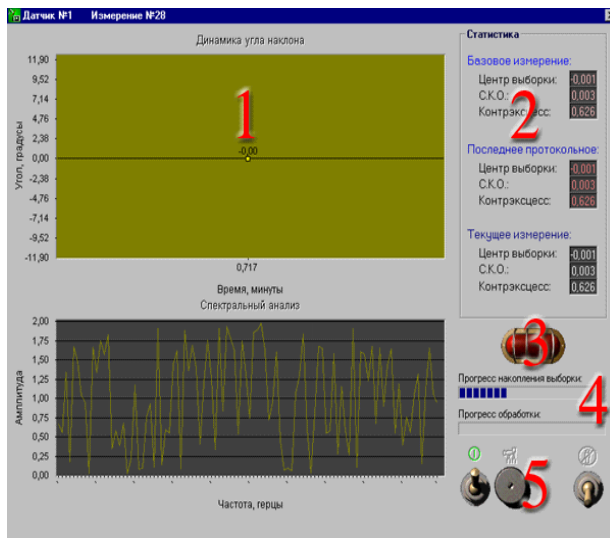


Рис. 7 – Користувальницька оболонка програми «Sensor»

Органи управління програмою «SENSOR» описані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Опис призначення органів управління

ОУ	Положення	Опис
		Початок роботи (накопичення даних, корекція, обробка, висновок і т.д.)
		Пауза
	-	Виклик вікна сервісного блоку (панель налаштувань)
		Режим блокування органів управління включений. У цьому режимі не доступні також: кнопка, комбінації клавіш Ctrl-Alt-Del, Ctrl-Esc, Alt-Tab. Цей режим також супроводжується попереми́нним загорянням індикаторів клавіатури Num Lock, Caps Lock і Scroll Lock
		Вимкнення режиму

В основу програмного забезпечення комплексу «Sensor» покладені наступні принципи: достатня вірогідність вимірюваних величин; надійність у роботі; простота обслуговування; можливість оперативної оцінки вимірюваної інформації.

Інформація з інклінометричних датчиків по рівнобіжних каналах надходить на аналогово-цифровий перетворювач, керування яким реалізоване в блоці "АЦП" програми «Sensor» (рис. 8).

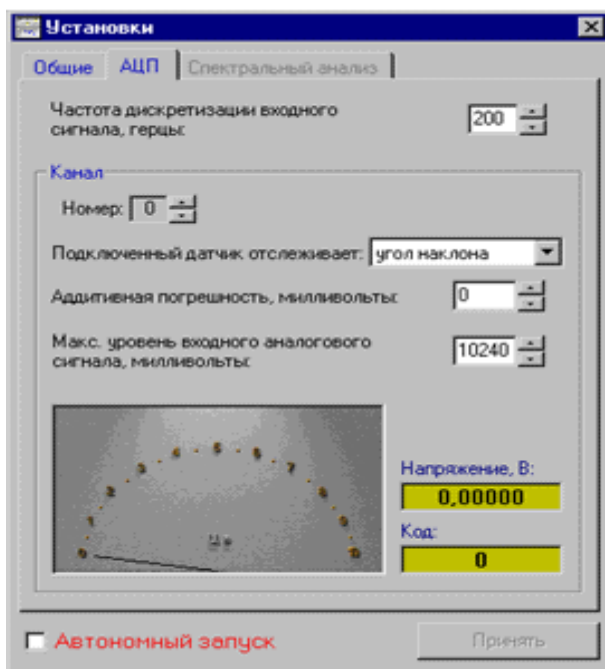


Рис. 8 – Блок аналого-цифрового перетворення

Пояснення до деяких параметрів блоку «АЦП»:

1. *Частота дискретизації вхідного сигналу*, Гц – для адаптації даного каналу програми «Sensor» під досліджуваний процес. При можливих динамічних режимах з частотою N Гц її необхідно задати у даному вікні налаштувань аналогово-цифрового перетворювача, відповідно до теореми Котельникова – Найквіста, *установити частоту знімання сигналів* в $2N$ Гц.

2. *Канал, номер* – номер каналу аналогово-цифрового перетворювача, до якого підключений i -ий датчик.

3. *Підключений датчик відслідковує* – тип вимірюваної фізичної величини.

4. *Адитивна погрішність, мілівольт* – адитивна погрішність вимірів по даному каналу.

5. *Максимальний рівень вхідного аналогового сигналу, мілівольт* – максимальний діапазон зміни напруги, що надходить з інклінометричного чутливого елемента по даному вимірювальному каналу.

6. *Напруга, В* – миттєве значення напруги по даному вимірювальному каналу.

Математична модель первинної статистичної обробки вимірюваної інформації розроблена відповідно до вимог з реєстрації даних і призначена для вирішення наступних задач: докладне представлення результатів вимірів відповідно до Держстандарту України; побудова точних довірчих інтервалів розкиду даних шляхом обліку погрішностей вимірюваної системи; виявлення навіть незначних, але статистично достовірних змін даних за допомогою методу перевірки статистичних гіпотез; прогнозування розвитку процесів за зміною низки параметрів:

1. прогнозування за зміною форми закону розподілу вибірки одиничних вимірів;

2. прогнозування з використанням результатів вимірюваної інформації, отриманої за кінцевий проміжок часу (часу моніторингу).

У програмі первинної обробки вимірюваної інформації реалізований алгоритм обчислення довірчого інтервалу з імовірністю $P = 0,90$:

1. По-перше, на основі моделювання на ПЕОМ установлено, що існує залежність між законом розподілу погрішності і необхідним обсягом вибірки (кількістю одиничних вимірів) для одержання відповідної статистичної оцінки заданої відносної середньої квадратичної погрішності.

2. По-друге, зміна виду закону розподілу погрішності нерідко може бути ознакою якої-небудь зміни умови проведення експерименту.

Дану обставину можна використати при моніторингу і прогнозуванні. Оскільки, з одного боку, зміна ексцесу й асиметрії вибірки може відбуватися і без зміни центра вибірки і дисперсії, а з іншого боку – зміна статистичних моментів більш низьких порядків (центра вибірки і дисперсії) не може відбуватися без зміни статистичних моментів більш високих порядків (асиметрії й ексцесу). Таким чином, вони можуть бути сигналами до наступної зміни центра вибірки, що може відігравати важливу роль при ранньому прогнозуванні небезпечних процесів (ознаках активізації зсувів чи тріщиноутворення та руйнації будівельних конструкцій палацу).

Розроблене програмне забезпечення програми «Sensor» дозволяє вирішити наступні задачі:

1. Автоматизувати процес вимірювань досліджуваних параметрів (можливість довгострокової роботи системи моніторингу у реальному часі без участі оператора).

2. Надати дані первинної обробки в зручному для ознайомлення виді.

Докладне вивчення законів розподілу, їхня каталогізація і побудова бази даних первинних статистичних параметрів вимірів є необхідною початковою інформацією для роботи програми прогнозування динаміки часових рядів. Це дає змогу будувати більш ранні і достовірні прогнози еволюції напружено-деформованого стану будівельних конструкцій палацу, інтенсивності зсувної активності ЦЛЗС, кореляції між геліогенними і літогенними факторами й ін.

Аналіз результатів моніторингових досліджень

Окремі результати вимірювань 2012 р. представлені на рис. 9. На рис. 10 наведено фрагмент миттєвої інформації, отриманої нами тільки по одному з датчиків під час моніторингу будівельних конструкцій Лівадійського палацу у 2002 р. (Trofymchuk O. [10]).

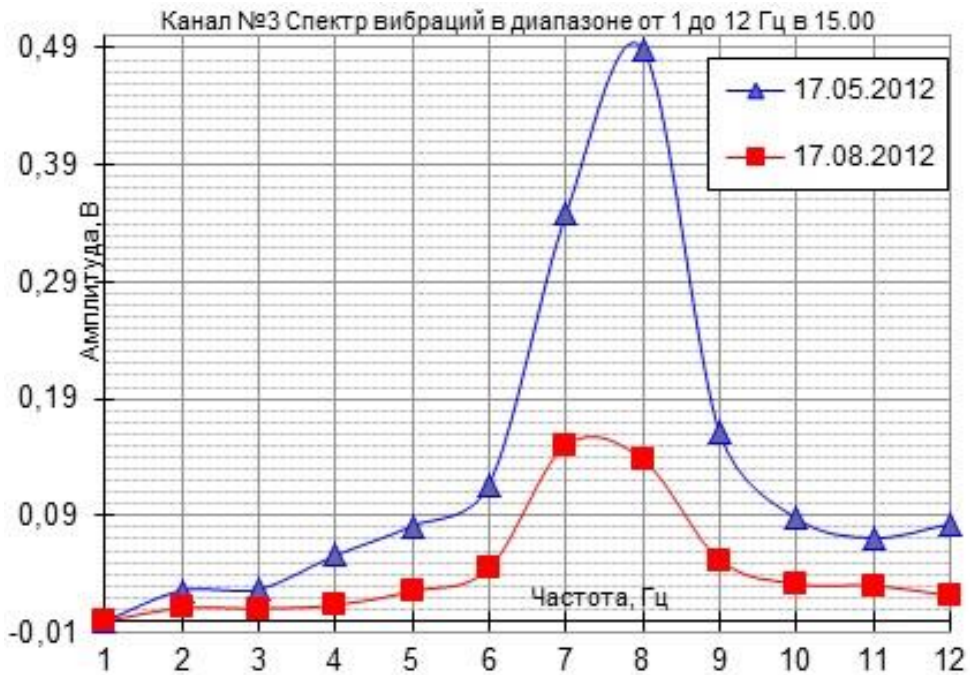


Рис. 9 – Фрагмент миттєвої інформації, отриманої по одному з прецизійних датчиків під час моніторингу будівельних конструкцій Лівадійського палацу у 2002 р.

На основі обробки результатів вимірювань встановлено:

1. Південно-східне крило Лівадійського палацу здійснює неперервні коливання щодо деякого середнього положення. Ці коливання мають виражений періодичний характер. При цьому період визначається добою. Амплітуда добових коливань змінюється в межах приблизно 1,5 кутові хвилини, тобто десь по 45 кут. секунд в кожен з боків від середнього положення. Коливання відбуваються відносно поперечної осі будівлі.

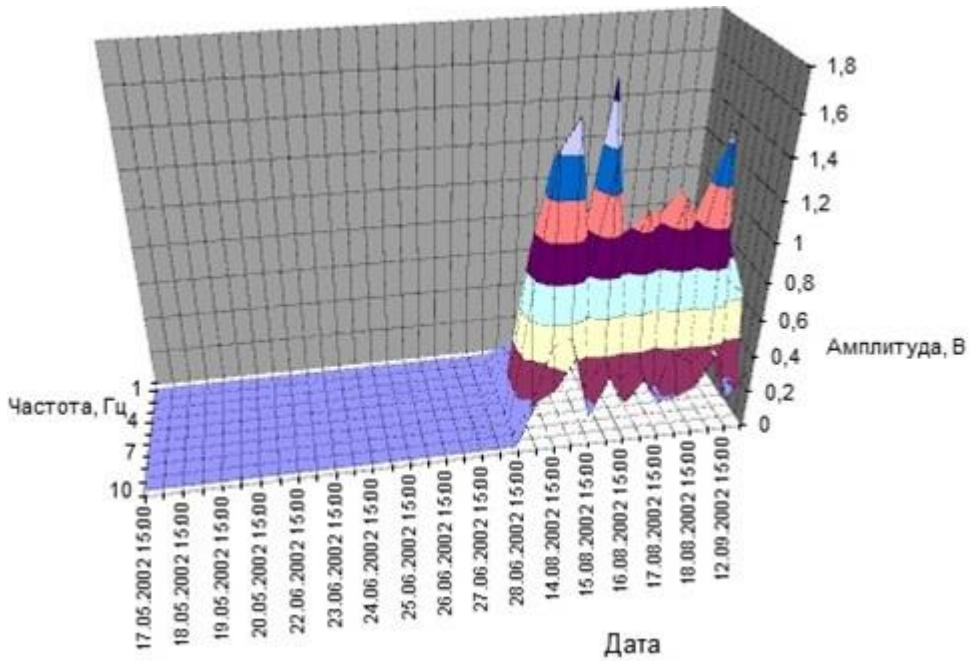


Рис. 10 – Фрагмент інформації щодо вібрацій будівельних конструкцій палацу, отриманої по одному з прецизійних датчиків під час моніторингу Лівадійського палацу з 17.05.2002 по 13.09.2002

2. В окремих випадках, таких, наприклад, як 13–14 лютого, 26–27 лютого і 22–23 березня 2002 рр., зафіксовані випадки збільшення кута нахилу Лівадійського палацу. У цих випадках амплітуда збільшилася до 6 кутових хвилин. Результати обчислень показали, що звичайні добові коливання складають 1,9 мм в кожен бік від середнього положення, а у зазначені дні – близько 4,2 мм в кожен бік від середнього положення.

3. Причинами добових коливань Лівадійського палацу можуть бути перепади денної і нічної температур, коли відбувається нерівномірне нагрівання і охолодження будівлі та навколишньої території. Причинами збільшення амплітуди відхилення фасаду будівлі Лівадійського палацу від середнього положення можуть бути такі обставини і фактори: рясні опади і пов'язане з ними тимчасове підвищення рівня ґрунтових вод; подальша зсувна активізація ЦЛЗС; сейсмічні та техногенні динамічні дії; інші фактори.

4. Встановити точну кореляцію цих факторів з динамікою будівельних конструкцій Лівадійського палацу до кінця не вдалося через часті вимушені перерви у роботі системи моніторингу. Ці перерви були зумовлені необхідністю виконання обов'язкових вимог Служби безпеки України при проведенні в Лівадійському палаці різних офіційних заходів державного, республіканського і місцевих (м. Ялта і Лівадія) рівнів, а також попередньої підготовки до них. З січня 2014 р. роботи з моніторингу ЦЛЗС і Лівадійського палацу нами були повністю припинені через відомі причини.

Висновки

1. До теперішнього часу практично не проводилося повномасштабних натурних досліджень території всієї Лівадії як єдиного природного та архітектурно-мистецького комплексу. Не було здійснено точного зонування території з метою збереження не тільки архітектурно-паркового ансамблю колишньої царської резиденції як історичного та художнього пам'ятника, але й навколишньої території, що входить в зону візуального сприйняття. Крім того, до теперішнього часу не проводилася історико-естетична оцінка даного регіону і його потенціалу як туристично-експозиційного центру. Не було розроблено комплексної програми єдиного використання всіх наявних на території Лівадії археологічних, архітектурних, історичних та природних об'єктів.
2. Висока сезонна і річна активність локальних зсувів у межах палацово-паркового комплексу підвищує ступінь соціально-економічного ризику (вже зараз палац розташований на відстані 70–100 м від головних поверхонь відриву трьох локальних зсувів і в зоні незатухаючої повзучості, що сприяє формуванню і розвитку тріщин на прилеглих ділянках і стінах палацу та знижує його сейсмостійкість). Ризик обвалення будівельних конструкцій створює небезпеку не тільки для самого палацу, а й для численних груп туристів, які щодня відвідують його визначні пам'ятки.
3. Необхідно вжити термінових заходів місцевим і центральним органам влади щодо зниження ризику активізації небезпечних природних процесів, що можуть призвести до руйнування всесвітньо-відомого пам'ятника історії і архітектури – Лівадійського палацу імператора Миколи II. Ці заходи повинні бути спрямовані на збереження Лівадійського палацово-паркового комплексу та пристосування його до нових екологічних і соціальних умов.
4. В останні десятиліття концепція культурної спадщини (Margottini С. і Vilimek В. [13], Migon Р. [14]) перетворилася в таку, що охоплює розуміння історії людства у сукупності з науковими знаннями та інтелектуальними відносинами. Ця зміна концепції спонукала до подальшої переоцінки того, що становить видатні універсальні цінності об'єктів всесвітньої спадщини, та розробки системних підходів до створення всеосяжних оперативних методів для втілення в життя Конвенції про охорону всесвітньої спадщини ЮНЕСКО [15]. Таке світорозуміння розширило діапазон досліджень від вивчення та збереження окремого пам'ятника культури в ізоляції від довкілля до багатовимірного, міжрегіонального та міждисциплінарного підходу збереження культурної спадщини людства та охорони навколишнього простору.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Lacasse S. 8th Terzaghi Oration Protecting society from landslides – the role of the geotechnical engineer // Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris. 2013. – P. 15–34.
2. Sassa K. Landslides: Risk analysis and sustainable disaster management. – 2005 [Online], <http://www.ebook3000.com/Kyoji-Sassa-Landslides-Risk-Analysis-and-Sustainable-Disaster-Management-147509.html>.
3. Lollino, G. Engineering Geology for Society and Territory // IAEG XII Congress Volumes Lollino, Giorgio (Ed.), 2014. – 8643 p., 8 volume-set.
4. Highland L., Bobrowsky P., The Landslide Handbook – A Guide to Understanding Landslides: Reston, U.S. Geological Survey Circular, Virginia, 2008. – 129 p.

5. Baum, R.L., Godt, J.P., Harp, E.L., McKenna, J.W. & McMullen, S.R. Early warning of landslides for rail traffic between Seattle and Everett, Washington, USA. In O. Hungr, R. Fell, R. Couture & E. Bernhard (eds), Landslide Risk Management // Proc. of the 2005 International Conference on Landslide Risk Management: 731–740. New York: A.A. Balkema.
6. Huston D. Structural Sensing, Health Monitoring, and Performance Evaluation.– 2010 – 662 p.
7. Nagayama T., Spencer B. Structural Health Monitoring Using Smart Sensors. – 2007. – 178 p.
8. Kaliukh I. Experimental monitoring system of vibration of building constrictions of IY energetic block of Chernobyl atomic station // Vibrations in physical systems XYIth sump. – Poznan: Poland, 1996.
9. Kaliukh I. Application of modern information technologies, mathematical methods and measure instruments for registration and forecasting evolution of the process in the dangerous areas (in Russian). – Kiev: Society «Knowledge». 1999. – 64 p.
10. Trofymchuk O., Kaliukh I., Hlebuchuk H., Berchun V. Experimental and analytical studies of landslides in the south of Ukraine under the action of natural seismic impacts // Earthquake-Induced Landslides. Proceedings of the International Symposium on Earthquake-Induced Landslides, Kiryu, Japan, 2012. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. – P. 883–890.
11. Малюк Ю. Развитие опасных геологических процессов в пределах Центрально-Ливадийской оползневой системы. Защита и сохранение Ливадийского дворцово-паркового комплекса / Ю.А. Малюк, В.Н. Саломатин // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. – Симферополь: НАПКС – 2006. – Вып. 13–14. – С. 205–212.
12. Trofymchuk O. IPL-153 Project «Landslide protection structures and their development in the Autonomous Republic of the Crimea, Ukraine» 2011–2014.
13. Margotini C., Vilimek V. The ICL Network on «Landslides and Cultural & Natural Heritage (LACUNHEN)» // Landslides 11, 2014. – ISSN:1612-510X: 934-938.
14. Migon P. Cultural heritage and natural hazards // In: Bobrovsky (ed) Encyclopedia of natural hazards. Springer Science + Business media, Dordrecht, 2013.
15. The World Heritage Convention, 1972. Режим доступу: <http://whc.unesco.org/en/convention/>

Стаття надійшла до редакції 18.02.2016

УДК 504.064.3; 621.22: 532.537; 528.8

А.М. ЛАГОДНЮК, В.М. КОРБУТЯК, Д.В. СТЕФАНИШИН

ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТА ШОРСТКОСТІ РІЧКОВИХ ЗАПЛАВ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ПІДТРИМКИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НЕУСТАЛЕНОГО РУХУ ВОДИ ПРИ ПОВЕНЯХ

***Анотація.** Розглядається задача ідентифікації коефіцієнта шорсткості річкових заплав за даними дистанційного зондування для підтримки математичного моделювання неусталеного руху води, що виникає при природних та штучних паводках, з метою кількісної оцінки повеневої небезпеки та пов'язаного з нею ризику. Проаналізовано основні алгоритми контрольованої і неконтрольованої класифікації геопросторових даних для розв'язання задач структурної ідентифікації рослинного покриву території річкових заплав.*

***Ключові слова:** вегетаційний індекс, дистанційне зондування, геопросторові дані, ідентифікація, коефіцієнт шорсткості заплави, контрольована і неконтрольована класифікація, повені.*

Вступ

Одним з ключових факторів ризику, що стримує та обмежує господарську діяльність на прирічкових територіях, є повені. За кількістю жертв і постраждалих, економічними збитками тощо вони поступаються лише катастрофічним землетрусам [1–3].

Поняття повені як стихійного лиха так чи інакше пов'язане з людиною та її діяльністю. Повені на ріках відбуваються тоді, коли при природних паводках та водопіллях, штучних попусках гідроелектростанцій (ГЕС), проривах напірних гідропоруд тощо затоплюються території, на яких проживає людина або які використовуються людиною.

За деякими оцінками [4] площа земель в Україні, на яких регулярно проявляються катастрофічні наслідки лише від повеней гідрометеорологічного походження, становить майже 165 тис. км² (це більше 27% всієї території), де проживає близько третини всього населення країни. Найбільшої шкоди від таких повеней в Україні зазнають гірські та передгірські райони Карпат (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Чернівецька області), деякі райони Поділля (Тернопільська, Хмельницька та Вінницька області), Полісся (Волинська, Рівненська області), придунайські та придніпровські території, а також Донбас. Існує і потенційна небезпека виникнення штучних повеней в країні внаслідок аварій на напірних гідропорудах гідровузлів – об'єктах критичної інфраструктури [5]. Наразі в Україні нараховується 1153 гідровузли, напірні гідропоруди яких створюють водосховища об'ємом 1 млн м³ і більше, які, згідно з п. 13 «Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів» [6], відносяться до потенційно небезпечних об'єктів. З них 93 гідровузли мають водосховища об'ємом від 10,1 до 100 млн м³, а 14 – водосховища об'ємом більше 100 млн м³ (табл. 1) [7, 8].

Таблиця 1 – Найбільші гідровузли України
(F – площа водного дзеркала, W – об’єм, $h_{\max}$ – максимальна висота греблі, НПР – нормальний підпірний рівень)

№ з/п	Гідровузол	Розташування (область)	Ріка	F при НПР, км ²	W при НПР, млн. м ³	$h_{\max}$ греблі, м
1	Каховський	Херсонська	Дніпро	2155,0	18200,0	30,0
2	Кременчуцький	Кіровоградська	Дніпро	2250,0	13520,0	29,5
3	Київський	Київська	Дніпро	922,0	3730,0	22,0
4	Дніпровський	Запорізька	Дніпро	410,0	3300,0	62,0
5	Канівський	Черкаська	Дніпро	675,0	2500,0	25,0
6	Дніпродзержинський	Дніпропетровська	Дніпро	567,0	2460,0	28,0
7	Дністровський	Чернівецька	Дністер	142,0	3000,0	60,0
8	Червонооскільський	Харківська	Оскіл	122,0	477,0	20,0
9	Краснопавлівський	Харківська	Попільня	35,0	410,0	37,0
10	Печенізький	Харківська	Сіверський Донець	86,2	383,0	22,0
11	Карачунівський	Дніпропетровська	Інгuleць	44,8	308,5	22,5
12	Ладижинський	Вінницька	Південний Буг	22,3	148,1	18,0
13	Водосховище Хмельницької АЕС	Хмельницька	Гнилий Ріг	20,0	120,0	13,0
14	Олександрівський	Миколаївська	Південний Буг	12,0	114,0	25,0

Основи математичного моделювання неусталеного руху води

Задачі математичного моделювання неусталеного руху води, що виникає при паводках, попусках ГЕС, гідродинамічних аваріях, розв’язувалися досить давно [9]. З появою сучасної обчислювальної техніки й розвитком чисельних методів розв’язання диференціальних рівнянь з’явилися і відповідні комп’ютерні програми. Чисельні алгоритми, що використовуються при цьому, перевіряються на модельних прикладах з верифікацією отриманих чисельних розв’язків на задачах, для яких існують аналітичні розв’язки, при зіставленні з даними експериментальних досліджень в гідравлічних лабораторіях та з натурними даними.

Нестационарний (неусталений) рух води у відкритих руслах описується системою рівнянь Сен-Венана [9–12]. У більшості практичних випадків параметри хвиль неусталеного руху води у відкритому руслі (глибина, швидкість водного потоку, час переміщення фронту хвилі, які далі використовуються при оцінці ймовірних збитків, втрат та слугують вихідною інформацією для розробки заходів щодо захисту господарських об’єктів, сповіщення та евакуації населення тощо [9]) розраховуються на основі одновимірної моделі, для якої система рівнянь Сен-Венана може мати наступний вигляд [9]:

рівняння динамічної рівноваги:

$$\frac{\partial(V \cdot \Omega)}{\partial t} + \frac{\partial(V^2 \cdot \Omega)}{\partial s} = -g \cdot \Omega \frac{\partial H}{\partial s} + \frac{\partial}{\partial s} \left(v \cdot \Omega \frac{\partial V}{\partial s} \right) - \frac{g \cdot \Omega}{C^2 \cdot R} V \cdot |V|, \quad (1)$$

рівняння нерозривності:

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial(V \cdot \Omega)}{\partial s} = q, \quad (2)$$

де t – час; s – координата вздовж напрямку течії; V – осереднена по перерізу повздовжня компонента швидкості потоку; $\Omega = \Omega(H)$ – площа живого перерізу; H – відмітка вільної поверхні води; v – коефіцієнт в'язкості; C – коефіцієнт Шезі, яким характеризують гідравлічний опір водному потоку; $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ – прискорення вільного падіння; q – питомий притік води на одиницю довжини русла; врахування місцевих втрат енергії при різкій зміні геометричних параметрів русла зазвичай здійснюється введенням в рівняння (1) додаткових складових, які визначають імпульсну дію на потік з боку перешкод, що обтікаються водним потоком.

Розрахунки на основі двовимірної (планової) моделі водного потоку використовуються менше, оскільки вони вимагають значно більшого об'єму різного роду геопросторових даних, які не завжди можуть бути в наявності і достатньої точності. Зокрема, це стосується коефіцієнта Шезі C , який є одним з найважливіших параметрів математичної моделі руху води і від якого залежить пропускна здатність русла. Зазвичай його визначають за формулою:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (3)$$

де n – безрозмірний коефіцієнт шорсткості (коефіцієнт Гоклера-Манінга); R – гідравлічний радіус, який для широкого русла замінюють глибиною h .

Загальна постановка задачі досліджень

Визначення об'єктивних значень коефіцієнта шорсткості n , що входить в рівняння динамічної рівноваги (1) і який є емпірично розрахунковим коефіцієнтом, що залежить від багатьох факторів, в тому числі і від особливостей поверхні русла, його звивистості, характеру рослинності в руслі і на заплаві тощо, може викликати значні труднощі. Зазвичай, при призначенні n використовують довідкові таблиці [13, 14], де він визначається в залежності від складу ґрунтів ложа і берегів русла, характеру рослинності в руслі і на заплаві, наявності руслових та інших перешкод тощо. Коли натурні дослідження русел неможливі, найкращим методом для визначення коефіцієнта n є використання фотографій річкових русел і, зокрема, у випадку протяжних ділянок річкових долин, які мають досліджуватися при моделюванні хвиль поширення природних та штучних паводків, – дані дистанційного зондування Землі

(спутникові та аерофотознімки). Відповідно, серед задач, пов'язаних зі встановленням коефіцієнта шорсткості n , постає задача ідентифікації структури рослинного покриву території заплави, що може динамічно змінюватися, в тому числі і протягом року, яку пропонується вирішувати за даними дистанційного зондування.

Основи ідентифікації структури рослинного покриву території за даними дистанційного зондування

З метою картографування та ідентифікації типів рослинності за даними дистанційного зондування вдаються до створення так званих «індексних» зображень [15–18]. Відповідні спектральні індекси, які використовуються для вивчення та оцінки стану рослинності, отримали загальноприйняту назву вегетаційних індексів. Останні підбираються експериментально (емпіричним шляхом), виходячи з відомих особливостей кривих спектральної відбивної здатності рослинності і ґрунтів. Зокрема, одним з найпоширеніших при дистанційній характеристиці рослинного покриву є індекс *NDVI*.

Веgetаційний індекс *NDVI* (Normalized Difference Vegetation Index, нормалізований відносний індекс рослинності) – досить простий кількісний показник кількості фотосинтетичної активної біомаси. Використовується для вирішення задач, метою яких є кількісна оцінка структури та стану рослинного покриву. Визначають цей індекс за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (4)$$

де *NIR* – відображення в ближній інфрачервоній, *RED* – в червоній областях спектра, які можуть змінюватися в залежності від стану рослинності та кількості біомаси.

Розрахунок *NDVI* базується на двох найбільш стабільних (незалежних від інших факторів) ділянках спектральної кривої відбиття судинних рослин. У червоній області спектра (0,6–0,7 мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а в інфрачервоній області (0,7–1,0 мкм) знаходиться область максимального відображення клітинних структур листка рослини (рис. 1а). Відношення цих показників один до одного дозволяє чітко відокремлювати й аналізувати рослинні угруповання від інших природних об'єктів. Використання нормалізованої різниці між мінімумом і максимумом відображень збільшує точність виміру, дозволяє зменшити вплив таких явищ, як розходження в освітленості знімка, хмарності, димки, поглинання радіації атмосферою й ін.

На рис. 1 наведено результати застосування *NDVI* при визначенні стану та видів рослинності на ділянках повторно-заболочених гідроморфних ґрунтів заплави. Використовувались знімки середньої роздільної здатності LANDSAT за травень місяць за декілька років та польові дослідження для верифікації рослинності та умов її росту. Комбінації каналів камер супутників були наступними: TM Landsat (5) – 3 (0,63–0,69 мкм), 4 (0,76–0,90 мкм).

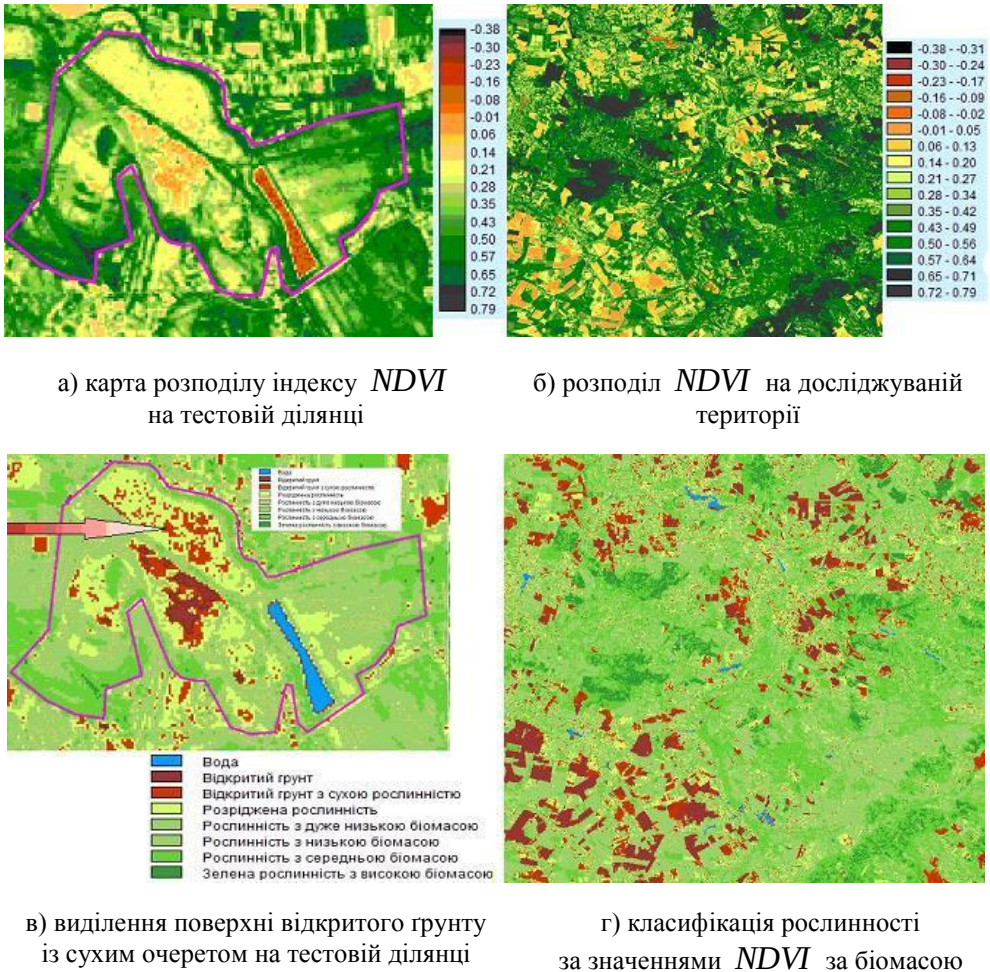


Рис. 1 – Використання індексу $NDVI$ при ідентифікації структури рослинного покриття території річкової заплави

Для кількісної оцінки індексу $NDVI$ використовувалась стандартизована безперервна градієнтна шкала, що відображає його значення в діапазоні від -1 до 1 . Завдяки особливості відображення в $NIR-RED$ областях спектра, природні об'єкти, які не пов'язані з рослинністю, мають фіксоване (постійне, незмінне) значення $NDVI$, що дозволяє використовувати цей параметр і для їхньої ідентифікації. Класи за індексом вегетації показано на рис. 1б. Це зображення можна використати для картографування рослинного покриття, виявлення площ покритих і не покритих рослинністю, оцінки стану рослинного покриття, його продуктивності та біомаси і, відповідно, – для оцінки коефіцієнта шорсткості поверхні.

Класифікація рослинності на досліджуваній території за індексом $NDVI$ здійснювалась за наступними критеріями: 1) стан рослинності (табл. 2); 2) кількість біомаси (табл. 3). Результати класифікації наведено на рис. 1г. Зокрема, аналіз зображень за індексом $NDVI$ показав наявність відкритого ґрунту з сухою рослинністю на території заболочених ділянок. Натурні тестові дослідження підтвердили, що це ділянки з сухим минулорічним очеретом (рис. 1в).

Таблиця 2 – Стан рослинності у відповідності зі значеннями вегетаційних індексів

Значення <i>NDVI</i>	Стан рослинності
< 0,00	Вода
0,00-0,20	Відкритий ґрунт
0,21-0,30	Розріджена рослинність
0,31-0,40	Дуже поганий
0,41-0,55	Задовільний
0,56-0,70	Хороший
0,71-1,00	Дуже хороший

Таблиця 3 – Класифікація значень *NDVI* за біомасою

Клас	Значення <i>NDVI</i>	Тип поверхні за кількістю біомаси
1	< 0,00	Вода
2	0,00-0,10	Відкритий ґрунт
3	0,11-0,20	Відкритий ґрунт з сухою рослинністю
4	0,21-0,30	Розріджена рослинність
5	0,31-0,40	Рослинність з дуже низькою біомасою
6	0,41-0,55	Рослинність з низькою біомасою
7	0,56-0,70	Рослинність з середньою біомасою
8	0,71-1,00	Рослинність з високою біомасою

За даними табл. 2 було проведено перекласифікацію зображення *NDVI* з виділенням двох класів: ділянки з рослинністю та ділянки, що не містять рослинність (відкритий ґрунт, вода, забудова) (рис. 1в). Дане зображення, так звана «маска ґрунту», в подальшому використовувалось для проведення класифікації поверхні за різними видами рослинності.

Для зменшення впливу різних факторів, що створюють перешкоди при визначенні *NDVI*, застосовують його модифікації різного виду. Наприклад, для зменшення впливу на ідентифікацію ефекту відбивання електромагнітних хвиль від ґрунтової поверхні можна використати індекс *PVI 2* (Perpendicular Vegetation Index 2).

На першому кроці для побудови зображення індексу *PVI 2* здійснюється виділення ділянок відкритого ґрунту (рис. 2а). Після їх ідентифікації встановлюється рівняння регресії для обчислення лінії ґрунту (рис. 2б) – рівняння, яке описує зв'язок між величинами відбивання в червоній та інфрачервоній смугах для пікселів, що зображують тільки ґрунт. Ця лінія визначається простою лінійною регресією між червоною та інфрачервоною смугами на вибірці ґрунтових пікселів. Після встановлення регресійного зв'язку всі невідомі пікселі, що мають таку ж залежність між смугами, відносяться до ґрунтових пікселів. Пікселі, які знаходяться далеко від лінії ґрунту в сторону інфрачервоного каналу, відносять до рослинності, а ті, що далеко в сторону червоного каналу – до водної поверхні. В цілому на зображенні *PVI 2* (рис. 3) можна побачити менше неперервних площинних ділянок з високим значенням індексу рослинності, ніж на зображенні індексу *NDVI* (рис. 1б).

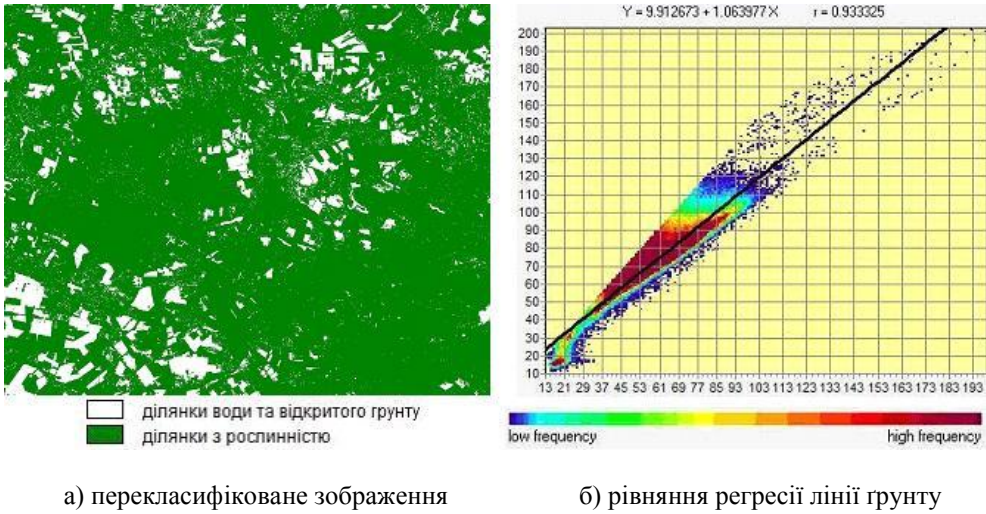


Рис. 2 – Виділення покритих рослинністю ділянок за допомогою індексу *PVI 2*

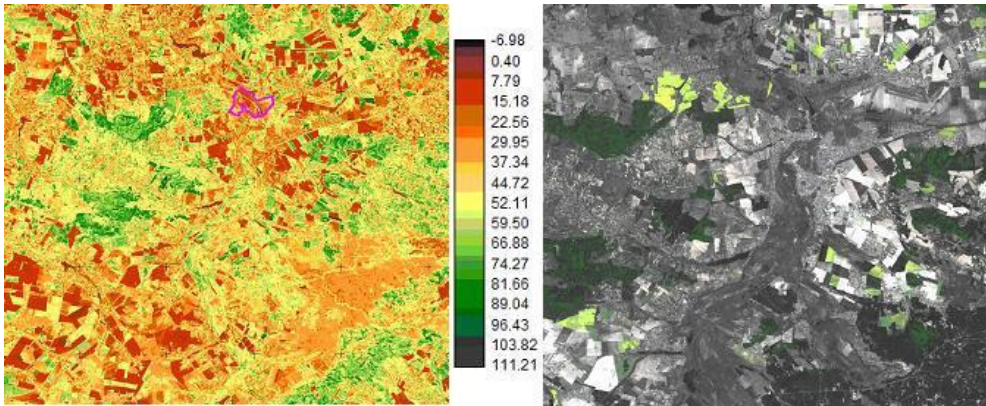


Рис. 3 – Розподіл індексу *PVI 2* на досліджуваній території

Рис. 4 – Синтезоване повнокольорове зображення каналів 3, 2, 1

Використання неконтрольованої та контрольованої класифікації

Задача класифікації зображень полягає в розбитті деякої групи об'єктів на окремі класи. При цьому, до одного й того ж класу відносяться об'єкти, що мають однакові загальні властивості (відбивальні характеристики), наприклад: ліс, сільськогосподарські угіддя, водні поверхні тощо. Більшість класифікацій зображень базуються на визначенні спектральних відповідей (сигнатур – описів ступеня відбиття енергії в різних областях спектра) класів земного покриття. Зображення розбивається на елементи, для кожного з яких визначають числові значення ознак. Задача класифікації полягає в розділенні простору ознак на локальні області, що відповідають одному класу об'єктів. Для підвищення достовірності збільшують кількість ознак, наприклад, збільшують кількість каналів при багатозональному зніманні, а також на додачу до

спектральних використовують додаткові ознаки – просторові чи часові, що підвищує надійність класифікації [15–18].

Для проведення машинної класифікації існують апробовані алгоритми, що реалізують різні класифікації: 1) неконтрольовану (без навчання); 2) контрольовану (з навчанням).

При відсутності апіорних даних про об’єкт знімання використовують алгоритми неконтрольованої класифікації, яка не вимагає додаткових натурних даних. Її методологічною основою є кластерний аналіз, що здійснюється автоматично. Нижче, на рис. 5–7, наведено результати розв’язання задачі неконтрольованої класифікації з використанням трьох алгоритмів: CLUSTER, ISOCLUST та ISODATA. Розглядався знімок LANDSAT. Знімання містить 7 каналів, для класифікації було використано 6, за виключенням теплового каналу. Фрагмент синтезованого повнокольорового зображення в природних кольорах показано на рис. 4.

Аналіз зображень показав, що модуль CLUSTER (рис. 5) об’єднав класи хвойного лісу, води та заболочені території без рослинності в один клас, тоді як модуль ISODATA чітко відокремив ці території (рис. 6).



Рис. 5 – Результат застосування модуля CLUSTER (14 класів)

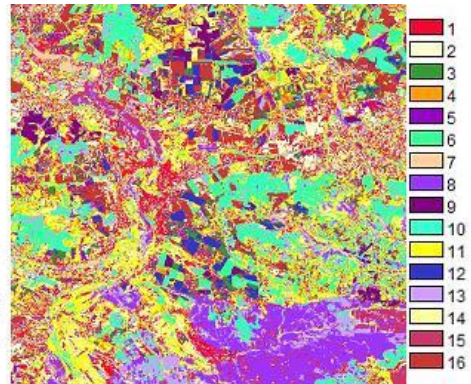
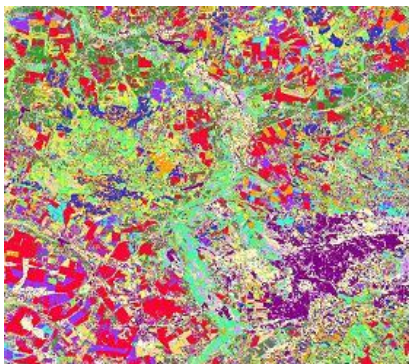
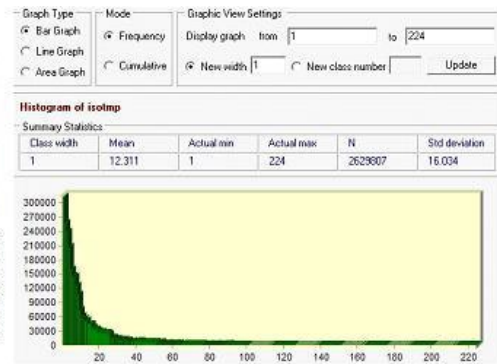


Рис. 6 – Результат застосування модуля ISODATA (16 класів)



а) результат застосування модуля ISOCLUST з виділенням 14 класів

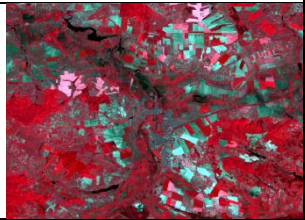


б) гістограма класів за модулем ISOCLUST

Рис. 7 – Неконтрольована класифікація з використанням ISOCLUST

В цілому ISODATA чітко кластеризує відкритий ґрунт, воду, хвойний та листяний ліс, оброблювані ділянки сільськогосподарських угідь. Дослідження показали, що проблемними класами при застосуванні алгоритму ISODATA можуть бути канали осушувальної системи та населені пункти, оскільки в них присутні представники майже усіх класів. Застосування модуля ISOCLUST з різною кількістю класів показало, що вибір менше ніж 12 класів проводити не доцільно, оскільки це ускладнює класифікацію – помилково об'єднуються різні класи, наприклад вода та хвойний ліс. З метою отримання додаткової інформації про поверхні, що потребують ідентифікації, проводилося синтезування каналів. Інтерпретацію комбінацій каналів, що використовувались, та фрагменти зображень наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Інтерпретація комбінацій каналів для синтезу зображень

Канали RGB	Ідентифікована інформація	Фрагмент зображення
4, 3, 2	Вивчення стану рослинного покриву, дренажу, мозаїки агрокультур. Рослинність – відтінки червоного. Хвойні ліси – темно-червоні. Трав'яна або кущова рослинність – рожева. Забудова – зелено-голуба. Відкритий ґрунт – відтінки коричневого.	
3, 2, 1	Комбінація «природні кольори». Використовуються канали видимого діапазону, об'єкти земної поверхні виглядають так, як вони сприймаються людським оком. Рослинність – зеленою, прибрані поля – світлими, рослинність з низькою біомасою – коричневою і жовтою, дороги – сірими, берегові лінії – білявими.	
7, 5, 3	Чітко виділяється берегова лінія та підкреслюються водні об'єкти. Рослинність – відтінки темно- та світло-зеленого. Урбанізовані території – білі, зелено-голубі та малинові. Водні об'єкти – темно-сині, майже чорні. Ґрунти, пісок – різних кольорів.	
4, 5, 1	Здорова рослинність – відтінки червоного, коричневого, помаранчевого та зеленого. Ґрунти – зелені або коричневі кольори, вологі ґрунти – темні. Розріджена рослинність – яскраво-червоні відтінки. Чиста глибока вода – темно-синя (майже чорна). Мілководдя – світлі сині відтінки.	
5, 4, 3	Можливість аналізу сільськогосподарських угідь. Вивчення рослинного покриву. Сільськогосподарська рослинність – яскраво-зелені кольори. Ґрунти – рожево-бузкові кольори.	

Контрольована класифікація потребує значних машинних ресурсів, є більш трудомісткою, але дає більш точні результати. Навчання відбувається з використанням даних натурних досліджень, може відбуватися безпосередньо по зображенню, де необхідно виділити еталонні ділянки (набори пікселів, які представляють досліджуваний клас та служать його ідентифікатором). Разом з результатами натурних спостережень в якості вихідних даних для створення еталонних ділянок для контрольованої класифікації можуть також використовуватися результати неконтрольованої класифікації, а також результати синтезування каналів, з метою підкреслення певних ознак.

Порядок контрольованої класифікації може бути наступним.

1. Вибір еталонних ділянок. Це набори пікселів, які представляють досліджуваний клас та служать його ідентифікатором. Від якості еталонів залежить точність класифікації. При виборі еталонних пікселів бажано використовувати канал зі стійким контрастом – інфрачервоний, результати синтезування каналів (табл. 4), апріорні дані, серед джерел яких виділяються дані польових досліджень, дані аерофотознімання, топографічні карти, результати візуального дешифрування, а також результати кластерного аналізу.

В якості еталонних ділянок на заплавах пропонується обирати наступні класи: луки-сіножаті; вологі луки; заболочений ґрунт з сухою рослинністю; відкритий ґрунт; листяний ліс; хвойний ліс; відкриті водойми; відкритий ґрунт з сухою рослинністю; сільськогосподарські угіддя з низьким індексом *NDVI*; деградовані пасовища; населені пункти.

2. Створення файлів сигнатур для кожного класу: назва каналів, мінімальні, максимальні та середні значення в кожному каналі.

3. Оцінка сигнатур. Проводиться шляхом побудови скаттерограми та гістограм спектральних кривих. Скаттерограма відображає положення всіх пікселів у двох каналах, де відбиття одного каналу – на осі X , іншого – на осі Y . Частота пікселів у кожній точці (X, Y) положення відмічається відповідним кольором палітри у кількісному вигляді.

4. Вибір класифікатора. Можуть застосовуватися як жорсткі класифікатори, зокрема метод класифікації за мінімальною відстанню, метод паралелепіпеда, метод максимальної подібності, лінійний дискримінантний аналіз, або метод Фішера, а також більш гнучкі класифікатори, що ґрунтуються на методі максимальної подібності Байєса та теорії Демпстера-Шафера.

5. Оцінка точності класифікації. Оцінка точності класифікації являє собою оцінку точності співпадіння отриманих класів і класів на місцевості. Оскільки межі класів на місцевості, як правило, достовірно не відомі, оцінюють такий показник, як достовірність класифікації, який визначають як процент пікселів, що вірно віднесені до класів, заданих як еталони.

Оцінка коефіцієнта шорсткості

Результати класифікації надалі використовуються для кількісної оцінки середньозважених на розрахункових ділянках чисельної схеми математичної моделі неусталеного руху води значень коефіцієнта шорсткості в залежності від стану заплави (див. табл. 5) з врахуванням долі пікселів, які віднесені до кожного з класів зображень в масиві геопросторових даних.

Таблиця 5 – Значення коефіцієнта шорсткості для ділянок заплави

Тип поверхні та її опис		Мін	Норм	Макс
Луки, без кущів	Низькорослі трави	0,025	0,030	0,035
	Високорослі трави	0,030	0,035	0,050
Культивовані землі, угіддя	Без врожаю, рілля	0,020	0,030	0,040
	Зрілі просапні культури	0,025	0,035	0,045
	Зрілі польові культури	0,030	0,040	0,050
Кущова рослинність	Поодинокі кущі, важкі бур'яни	0,035	0,050	0,070
	Проріджені кущі, взимку	0,035	0,050	0,060
	Проріджені кущі, влітку	0,040	0,060	0,080
	Щільні зарослі кущів, взимку	0,045	0,070	0,110
	Щільні зарослі кущів, влітку	0,070	0,100	0,160
Лісові насадження	Густі прямі верби, влітку	0,110	0,150	0,200
	Вирубки, без проростань	0,030	0,040	0,050
	Вирубки, зі зростанням пагонів	0,050	0,060	0,080
	Деревостій, крона вище води	0,080	0,100	0,120
	Деревостій, вода сягає крони	0,100	0,120	0,160

Висновки

1. Викладено загальну концепцію використання неконтрольованої та контрольованої класифікації зображень для підготовки геопросторових даних, які необхідні для ідентифікації коефіцієнта шорсткості n річкової заплави з метою математичного моделювання неусталеного руху води по заплаві при повенях, викликаних паводками, попусками ГЕС, проривами гідроспоруд тощо. Показано, що поставлена задача вирішується шляхом застосування класифікації зображень за даними дистанційного зондування Землі на основі використання різного виду вегетаційних індексів.

2. Визначення коефіцієнта шорсткості n шляхом ідентифікації структури рослинного покриву території заплави, що може динамічно змінюватися, в тому числі і протягом року, за даними дистанційного зондування, відкриває нові можливості для складення як оперативних, так і довгострокових прогнозів повеневої небезпеки на основі математичного моделювання. При цьому таке моделювання може успішно проводитися і на ріках, на яких відсутні гідрометричні пости і не проводиться наземний моніторинг.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авакян А.Б. Наводнення. Концепция защиты / А.Б. Авакян // Известия РАН. Серия географическая. – 2000. – № 5. – С. 40–46.
2. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, О.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наукова думка, 2008. – 544 с.
3. Предупреждение и смягчение последствий природных катастроф // Бюллетень ВМО. – 2006. – Т. 55 (1). – 67 с.
4. Хлапук М.М. Обґрунтування напрямків наукового супроводу протипаводкових заходів для регіону Закарпаття / М.М. Хлапук, Л.А. Шинкарук, В.П. Чіпак, О.А. Кисіль // Вісник НУВГП. Зб. наук. праць. – Вип. 4(40). – Ч. 2. – Рівне. – 2007. – С. 183–189.

5. Стефанишин Д.В. Методологічні підходи до оцінки та врахування ризику в задачах забезпечення надійності і безпеки гребель / Д.В. Стефанишин, О.М. Трофимчук // Концепція захисту критичної інфраструктури: Стан, проблеми та перспективи її впровадження в Україні. Зб. Матеріалів міжнародної науково-практичної конференції. Національний інститут стратегічних досліджень. Серія «Національна безпека». Вип. 5. – К.: 2014. – С. 88–98.
6. Методика ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів / Затверджена наказом МНС України від 23.02.2006 р. за № 98. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 20.03.2006 р. за № 286/12160.
7. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки: Довідник / За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня. – К.: Інтерпрес, 2014. – 164 с.
8. Паламарчук М.М. Водний фонд України / М.М. Паламарчук, Н.Б. Закорчевна // Довідковий посібник. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 388 с.
9. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2002. – 591 с.
10. Грушевский М.С. Волны попусков и паводков в реках. / М.С. Грушевский. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 340 с.
11. Грушевский М.С. Неустановившееся движение воды в реках и каналах. / М.С. Грушевский. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 288 с.
12. Семенчин Е.А. Анализ системы уравнений Сен-Венана аналитическими и численными методами / Е.А. Семенчин, Н.В. Вандина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – № 64(64) – С. 34–47. – Режим доступа к статье: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sistemy-uravneniy-sen-venana-analiticheskimi-i-chislennymi-metodami>.
13. http://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/8_Hydraulic_Reference/Mannings_n_Tables.htm
14. Киселев П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.
15. Красовський Г.Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій / Г.Я. Красовський – К.: Інтертехнологія, 2008. – 480 с.
16. Moshynsky V. Identification of re-wetlands according to remote sensing data for greenhouse gases cadastre / O. Lahodniuk, A. Lahodniuk, V. Korbutiak, A. Kucheroва // International conference «Kolkhety lowland water ecosystems – protections and efficiency». Conference workbook (Georgia, Tbilisi-Poti, 22-24 July. 2013). – Tbilisi, 2013. – 198 p.
17. Campbell J.B. Introduction to remote sensing / James B. Campbell. – 4th ed. – New York-London. The Guilford Press, 2007. – 626 p.
18. Лагоднюк А.М. Застосування вегетаційних індексів для дослідження трансформації ландшафтів Полісся / А.М. Лагоднюк, В.М. Корбутяк, Д.В. Стефанишин // V Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. Зб. наукових праць. Україна, Вінниця, 23-26 вересня, 2015 р. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». 2015. – С. 139.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2016

УДК 504.064.2

Д.В. ВАРАВІН, Р.В. СІПАКОВ

ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

***Анотація.** Представлені принципи функціонування робочих груп для розробки комплексного підходу в галузі енергозбереження та екологічної безпеки. Запропоновано використання науково-дослідних центрів та моніторингових лабораторій для отримання адекватних даних, здійснення аналітичних обчислень та забезпечення контролю під час реконструкції житлових будинків. Аргументовано створення «платформи» для розробки ключових показників енергоефективності, належних методологій, інструментів і методів контролю та управління в галузі енергоефективності та екологічної безпеки. Впровадження запропонованих методів підвищить рівень екологічної безпеки і допоможе скоротити викиди парникових газів, що дозволить зробити істотний внесок в боротьбу з глобальною зміною клімату.*

***Ключові слова:** реконструкція, енергозбереження, екологічна безпека.*

Вступ

Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку в Україні сировинно-видобувних, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості [1]. В останні роки в Україні загострилися проблеми нестачі електричних потужностей і природного газу в період опалювального сезону, а також необхідність збереження навколишнього середовища, що передбачає скорочення викидів парникових газів, тим самим зменшуючи негативний внесок в глобальне потепління. У зв'язку з особливою актуальністю, питання енергоефективності житлового сектора і підвищення екологічної безпеки на території України переходить з розряду обговорюваних на рівень досліджуваних і втілюється в дію [1, 2]. В даний час проблеми енергозбереження та екологічної безпеки відносяться до стратегічних завдань України, оскільки їх рішення забезпечує енергетичну незалежність країни [3]. Вирішення даного завдання вимагає: зниження споживання енергоресурсів та їх раціональне використання; розвитку обізнаності населення в області енергоефективності та усвідомлення наслідків негативного впливу на навколишнє середовище техногенних навантажень; розробки комплексного підходу в області реконструкції та підвищення екобезпеки житлових будівель; створення галузевих лабораторій та моніторингових центрів, що контролюватимуть ефективність здійснюваних програм. Слід підкреслити, що необхідні енергоресурси можна отримати не тільки шляхом збільшення покупки сировини за кордоном і будівництва нових енергооб'єктів, але і за рахунок розробки та впровадження програм енергоефективності [4].

Мета дослідження

Метою дослідження є розробка системи моніторингу і визначення показників ефективності для виявлення шляхів енергозбереження та підвищення якості навколишнього середовища.

Матеріали та методи

Дослідження проведено на основі існуючих вітчизняних і зарубіжних теоретичних концепцій і практичних досягнень, а також із застосуванням адміністративно-нормативних документів у галузі будівництва, пов'язаних із забезпеченням теплової надійності та енергоефективності будівельних об'єктів. Методи дослідження базуються на системному аналізі та загальних принципах, а саме – об'єктивності, причинності і актуалізмі. Для вирішення даного питання планується залучення галузевих міністерств, НДІ, фахівців у галузі енергозбереження, громадськості та інших зацікавлених осіб.

Структура моніторингу в галузі енергозбереження та екологічної безпеки

Розробка комплексного підходу в галузі енергозбереження та екологічної безпеки – це побудова алгоритму дій, що базуються на методах аналізу, оцінки та спостереження. Такий підхід дозволяє отримати співвідношення «вартість–результативність» вище, ніж при звичайному «кошторисному» плануванні. Зарубіжні дослідження показують, що вирішення завдань енергозбереження можливе лише при комплексному підході, а саме:

1. використання сучасних теплоізоляційних матеріалів при утепленні огорожувальних конструкцій будівель;
2. застосування енергозберігаючих технологій і елементів «Green Building»;
3. поширення освітніх програм та інформації для підвищення обізнаності населення та експлуатуючих організацій в галузі енергозбереження та екологічної безпеки [5].

Для розробки комплексного підходу в галузі енергозбереження та екологічної безпеки застосовуються наступні визначальні принципи організації робочих груп:

1. мета повинна бути чітко сформульована і визначена, а учасники робочої групи мають працювати узгоджено єдиною командою;
2. робоча група повинна бути сформована з фахівців, які мають як практичний, так і теоретичний досвід з даної тематики;
3. завдання, що вирішується, повинне розглядатися як єдине ціле з визначенням ключових елементів і встановленням часових меж для їх вирішення;
4. розроблений підхід повинен бути апробований як теоретично, так і практично;
5. отримані результати аналізуються і узагальнюються робочою групою з можливістю розробки комплексного підходу і закріплення його на державному рівні для подальшої реалізації.

Житлові будинки і споруди є одним з ключових об'єктів споживання енергетичних ресурсів, таких як вугілля, газ, електрика, вода і т. д., внаслідок чого спостерігається суттєвий внесок у забруднення навколишнього середовища, збільшення викидів CO₂ та інших парникових газів в атмосферу. Це призводить до виснаження природних ресурсів, погіршення довкілля та кліматичних змін. Для отримання адекватних даних, здійснення аналітичних обчислень та забезпечення контролю з даної тематики, необхідно створення на території країни мережі лабораторій і дослідницьких центрів наступної спрямованості: виявлення шляхів енергозбереження, розробка заходів енергозбереження, визначення показників ефективності реалізації даних заходів, а також розробка шляхів підвищення якості навколишнього середовища. Науково-дослідні центри та моніторингові лабораторії доцільно створювати на базах профільних інститутів та НДІ з достатньою кількістю наукового персоналу, задіяного у вирішенні проблем енергоефективності в будівництві. Крім цього, до складу цих структур рекомендовано включати підрозділи, які представлені на рис. 1.

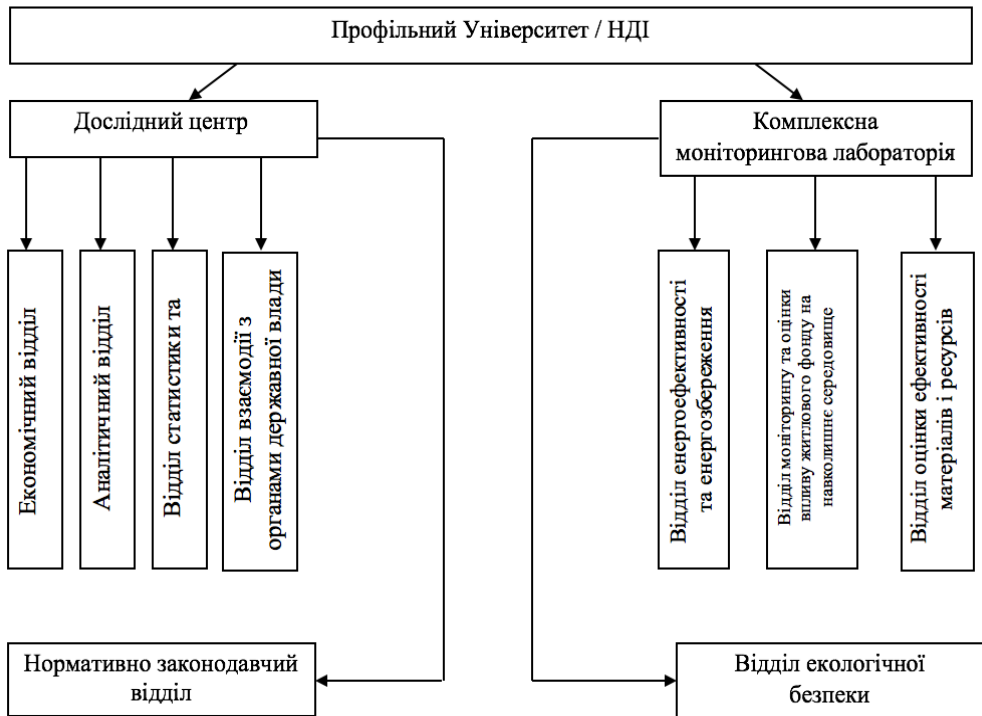


Рис. 1 – Функціональна структура моніторингу та визначення показників ефективності для виявлення шляхів енергозбереження та підвищення якості навколишнього середовища на базі профільних університетів і НДІ

Енергозбереження та навколишнє середовище

Для ефективності використання енергії та покращення якості навколишнього середовища необхідно оцінити потенціал енергозбереження житлового фонду і визначити ключові показники ефективності та методи контролю. За даними Державної служби статистики України станом на 2014 рік житловий фонд становить 966.1 млн м², а в 1990 році цей показник дорівнював 922.1 млн м², що безпосередньо свідчить про величезний потенціал в області енергозбереження та екологічної безпеки шляхом реконструкції та модернізації житлового сектора країни [6]. Це питання потребує термінового вирішення, оскільки близько 95% житлового фонду було зведено понад 20 років тому з використанням технологій, розроблених за часів СРСР і раніше, які на сьогодні не відповідають сучасним показникам енергоефективності та екологічності (табл. 1).

Таблиця 1** – Динаміка розвитку житлового фонду України за даними Державної служби статистики України

Рік	Весь житловий фонд загальної площі, млн м ²	В середньому на одного жителя, м ²	Кількість квартир, всього, тис.				
			Всього	З них			
				Одно-кімнатних	Дво-кімнатних	Три-кімнатних	Чотириох-і більше кімнатних
1990	922.1	17.8	17656	X	X	X	X
1991	932.7	18.0	17827	X	X	X	X
1992	944.7	18.2	17947	X	X	X	X
1993	960.6	18.5	17978	X	X	X	X
1994	962.9	18.7	18021	X	X	X	X
1995	978.3	19.2	18303	3557	6766	6199	1781
1996	995.2	19.7	18565	3633	6930	6190	1812
1997	1002.6	20.0	18784	3662	7010	6262	1850
1998	1008.4	20.2	18858	3675	7027	6278	1878
1999	X	X	X	X	X	X	X
2000	1015.0	20.7	18921	3677	7046	6299	1899
2001	1026.1	21.0	18960	3676	7063	6301	1920
2002	1031.7	21.3	19023	3692	7098	6303	1930
2003	1035.7	21.6	19049	3702	7106	6303	1938
2004	1040.0	21.8	19075	3699	7118	6308	1950
2005	1046.4	22.0	19132	3697	7132	6331	1967
2006	1049.2	22.2	19107	3688	7112	6313	1987
2007	1057.6	22.5	19183	3693	7127	6339	2006
2008	1066.6	22.8	19255	3705	7145	6352	2025
2009	1072.2	23.0	19288	3709	7154	6358	2039
2010	1079.5	23.3	19322	3719	7156	6355	2054
2011	1086.0	23.5	19327	3722	7156	6340	2072
2012	1094.2	23.7	19370	3740	7165	6350	2085
2013	1096.6	23.8	19368	3731	7151	6332	2090
2014*	966.1	X	16785	3248	6138	5489	1894

* Без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції в Донецькій і Луганській областях.

** Таблиця сформована на основі даних Державної служби статистики України.

У процесі експлуатації типового житлового багатоповерхового будинку втрати тепла через стіни в середньому складають близько 40%, вікна – 18%, вентиляцію – 14%, підвал – 10% (рис. 2). У зв'язку з цим та беручи до уваги стан житлового фонду України, необхідне впровадження сучасних технологій та заходів щодо утеплення і модернізації житлового фонду. Внаслідок цього можливо зекономити близько 82% при використанні енергетичних ресурсів, що значно сприятиме покращенню стану екологічної безпеки країни.



Рис. 2 – Схема тепловтрат житлових будинків через огорожувальні конструкції

До ключових показників ефективності (англ. Key Performance Indicators, KPI) відносять показники діяльності, які допомагають в досягненні стратегічних і тактичних (операційних) цілей. Використання ключових показників ефективності дає можливість оцінити стан і допомогти в оцінці реалізації стратегії [7]. Дані показники разом з належними методологіями (методами) і інструментами вкрай важливі, щоб визначити кількість і порівняти енергоефективність для оцінки впливу на якість навколишнього середовища. На сьогоднішній день існує велика кількість інформації у сфері енергоефективності, представлена публікаціями, науковими розробками, громадськими заходами, реалізованими проектами, практичними пропозиціями, законодавчими та нормативними актами і т. д. Численні компанії та виробники дотримуються власної політики енергоефективності на своїх підприємствах, застосовуючи її в повсякденній діяльності. Актуальним напрямом вдосконалення енергоефективності експлуатації об'єктів капітального будівництва є об'єднання учасників сектора об'єктів капітального будівництва для моніторингу, розширення ресурсів обміну інформацією, об'єднаних банків даних та обліку повного життєвого циклу матеріалів. Ефективних результатів можливо досягти тільки завдяки використанню інноваційних технологій, а саме: створенню спеціалізованих «платформ» з підтримки та координації дій учасників сектора об'єктів капітального будівництва для розробки ними ключових показників енергоефективності, належних методологій, інструментів і методів контролю та управління, що базуються на інноваціях та знаннях всіх учасників.

Технологічний прогрес, зміна навколишнього середовища та зростання потреб людства вимагають постійного моніторингу і модернізації показників енергоефективності. У зв'язку з цим, показники ефективності об'єктів капітального будівництва повинні постійно оновлюватись і бути відкритими для вдосконалення. Результат роботи запропонованої «платформи» слід характеризувати не тільки співвідношенням досягнутих результатів з енергозбереження з витраченими для цього ресурсами, але також іншими видами діяльності з енергозбереження. Повинна проводитись оцінка загального

енергоспоживання будівельного сектора з розрахунком частки кожного джерела в загальній структурі енергоспоживання. При цьому необхідно вираховувати загальне енергоспоживання будівельного сектора на душу населення, загальне енергоспоживання будівельного сектора на одиницю приміщення та загальне енергоспоживання будівельного сектора на одиницю площі. Енерговитрати кінцевого споживання стосуються базової розбивки загального енергоспоживання будівельного сектора за видами кінцевого споживання в абсолютних величинах або у частках, що дозволяє виявити той вид кінцевого споживання, який робить найбільш високий внесок в енергоспоживання сектора. Впровадження ключових показників енергоефективності в секторі об'єктів капітального будівництва та зменшення споживання енергії та емісії CO₂ при зведенні та експлуатації об'єктів капітального будівництва складатимуться з трьох основних параметрів, які представлені на рис. 3.



Рис. 3 – Ключові показники ефективності об'єктів капітального будівництва

Висновки

У результаті дослідження зроблені наступні висновки:

1. впровадження «Дослідницьких центрів» та «Комплексних моніторингових лабораторій» підвищить рівень екологічної безпеки;
2. створення спеціалізованих «платформ» з підтримки і координації дій учасників сектора капітального будівництва стане визначальним інструментом зі створення ключових показників ефективності та належної методології для підвищення енергоефективності та зниження емісії CO₂ в будівельному секторі;
3. впровадження запропонованих рішень дозволить зробити істотний внесок в боротьбу з глобальною зміною клімату;
4. будівельний сектор – перспективний об'єкт для досліджень у сфері екобезпеки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський, Г.О. Основи екології: Підручник. – 2-ге вид. [Текст] / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй, І.Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
2. Кириленко О.В. Енергетична безпека України в умовах поточної української кризи [Електронний ресурс] / О.В. Кириленко // Вісн. Нац. акад. наук України. – 2014. – № 5. – С. 73–74.
3. Енергетична безпека України: зб. ст. та аналіт. матеріалів / ред.: О.О. Волович; Нац. ін-т стратег. досліджень. – Одеса: Фенікс, 2009. – 354 с.
4. ДБН В.3.2-2-2009 «Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт». – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 19 с.
5. Mark S. Owen, David Soltis, W. Stephen Comstock ASHRAE Green Guide // Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings. – 2013. – № 4. – 545 p.
6. Житловий фонд України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrstat.org/operativ/operativ2007/zf/zf_r/2006_r.htm
7. Ключков А.К. КРІ и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов. / А.К. Ключков. – Эксмо, 2010. – 160 с.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2016

УДК 556.532 (477-924-52)

Д.О. ЗОРІН

3D МОДЕЛЮВАННЯ ДНІСТРОВСЬКОГО ПРОТИПАВОДКОВОГО ПОЛІГОНУ

***Анотація.** Природними чинниками паводків є глобальне потепління, випадання великої кількості опадів за невеликі проміжки часу, що в 2–2,5 рази перевищує місячну норму, перенасиченість ґрунтів вологою (70–80%), складні рельєфні умови місцевості тощо. Антропогенні фактори також підвищують ризик розвитку катастрофічних наслідків паводків, це, зокрема, несанкціоновані розробки піщано-гравійної суміші, зменшення лісистості і розорювання схилів, внаслідок чого виникають або підсилюються ерозійні процеси, будівництво доріг, гідротехнічних споруд, поселенське й промислове будівництво, меліорація, розвиток туризму. Техногенне забруднення поверхневих вод шкідливими речовинами від потужних промислових підприємств також може виступати причиною розвитку паводків. Запропоновано 3D моделі розвитку паводків на Дністровському протипаводковому полігоні.*

***Ключові слова:** Дністерський протипаводковий полігон, 3D, планшет, затоплення, Журавно, паводки, природні чинники, антропогенні чинники.*

Актуальність теми

Екологічний стан довкілля у Карпатському регіоні за останні десятиріччя значно погіршився. Особливу загрозу природним геосистемам, господарству, транспортній інфраструктурі і населенню несуть катастрофічні паводки і повені на р. Дністер, які значно почастішали в останні роки, що пов'язано з глобальним потеплінням і зростаючим техногенним навантаженням на геосистеми.

Катастрофічний паводок 23–26 липня 2008 р. відбувся внаслідок інтенсивного випадання дощів, що призвело до підйому води на 5–10 м із затопленням великих територій. За даними гідрометеослужби України, тільки за 12 годин 24–25 липня випало 70–85 мм опадів, за 24 години – 90–120 мм, на високогір'ї Буковинських Карпат – 100–130 мм. Максимальна кількість опадів випала в басейнах рр. Бистриці Солотвинської і Бистриці Надвірнянської в Івано-Франківській області – 140–145 мм.

До зони стихійного лиха віднесені великі території Вінницької, Івано-Франківської, Закарпатської, Львівської, Тернопільської і Чернівецької областей. За офіційними даними, постраждало 24 905 житлових будинків, підтоплено 20 600 га сільськогосподарських угідь, було розмито 602,6 км берегів, пошкоджено 100,84 км та зруйновано 25,445 км берегоукріплень та 416 пішохідних мостів, 664,94 км автомобільних доріг, 24 водозабори, загинуло 19 осіб, з них 5 дітей. 3 постраждалих районів вивезено 1 032 чоловіка та 280 голів худоби, доставлено 80 т продуктів харчування і питної води. Було підтоплено 8 скотомогильників і 3 склади для використання пестицидів та інших отрутохімікатів. Втрачено 70% площ посівів зернових, а це 45 млн грн збитків для сільськогосподарських виробників. У Богородчанському районі змито і знесено повністю 10 га лісових насаджень віком 45 років.

Тому, з ініціативи ректора ІФНТУНГ Є.І. Крижанівського, декана інженерно-екологічного факультету О.М. Мандрика та професора О.М. Адаменка [1]

при узгодженні з головою обласної ради та головою обласної державної адміністрації, головами Галицької і Тисменицької районних рад, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу виступив з пропозицією взяти участь у Всеукраїнському конкурсі проектів та програм розвитку місцевого самоврядування в Україні у 2011 році. На інженерно-екологічному факультеті О.М. Адаменком та О.М. Мандриком був підготовлений проект «Створення Дністровського інженерно-екологічного полігону для розробки протипаводкових заходів та підвищення екологічної безпеки території Івано-Франківської області». Пройшовши 3 етапи конкурсу відбору, в якому взяли участь 760 проектів з усіх областей України, проект зайняв 3 місце, оголошений у числі переможців і був включений Міністерством фінансів України до фінансування, починаючи з травня 2012 р., в сумі 1 млн грн. на рік.

Отже, отримавши кошти, університет у 2012 р. реалізував всі заходи Проекту. При цьому проведено реконструкцію колишньої лікарні під лабораторію, придбано екологічне та аналітичне обладнання.

Вже в 2012–2015 навчальних роках для досліджень на полігоні була створена Маріямпільська екологічна експедиція із студентів-п'ятикурсників (36 майбутніх магістрів і спеціалістів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища»), які під керівництвом професора О.М. Адаменка у польових експедиційних умовах відібрали проби ґрунтів, самостійно їх проаналізували на отриманих за грантом приладах «ЕКОТЕСТ». Результати аналізів оброблені під керівництвом доцента Д.О. Зоріна на комп'ютерах за спеціальними програмами, що дозволило побудувати екологічні карти розповсюдження головних забруднювачів, що принесені на територію полігону паводком 2008 р.

Мета і завдання дослідження

Метою є обґрунтування, розроблення та впровадження рекомендацій зі зменшення екологічних ризиків затоплення долини р. Дністер в межах планшету «Журавно та Голешів» для захисту населення від катастрофічних паводків.

Для реалізації вказаної мети в роботі вирішуються наступні **завдання**:

- аналіз попередніх досліджень геологічних та геоморфологічних особливостей території, що впливають на виникнення та проходження катастрофічних паводків в долині Дністра;

- фізико-географічний огляд компонентів ландшафтів (геологічна основа, рельєф, ґрунтовий і рослинний покриви, клімат, річкова мережа, тваринний світ), які є основою оцінки екологічної ситуації;

- гіпсометричний аналіз рельєфу у 3D та визначення поверхонь вирівнювання для ідентифікації терас і складання геоморфологічної карти як основи можливих ділянок затоплення паводковими водами;

- перевірка на місцевості виділених геоморфологічних рівнів – терас і поверхонь вирівнювання;

- складання карти четвертинних відкладів та ландшафтої для проектування геоекологічних профілів і полігонів з метою оцінки екологічної ситуації на території планшетів та екологічного стану компонентів ландшафтів;

- побудова карти екологічного ризику як моделі затоплення різновисотних гіпсометричних поверхонь на території планшету «Журавно та Голешів» та рекомендації населенню про захист від водних стихій;

– розробка проекту екологічного моніторингу та екологічної оцінки запропонованих рекомендацій.

Об’єкт дослідження – природні умови та природні процеси в долині Дністра, що обумовлюють виникнення катастрофічних паводків.

Предмет дослідження – взаємозв’язки та взаємозалежності між розвитком катастрофічних паводків, рельєфом, опадами зливових дощів, перезволоженням ґрунтів, вирубками лісів та інше.

Методи досліджень: системний аналіз геоморфологічних, гідрометеорологічних, техногенних процесів, картографічного моделювання з використанням комп’ютерних програм SURFER та MAPINFO, 3D гіпсометричного аналізу рельєфу, літературних та неопублікованих фондових матеріалів, польових експедиційних досліджень з використанням топографічних карт, GPS, автоматичних метеостанцій та інших джерел інформаційного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

– вперше побудовані детальні карти масштабу 1:10 000: геоморфологічна, четвертинних відкладів і ландшафтна для долини Дністра (до цього існували лише середньомасштабні 1:50 000 – 1:200 000 та дрібномасштабні 1:500 000 – 1:1000 000 карти);

– вперше розроблена карта екологічного ризику затоплення дослідженої території як основа захисту населених пунктів, інфраструктури та людей від катастрофічних паводків;

– удосконалено методологію оцінки геоморфологічних умов на основі гіпсометричного аналізу детальних топографічних карт з врахуванням літології, генезису та геологічного віку четвертинних покладів;

– набули подальшого розвитку принципи проектування мережі геологічних профілів і полігонів для оцінки екологічної безпеки територій локального та об’єктового ієрархічних рівнів та організації моніторингу довкілля і його компонентів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання Державною службою з надзвичайних ситуацій у Львівській області розроблених у роботі картографічних матеріалів, особливо карти екологічного ризику затоплення досліджуваної території планшету «Журавно та Голешів». Відповідні рекомендації будуть передані у ДСНС та Департамент з охорони навколишнього середовища державної адміністрації Львівської області.

Загальна характеристика об’єкту досліджень. За даними попередніх досліджень та аналізу літературних джерел, висвітлені історія вивчення четвертинних відкладів і рельєфу долини Дністра, лесів і палеоліту Галицького Наддністров’я, методика дослідження з описом польових робіт та лабораторних випробувань, охарактеризовані стратиграфія та геоекологічний стан ґрунтового покриву, оцінена геоморфологічна вивченість [2].

Фізико-географічна характеристика Дністровської долини містить опис фізико-географічних умов території, геологічної будови, тектоніки, корисних копалин, геологічну оцінку перспектив території, небезпечних екзогенних процесів, геологічних та інших пам’яток природи, також охарактеризовані закономірності розвитку природи України та методи реконструкції палеогеографічних умов минулого.

Новим є результати власних досліджень автора – геоморфологічні особливості досліджуваного району, які ілюструються 3D геоморфологічною картою (рис. 1, 2) і відповідним текстом.

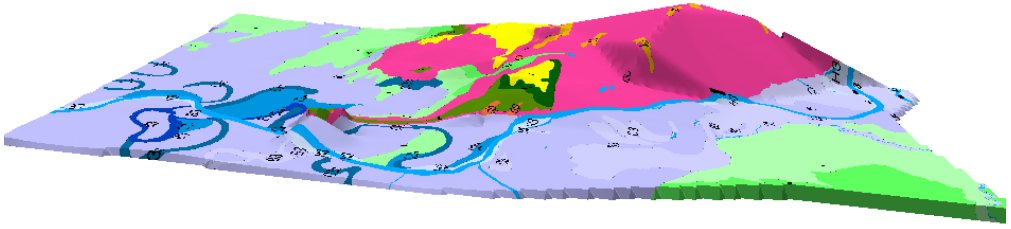


Рис. 1 – Гіпсометрична 3D модель рельєфу

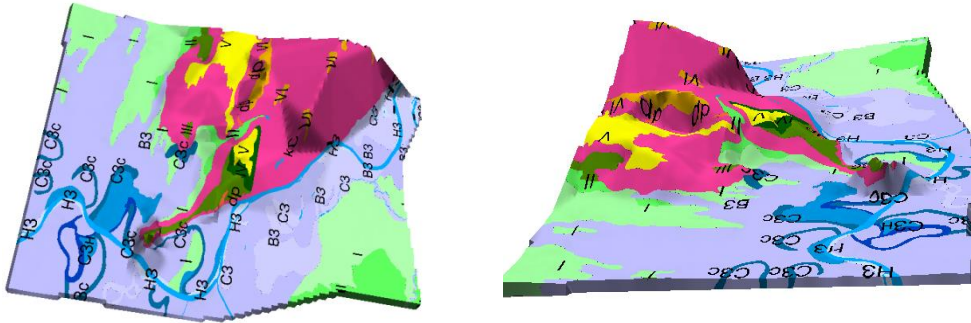


Рис. 2 – Геоморфологічна карта Дністровського протипаводкового полігону в межах планшету «Журавно та Голешів»

Умовні позначення до рис. 1, 2:

Флювіальний і денудаційно-флювіальний рельєф

- | | |
|-----|---|
| 1 | Низька заплава (пізній голоцен) |
| 2 | Середня заплава (середній голоцен) |
| 2в | Середня заплава (середній голоцен), верхній рівень |
| 2б | Середня заплава (середній голоцен), середній рівень |
| 2а | Середня заплава (середній голоцен), нижній рівень |
| 3 | Висока заплава (ранній голоцен) |
| 4 | Перша надзаплавна тераса (дубнівський горизонт пізнього плейстоцену) |
| adp | Алювіально-делювіально-пролювіальні балки і долини (пізній плейстоцен-голоцен) |
| dp | Делювіально-пролювіальні балки та конуси винесення (пізній плейстоцен-голоцен) |
| p | Пролувіальні яри і шлейфи (пізній плейстоцен-голоцен) |
| 5 | Друга надзаплавна тераса (горохівський горизонт середнього плейстоцену) |
| 6 | Третя надзаплавна тераса (середній плейстоцен) |
| 7 | Четверта надзаплавна тераса (коршівський горизонт середнього плейстоцену) |
| 8 | П'ята надзаплавна тераса (ранній плейстоцен) разом з притерасним денудаційним рівнем (можливо педіментом) |
| 9 | Шоста надзаплавна тераса – рівень Лойової (пізній пліоцен) разом з притерасним денудаційним рівнем (можливо педіментом) |
| 10 | Сьома надзаплавна тераса – рівень Красної (пізній пліоцен) разом з притерасним денудаційним рівнем (можливо педіментом) |

Ерозійний рельєф

- | | |
|----|---|
| 11 | Схили межиріч та високих надзаплавних терас, глибоко розчленований рельєф, вироблений в корінних неогенових і більш древніх породах |
|----|---|

Ерозійно-денудаційний рельєф

- | | |
|----|--|
| 12 | Структурно-пластова піднята рівнина Подільської височини з можливими залишками міоценового пенеплену та високих (V, VI, VII) терасах. Денудаційні поверхні, вироблені по покрівлі пластів, складених стійкими породами |
|----|--|

Сучасний рельєф району сформувався в різних умовах, має різну геологічну будову, тому дуже різноманітний. У будові поверхні виділяється три геоморфологічні райони. Один з них – відроги Поділля, який тут називається Бібрьсько-Перемишлянське Опілля. Воно має загальний нахил до Дністра, куди стікають його ліві притоки. Горбисті пасма, поділені численними річковими долинами, мають загальний напрям із північного заходу на південний схід і південь. Контури височин м'які, пологі. Середня висота Опілля на території району становить 320–350 метрів над рівнем моря, найвища вершина – 401 м.

Друга частина району – правобережжя – займає частину Верхньодністровської рівнини Передкарпаття, яка простягається до гирла р. Свічі. Тут вона називається Стрийсько-Жидачівською низовиною, яка має рівнинний характер, місцями заболочена. Висоти її – 200–250 м.

Третьою частиною району є Передкарпатська височина, яка розташована на південь від Дністра і має назву Надсвічанська. Вона розчленована на кілька довгих гряд, різко порізана ярами і має загальний нахил до Дністра. Загальна її висота становить 300 м над рівнем моря.

Методика побудови геоморфологічної карти (рис. 2) ґрунтується на аналізі топографічної карти масштабу 1:10 000 з виділенням гіпсометричних рівнів рельєфу та розділяючих їх схилів, а також визначенні морфоструктури і морфоскульптури цих елементів, їх генезису (походження, природи) та геологічного віку. Морфоструктура рельєфу – це залежність його від геологічної будови, тектоніки та сучасної геодинаміки (неотектонічних рухів). Морфоскульптура – це ті чи інші особливості форм рельєфу, що залежать від екзодинамічних процесів (ерозії, денудації, зсувних, суфозійних, дефляційних процесів, тобто роботи поверхневих вод, вирівнювання поверхонь, гравітації, просядань, впливу вітрів та інше).

Морфоструктура території планшету – це висока (до 400 м над рівнем моря) платформова рівнина Передкарпатської та Опільсько-Гологорської височин, що складені горизонтально залягаючими пластами крейдових та неогенових пісковиків, вапняків, глин, гіпсоангідридів та інших. Долина Дністра «врізана» в цю підвищену рівнину на 100–200 м, що відбувалось протягом пізнього пліоцену і продовжується до сьогоднішніх днів (від 3 млн років донині).

Лівий крутий схил долини Дністра та ряд заплавних і надзаплавних терас на його правобережжі свідчать про поступове просування русла Дністра із заходу на схід, що протирічить відомому з географії закону Бера: на великих ріках меридіонального напрямку течії у Північній півкулі, згідно із силами Коріоліса, підмивається і відступає правий берег, тому що Земля обертається із заходу на схід. Неузгодження з законом Бера пояснюється тектонічними причинами: Прикарпаття піднімається активніше, ніж Опільсько-Гологорська структура Подільської височини.

Долина ріки має наступні гіпсометричні рівні, що відповідають акумулятивним терасам:

- 235–236 м над рівнем моря – русло Дністра;
- 237 м над рівнем моря, 1 м над руслом – низька заплава (пляжі, острови, прибережні вузькі площини);
- 238–239 м над рівнем моря, 3 м над руслом – середня заплава (стариці та їх замулені і заболочені рештки);

- 240–241 м над рівнем моря, 5 м над руслом – висока плоска рівнина, зайнята луками, городами, полями, іноді забудована сільськими поселеннями;
- 10–12 м над руслом (245,4–246,4 м над рівнем моря) – I надзаплавна тераса;
- 20–25 м над руслом (247,7–249,6 м абсолютної висоти) – II надзаплавна тераса.

Четвертинні відклади (рис. 3) є наймолодшими геологічними напластуваннями. Особливо значна їх товща – на горбах північної частини району. Післяльодовикові і сучасні алювіальні відклади поширені в долинах рік у межах сучасних заплавних терас.

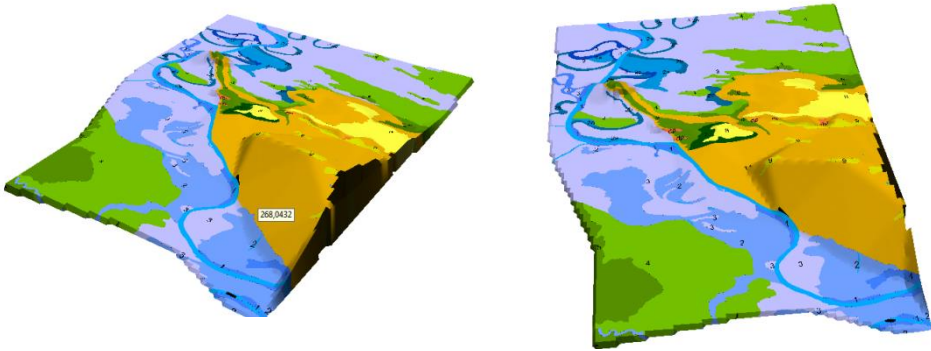


Рис. 3 – Карта четвертинних відкладів Дністерського протипаводкового полігону в межах планшету «Журавно та Голешів»

Умовні позначення до рис. 3:

Сучасні (голоценові) відклади

- aQ_1^+ Верхній голоцен. Алювій низької заплави(руслова фація). Галечники, гравій, піски,намули
- aQ_2^+ Середній голоцен. Алювій середньої заплави(старична фація). Піски, намули, суглинки.
- aQ_4^1 Нижній голоцен. Алювій високої заплави(руслова та заплавна фація). Галечники, гравій, піски,супіски, суглинки.

Верхньоплейстоценові відклади

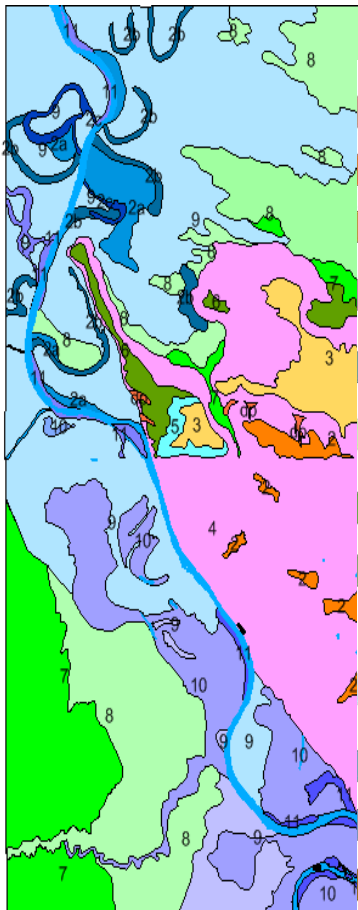
- aQ_3^1 Дубнівський горизонт верхнього плейстоцену. Алювій I надзаплавної тераси. Галечники, піски, супіски, суглинки, виковні ґрунти.
- aQ_4^1 Горохівський горизонт верхнього плейстоцену. Алювій II надзаплавної тераси. Галечники,гравій, піски,суглинки, виковні ґрунти.

Верхньопліоценові відклади

- an_2^3 Алювій VI надзаплавної тераси. Галечники, гравій,піски, суглинки,глини.
- edQ_{1-3} Нерозчленовані відклади нижнього-верхнього плейстоцену. Елювіально-делювіальні відклади на схилах надзаплавних терас. Щебінь, піски, глини, суглинки.

Четвертинні відклади – це тоненька (кілька метрів) «плівка» осадових порід, що «покриває» майже усі геоморфологічні рівні, за винятком крутих схилів рельєфу, де на денну поверхню виходять корінні породи крейди та неогену. Геологи і геоморфологи кажуть, що геоморфологічні рівні – це «скелет», а четвертинні відклади – це «м'ясо», що наростає на скелеті. Тому геологічний вік геоморфологічних структур визначають за віком четвертинних утворень, які, у свою чергу, датуються за палеонтологічними рештками давніх рослин і тварин або за абсолютним віком у тисячі років на основі радіовуглецевих ($C14$), термолюмінісцентних, палеомагнітних та інших фізичних методів визначення геологічного віку.

Дністровський протипаводковий полігон розміщений у двох фізико-географічних регіонах. Більша північно-східна частина його знаходиться в межах ландшафтної області Розточчя і Опілля, що входить до Руської рівнини, а південно-західна – в межах Передкарпатської височинної області Українських Карпат. Географічна межа між двома фізико-географічними країнами і областями проходить по р. Дністер. Відповідно, ландшафтна структура опільської і передкарпатської частин району має свої особливості (рис. 4). Разом з тим у структурі ландшафтних комплексів цих двох регіонів є деякі й спільні риси. Вони обумовлені тим, що у їх формуванні і генезисі важливу роль відіграла ерозійно-аккумулятивна діяльність рік, зокрема ріки Дністер і її лівих (Свірж, Гнила Липа) і правих (Лімниця, Луква) приток.



Умовні позначення до рис. 4:

Ландшафтні місцевості

1. Плоскі вершинні поверхні пенепленізованих межиріч та VII надзаплавної тераси складені глинами зі щебенем з чагарниковою та лісовою рослинністю на дерново-підзолистих ґрунтах
2. Випуклі хвилясті глибоко розчленовані поверхні VI надзаплавної (дослової) тераси складені валуно – галечниковим матеріалом, перекриті буро – коричневими глинами і лесоподібними суглинками з буково – дубовими лісами на дерново – підзолистих поверхнево оглених ґрунтах.
3. Хвилясто – горбогірні глибоко розчленовані поверхні V надзаплавної тераси складені гравійно – піщаним матеріалом з валунами і гальками, перекриті лесоподібними суглинками з буково – дубовими лісами на дерново – підзолистих ґрунтах.
4. Сильно розчленовані спадисті і круті схили межиріч та високих (VII,VI,V) надзаплавних терас складені корінними породами і перекриті солово – делювіальними щебеневатими суглинками та лесами з буково – дубовими лісами на дерново – підзолистих ґрунтах
5. Сильнохвилясті поверхні IV надзаплавних терас складені галечниково – піщаним матеріалом, перекриті лесоподібними суглинками з буково – грабово-дубовими лісами та темно сірих опідзолених ґрунтах
6. Дуже широкі хвилясті поверхні III надзаплавних терас складені гравійно – піщаним матеріалом, перекриті лесоподібними суглинками з різнотравно – злаковими луками і чагарниками на чорноземних і дернових ґрунтах
7. Хвилясті поверхні II надзаплавних терас складені піщано – гравійним матеріалом. Перекриті лесоподібними суглинками з різнотравно – злаковими луками і чагарниками на чорноземно – лучних ґрунтах
8. Плоскі поверхні I надзаплавних терас складені піщано – гравійним матеріалом. Перекриті лесоподібними супісками з різнотравно – злаковими луками на чорноземних ґрунтах

Ландшафтні фації

9. Дуже широкі плоскі та хвилясті поверхні високих заплав складені русловими галечниково – піщаним матеріалом та заплавними суглинками і намулами з осоково – різнотравно – злаковими луками і чагарниками на чорноземно – лучних ґрунтах.
10. Меандроподібні староріччя середніх заплав складені старичними суглинистими намулами і торфами з осоковими луками на лучно – болотних ґрунтах
11. Прируслові вали і острови низьких заплав складені валуно – галечниковим і гравійно – піщаним матеріалом з різнотрав'ям на гумусованих суглинках і намулах.
12. Плоскі хвилясті поверхні Подільської височини з елювієм корінних порід з лучним різнотрав'ям на дерново – підзолистих ґрунтах
13. Полоскі поверхні дніщ і схилів балок, конусів винесення, ярів і шлейфів з лучними різнотрав'ям на дерново – підзолистих ґрунтах

Рис. 4 – Ландшафтна карта Дністровського протипаводкового полігону в межах планушету «Журавно та Голешів»

Ландшафтна карта (рис. 4) необхідна для визначення екологічного стану будь-якої території, тому що ландшафти поєднують усі елементи природного середовища: геологічну будову і тектоніку, рельєф, поверхневі та ґрунтові

води, рослинний покрив. Для складання ландшафтної карти ми використали матеріали львівських ландшафтознавців А.В. Мельника, В.М. Петліна, Б.М. Мухи та інших.

Оцінка екологічного ризику затоплення Дністровської долини катастрофічними паводками в межах планшету «Журавно та Голешів» виконана на основі мережі екологічного моніторингу (рис. 5). Був оцінений вплив природних і антропогенних факторів на формування паводків у долині Дністра та розроблена автором карта екологічного ризику затоплення території планшету «Журавно та Голешів» катастрофічними паводками (рис. 6). На території планшету Журавно ми пропонуємо виконувати моніторинг довкілля, в першу чергу ґрунтів. Для цього проектується мережа моніторингу із трьох профілів, що пересікають планшет з південного заходу на північний схід – уперек простягання ландшафтних структур. На кожному профілі проектується по 6 геоекологічних полігонів, так щоби вони охопили усі ландшафтні місцевості і виявили можливі зони розташування забруднень (рис. 5). Загальна кількість проектних полігонів, де будуть відбиратись проби ґрунтів – 18.

Проектна карта оцінки екологічного ризику затоплення Дністровської долини катастрофічними паводками (рис. 6) будується на основі геоморфологічної карти, тому що на останній показані гіпсометричні, висотні рівні. Складена нами карта ризику затоплення відповідає послідовному підвищенню рівнів води: спочатку на 1 м (низька заплава), потім 2–3 м (середня заплава) і нарешті 4–5 м (висока заплава). Максимально підйом води може сягати 10–12 метрів, що затоплює першу надзаплавну терасу. Тоді затоплюється більша частина села Журавно.

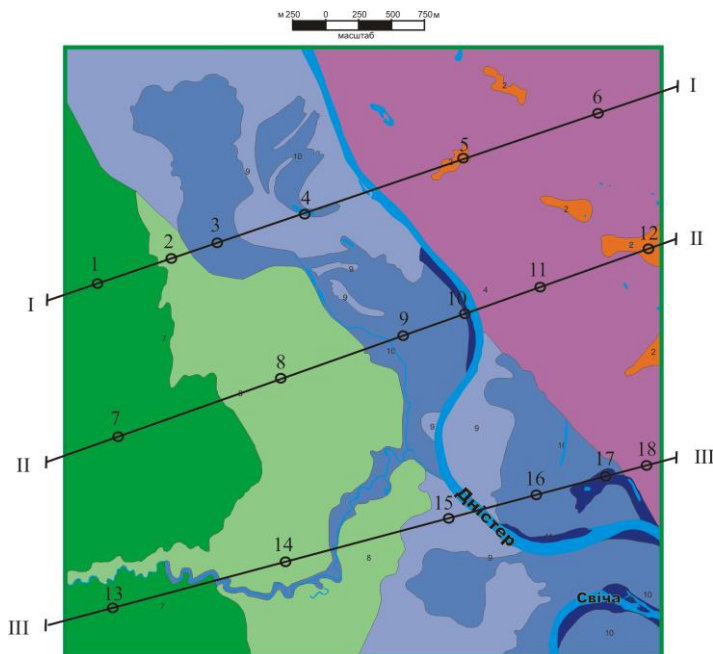


Рис. 5 – Проектна карта екологічної оцінки стану ландшафтів місцевостей з проектними профілями та проектними геоекологічними полігонами [2]

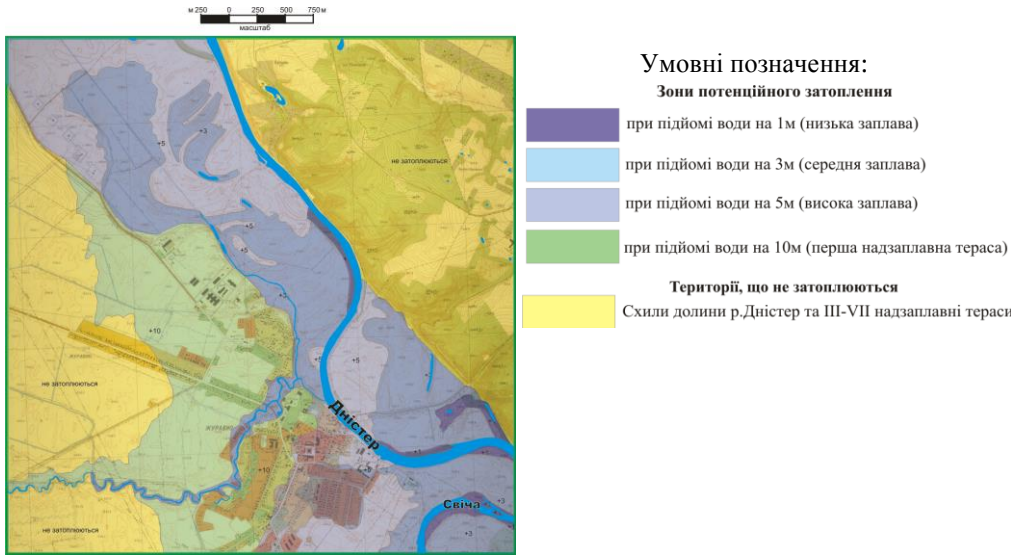


Рис. 6 – Проектна карта оцінки екологічного ризику затоплення Дністровської долини катастрофічними паводками в межах планшету «Журавно та Голешів»

Висновки

1. Установлені геологічні, геоморфологічні та метеокліматичні умови і особливості виникнення та проходження катастрофічних паводків у долині Дністра. Визначальними серед багатьох інших виявились велика кількість зливових опадів, що накривають верхів'я річок – правих (Карпатських) допливів Дністра, і гіпсометрична диференціація геоморфологічних рівнин у його долині.
2. Екологічна ситуація на території досліджуваного планшету «Журавно та Голешів» залежить не тільки від кількості викидів в атмосферне повітря, скидів у водне середовище та розміщення відходів на території, а й від інших чинників – літосфери (геологічної) основи, типів ґрунтів і рослинності, річкової мережі та інших об'єктів гідросфери, тому необхідний комплекс досліджень усіх компонентів ландшафту.
3. Для 3D гіпсометричного аналізу рельєфу та виявлення територій, що можуть затоплюватись (низька заплава – від 1 м, середня заплава – 3 м, висока заплава – 5 м та надзаплавна тераса – 10–12 м над урізом води у Дністрі) необхідно мати детальну топографічну основу масштабу 1:10 000.
4. Виділені на картах рівні терас і поверхонь вирівнювання необхідно перевірити у польових експедиційних умовах, тому що мікрорельєф долини є молодим і динамічним і може істотно змінюватись після кожної повені.
5. В результаті виконання роботи побудовано 3 оригінальних карти масштабу 1:10 000 для територій планшету «Журавно та Голешів», які раніше були відсутні: геоморфологічна, четвертинних відкладів і ландшафтна.
6. Побудована карта масштабу 1:10 000 екологічного ризику затоплення долини Дністра в межах досліджуваного планшету, яку можна рекомендувати Державній службі надзвичайних ситуацій у Львівській області для захисту території і населення від катастрофічних паводків.

7. Розроблений науково обґрунтований проект мережі локального екологічного моніторингу масштабу 1:10 000, який можна передати Державному департаменту екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації для практичного використання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Крижанівський Є.І. Організаційні, навчальні та науково-дослідницькі роботи на Дністровському протипаводковому полігоні у 2012–2013 рр. / Є.І. Крижанівський, О.М. Мандрик, Я.О. Адаменко, О.М. Адаменко, Д.О Зорін та ін. // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2014. № 9, 2014. – С. 53–70.
2. Марчук І.В. Дністровський протипаводковий полігон / І.В. Марчук, Н.О. Зоріна // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2014. Спецвипуск. – С. 78–109.

Стаття надійшла до редакції 02.03.2016

РЕФЕРАТИ / ABSTRACTS

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 532.543

Компьютерное моделирование и анализ потоков жидкости в реках с использованием Web-приложений с GIS-компонентой на основе ArcGIS Server'a / Венгерский П.С., Трофимчук А.Н. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 5–15.

Рассмотрен подход к моделированию стока несжимаемой жидкости в псевдопризматическом русле с вертикальной плоскостью симметрии. Описаны условия устойчивости для установленного потока. Введено и проанализировано значение корректива средней скорости для разных видов потоков в реках. Приведена вариационная формулировка задачи, которая была решена методом конечных элементов. Результаты протестированы на примере с аналитическим решением, а также выполнено сравнение результатов вычислений с лабораторными исследованиями других авторов.

В данной работе предложена технология, которая бы позволила использовать ArcGIS-расширения, т. е. GIS-компоненты, для Web-приложений на базе ArcGIS Server'a. Такие технологии обеспечивают простое и удобное интегрирование и использование GIS-компонент на Web-сайте, где на отдельном слое предоставляются возможности моделирования и решения прикладных задач движения потоков воды в реках.

UDC 532.543

Computer modeling and analysis of fluid flow in rivers using Web-applications from components based on ArcGIS Server / Venherskyi P.S., Trofymchuk O.M. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 5–15.

The approach to modeling the flow of incompressible fluid in a pseudo prismatic river-bed with the vertical plane of symmetry. Described the stability conditions for a given flow. Introduced and analyzed the average speed value adjustments for different types of flows in rivers. An variational formulation of the problem, solved by finite element method are presented. The results tested on the example that has the analytical solution and the numerical comparisons with laboratory studies by other authors.

This paper proposed technology that would be allowed to use ArcGIS-Extension, that is GIS-components for Web-applications based on ArcGIS Server. Such technologies provide simple and easy integration and use of GIS-component on the Web-site, where a separate layer provided opportunities modeling and solving applied problems of moving water flow in rivers.

УДК 553.504.06

Концептуальные подходы относительно определения ассимиляционного потенциала территорий с учетом его составляющих для геологической среды / Коржнев М.Н., Кошарная С.К. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 16–24.

Ассимиляционный потенциал выступает как элемент, который препятствует возникновению экологической опасности и уменьшает как саму опасность, так и возможный экологический ущерб от чрезвычайных экологических ситуаций и катастроф в зоне риска.

Для сравнительной оценки общего ассимиляционного потенциала территорий целесообразно использовать такие составляющие ассимиляционного потенциала геологической среды: 1 – способность территорий рассеивать (связывать) загрязнения; 2 – стойкость породного массива (его способность противодействовать развитию опасных геологических процессов); 3 – степень защищенности горизонтов подземных вод питьевого водоснабжения. Предлагается осуществить балльную оценку этих составляющих. Сумма их баллов будет отображать общий ассимиляционный потенциал территории. Для интегральной оценки общего ассимиляционного потенциала конкретной территории надо воспользоваться средневзвешенными значениями баллов для составляющих в зависимости от площадей их распространения.

UDC 553.504.06

Conceptual approaches in relation to determination of territories assimilatory potential taking into account his constituents for geological environment / Korzhnev M.N., Kosharna C.K. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 16–24.

Assimilatory potential comes forward as element which hinders to the origin of ecological danger and diminishes a danger and possible ecological losses from ecological emergencies and catastrophes in the risk area.

For the comparative estimation of general assimilatory potential of territories it is expedient to use such constituents of assimilatory potential of geological environment: 1 – ability of territories to disperse (to capture) contamination; 2 – a firmness of rocks (his ability to counteract to development of dangerous geological processes); 3 – a degree of security of underground water horizons of drinkable water-supply. It is suggested to carry out the estimation in points of these constituents. The sum of their points will represent general assimilatory potential of territory. For the integral estimation of general assimilatory potential of concrete territory it is necessary to use weighted average values of points for constituents depending on the areas of their distribution.

УДК 532.5

Розподіл тиску на поверхні гнучкої струмененаправляючої завіси / Воскобійник В.А., Хомицький В.В., Воскобойник О.А., Воскобійник А.В., Терещенко Л.М., Хижа І.А. // Екологічна безпека та природокористування – 2016. № 1–2 (21). – С. 25–34.

Наведено результати експериментальних досліджень поля тиску, яке діє на полотнище гнучкої завіси моделі струмененаправляючої споруди, спроектованої для акваторії Ташлицького водосховища-охолоджувача Південно-Української АЕС. Найбільший динамічний тиск, який діє на полотнище завіси, спостерігається у приповерхневому шарі потоку. У спектральних густинах потужності пульсацій пристінного тиску визначені дискретні складові, які відповідають частотам коливання полотнища завіси, їх субгармонікам та гармонікам вищих порядків.

UDC 532.5

Pressure distribution on the surface of the flexible training screen / Voskoboinick V.A., Khomicky V.V., Voskoboinick A.A., Voskoboinick A.V., Tereschenko L.N., Khizha I.V. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 25–34.

The results of experimental researches of the pressure field acting on the flexible screen linen of the training construction model, projected for the water area of Tashlyk cooling pond of South-Ukraine nuclear power station are presented. Maximum dynamic pressure acting on the screen linen is observed in the surface layer flow. The power spectral density of the wall pressure fluctuations detected discrete components that meet the oscillation frequency of screen linen, their subharmonics and higher-order harmonics.

УДК 628.16.065.2(045)

Определение срока безопасного пребывания людей на объектах различного назначения в случае их загрязнения парами ртути / Дмитруха Т.И., Маджд С.М., Радомская М.М., Бовсуновский Е.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 35–40.

В статье представлен новый экологический параметр, позволяющий определять срок безопасного пребывания людей на объектах различного назначения в случае их загрязнения парами ртути.

UDC 628.16.065.2(045)

Determination of the period of safety people situated at objects of the different types in case of their mercury pollution / Dmiytrukha T.I., Madzhd S.M., Radomska M.M., Bovsynovsky E.O. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 35–40.

The new ecological parameter, that allows to determine the period of safety people situated at objects of the different types in case of their mercury pollution is shown in this article.

ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ NATURAL RESOURCES

УДК 629.039.58 + 004.942

Информационная модель миграции трития / Коваленко А.В., Кряжич О.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 41–51.

В статье представлена информационная модель миграции техногенного трития. Использован подход описания пространств связанных разномасштабных моделей состояния системы и модель переноса в среде водонасыщенных грунтов. Исследован вопрос распространения трития по пищевым цепочкам. Представлен алгоритм построения информационной модели миграции трития. Приведены данные замеров трития, который находится в стоках, снегу, березовом соке. Сделаны выводы о возможном использовании модели.

UDC 629.039.58 + 004.942

Information model of the tritium migration / Kovalenko O.V., Kryazhych O.O. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 41–51.

The paper presents the information model of migration of technogenic tritium. Used the approach describing spaces associated multi-scale models of the system. Also used the model of transport in an environment saturated soils. Studied the distribution of tritium over food chains. Presents an algorithm for constructing the information model the migration of tritium. The data of measurements of tritium, which is located in the effluent water, snow, trees are presented. The conclusions about the possible use of the model.

УДК 556.1: 556.3

Об изменениях природных и техногенных условий на территориях закрытия угольных шахт / Тельма С.В., Плахотный С.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 52–56.

Предложено концептуальное и системное обоснование создания постояннодействующей математической модели водо- и массообмена для прогнозирования подтопления и затопления грунтовыми водами территории расположения шахты № 1 «Червоноградська» и дальнейшего принятия соответствующих решений по прекращению и ликвидации этих негативных процессов.

UDC 556.1: 556.3

About the changes of the natural and the technogenic conditions on the territories of the closing of the coal miners / Telyma S.V., Plakhotniy S.A. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 52–56.

The conceptual and system basement of the creating of the continuously operating mathematical model of the water- and the mass exchange for the prediction of the submergence and the ponding by the ground waters the territory of the location of the mine № 1 «Chervonogradska» with following decision-making the corresponding approaches for discontinuation and elimination these negative processes is proposed.

УДК 504.064.2

Первый анализ цитотоксичности миксомицетов / Кривомаз Т.И., Демецкая А.В., Мовчан В.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 57–62.

Впервые проанализирована токсичность 16 видов миксомицетов. На основании экспресс-метода с использованием сперматозоидов быка было доказано преимущественную нетоксичность исследованных образцов. Всего три вида из проанализированных можно считать условно токсичными: *Fuligo septica* (IT = 150%), *Diderma meyeræ* (IT = 123,9%) и *Trichia favoginea* (IT = 121,8%), что, возможно, обусловлено биохимическими особенностями этих миксомицетов. Сравнение ксилофильных и нивальных видов не выявило существенных различий параметров цитотоксичности, в зависимости от экологической группы, поскольку среднее значение IT оказалось почти одинаковым: 104,96% – для нивальных и 104,89% – для ксилофильных. Однако в группе нивальных наблюдалось более равномерное распределение параметров: разница в предельных показателях IT составляет 38,8, тогда как в группе ксилофильных видов эта величина имела вдвое большее значение – 76,3 единицы. Показатели токсичности миксомицетов носят видоспецифичный характер и не зависят от экологической специализации, времени коллекционирования и местонахождения рассмотренных представителей этой группы.

UDC 504.064.2

The first analysis of myxomycetes cytotoxicity / Kryvomaz T.I., Demetska O.V., Movchan V.O. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 57–62.

For the first time the toxicity of 16 myxomycetes species was analyzed. The practically non-toxicity of tested samples was proved based on the express method with using of ox sperm. There are three analyzed species could be considered as nearly toxic: *Fuligo septica* (IT = 150%), *Diderma meyeræ* (IT = 123,9%) and *Trichia favoginea* (IT = 121,8%), which is possible due to the biochemical characteristics of these myxomycetes. The comparison of xylophilous and nivicolous species don't showed significant difference of cytotoxicity parameters according to the ecological groups, as the average value of IT was almost the same: 104.96% – for nivicolous and 104.89% – for xylophilous. However, more equal distribution of the parameters was observed in nivicolous group: the difference in limiting

points of IT was 38.8, whereas it was 76.3 units (twice the value) for xylophilous species. Myxomycetes toxicity indices are species-specific and don't depend on the environmental specialization, time and location of collecting of this group representatives.

УДК 620.197

Влияние вредных выбросов в атмосферу на коррозионную устойчивость композитов (Cu-Zr-Y)-Mo / Гречанюк В.Г., Гречанюк И.Н., Маденко А.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 63–68.

В работе рассмотрено влияние вредных выбросов в атмосферу CO_2 и SO_2 на коррозионную стойкость композиционных материалов (Cu-Zr-Y)-Mo, полученных методом электронно-лучевого испарения-конденсации в вакууме. Показано, что коррозионная стойкость уменьшается при повышении содержания молибдена в образцах. Интенсивность коррозионных повреждений увеличивается при испытаниях в различных средах в такой последовательности: наименьшая – в дистиллированной воде, затем – SO_2 и наибольшая – в атмосфере CO_2 . Весовые и глубинные показатели коррозии материала (Cu-Zr-Y)-Mo, рассчитанные в различных средах на основе гравиметрических исследований, подтвердили, что наибольшие коррозионные повреждения наблюдаются в атмосфере CO_2 .

UDC 620.197

The impact of harmful emissions on corrosion resistance composites (Cu-Zr-Y)-Mo / Hrechanyuk V.G., Hrechanyuk I.M., Matsenko O.V. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 63–68.

The influence of harmful emissions of CO_2 and SO_2 on the corrosion resistance of composite materials (Cu-Zr-Y)-Mo, obtained by electron-beam evaporation-condensation in a vacuum. It is shown that the corrosion resistance decreases with increasing molybdenum content in the samples. The intensity increases corrosion damage when tested in different environments in the following order: the smallest – in distilled water, then SO_2 and the largest – in atmospheric CO_2 . Weight and depth indicators corrosion material (Cu-Zr-Y)-Mo, designed in different environments based on gravimetric studies have confirmed that the most corrosive damage observed in atmospheric CO_2 .

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ INFORMATION RESOURCES AND SYSTEMS

УДК 528.48

Мониторинг Ливадийского дворца при изменении физико-механических характеристик Центральной Ливадийской оползневой системы / Калюх Ю.И., Клименков О.А., Берчун Я.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 69–82.

Рассмотрена система мониторинга строительных конструкций Ливадийского дворца, который расположен на Центральной Ливадийской оползневой системе, и результаты влияния изменения физико-механических характеристик грунтов на деформирование дворца. Система мониторинга состоит из высокоточных акселерометров и инклинометров. Все датчики соединены в единую систему с непрерывным режимом передачи данных на центральный блок обработки данных.

UDC 528.48

Monitoring of the livadia palace with a changes of physical and mechanical characteristics of the Central livadia landslide system / Kaliukh I., Klymenkov O., Berchun Y. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 69–82.

In this paper the general design of the integrated monitoring system of building constructions of Livadia Palace placed on the active Central Livadia Landslide system is presented briefly. The monitoring systems consist of accelerometers and inclinometers aimed at monitoring of building constructions of Livadia Palace. All monitoring equipment was connected in one system with continuous monitoring and data transmitting to the central data unit.

УДК 504.064.3; 621.22: 532.537; 528.8

Идентификация коэффициента шероховатости речных пойм по данным дистанционного зондирования для поддержки математического моделирования неустановившегося движения воды при наводнениях / Лагоднюк А.М., Корбутяк В.М., Стефанишин Д.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 83–94.

Рассматривается задача идентификации коэффициента шероховатости речных пойм по данным дистанционного зондирования для поддержки математического моделирования неустановившегося движения воды, возникающего при природных и искусственных паводках, с целью количественной оценки опасности наводнений и связанного с ними риска. Проанализированы основные алгоритмы контролируемой и неконтролируемой классификации геопространственных данных для решения задач структурной идентификации растительного покрова территорий речных пойм.

UDC 504.064.3; 621.22: 532.537; 528.8

Identification of floodplains roughness coefficient with using remote sensing data to support mathematical modelling of unsteady water movement under floods / Lagodnyuk A.M., Korbutyak V.M., Stefanyshyn D.V. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 83–94.

The problem of identification of floodplains roughness coefficient with using remote sensing data to support mathematical modelling of unsteady movement of water, which occurs due to natural and artificial floods, to quantify the flood hazards and associated risks, is considered. The basic algorithms of controlled and uncontrolled classification of geospatial data to solve problems of structural identification of floodplains vegetation areas have been analyzed.

УДК 504.064.2

Показатели эффективности энергосбережения и экологической безопасности при реконструкции жилых зданий / Варавин Д.В., Сипаков Р.В. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 95–101.

Представлены принципы функционирования рабочих групп для разработки комплексного подхода в области энергосбережения и экологической безопасности. Предложено использование научно-исследовательских центров и мониторинговых лабораторий для получения адекватных данных, осуществления аналитических вычислений и обеспечения контроля при реконструкции жилых домов. Аргументировано создание «платформы» для разработки ключевых показателей энергоэффективности, надлежащих методологий, инструментов и методов контроля и управления в области энергоэффективности и экологической безопасности. Внедрение предложенных методов повысит уровень экологической безопасности и поможет сократить выбросы парниковых газов, что позволит внести существенный вклад в борьбу с глобальным изменением климата.

UDC 504.064.2

Indicators of energy efficiency and environmental safety at residential buildings reconstruction / Varavin D.V., Sipakov R.V. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 95–101.

The principles of the working groups functioning for development of an integrated approach in the field of energy saving and ecological safety were presented. Use of the research centers and monitoring laboratories for obtaining adequate data, implementation of analytical calculations and ensuring control at reconstruction of houses were offered. It is reasoned creations of «platform» for development of key indicators of energy efficiency, the appropriate methodologies, tools and control methods and management in the field of energy efficiency and ecological safety. Introduction of the offered methods will increase the level of ecological safety and will help to reduce emissions of greenhouse gases that will allow to make an essential contribution to fight against global climate change.

УДК 556.532 (477-924-52)

3D моделирование Днестровского противопаводкового полигона / Зорин Д.А. // Экологическая безопасность и природопользование. – 2016. № 1–2 (21). – С. 102–111. Природными факторами паводков является глобальное потепление, выпадение большого количества осадков за небольшие промежутки времени, что в 2–2,5 раза превышает месячную норму, перенасыщенность почв влагой (70–80%), сложные рельефные условия местности и т. п. Антропогенные факторы также повышают риск развития катастрофических последствий паводков, это, в частности, несанкционированные разработки песчано-гравийной смеси, уменьшение лесистости и распашка склонов, в результате чего возникают или усиливаются эрозионные процессы, строительство дорог, гидротехнических сооружений, поселенческое и промышленное строительство, мелиорация, развитие туризма. Техногенное загрязнение поверхностных вод вредными веществами, поступающими от крупных промышленных предприятий, расположенных на исследуемой территории, также может выступать причиной развития паводков. В статье предлагаются 3D модели развития паводков на Днестровском противопаводковом полигоне.

UDC 556.532 (477-924-52)

3D modeling of Dniester anti-flood landfill / Zorin D.O. // Environmental safety and natural resources. – 2016. № 1–2 (21). – P. 102–111.

Natural factors flood is global warming, loss of large amounts of rainfall at small intervals 2–2.5 times the monthly rate, saturation of soil moisture (70–80%), complicated terrain relief and more. Anthropogenic factors also increase the risk of catastrophic consequences of floods, it is, in particular, the unauthorized development of sand and gravel, the reduction of forest cover and plowing of slopes, causing or intensifying erosion, roads, waterworks, settlement and industrial construction, improvement and development of tourism. Technogenic pollution of surface waters with harmful substances coming from big industrial enterprises located in the study area could also serve the cause of floods. The article deals with 3D models of flood at Dniester anti-flood landfill.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Берчун Ярослав Олександрович – здобувач наукового ступеня кандидата наук Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Бовсуновський Євген Олексійович – кандидат технічних наук, доцент Національного авіаційного університету (м. Київ).

Варавін Дмитро Володимирович – аспірант кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури (м. Київ).

Венгерський Петро Сергійович – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри інформаційних систем Львівського національного університету імені Івана Франка (м. Львів).

Воскобійник Андрій Володимирович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Воскобійник Володимир Анатолійович – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Воскобойник Олександр Анатолійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Гречанюк Віра Григорівна – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії Київського національного університету будівництва і архітектури (м. Київ).

Гречанюк Ігор Миколайович – кандидат технічних наук, «Науково-виробниче підприємство «Елтехмаш» (м. Вінниця).

Демецька Олександра Віталіївна – зав. лабораторією токсикології аерозолів та гігієни праці в зварювальному виробництві, ДУ «Інститут медицини праці АМН України» (м. Київ).

Дмитруха Тетяна Іллівна – кандидат технічних наук, доцент Національного авіаційного університету (м. Київ).

Зорін Денис Олексійович – кандидат геологічних наук, доцент кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (м. Івано-Франківськ).

Калюх Юрій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (м. Київ).

Клименков Олег Анатолійович – здобувач наукового ступеня кандидата наук Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Коваленко Олександр Васильович – кандидат технічних наук, в.о. завідувача відділу ядерної фізики, завідувач лабораторії ФТПДЯВ Інституту ядерних досліджень НАН України (м. Київ).

Корбутяк Василь Михайлович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне).

Коржнев Михайло Миколайович – доктор геолого-мінералогічних наук, професор кафедри гідрогеології та інженерної геології ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ).

Кошарна Софія Костянтинівна – аспірант ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ).

Кривомаз Тетяна Іванівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури (м. Київ).

Кряжич Ольга Олександрівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Лагоднюк Аліна Михайлівна – старший викладач кафедри геодезії та картографії Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне).

Маджд Світлана Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент Національного авіаційного університету (м. Київ).

Маценко Олександра В'ячеславівна – кандидат технічних наук, доцент Київського національного університету будівництва і архітектури (м. Київ).

Мовчан Валентина Олександрівна – молодший науковий співробітник токсикології аерозолів та гігієни праці в зварювальному виробництві, ДУ «Інститут медицини праці АМН України» (м. Київ).

Плахотний Сергій Анатолійович – інженер Державної екологічної служби України (м. Київ).

Радомська Маргарита Мирославівна – кандидат технічних наук, доцент Національного авіаційного університету (м. Київ).

Сіпаків Ростислав Васильович – аспірант кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури (м. Київ).

Стефанишин Дмитро Володимирович – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, професор кафедри гідротехнічних споруд Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП) (м. Рівне).

Телима Сергій Васильович – старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Терещенко Лідія Миколаївна – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Трофимчук Олександр Миколайович – член-кореспондент НАН України, професор, доктор технічних наук, в. о. директора Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (м. Київ).

Хижа Ігор Анатолійович – провідний інженер Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

Хомицький Віталій Володимирович – кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту гідромеханіки НАН України (м. Київ).

© Авторські і суміжні права належать авторам окремих публікацій, Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київському національному університету будівництва і архітектури.

© Авторские и смежные права принадлежат авторам отдельных публикаций, Институту телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Киевскому национальному университету строительства и архитектуры.

Copyring © authors of publications, Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv National University of Construction and Architecture. All rights reserved.

ДО УВАГИ АВТОРІВ ЗБІРНИКА

Зміст матеріалів, що направляються до редакції, повинен відповідати профілю та науково-технічному рівню збірника.

Кожна наукова стаття повинна мати вступ, розділи основної частини та висновки, а також анотацію і ключові слова трьома мовами (українською, російською та англійською). Також трьома мовами подаються реферати до статті.

Підготовка статті здійснюється в текстовому редакторі MS WORD for WINDOWS, з використанням шрифту Times New Roman, Суг, кегль 11, одинарний інтервал, полями 2,0 см з кожного боку, заданим розміром сторінок 17х26 см.

Усі формули мають бути набрані в редакторі Microsoft Equation.

Ілюстрації повинні обов'язково нумеруватися, мати книжкову орієнтацію і не можуть перевищувати за розміром журнальну сторінку (параметри сторінки 17х26 см з полями 2,0 см). Перелік літературних джерел оформляється згідно з ГОСТ 7.1-84 і подається загальним списком у кінці статті за чергою посилань у тексті. Посилання на літературні джерела в тексті даються в квадратних дужках.

Наприкінці статті наводиться коротка довідка про авторів, де вказуються прізвище, повне ім'я та по батькові авторів, науковий ступінь, вчене звання, посада, назва підрозділу (кафедри) та організації, особисті дані кожного з авторів (адреса, місто, країна, контактний телефон, e-mail).

Обов'язково слід надати електронну версію в редакторі Microsoft Word.

Усі представлені в редакцію рукописи проходять ретельне багатоланкове рецензування відповідними фахівцями за профілем статті. Якщо сумарна оцінка рецензентів менша за встановлений поріг, рукописи відхиляються. Автору надсилається відповідне повідомлення. Матеріали, отримані від автора, редакцією не повертаються. Після доопрацювання автор може подати матеріал повторно, з виконанням усіх процедур подачі матеріалу.

Зміст статті та якість написання або перекладу (українською або англійською мовами) переглядаються коректорами збірника, проте відповідальність за зміст та якість статті несуть автори матеріалу. До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без згоди автора.

Розділ збірника, до якого буде віднесена стаття, визначається редакцією, узгоджується – головним редактором або його заступником. Остаточний висновок щодо публікації матеріалів схвалює редакційна колегія збірника.

Електронна версія збірника наукових праць в Інтернеті знаходиться на сайті Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського.

Збірник наукових праць також представлений на сайті Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України <http://itgip.org/> у розділі «Видавнича діяльність».

Виконавчий редактор – В.П. Берчун

Надруковано:

Видавничий дім «Юстон»
01034, м. Київ, вул. О. Гончара, 36
Тел.: (044) 360-22-66
Реєстраційне свідоцтво НБ № 153324 від 05.11.2012 р.

Підписано і здано до друку 22.06.2016. Формат 70х108/16. Папір офсетний.
Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 10.68
Обл.-вид. арк. 11.4
Замовлення № _____

КИЇВ 2016