

УДК 556.51 (477.54)

**К. М. КАРПЕЦЬ**, канд. геогр. наук

Національний університет цивільного захисту України  
вул. Чернишевська, 94, Харків, 61000  
[7361874@mail.ru](mailto:7361874@mail.ru)

## МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФОЗАЛЕЖНОГО ФАКТОРА САМООЧИЩЕННЯ ПОСТІЙНИХ ВОДОТОКІВ МІСТА ХАРКОВА

Розраховано коефіцієнти кореляції між морфолого-морфометричними характеристиками та комбінаторними індексами забрудненості (самоочищення) води в річках. Побудовані регресійно-кореляційні моделі забруднення (самоочищення) та карта просторового розповсюдження величин рельєфозалежного фактора забруднення (самоочищення) постійних водотоків міста Харків.

**Ключові слова:** рельєфозалежний фактор, геоінформаційна модель водозбору, самоочищення.

### **Karpets K.M. DESIGN FACTOR RELIEF-DEPENDENCE SELF-CLEANING PERMANENT WATERCOURSES CITY OF KHARKOV**

Coefficients of correlation between morphological and morphometric characteristics and combinatorial contamination indices (self-cleaning) of water in rivers. Built-correlation regression model of pollution (self-cleaning) and map the spatial distribution of values relyefozalezhnogo pollution factors (self-cleaning) permanent watercourses city of Kharkiv.

**Key words:** relief-dependence factor, GIS watershed model, self-cleaning

### **Карпец К. М. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФОЗАВИСИМОГО ФАКТОРА САМООЧИЩЕНИЯ ПОСТОЯННЫХ ВОДОТОКОВ ГОРОДА ХАРЬКОВА**

Рассчитаны коэффициенты корреляции между морфолого-морфометрических характеристиками и комбинаторными индексами загрязненности (самоочищения) воды в реках. Построены регрессионно-корреляционные модели загрязнения (самоочищения) и карта пространственного распространения величин рельефозависимого фактора загрязнения (самоочищения) постоянных водотоков города Харьков.

**Ключевые слова:** рельефозависимый фактор, геоинформационная модель водосбора, самоочищение

### **Вступ**

На теперішній час існує безліч проблем у галузі охорони, відновлення і раціонального використання водних ресурсів. Приймаючи до уваги загальновідомий прогноз, що за збереженням сучасних технологій водоспоживання цей ресурс за кілька десятиріч коштуватиме більше за вуглеводні, вказані проблеми мають тільки загострюватися. Зростаючий попит на водні ресурси, нерегламентоване водокористування призводять до погіршення якості водного середовища, істотно впливають на здоров'я людей.

Приймаючи до уваги величезну роль річок у житті різних регіонів, переважна більшість дослідників оцінюють їх сучасний стан як вкрай критичний. Більшість річок і водойм відчувають вплив забруднення стічними водами промислових підприємств, сільськогосподарського виробництва, комунального господарства.

На екологічний стан річок міста Харкова впливає їх замулення і занесення, засмі-

чення, забруднення, виснаження, зарегулювання, випрямлення русел річок, меліоративні роботи, гідротехнічні споруди, погіршення самоочисної здатності. Тому, всі основні гідрографічні характеристики водозбору річок і водойм – загальну площу, довжину, густоту річкової мережі, лісистість, заболоченість та інші беруть до уваги при гідролого-екологічних розрахунках, санітарно-гідробіологічних прогнозах, а також при плануванні комплексу природоохоронних заходів. У Харкові проблема відродження річок, охорона та раціональне використання їх водних ресурсів набуває нині особливого державного значення. Одним із методів контролю та прогнозування стану водотоків є саме застосування геоінформаційних систем (ГІС).

**Постановка проблеми.** Створення сучасних геоінформаційних систем (ГІС) опису морфології рельєфу за геоданими є необхідною попередньою умовою впровадження засобів із раціонального водоспоживання.

Можна додати, що подібні розробки потребують поетапного вирішення трьох задач:

1) формального опису процесу маршрутизації стоку через математичну модель флювіального рельєфу;

2) евристичного моделювання стоку за цифровою моделлю рельєфу (ЦМР);

3) маршрутизації стоку за ЦМР для створення моделі, яка відображала б повну флювіальну мережу разом з атрибутивною інформацією, що потрібна для аналізу і прийняття рішень, тобто геоінформаційної моделі водозбору (ГІМВ).

Тут вважаємо доцільним зробити наступне припущення. У вигляді певної функції та відповідно предмету дослідження доцільно визначити роль параметрів гідролого-геоморфологічного процесу і способів його саморегулювання по відношенню до самоочисної здатності водозбірних басейнів. Таку функцію від багатьох змінних можна назвати рельєфозалежним фактором самоочищення земної поверхні водозбору та водного середовища його головного русла.

**Метою статті** є моделювання рельєфозалежного фактора самоочищення земної поверхні, на прикладі території міста Харкова, з урахуванням кореляції між показниками самоочищення постійних водотоків та відповідними морфометричними значеннями рельєфу поверхні та русел річок.

**Стан вивченості питання.** З метою вирішення задач із прогнозу та оцінки антропогенних впливів на довкілля водозбірних басейнів, наприклад, на гідрологічний режим через експлуатацію водогосподарчих об'єктів водозбору, має бути застосована геоінформаційна модель водозбору (ГІМВ) [1].

При розробці геоінформаційної моделі водозбору об'єктом моделювання є водозбірний басейн, що доводиться у [2]. Водозбірний басейн розглядається як результат взаємодії різних чинників – особливостей морфології поверхні, гідрологічних і геоморфологічних процесів, геологічної будови території і фактора техногенезу. У практичному

розумінні йдеться про річковий водозбір, з усіма його субводозборами (до рівня яружно-балочних басейнів включно), і усі такі геооб'єкти, як прості (субводозбори), так і більш високого порядку (головний річковий басейн), повинні розпізнаватися системою моделювання, щоб із ними були можливі операції для подальшого аналізу. Для кожного з вказаних об'єктів повинна існувати можливість бути визначеним, окремо затабульованим (через табличну модель) і відображеним (через картографічну модель). Відтак, на підставі ГІС-моделі моделюються параметри геоінформаційної моделі річкового водозбору – гідрологічні, морфолого-морфометричні, геоморфологічні, ландшафтно-геохімічні та інші.

При реалізації морфолого-морфометричних характеристик для просторової класифікації елементарних геохімічних ландшафтів через маршрутизацію стоку доцільно використовувати запропоновану модифікацію відомого алгоритму «стікаючої каплі» [3]. Згідно з оновленим алгоритмом рух кожної окремої каплі повинен розглядатися як Марковський процес. Протікання цього процесу у часі буде залежною від ймовірностей перебігу окремої каплі з русла даного порядку до русла порядку, на одиницю більшого. За таким припущенням отримуємо для кожної руслової ланки експоненціальні за характером статистичного розподілу варіаційні ряди часів перебігу капель. Якщо абстрагуватися від поверхневого стоку, ці характеристики зумовлюються тільки морфологією водозбору і мережею рельєфу і визначають узагальнюючу (для усього водозбору) функцію щільності ймовірності перебігу капель з замикаючого створу усього басейну, або певного субводозбору, за межі останнього. Повинно бути зрозуміло, що на вказаній концептуальній підставі можна як моделювати просторовий розподіл елементарних геохімічних ландшафтів, так і формалізовано описувати процес самоочищення вздовж русел.

### **Результати дослідження**

На основі геоінформаційних моделей водозборів по території м. Харкова в програмному забезпеченні *GIS-Module Ukrainian 1.5* [4, 5], визначено ряд морфолого-морфометричних показників, які характеризують флювіальний рельєф поверхні водозбірних

басейнів по території м. Харкова. Побудова кожної геоінформаційної моделі водозбору в своїй основі має відтворення процесу маршрутизації поверхневого стоку, тобто конвертацію останнього в русловий за певними ландшафтними умовами. Відповідні проце-

дури та алгоритми викладені у відомих публікаціях [6].

Враховуючи комбінаторний індекс забрудненості ( $K$ ) води та площу водозбірних басейнів, довжину головного русла, ухил головного русла, а також цілий ряд допоміжних параметрів, визначено коефіцієнти кореляції між цими показниками.

Коефіцієнт кореляції розраховується як:

$$r = \frac{\sum (x_{1i} - \bar{x}_1) \cdot (x_{2i} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum (x_{1i} - \bar{x}_1)^2} \cdot \sqrt{\sum (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}} \quad (1)$$

Коефіцієнт кореляції ( $r$ ) між комбінаторним індексом забрудненості води ( $K$ ) і площею водозбірного басейну ( $S$ ) становить відповідно для наступних басейнів річок: Немишля – 0,77, Харків – 0,8, Лопань – 0,84, Уди – 0,78. Коефіцієнт кореляції ( $r$ ) між комбінаторним індексом забрудненості води ( $K$ ) і довжиною головного русла ( $L$ ) становить відповідно для русел річок: Немишля – 0,81, Харків – 0,83, Лопань – 0,85, Уди – 0,82.

Коефіцієнт кореляції ( $r$ ) між комбінаторним індексом забрудненості води ( $K$ ) і ухилом головного русла ( $U$ ) становить відповідно для наступних річок: Немишля – 0,65, Харків – 0,6, Лопань – 0,64, Уди – 0,53.

Так як коефіцієнт кореляції ( $r$ ), більше 0,5, то між даними показниками існує певний зв'язок.

Застосовано регресійний аналіз (лінійний) для визначення залежності між коефіцієнтом забрудненості (самоочищення) та такими показниками, як площа водозбірного басейну, довжина головного русла та ухил головного русла.

Таким чином, отримано ряд регресійних моделей забруднення (самоочищення):

– для басейну р. Немишля (2)

$$K_N = 31,2 - 0,03S_N + 0,18L_N + 0,27U_N \quad (2)$$

З моделі випливає, що чим більша площа водозбірного басейну, тим менший коефіцієнт забрудненості (самоочищення), а чим більша довжина головного русла та ухил головного русла, то даний коефіцієнт збільшується.

– Для басейну р. Харків і (3):

$$K_H = 22,85 + 0,11L_H \quad (3)$$

Модель визначає, що чим більша довжина головного русла, тим більший коефіцієнт забрудненості (самоочищення). Площу водозбірного басейну та ухил головного русла виключаємо з рівняння, так як їх коефіцієнти досить незначні і не впливають на результат.

– Для басейну р. Лопань (4):

$$K_L = 32,31 + 0,1L_L \quad (4)$$

Тобто, чим більша довжина головного русла, тим більший коефіцієнт забрудненості (самоочищення). Площу водозбірного басейну та ухил головного русла виключаємо з рівняння, так як їх коефіцієнти досить незначні і не впливають на результат.

– Для басейну р. Уди (5):

$$K_U = 32,03 + 0,11L_U - 0,12U_U \quad (5)$$

Ця модель визначає, що чим менший ухил головного русла, тим коефіцієнт більший, а чим більша довжина головного русла, тим більший коефіцієнт забрудненості (самоочищення).

Застосовуючи отримані моделі, що включають відомі морфометричні показники, можливо визначити геохімічні параметри водотоків в будь-яких точках.

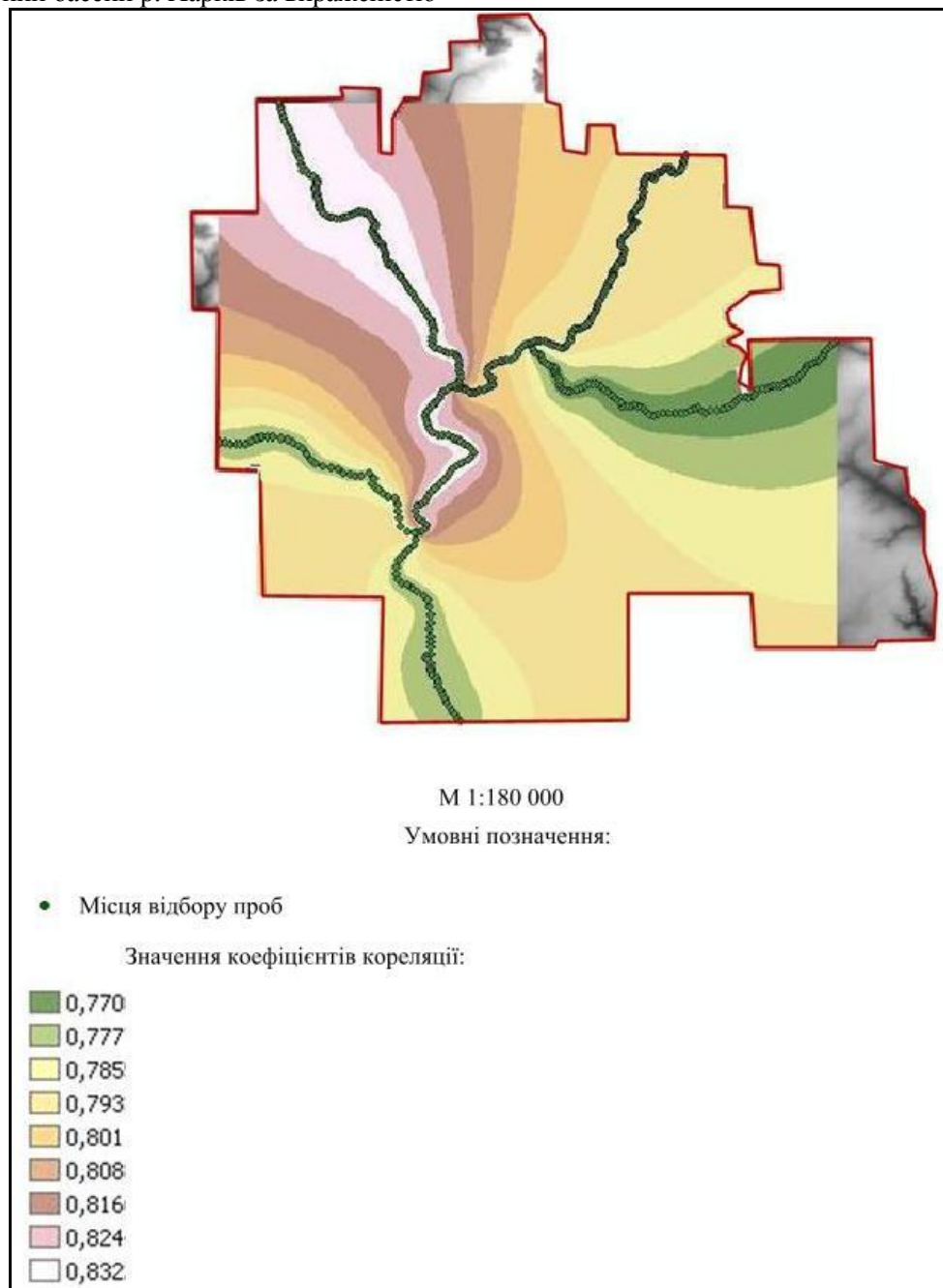
Використовуючи коефіцієнти кореляції ( $r$ ) між коефіцієнтами забрудненості (самоочищення) та площею водозбірного басейну, довжиною головного русла, ухилом головного русла можливо будувати карти просторового розповсюдження величин рельєфозалежного фактора забруднення (самоочищення) постійних водотоків міста Харків (рис.1).

На змодельованій карті, добре простежується відображення рельєфозалежного фактора забруднення (самоочищення) з урахуванням площі водозбірного басейну постійних водотоків міста Харків. Порівнюючи водозбірні басейни річок Немишля, Харків, Лопань та Уди, то найбільш виражений рельєфозалежний фактор в долині р. Лопань, де значення коефіцієнтів кореляції ( $r$ ) становить близько 0,82-0,83.

Для водозбірного басейну річок Немишля та Уди рельєфозалежний фактор виражений найменше і значення коефіцієнтів ( $r$ ) знаходяться в межах 0,77. Для басейну р. Уди – це переважно трансаквальні та супераквальні геохімічні ландшафти.

Для басейну р. Немишля – це супераквальні, трансаккумулятивні, транзитні та акумулятивно-елювіальні геохімічні ландшафти. Водозбірний басейн р. Харків за вираженістю

рельєфозалежного фактора і значенням коефіцієнта ( $r$ ) займає середнє місце між басейнами річок Лопань, Немишля та Уди.



**Рис. 1** – Просторове розповсюдження величини рельєфозалежного фактора забруднення (самоочищення) з урахуванням середніх площ водозборів постійних водотоків міста Харків

### Висновки

Розраховано коефіцієнти кореляції між морфолого-морфометричними характеристиками, а саме: площею водозбірних басейнів річок Уди, Лопань, Харків і Немишля, довжиною головного русла, ухилом головного русла та комбінаторними індексами забрудненості води в річках.

Побудовані регресійно-кореляційні моделі забруднення (самоочищення), які характеризують водозбірні басейни досліджуваних річок м. Харкова Уди, Лопань, Харків і Немишля. Застосовуючи вище згадані моделі, на основі відомих морфометричних показників, можливо визначати геохімічні параметри гід-

рологічного середовища русел водотоків в будь-яких точках.

Використовуючи коефіцієнти кореляції ( $r$ ) між показниками забруднення (самоочищення) та площею водозбірної басейну, довжиною головного русла, ухилом головного русла водозбору побудовано карти просторового розповсюдження величин рельєфозале-

жного фактора забруднення (самоочищення) постійних водотоків міста Харків. Оцінені показники імпаку вказаного похідного параметру на зальні характеристики стану якості води у руслах дозволяють стверджувати про об'єктивність визначення поняття рельєфозалежного фактора самоочищення (забруднення).

### Література

1. Карпець К. М. Щодо можливості прогнозування якості стану довкілля та попередження виникнення надзвичайних ситуацій застосовуючи ГІС-технології / К. М. Карпець. // Проблеми надзвичайних ситуацій : зб. наук. пр. / НУЦЗ України. – Вип. 17. 2013. – С. 66-71.

2. Костріков С. В. Про деякі особливості зв'язку флювіальних процесів на водозборах із змінами у природно-антропогенному довкіллі / С. В. Костріков. // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – Харків-Кременчук. – 2004. – Вип. 10 (12). – С. 57-69.

3. Костріков С. В. Деякі проблемні питання та перспективи геоінформаційного моделювання водозборів / С. В. Костріков. // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – Харків – Кременчук. – 2005. – Вип. 11 (13). – С. 5-20.

4. Костріков С.В. Дослідження самоорганізації флювіального рельєфу: на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства / С. В. Костріков, І. Г. Черваньов. // Наукова монографія. – Х.: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна. – Видавничий центр, 2010. – 143 с.

5. Черваньов І. Г. Гідролого-геоморфологічний процес на водозборі: алгоритми структурно-цифрового моделювання / І. Г. Черваньов, С. В. Костріков // Геополітика и екогеодинамика регіонів. – 2009. – Т. 5. Вип. 1. – С. 52-62.

Надійшла до редколегії 30.09.2014

УДК 504.05:551.351(477.9)

**О. П. КРАВЧУК**, канд. геол.-мін. наук, доц., **Г. О. КРАВЧУК**, канд. геол. наук, доц.,  
**О. В. АРТЕМ'ЄВ**

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова*  
буль. Дворянська, 2, м. Одеса, 65026,  
[aokravchuk@gmail.com](mailto:aokravchuk@gmail.com)

### СЕЗОННІ ЗМІНИ ГЕОХІМІЧНИХ АСОЦІАЦІЙ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В ДОННИХ ВІДКЛАДАХ ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

Розглядаються сучасні геохімічні особливості міграційних процесів в умовах забруднення північно-західного шельфу Чорного моря. Масове осадження суспензії відбувається на геохімічному бар'єрі «річка-море» або на середньому шельфі за межами хвильового поля. Головним чинником обмеження міграції розчинених речовин є процеси біологічного поглинання. За допомогою кластерного аналізу встановлена суттєва розбіжність багатомірних співвідношень компонентів в залежності від часу спостережень. На прикладі кадмію простежується тенденція до накопичення найбільш мобільних токсичних компонентів в карбонатних відкладах шельфу.

**Ключові слова:** геохімічні процеси, міграційні процеси, кадмій, шельф, Чорне море

### **Kravchuk O. P., Kravchuk A. O., Artemiev A. V. SEASONAL CHANGES OF CHEMICAL ASSOCIATIONS IN THE SEDIMENTS ON THE SHELF OF THE BLACK SEA**

Considers modern geochemical characteristics of migration processes in pollution northwestern Black Sea shelf. Bulk precipitation suspension occurs on geochemical barriers "river-sea" or on the shelf outside the average wave field. The main factor limiting the migration of solutes are the processes of biological absorption. Using cluster analysis, multidimensional establish substantial divergence component ratios depending on the time of observation. On the example of cadmium tendency to accumulate the most mobile of toxic components in the carbonate sediments of the shelf.

**Key words:** geochemical processes, migration processes, cadmium, shelf, Black sea

