

органических соединений, как гуминовые кислоты, фульвокислоты, углеводы и белковоподобные вещества.

**Ключевые слова:** река Лыбедь, гуминовые кислоты, фульвокислоты, углеводы, белковоподобные вещества, сезонная динамика.

#### **Гідрохімічні дослідження річки Либеді – правої притоки Дніпра**

**Осипенко В.П., Євтух Т. В.**

Представлені результати досліджень внутрішньорічної динаміки загального вмісту розчинених органічних речовин у воді р. Либеді – правої притоки Дніпра у 2014 р. Визначені основні гідрохімічні характеристики цього водного об'єкту: рН, концентрація розчиненого кисню і ступінь насичення води киснем. Розглянуто їхній взаємозв'язок із сезонною динамікою концентрації таких компонентів розчинених органічних речовин, як гумінові кислоти, фульвокислоты, вуглеводи та білковоподібні речовини.

**Ключові слова:** річка Либідь, гумінові кислоти, фульвокислоты, вуглеводи, білковоподібні речовини, сезонна динаміка.

#### **Hydrochemical investigations of the Lybed River – right tributary of Dnieper**

**Osypenko V. P., Evtukh T. V.**

The results of investigations of the annual dynamics of total dissolved organic matters contents in water of the Lybed River – right tributary of Dnieper – in 2014 are presented. The major hydrochemical characters, also pH, dissolved oxygen concentration and degree of oxygen saturation of water are defined. Their correlation with the seasonal dynamics of concentrations of such dissolved organic compounds as humic acid, fulvo acid, carbohydrate and protein are considered.

**Keywords:** Lybed River, humic acid, fulvo acid, carbohydrate, protein, seasonal dynamics.

**Надійшла до редколегії 21.07.2015**

УДК 556.114.6 (571.15)

**Шерстюк Н.П., Байбуз О.Г.**

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

### **РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОХІМІЧНОГО РАЙОНОВУВАННЯ ІНГУЛЬЦЯ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ**

**Ключові слова:** гідрохімічне районування, Інгулець, кластерний аналіз, багатовимірні часові ряди, інформаційна технологія.

**Вступ.** Гідролого-гідрохімічний режим річки Інгулець принципово вирізняється між іншими річками України техногенно перетвореними діяльністю людини. На сьогоднішній день впроваджена така схема використання Інгульця: з листопада по березень відбуваються скиди надлишку шахтних вод Кривбасу, з водойми балки Свистунова, які накопичуються у ній в продовж року. Розпорядженням КМУ кожного року затверджується Регламент скиду надлишків зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу в р. Інгулець. В процесі скидання шахтних вод в русло річки Інгулець, через канал Дніпро – Інгулець, подається дніпровська вода. Після скиду шахтних вод (наприкінці лютого), починається процес промивки русла Інгульця водою того ж каналу Дніпро – Інгулець (на початку квітня). Промивка триває до середини серпня.

Цей захід дає можливість використовувати інгулецьку воду впродовж вегетаційного періоду в Інгулецькій зрошувальній системі, яка розташована в нижній течії Інгульця в Миколаївській області (район м. Снегірівка). Ця схема, після тривалих експериментів, була запроваджена у 2011 році і вважається на теперішній час найбільш досконалою.

Постає актуальна задача вивчення змін гідрохімічного режиму Інгульця з метою збереження водного об'єкта, поліпшення і стабілізації якості води для забезпечення оптимальних умов функціонування екосистем та підвищення ефективності природно-господарського комплексу.

**Вихідні передумови.** 2014 року Благодійний Фонд «Громадська ініціатива мешканців Кривбасу» (БФ) зацікавився гідроекологічною ситуацією, що створюється на Інгульці при втіленні описаного вище водогосподарського заходу. З жовтня 2014 року проводяться сумісні зі співробітниками БФ гідрохімічні спостереження по річці з щомісячним відбором проб води у визначених пунктах спостереження. Отже, у результаті спостережень отримано багатовимірний масив даних.

Ймовірно-статистичні методи є найбільш перспективними при аналізі масової гідрологічної та гідрохімічної інформації. Ці методи включають в себе наступні аналізи: обробка гідрохімічної інформації методами первинної статистики, кластерний аналіз, перевірка однорідності, регресійний, факторний аналізи і т.д.

Факторний і кластерний аналізи знайшли широке застосування при вирішенні завдань геохімії, гідрохімії і гідрогеохімії [1, 2, 3]. Кластерний аналіз – один з методів багатовимірного аналізу, призначений для групування (кластеризації) сукупності елементів, які характеризуються багатьма факторами, і отримання однорідних груп (кластерів). Привабливість даного методу у тому, що він працює навіть тоді, коли даних мало і не виконуються вимоги нормальності розподілів випадкових величин та інші вимоги класичних методів статистичного аналізу. Але широкому використанню методів кластерного аналізу у деякій мірі заважає, те що результати кластеризації не дають безпосередньої відповіді при гідрохімічних дослідженнях, а є тільки підставою для подальшого аналізу і потребують досвіду дослідника. У іншому випадку у результаті кластеризації можна отримати такий висновок: «В итоге неопределенность исходных данных подменяется другой, еще более туманной – неопределенностью результатов классификаций.» [4]. Крім того, класичний кластерний аналіз частіше за все використовується для класифікації масиву випадкових величин, а результатом гідрохімічних спостережень є масив випадкових процесів.

**Формулювання цілей статті, постановка завдання.** Метою дослідження є гідрохімічне районування річки Інгулець, тієї її частини, що протікає по території Кривбасу, в умовах реалізації заходів скидів шахтних вод та подальшої промивки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Гідролого-гідрохімічний режим річки детально вивчений та узагальнений у багатьох публікаціях [5,6].

В гідрографічному відношенні р. Інгулець належить до басейну Дніпра і є його найнижчою правою притокою 1-го порядку. Довжина річки становить 549 км, площу водозабору 14870 км<sup>2</sup>. Свій початок річка бере із заболоченої балки поблизу с. Топила Знам'янського району Кіровоградської області.

Русло річки до ст. Цибулеве пряме, нижче – звивисте. Русло переважно нерозгалужене, у верхів'ях вузьке, у середній течії шириною 20 – 30 м, порожисте. Глибина на перекатах становить 0,2 – 0,6 м, на плесах – до 5 м. Швидкість течії річки у межень біля м. Кривий Ріг незначна, на перекатах – 0,2 – 0,5 м/с. Похил річки змінюється від 1,2 м/км у верхів'ї до 0,37 м/км у пониззі.

Середня річна витрата води становить 7,8 – 9,3 м<sup>3</sup>/с, а під час танення снігів вона збільшується до 400 м<sup>3</sup>/с і більше. У результаті будівництва систем водосховищ (Іскрівського, Карачунівського) і каналів, по яких надходить вода з р. Дніпро, гідрологічний режим ріки значно змінився. Коефіцієнт зарегульованості

стоку 0,65 – 0,70, витрати води в руслі зменшилися, повинь слабо виражена.

Джерелом живлення р. Інгулець, в основному, є снігові (талі) і дощові води, частка яких досягає 77% річного стоку; величина підземного живлення складає 17%, а фільтрація з гідротехнічних споруд – 6%. Підйом рівнів у річці зазвичай починається в кінці лютого або на початку березня. Спад триває до середини квітня; максимальна висота весняної повені змінюється від 1,5 до 5,5 – 6,0 м.

Зараз щорічний середній обсяг стоку Інгульця у верхів'ях (в передмістях Кривого Рогу до впадіння в нього Саксагані) складає приблизно 0,24 км<sup>3</sup>.

Проби води відбиралися у дев'яти пунктах спостереження: 1 – с. Лозоватка (в межах населеного пункту); 2 – у створі балки Велика Лозоватка; 3 – паром; 4 – с. ПівнГЗК (в межах населеного пункту); 5 – с. Новоселівка (в межах населеного пункту); 6 – міст; 7 – поблизу хвостосховища ІнГЗК; 8 – с. Миколаївка (в межах населеного пункту); 9 – с. Андріївка (в межах населеного пункту) (рис. 1), усього проведено 12 відборів проб води.

Визначено наступні показники: водневий показник (рН), біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>), хімічне споживання кисню (ХСК), нітрати (NO<sub>3</sub>), нітроти (NO<sub>2</sub>), фосфати (PO<sub>4</sub>), сухий залишок (СЗ), хлориди (Cl), сульфати (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), гідрокарбонати (HCO<sub>3</sub>), кальцій (Ca), магній (Mg), натрій (Na) на такі моменти спостережень: 16.10.2014, 23.11.2014, 16.12.2014, 27.01.2015, 16.02.2015, 03.03.2015, 16.04.2015, 30.05.2015, 16.06.2015, 23.07.2015, 16.08.2015, 12.09.2015.

Попередніми дослідженнями встановлено, ділянку річки, що вивчається можна поділити на дві частини: перша (верхня) – територія ЦГЗК, вище Карачунівського водосховища; друга (нижня) – територія ПівдГЗК та ІнГЗК. Такий поділ відповідає гідрохімічному типу води, а саме: у першій частині переважаючим є тип S<sub>II</sub><sup>Na</sup> або S<sub>II</sub><sup>Mg</sup>, у другій – Cl<sub>II</sub><sup>Na</sup> [5].

Результати гідрохімічного моніторингу представлені у вигляді багатовимірних часових рядів. Розроблена інформаційна технологія CIA «MEDISA» кластерного аналізу багатовимірних часових рядів, яка дозволяє визначати угруповання об'єктів за схожістю набору досліджуваних ознак як у кожний момент, так і у часовому періоді спостережень, а також за подібністю змін окремих ознак, здійснюючи при цьому оцінювання якості результатів та підтримку прийняття рішень при обробці даних гідрохімічного моніторингу [3].

Структура розробленої технології складається з чотирьох основних етапів. На першому етапі відбувається робота з базами даних (завантаження, редагування) та попередня обробка досліджуваних даних (візуальний аналіз, визначення інформативності ознак, стандартизація). На другому етапі проводиться кластерний аналіз різними методами та при різних значеннях параметрів. Далі, на третьому етапі здійснюється оцінка якості отриманих угруповань та підтримка прийняття рішень щодо вибору найкращого результату. На четвертому етапі здійснюється візуалізація результатів та аналіз отриманих кластерів.

Досліджувані гідрохімічні дані представлено у вигляді множини об'єктів (пункти спостереження)  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ ,  $N = 9$ . Кожен об'єкт характеризується  $p = 13$  ознаками (фізико-хімічними показниками),  $x_i = \{u_1, u_2, \dots, u_p\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , значення яких змінюються у часі та досліджуються протягом  $T = 12$  моментів спостереження:  $u_l^{(i)} = \{u_l^{(i)}\}$ ,  $l = \overline{1, p}$ ,  $t = \overline{1, T}$ ,  $u_l^{(i)}$  – значення  $l$ -ї ознаки, що визначається у пробі води  $i$ -го пункту спостереження у  $t$ -й момент спостереження.

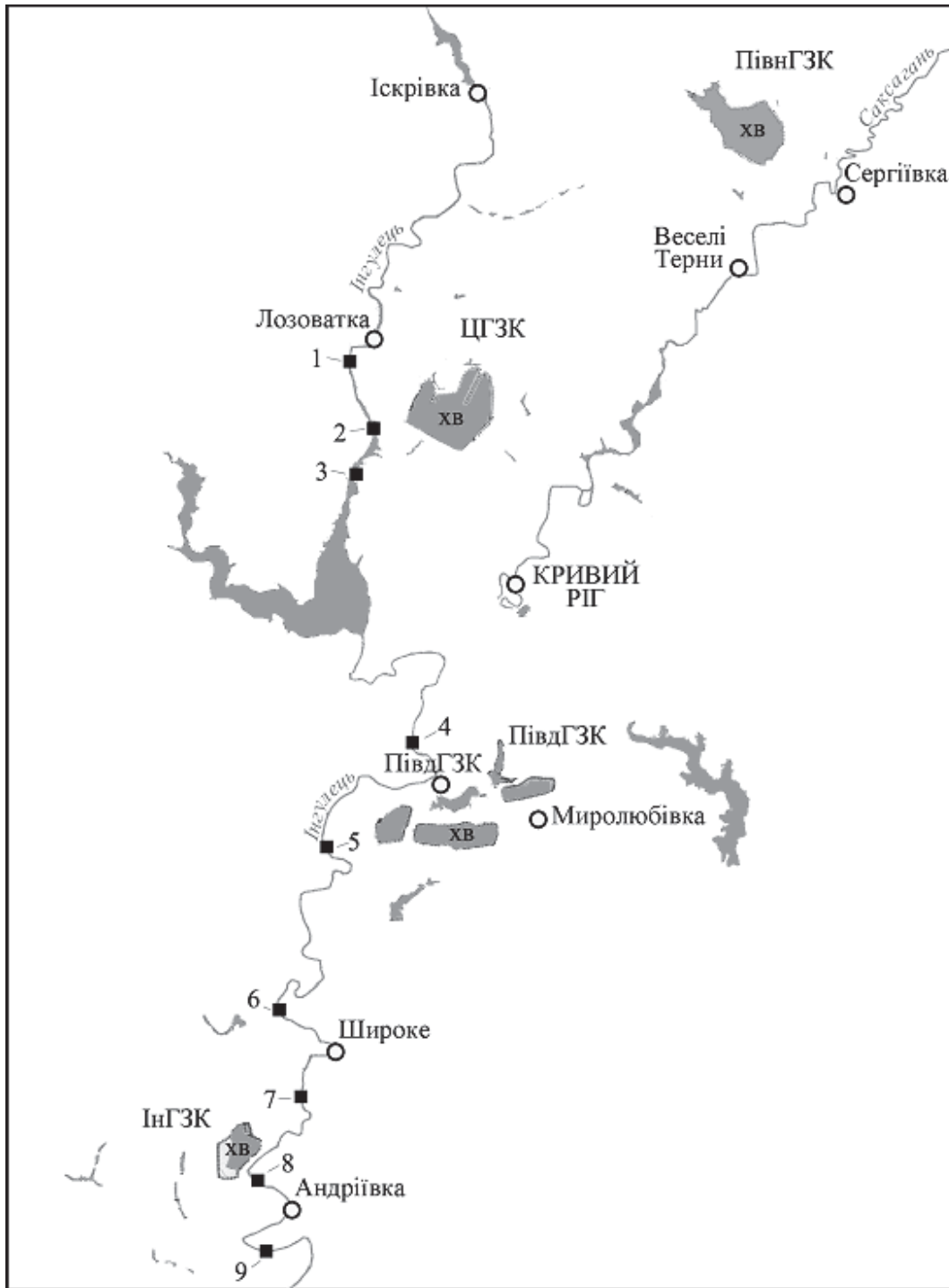


Рис. 1. Картохема розташування пунктів гідрохімічних спостережень на р. Інгулець.

**Умовні позначення:** ■ – пункт спостереження: 1 – с. Лозоватка (в межах населеного пункту); 2 – у створі балки Велика Лозоватка; 3 – паром; 4 – с. ПівнГЗК (в межах населеного пункту); 5 – с. Новоселівка (в межах населеного пункту); 6 – міст; 7 – поблизу хвостосховища ІнГЗК; 8 – с. Миколаївка (в межах населеного пункту); 9 – с. Андріївка (в межах населеного пункту); хв – хвостосховище; ПівнГЗК – Північний гірничо-збагачувальний комбінат; ЦГЗК – Центральний гірничо-збагачувальний комбінат; Півд – Південний гірничо-збагачувальний комбінат; ІнГЗК – Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат

Відповідно до розробленої технології пропонується розбити пункти спостереження на групи за схожістю змін вмісту досліджуваного показника у пробах води; для кожного пункту спостереження згрупувати моменти спостереження, що характеризуються близькими за значеннями ознак пробами води; визначити розбиття пунктів спостереження на кластери за набором досліджуваних показників для кожного моменту спостереження, а також нечітке розбиття об'єктів аналізу, що враховує часові зміни ознак на всьому проміжку спостережень.

Для визначення схожих закономірностей зміни вмісту кожного з досліджуваних показників у пробах води пунктів спостереження у часовому проміжку спостережень в якості об'єктів аналізу розглядалися пункти спостереження, а в якості набору ознак – значення деякого досліджуваного показника у пробах води кожного з моментів спостереження.

Для вибору найкращого серед отриманих різними методами угруповання застосовувалася технологія багатокритеріальної оцінки якості. За аналізом отриманих оцінок найкраще розбиття пунктів спостереження на кластери за схожістю змін вмісту кисню у пробах води за багатокритеріальною оцінкою якості демонструє ієрархічний метод Уорда.

Результати кластерного аналізу пункти спостереження за схожістю змін вмісту у пробах води кожного з досліджуваних показників у часовому проміжку спостережень наведені у табл. 1. Кожному показнику ставиться у відповідність розбиття пунктів спостереження на кластери. Мітки кластерів у різних розбиттях не пов'язані між собою.

**Таблиця 1. Результати кластерного аналізу пунктів спостереження за схожістю змін вмісту кожного з досліджуваних показників у пробах води**

Пункти спостереження	pH	БСК <sub>5</sub>	ХСК	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	СЗ	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na
с. Лозоватка	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
балка Велика Лозоватка паром	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
с. ПівніГЗК	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1
с. Новоселівка міст	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1
хвостосховище ІнГЗК	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1
с. Миколаївка	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
с. Андріївка	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1

Наступною задачею, яку дозволяє вирішити розроблена технологія є групування моментів спостереження для кожного пункту спостереження, що характеризуються близькими за значеннями ознак пробами води. Для цього в якості об'єктів аналізу розглядаються моменти спостереження, в якості набору ознак – значення вмісту досліджуваних показників у пробах води певного пункту спостереження. Таким чином кожному пункту спостереження ставиться у відповідність розбиття моментів спостереження на кластери, за схожістю досліджуваних ознак. Мітки кластерів у різних розбиттях не пов'язані між собою. Результати аналізу представлені у табл. 2.

Таблиця 2. Результати кластеризації моментів спостереження за схожістю параметрів у пробах води пункту спостереження

Пункти спостереження	Моменти спостереження											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
с. Лозоватка	1	2	2	1	1	1	3	2	2	2	1	1
балка Велика Лозоватка	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1
паром	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1
с. ПівніГЗК	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1
с. Новоселівка	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1
міст	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
хвостосховище ІнГЗК	1	1	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1
с. Миколаївка	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1
с. Андріївка	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2

Для кожного моменту спостереження  $t$  визначено угруповання  $G_t = \{g_1^{(t)}, g_2^{(t)}, \dots, g_{K_t}^{(t)}\}, t = \overline{1, T}$  пунктів спостереження за схожістю вмісту набору досліджуваних ознак у пробах води.

При дослідженні інформативності ознак у кожен з моментів спостереження за методом апроксимації матриці відстаней було виявлено, що усі ознаки, окрім СЗ є інформативними, найбільшу інформативність мають наступні показники: NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Na. Таким чином для подальшого аналізу з набору ознак вилучаємо СЗ.

Кількість кластерів  $K_t$  за умовою є невідомою та має бути визначено під час аналізу. Для визначення кількості кластерів у кожному розбитті було застосовано аналіз дендрограми та критерії якості. Візуалізація результатів кластерного аналізу пунктів спостереження за вмістом досліджуваних ознак у пробах води на момент спостереження 16.02.2015 представлені на рис. 2 – 3 у вигляді дендрограми та діаграми розсіювання відповідно.

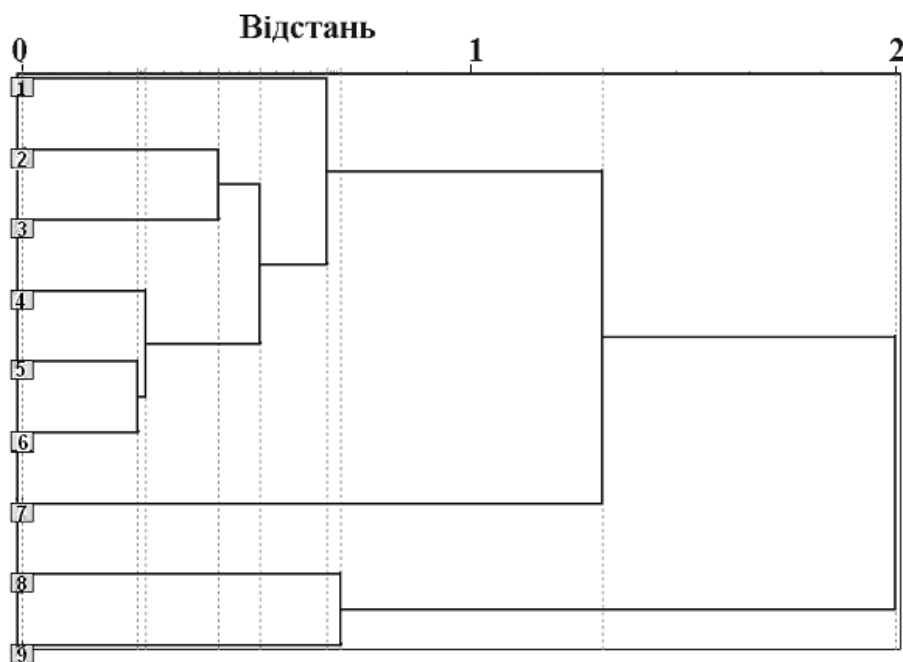


Рис. 2. Дендрограма (процес об'єднання у кластери пунктів спостереження за схожістю досліджуваних компонентів у пробах води 16.02.2015).

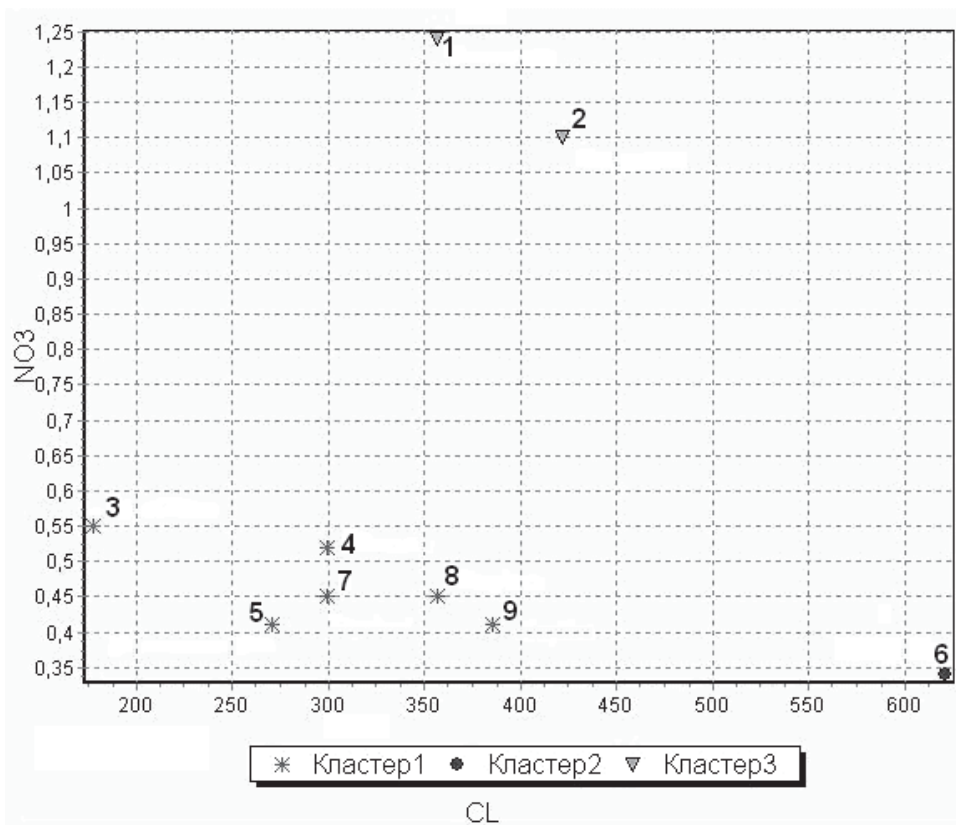


Рис. 3. Діаграма розсіювання пунктів спостереження за результатами кластеризації даних на 16.02.2015.

Розроблена інформаційна технологія передбачає аналіз та порівняння отриманих кластерів кожного розбиття на основі ймовірно-статистичного аналізу. Для кожної ознаки пропонується обчислювати статистичні характеристики, відтворювати розподіли даних та встановлювати вірогідні межі реалізації показників.

Результати кластерного аналізу за даними, що характеризують проби води пунктів спостереження за досліджуваними компонентами у кожен з моментів спостереження представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Результати кластерного аналізу у кожен з моментів спостереження

Пункти спостереження	Моменти спостереження											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
с. Лозоватка	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
балка Велика Лозоватка	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
паром	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
с. ПівнГЗК	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
с. Новоселівка	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1
міст	3	3	3	3	1	2	2	1	3	2	2	2
хвостосховище ІнГЗК	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2
с. Миколаївка	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1
с. Андріївка	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1

Кожному моменту спостереження ставиться у відповідність розбиття пунктів спостереження на кластери, яке було визначене на основі методів кластерного аналізу та багатокритеріальної оцінки якості. Мітки кластерів у різних розбиттях не пов'язані між собою.

Для визначення угруповання пунктів спостереження схожих між собою за набором досліджуваних ознак у пробах води на всьому проміжку спостережень застосовано технологію кластеризації багатовимірних часових рядів. Матриця близькості була визначена на основі результатів кластерного аналізу у окремі моменти спостереження. Узагальнююче розбиття отримане методом нечіткої кластеризації Даве-Сена та представлено у табл. 4 у вигляді міри приналежності пунктів спостереження до кластерів.

Таблиця 4. Результати нечіткої часової кластеризації

Пункти спостереження	Міра приналежності		
	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
с. Лозоватка	0,09	0,45	0,16
балка Велика Лозоватка	0,05	0,81	0,04
паром	0,04	0,79	0,07
с. ПівнГЗК	0,05	0,23	0,52
с. Новоселівка	0,06	0,30	0,63
міст	0,99	0,07	0,23
хвостосховище ІнГЗК	0,09	0,005	0,58
с. Миколаївка	0,12	0,33	0,55
с. Андріївка	0,14	0,10	0,45

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що пункт спостереження 6 (міст), що знаходиться поблизу скидів високомінералізованих шахтних вод з водойми балки Свистуново, значно відрізняється від усіх інших майже в усі моменти спостереження. Таким чином і в розбитті, що відповідає всьому проміжку спостережень виділяється у окремий кластер. Також у окремі кластери виділяються пункт спостереження 1, 2, 3, 4 та 5, 7, 8, 9.

**Висновки.** У результаті дослідження доведена ефективність застосування ймовірно-статистичних методів для обробки та аналізу гідрохімічної інформації з метою районування складних водних об'єктів.

Практично реалізована інформаційна технологія кластерного аналізу багатовимірних часових рядів для визначення угруповання об'єктів за схожістю набору досліджуваних ознак як у кожний момент, так і у часовому періоді спостережень, а також за подібністю змін окремих ознак, здійснюючи при цьому оцінювання якості результатів та підтримку прийняття рішень при обробці результатів гідрохімічного моніторингу.

За результатами досліджень ділянка Інгульця, що знаходиться у межах Криворіжжя, поділена на три райони: верхня частина (вище Карачунівського водосховища), ділянка нижня, що виділена раніше [5], поділяється на дві: від Карачунівського водосховища до скиду шахтних вод у районі с. Новоселівка; від скиду шахтних вод до с. Андріївка.

Отже, у результаті впровадження водогосподарського заходу по скиду шахтних вод у зимовий період у річку Інгулець та наступної його промивки



дніпровською водою у весняно-літній період відбулася перебудова гідрохімічної структури водного об'єкта, що потребує подальших досліджень фахівців.

### Список літератури

1. Шерстюк Н.П. Определение основных источников загрязнения природно-техногенных вод на территории с повышенной техногенной нагрузкой / Н.П.Шерстюк, И.А. Власова // Вісник Харківського національного імені В.Н. Каразіна. Серія: Геологія – Географія – Екологія. – № 956. – 2011. – С.248-254. 2. Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем : Монографія / С.І. Сніжко. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 284 с. 3. Байбуз О. Г. Інформаційна технологія нечіткої кластеризації багатовимірних часових рядів на прикладі гідрохімічного моніторингу річки Самара / О.Г. Байбуз, М.Г. Сидорова // Науковий вісник Національного гірничого університету. – №5. – 2014. – С.114-122. 4. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации : Монография. / Шитиков В.К., Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. 5. Шерстюк Н.П. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу : Монографія / Н.П. Шерстюк, В.К. Хільчевський. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2012.– 263 с. 6. Хільчевський В. К. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу : Монографія / В.К. Хільчевський, Р.Л. Кравчинський, О.В. Чунарьов. – К.: Ніка-центр, 2012. – 180 с.

#### **Результати гідрохімічного районування Інгульця методами кластерного аналізу**

**Шерстюк Н.П., Байбуз О.Г.**

*Виконано районування ділянки Інгульця у межах Криворіжжя на підставі нових водогосподарських заходів з утилізації шахтних вод. Скиди шахтних вод з водойми балки Свистунова обумовили поділ нижньої ділянки річки. Доведена ефективність застосування кластерного аналізу багатовимірних часових рядів для аналізу гідрохімічних спостережень.*

**Ключові слова:** гідрохімічне районування, Інгулець, кластерний аналіз, багатовимірні часові ряди, інформаційна технологія.

#### **Результаты гидрохимического районирования Ингульца методами кластерного анализа**

**Шерстюк Н.П., Байбуз А.Г.**

*Выполнено районирование участка Ингульца в пределах Криворожья на основании новых водохозяйственных мероприятий по утилизации шахтных вод. Сбросы шахтных вод из водоема балки Свистунова обусловили разделение нижнего участка реки. Доказана эффективность применения кластерного анализа многомерных временных рядов для анализа гидрохимических наблюдений.*

**Ключевые слова:** гидрохимическое районирование, Ингулец, кластерный анализ, многомерные временные ряды, информационная технология.

#### **Results of hydrochemical zoning Inhulets cluster analysis methods**

**Sherstyuk N.P., Baybuz O.G.**

*Completed zoning areas within Kryvorizhzhya Inhulets based on new water management measures for utilization of mine water. Discharges of mine water from the reservoir floor Svistunov division caused the lower part of the river. Proven efficacy cluster analysis multivariate time series analysis hydrochemical observations.*

**Keywords:** hydrochemical zoning, Ingulets, cluster analysis, multivariate time series, information technology.

**Надійшла до редколегії 21.09.2015**