

КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ВМІСТУ ТОКСИЧНИХ І ПОТЕНЦІЙНО ТОКСИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТАХ КРАСНОАРМІЙСЬКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ДОНБАСУ

*В.В. Ішков, Є.С. Козій, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
Україна*

У статті розглянуто результати кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом токсичних і потенційно токсичних елементів (ТіПТЕ). Були побудовані дендрограми кластеризації, які наглядно і надійно візуалізують рівень накопичення цих елементів в основних робочих вугільних пластах району. Результати кластерного аналізу дають можливість виконати довготерміновий прогноз вмісту ТіПТЕ в гірничій масі, що добувається і планувати наступні технічні заходи направлені на зниження цих елементів в продуктах і відходах вуглевидобутку.

Встановлено, що за концентрацією ТіПТЕ усі досліджені вугільні пласти району надійно поділяються на сім груп. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів між собою і на підставі результатів кластерного аналізу розробити класифікацію вугільних пластів за вмістом ТіПТЕ.

Вступ. Вивчення концентрацій токсичних і потенційно токсичних елементів в вугіллі пластів Красноармійського геолого-промислового району обумовлено посиленням вимог до охорони навколишнього середовища. Актуальність таких досліджень визначена низкою Законів України, постановами Кабінету Міністрів, а також вимогами ДКЗ до якості та змісту геологічних матеріалів при розвідці вугільних родовищ. Для об'єктивної оцінки впливу вугільнодобувної промисловості і підприємств теплоенергетики на екологічну ситуацію і планування найбільш ефективних заходів, направлених на її покращення необхідно мати відомості про характер розподілу і рівень концентрації токсичних елементів у вугіллі і вмшуючих породах отримуваних в процесі видобутку. З метою одержання такої інформації в національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» були виконані детальні дослідження, які охопили всю територію одного із найбільш перспективних районів Донбасу – Красноармійського геолого-промислового району.

Останні досягнення. В.В. Ішковим спільно з А.І. Чорнобук, А.Л. Лозовим, Д.Я. Михальчонок, В.В. Дворецьким [1-4] досліджені особливості розподілу деяких ТіПТЕ в продуктах і відходах збагачення ряду вуглезбагачувальних фабрик Донбасу. І.І. Курмельов вивчав геохімію вугільних пластів та вуглевмісних порід Чистяково-Сніжнянського геолого-промислового району Донбасу [5]. А. Г. Дворников займався вивченням ртутоносності вугілля Донецького басейну [6]. Також токсичним елементам присвячено багато праць А.Ф. Горового і Н.А. Горової [7-8]. Раніше авторами [9-11] досліджені особливості розподілу ТіПТЕ у вугіллі пластів деяких шахт Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу. У той же час, кластерний аналіз розподілу ТіПТЕ у вугільних пластах Красноармійського геолого-промислового району раніше не виконувався.

Формулювання мети. В даній роботі основними задачами вивчення геохімії ТіПТЕ в основних робочих вугільних пластах були: ревізія раніше виконаних досліджень концентрацій ТіПТЕ; формування представницьких вибірок аналізів їх вмісту по окремих пластах і по району в цілому; встановлення середніх концентрацій цих елементів у вугіллі основних пластів по району в цілому; виконання кластерного аналізу середньозважених концентрацій ТіПТЕ у основних вугільних пластах району і встановлення можливості побудови класифікації вугільних пластів району за вмістом цих елементів на підставі результатів цього аналізу.

Одержані результати та їх обговорення. Однією з найбільш ефективних процедур спрощення та мінімізації масиву даних для того, щоб полегшити його змістовну інтерпретацію, є кластеризація. Нажаль, до сих пір в геологічних дослідженнях відомі лише поодинокі випадки вдалого застосування кластерного аналізу, незважаючи на його виняткову простоту і візуальну наочність.

На відміну від інших методів, які використовують при вирішенні задач класифікації, кластерний аналіз не вимагає апріорних припущень про набір даних, що не накладає обмеження на подання досліджуваних об'єктів, дозволяє аналізувати показники різних типів даних.

Методи кластерного аналізу можна розділити на дві групи: ієрархічні або неієрархічні. Кожна з груп включає безліч підходів і алгоритмів.

Суть ієрархічної кластеризації полягає в послідовному об'єднанні менших кластерів в великі або поділі великих кластерів на менші. Ієрархічні агломеративні методи характеризуються послідовним об'єднанням вихідних елементів і відповідним зменшенням числа кластерів. На початку роботи алгоритму всі об'єкти є окремими кластерами. На першому кроці найбільш схожі об'єкти об'єднуються в кластер. На наступних кроках об'єднання триває до тих пір, поки всі об'єкти не будуть складати один кластер. Загалом, немає припущень щодо числа кластерів, рекомендується використовувати ієрархічні алгоритми.

Ієрархічні методи, на відміну від неієрархічних, відмовляються від визначення числа кластерів, а будують повне дерево вкладених кластерів. Перевага цієї групи методів в порівнянні з неієрархічними методами - їх наочність і можливість отримати детальне уявлення про структуру даних.

В якості основного методу вирішення поставленої задачі і досягнення мети досліджень в даній роботі був обраний метод зваженого центроїдного (медіанного) середнього. Цей вибір був обґрунтований авторами в [9].

Зібраний матеріал характеризує вміст токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі 38 пластів, які відносяться до світ C_2^2 , C_2^3 , C_2^5 , C_2^6 , C_2^7 (пласти g_1^{2H} , h_1^H , h_4 , h_6 , h_8 , h_{10} , h_{10}^1 , k_5^H , k_5 , k_5^B , k_6 , k_7 , k_7^1 , k_7^2 , k_8 , l_1 , l_2^1 , l_3 , l_3^{B+H} , l_3^B , l_4 , l_4^B , l_5 , l_5^1 , l_6 , l_7^H , l_7 , l_7^B , l_8^H , l_8 , l_8^1 , m_2 , m_3 , m_4^0 , m_4^2 , m_6^1 , m_6^2) середнього відділу кам'яновугільного періоду. Для отримання найбільш об'єктивних і однорідних даних в роботі використовувались в основному результати напівкількісних і кількісних аналізів вугілля кернових проб полів усіх діючих шахт та резервних і розвідувальних площ і ділянок, що знаходяться в межах району виконаних після 1983 року в центральних сертифікованих лабораторіях геологорозвідувальних організацій, в ряді випадків вони доповнялись аналізами пластово-диференційованих проб відібраних особисто авторами спільно із співробітниками геологічних служб виробничих геологорозвідувальних і видобувних підприємств.

Вміст Hg визначався атомно-абсорбційним аналізом, As фотометричним методом, інші ТіПТЕ - кількісним емісійним спектральним аналізом.

Після первинного аналізу і розробки якісних і кількісних характеристик правильності і відтворюваності результатів аналізів в подальшій роботі було використано від 2638 до 2912 визначень ТіПТЕ у вугільних пластах району.

З метою отримання представницьких оцінок вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі, як окремо пластів, так і в цілому по району одиничні визначення були об'єднані по окремих пластах в 38 пооб'єктних виробках, а подальший розрахунок середніх значень концентрацій виконувався як середньозважене на об'єм об'єкту. При розрахунках об'єму приймалась середня потужність пласта в рамках об'єкту, а ділянки достовірно встановлених розмивів і виклинювання пластів не враховувались. Розраховані таким чином оцінки вибіркового середнього по пластам використовувались в кластерному аналізі [12], результати якого у вигляді дендрограм показані на рис. 1 – 10.

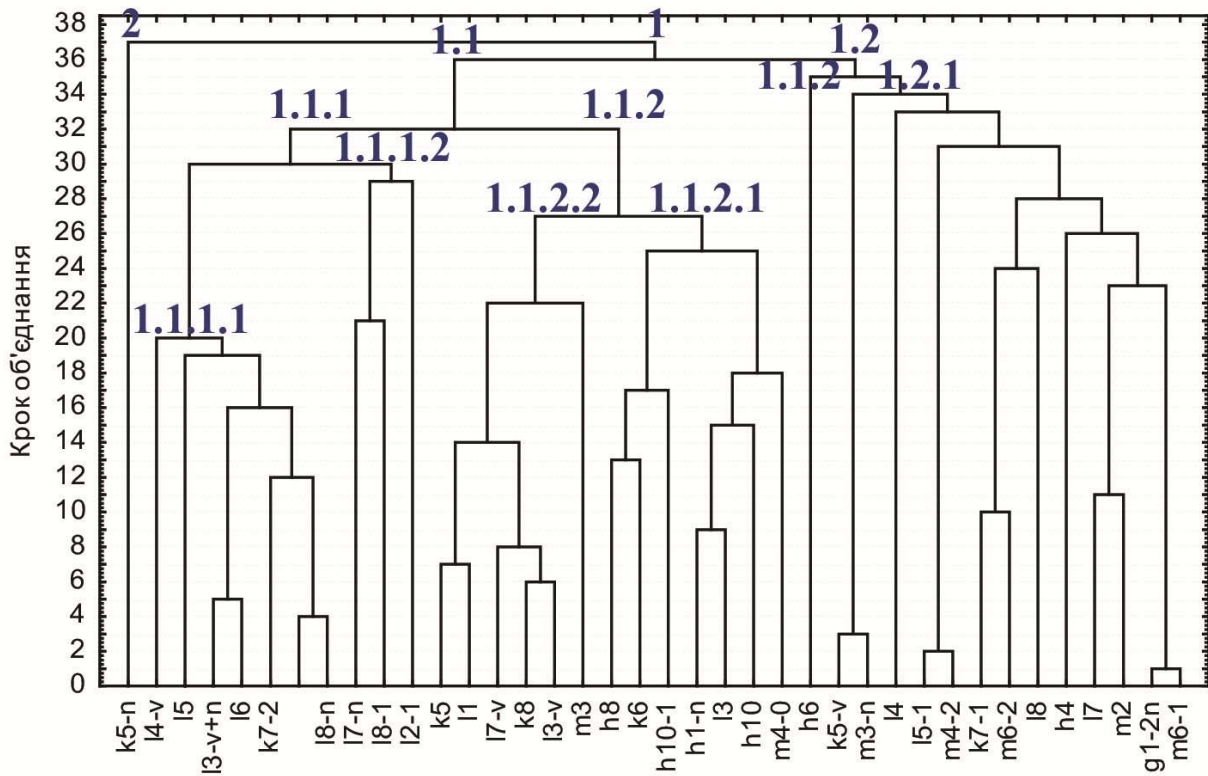


Рис. 1. Дендродіаграма результатів кластеризації зв'язаним центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом Mn

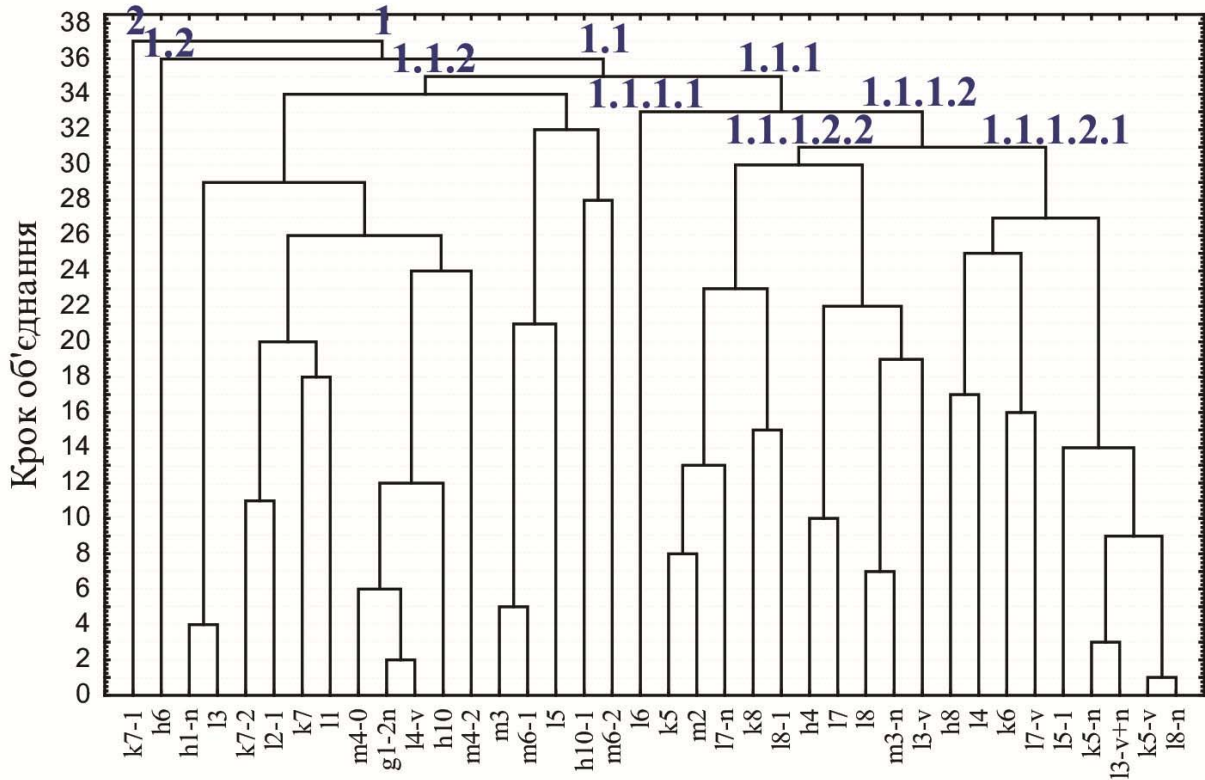


Рис. 2. Дендродіаграма результатів кластеризації зв'язаним центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом As

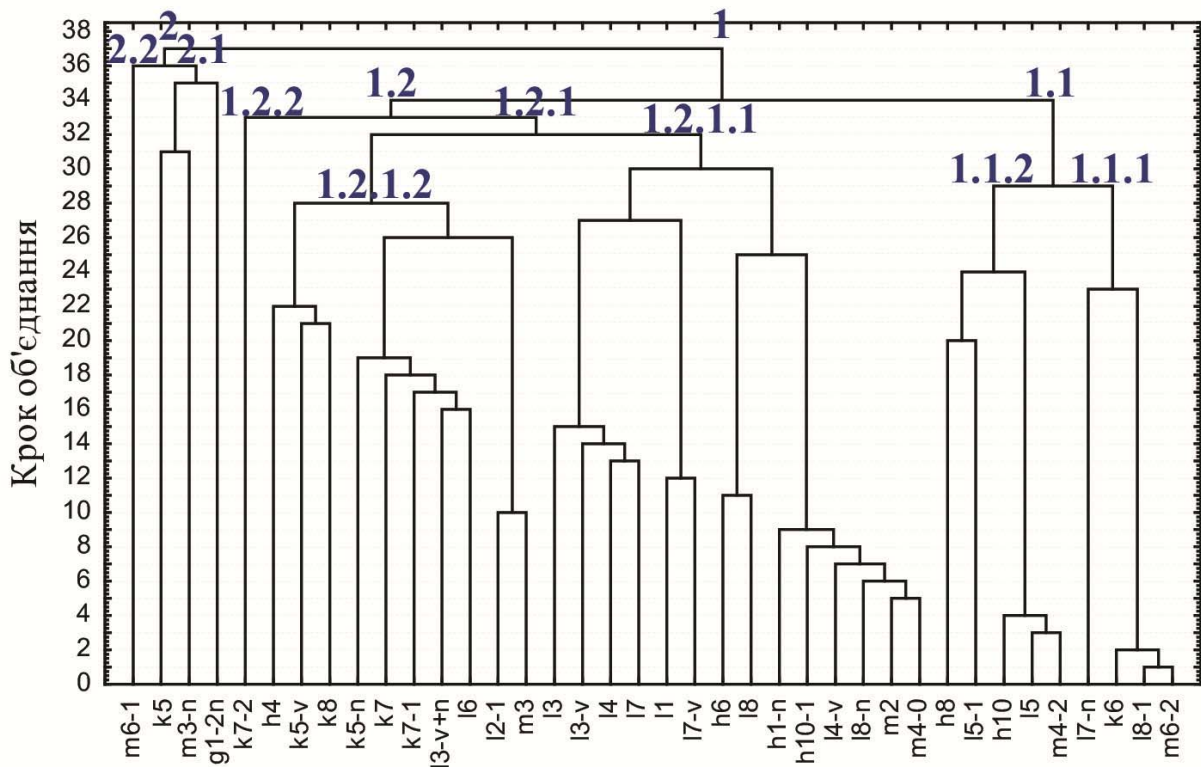


Рис. 3. Дендрограма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом Ni

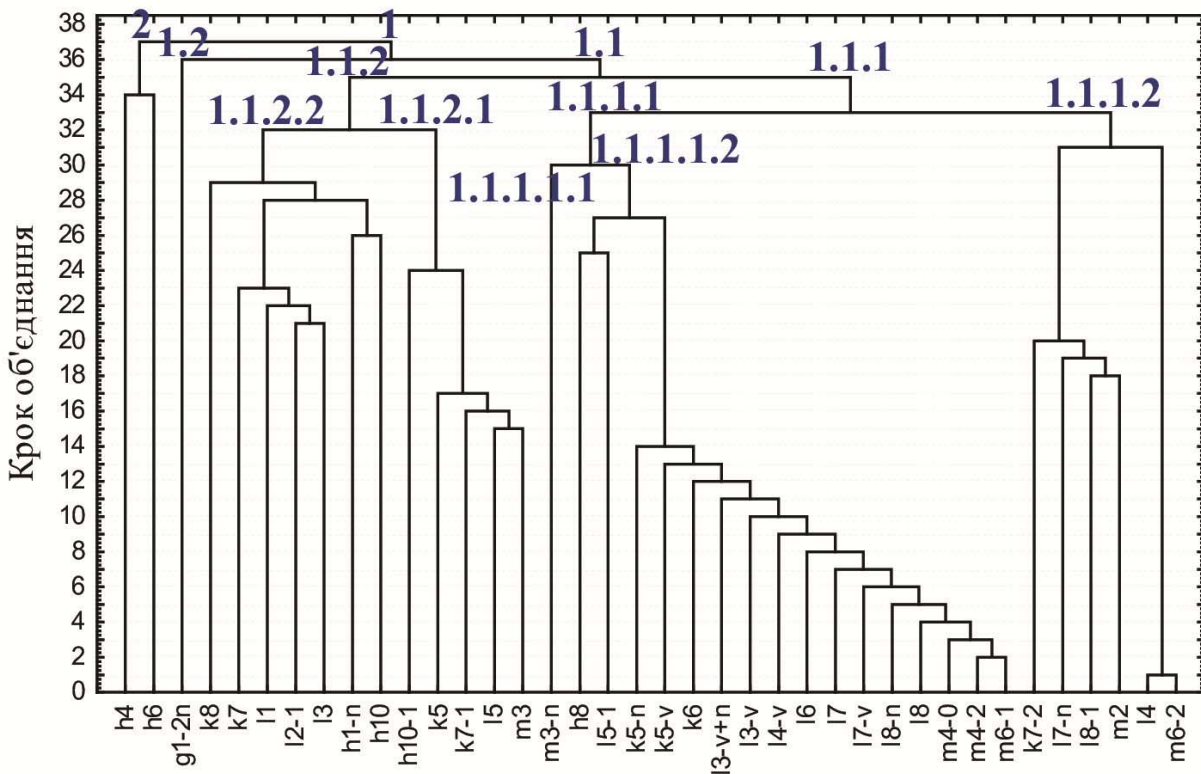


Рис. 4. Дендрограма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом Hg

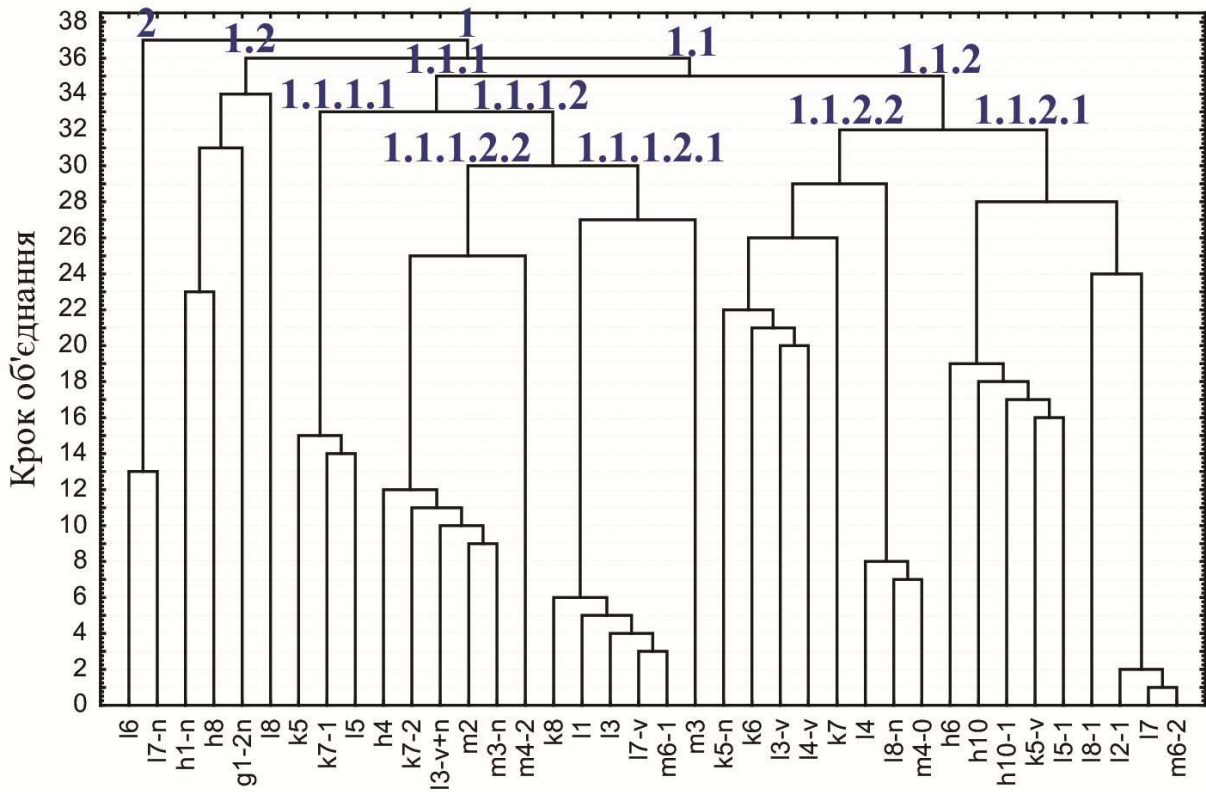


Рис. 5. Дендродіаграма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом Ве

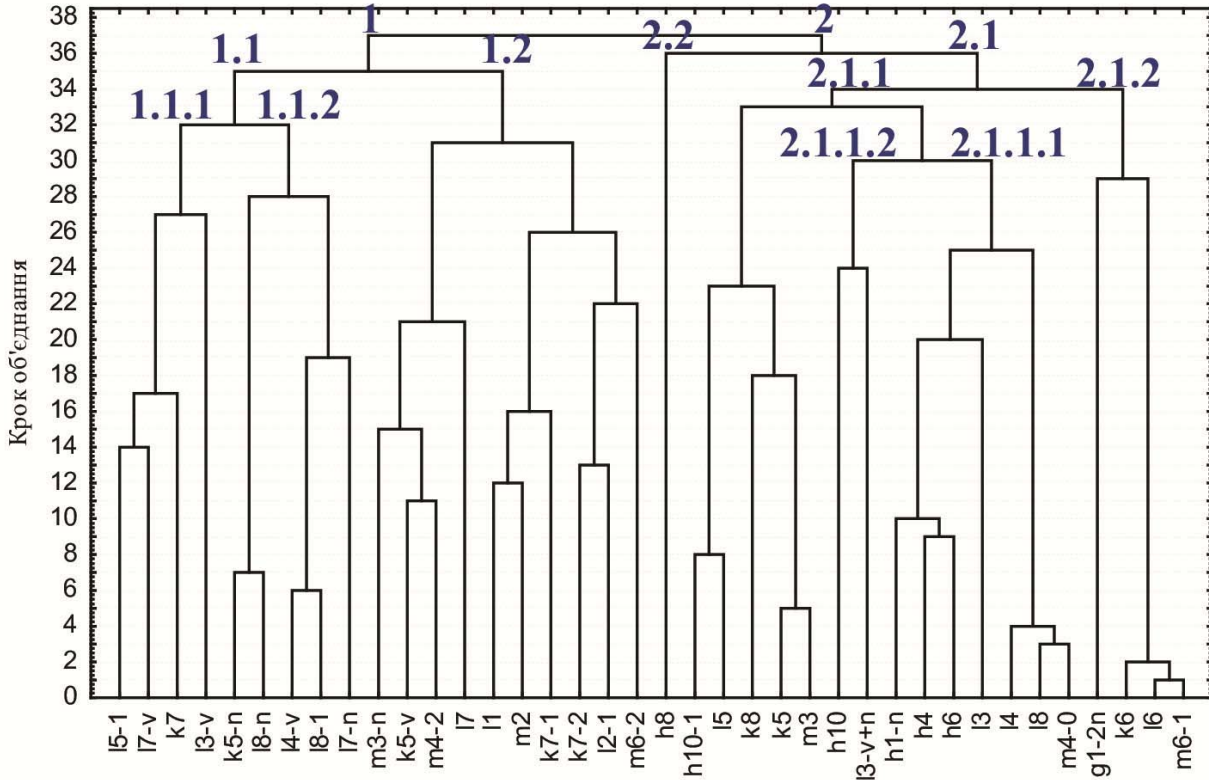


Рис. 6. Дендродіаграма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом F

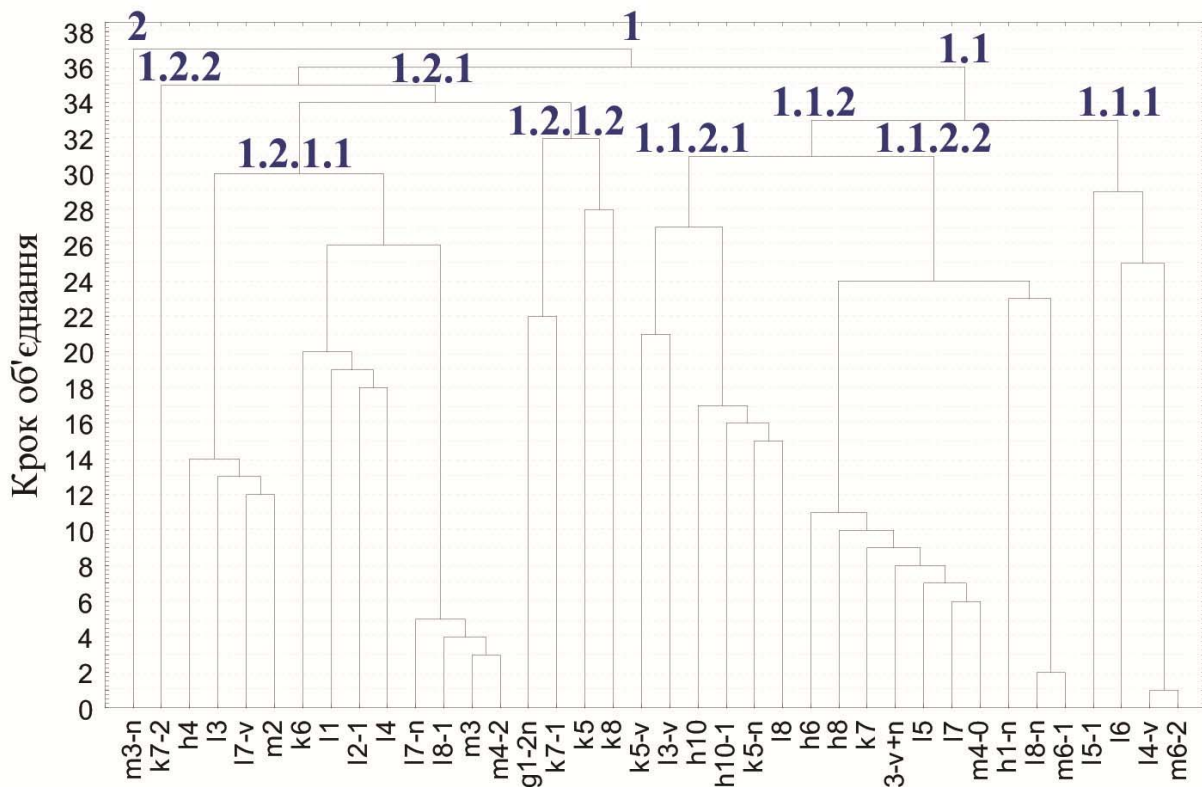


Рис. 7. Дендродіаграма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом Pb

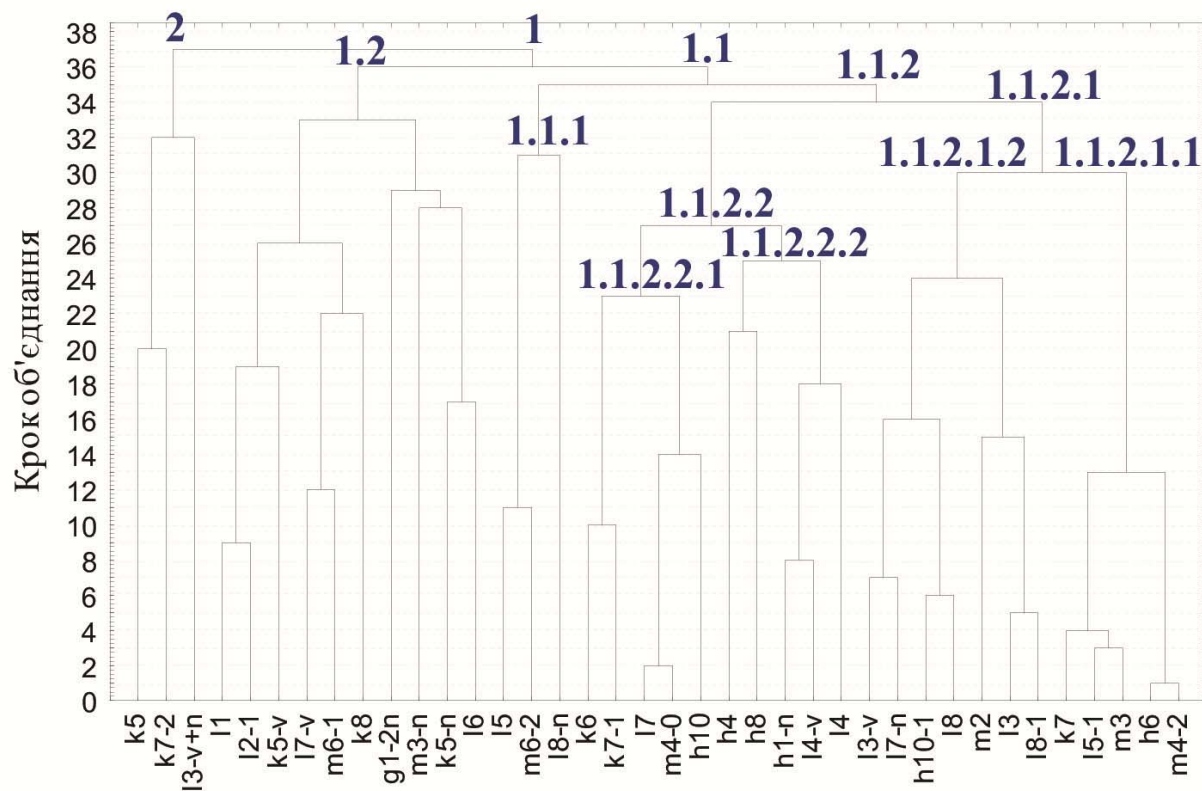


Рис. 8. Дендродіаграма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом V

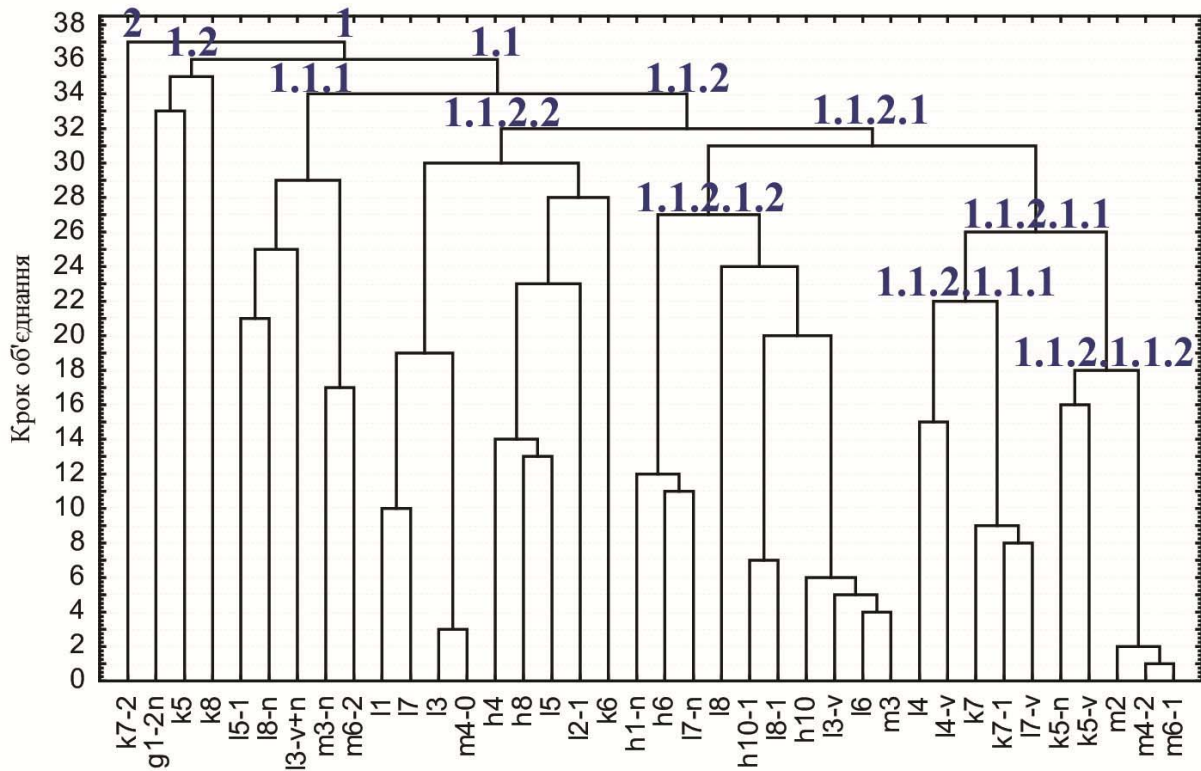


Рис. 9. Дендродіаграма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом Сr

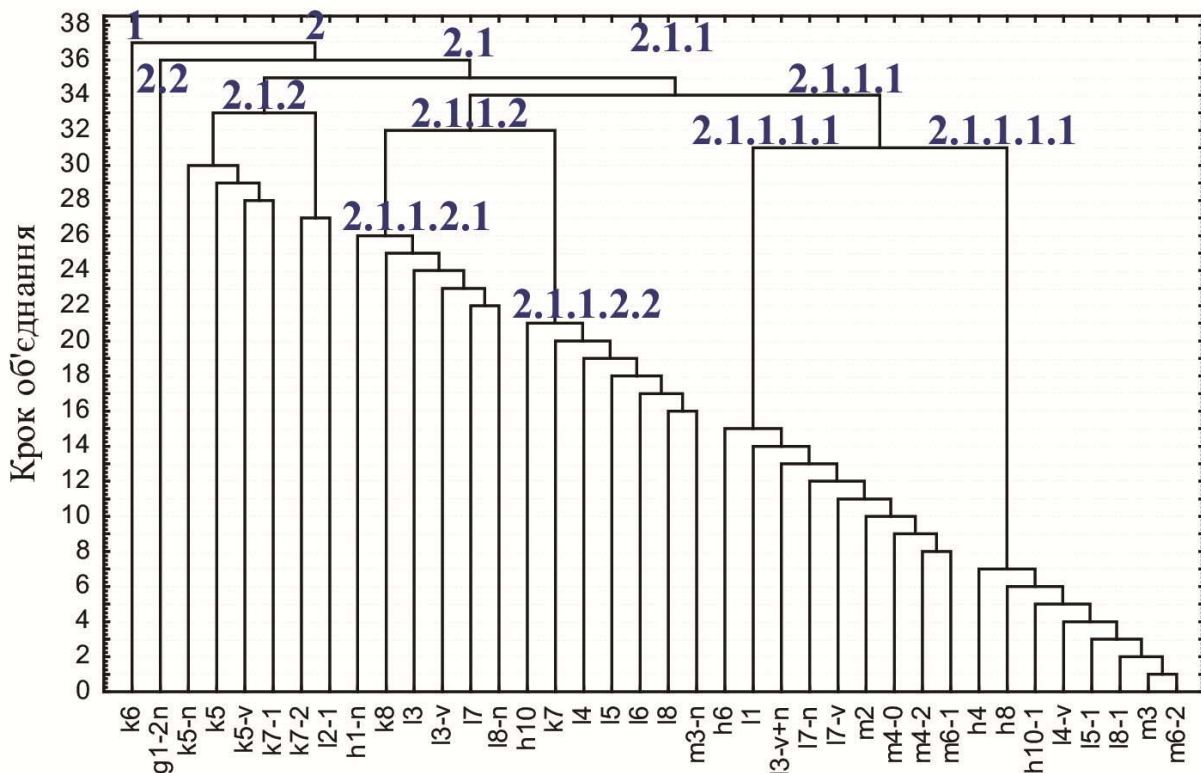


Рис. 10. Дендродіаграма результатів кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом Со

В результаті виконаних досліджень встановлено:

1. За вмістом Mn усі досліджені вугільні пласти району впевнено поділяються на сім груп, у яких вибірккові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом відносяться пласти l_4^B , l_5 , l_3^{B+H} , l_6 , k_7^2 , k_7 , l_8^H , до кластеру з низьким вмістом входять пласти l_7^H , l_8^1 , l_2^1 , до кластеру де вміст марганцю нижче середнього відносяться пласти h_8 , k_6 , h_{10}^1 , h_1^H , l_3 , h_{10} , m_4^0 , до кластеру з середнім вмістом Mn включені пласти k_5 , l_1 , l_7^B , k_8 , l_3^B , m_3 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти k_5^B , m_3^H , l_4 , l_5^1 , m_4^2 , k_7^1 , m_6^2 , l_8 , h_4^B , l_7 , m_2 , g_1^{2H} , m_6^1 , до кластеру з високим вмістом марганцю відноситься пласт h_6 , а до кластеру з аномально високою концентрацією відноситься тільки пласт k_5^H .

2. За вмістом As усі досліджені вугільні пласти району надійно поділяються на сім груп, у яких вибірккові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом відноситься пласт l_6 , до кластеру з низьким вмістом входять пласти h_8 , l_4 , k_6 , l_7^B , l_5^1 , k_5^H , l_3^{B+H} , k_5^B , l_8^H , до кластеру де вміст цього елемента нижче середнього відносяться пласти k_5 , m_2 , l_7^H , k_8 , l_8^1 , h_4 , l_7 , l_8 , m_3^H , l_3^B , до кластеру з середнім вмістом As включені пласти h_1^H , l_3 , k_7^2 , l_2^1 , k_7 , l_1 , m_4^0 , g_1^{2H} , l_4^B , h_{10} , m_4^2 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти m_3 , m_6^1 , l_5 , h_{10}^1 , m_6^2 , до кластеру з високим вмістом As відноситься пласт h_6 , а до кластеру з аномально високою концентрацією As відноситься тільки пласт k_7^1 .

3. За вмістом Ni усі досліджені вугільні пласти району впевнено поділяються на сім груп, у яких вибірккові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом відносяться пласти l_7^H , k_6 , l_8^1 , m_6^2 , до кластеру з низьким вмістом входять пласти h_8 , l_5^1 , h_{10} , l_5 , m_4^2 , до кластеру де вміст цього елемента нижче середнього відносяться пласти l_3 , l_3^B , l_4 , l_7 , l_1 , l_7^B , h_6 , l_8 , h_1^H , h_{10}^1 , l_4^B , l_8^H , m_2 , m_4^0 , до кластеру з середнім вмістом нікелю включені пласти h_4 , k_5^B , k_8 , k_5^H , k_7 , k_7^1 , l_3^{B+H} , l_6 , l_2^1 , m_3 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відноситься пласт k_7^2 , до кластеру з високим вмістом Ni відносяться пласти k_5 , m_3^H , g_1^{2H} , а до кластеру з аномально високою концентрацією Ni відноситься тільки пласт m_6^1 .

4. За вмістом Hg усі досліджені вугільні пласти району впевнено поділяються на сім груп, у яких вибірккові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом відноситься пласт m_3^H , до кластеру з низьким вмістом входять пласти h_8 , l_5^1 , k_5^H , k_5^B , k_6 , l_3^{B+H} , l_3^B , l_4^B , l_6 , l_7 , l_7^B , l_8^H , l_8 , m_4^0 , m_4^2 , m_6^1 , до кластеру де вміст цього елемента нижче середнього відносяться пласти k_7^2 , l_7^H , l_8^1 , m_2 , l_4 , m_6^2 , до кластеру з середнім вмістом ртуті включені пласти h_{10}^1 , k_5 , k_7^1 , l_5 , m_3 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти k_8 , k_7 , l_1 , l_2^1 , l_3 , h_1^H , h_{10} , до кластеру з високим вмістом Hg відноситься тільки пласт g_1^{2H} , а до кластеру з аномально високою концентрацією ртуті відносяться пласти h_6 , h_4 .

5. За вмістом Be усі досліджені вугільні пласти району надійно поділяються на сім груп, у яких вибірккові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально

низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом берилію відносяться пласти k_5 , k_7^1 , l_5 , до кластеру з низьким вмістом входять пласти k_8 , l_1 , l_3 , l_7^B , m_6^1 , m_3 , до кластеру де вміст цього елемента нижче середнього відносяться пласти h_4 , k_7^2 , l_3^{B+H} , m_2 , m_3^H , m_4^2 , до кластеру з середнім вмістом включені пласти h_6 , h_{10} , h_{10}^1 , k_5^B , l_5^1 , l_8^1 , l_2^1 , l_7 , m_6^2 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти k_5^H , k_6 , l_3^B , l_4 , l_4^B , k_7 , h_4 , l_8^H , m_4^0 , до кластеру з високим вмістом Ве відносяться пласти h_1^H , h_8 , g_1^{2H} , l_8 , а до кластеру з аномально високою концентрацією Ве відносяться пласти l_6 , l_7^H .

6. За вмістом F усі досліджені вугільні пласти району впевнено поділяються на сім груп, у яких вибіркові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом фтору відносяться пласти l_5^1 , l_7^B , k_7 , l_3^B , до кластеру з низьким вмістом входять пласти k_5^H , l_8^H , l_4^B , l_8^1 , l_7^H , до кластеру де вміст фтору нижче середнього відносяться пласти m_3^H , k_5^B , m_4^2 , l_7 , l_1 , m_2 , k_7^1 , l_2^1 , m_6^2 , до кластеру з середнім вмістом F включені пласти h_{10} , l_3^{B+H} , h_1^H , h_4 , h_6 , l_3 , l_4 , l_8 , m_4^0 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти h_{10}^1 , l_5 , k_8 , k_5 , m_3 , до кластеру з високим вмістом фтору відносяться пласти k_6 , l_6 , g_1^{2H} , m_6^1 , а до кластеру з аномально високою концентрацією відноситься тільки пласт h_8 .

7. За вмістом Pb усі досліджені вугільні пласти району надійно поділяються на сім груп, у яких вибіркові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом відносяться пласти l_5^1 , l_6 , l_4^B , m_6^2 , до кластеру з низьким вмістом входять пласти k_5^B , l_3^B , h_{10} , h_{10}^1 , k_5^H , l_8 , до кластеру де вміст свинцю нижче середнього відносяться пласти h_6 , h_8 , k_7 , l_3^{B+H} , l_5 , l_7 , m_4^0 , h_1^H , l_8^H , m_6^1 , до кластеру з середнім вмістом Pb включені пласти h_4 , l_3 , l_7^B , m_2 , k_6 , l_1 , l_2^1 , l_4 , l_7^H , l_8^1 , m_3 , m_4^2 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти g_1^{2H} , k_7^1 , k_5 , k_8 , до кластеру з високим вмістом свинцю відноситься пласт k_7^2 , а до кластеру з аномально високою концентрацією відноситься тільки пласт m_3^H .

8. За вмістом V усі досліджені вугільні пласти району впевнено поділяються на сім груп, у яких вибіркові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом ванадію відносяться пласти l_5 , m_6^2 , l_8^H , до кластеру з низьким вмістом входять пласти k_7 , l_5^1 , m_3 , h_6 , m_4^2 , до кластеру де вміст цього елемента нижче середнього відносяться пласти l_3^B , l_7^H , h_{10}^1 , l_8 , m_2 , l_3 , l_8^1 , до кластеру з середнім вмістом включені пласти k_6 , l_7 , m_4^0 , h_{10} , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти l_4 , h_4 , h_8 , h_1^H , l_4^B , до кластеру з високим вмістом відносяться пласти l_1 , l_2^1 , k_5^B , l_7^B , m_6^1 , k_8 , g_1^{2H} , m_3^H , k_5^H , l_6 , а до кластеру з аномально високою концентрацією ванадію відносяться пласти k_5 , k_7^2 , l_3^{B+H} .

9. За вмістом Cr усі досліджені вугільні пласти району надійно поділяються на сім груп, у яких вибіркові середньозважені значення вмісту TiPTE значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом хрому відносяться пласти l_5^1 , l_8^H , l_3^{B+H} , m_3^H , m_6^2 , до кластеру з низьким вмістом входять пласти l_4 , l_4^B ,

k_7 , k_7^1 , l_7^B , до кластеру де вміст цього елемента нижче середнього відносяться пласти k_5^H , k_5^B , m_2 , m_4^2 , m_6^1 , до кластеру з середнім вмістом включені пласти h_1^H , h_6 , l_7^H , l_8 , h_{10}^1 , l_8^1 , h_{10} , l_3^B , l_6 , m_3 , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти l_1 , l_7 , l_3 , m_4^0 , h_4 , h_8 , l_5 , l_2^1 , k_6 , до кластеру з високим вмістом відносяться пласти g_1^{2H} , k_5 , k_8 , а до кластеру з аномально високою концентрацією хрому відноситься тільки пласт k_7^2 .

10. За вмістом Со усі досліджені вугільні пласти району впевнено поділяються на сім груп, у яких вибірккові середньозважені значення вмісту ТіПТЕ значимо відрізняються між окремими кластерами і їх можна інтерпретувати в термінології якісної оцінки, як: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів по розрізу вугленосної товщі. До кластеру з аномально низьким вмістом Со відноситься тільки пласт k_6 , до кластеру з низьким вмістом входять пласти h_6 , l_1 , l_3^{B+H} , l_7^H , l_7^B , m_2 , m_4^0 , m_4^2 , m_6^1 , до кластеру де вміст цього елемента нижче середнього відносяться пласти h_4 , h_8 , h_{10}^1 , l_4^B , l_5^1 , l_8^1 , m_3 , m_6^2 , до кластеру з середнім вмістом включені пласти h_1^H , k_8 , l_3 , l_3^B , l_7 , l_8^H , до кластеру з концентрацією цього елемента вище середнього відносяться пласти h_{10} , k_7 , l_4 , l_5 , l_6 , l_8 , m_3^H , до кластеру з високим вмістом відносяться пласти k_5^H , k_5 , k_5^B , k_7^1 , k_7^2 , l_2^1 , а до кластеру з аномально високою концентрацією кобальту відноситься тільки пласт g_1^{2H} .

Отримані результати дозволяють сформулювати наступні основні висновки:

1. Отримані в результаті кластерного аналізу дендрограми кластеризації зваженим центроїдним методом вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району за вмістом ТіПТЕ наглядно й надійно візуалізують рівень накопичення цих елементів.

2. По концентрації ТіПТЕ усі досліджені вугільні пласти району надійно поділяються на сім груп: аномально низькі; низькі; нижче середніх; середні; вище середніх; високі; аномально високі. Реалізація такого підходу дає можливість наглядно зіставити ці різномасштабні показники вугільних пластів між собою і таким чином на підставі результатів кластерного аналізу розробити класифікацію вугільних пластів за вмістом ТіПТЕ, а далі - інтерпретувати її у геолого-генетичних поняттях.

Основна практична цінність виконаних дослідів полягає у тому що, результати кластерного аналізу дають можливість виконати довготерміновий прогноз вмісту ТіПТЕ в добуваємі гірничій масі і планувати наступні технічні заходи направлені на зниження цих елементів в продуктах і відходах вуглевидобутку.

Основне наукове значення отриманих результатів полягає у встановленні для всіх пластів району досліджень характеру розподілу ТіПТЕ, що вірогідно має полігенний і поліхронний характер накопичення. Зміна їх концентрацій по пластам у розрізі вугленосної товщі району обумовлена тектонічними і фаціальними особливостями її формування, контролюючими петрографічний склад вугілля, гідродинамічний режим басейну торфонакопичення, літолого-фаціальний склад безпосередньої і основної покрівлі вугільних пластів, тріщинуватість вугілля і вміщуючих порід.

Список літератури

1. Ишков В.В., Чернобук А.И., Москаленко А.Б. Распределение бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Снежнянской ГОФ. // Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов, вып. 21. - Днепропетровск, 2000. - С. 76 – 83.

2. Ишков В.В., Чернобук А.И., Дворецкий В.В. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Краснолиманской ЦОФ. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №5. - Днепропетровск, 2001. - С. 84-86.

3. Ишков В.В., Чернобук А.И., Михальчонок Д.Я. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Добропольской ЦОФ. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №4. - Днепропетровск, 2001. - С. 89-90.

4. Ишков В.В., Лозовой А.Л. О закономерностях распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах Павлоград-Петропавловского района. // Научный вестник Национальной горничной академии Украины. №2. – Днепропетровск, 2001. – С. 57-61.
5. Курмельов И.И. Тектоническая нарушенность и геохимическая характеристика пород Чистяково – Снежнянского геолого-промышленного района Донбасса / И.И. Курмельов // Научный вестник НГУ. – 2013. – №136. – С 18-22.
6. Дворников А.Г. Ртутоносность углей Донецкого бассейна / А.Г. Дворников –М.: Недра,1987, 180 с.
7. Горовой А.Ф. Геохимия твердых промышленных отходов предприятий Донбасса. / А.Ф Горовой // Минералогический журнал. – 2001. - №4. – С 136-142.
8. Горовой А.Ф. Токсичные элементы в углях шахтных полей угленосных районов Северного Донбасса / А.Ф Горовой, Н.А. Горвая // Научные работы ДонНТУ. – 2002. - №54. – С 123-126.
9. Ишков В.В. О классификации угольных пластов по содержанию токсичных элементов с помощью кластерного анализа. // В.В. Ишков, Е.С. Козий // Сборник научных работ НГУ. – 2014. -№ 45 – С. 209-221.
10. Ишков В.В. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с₇^н шахти «Павлоградська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району / В.В. Ишков, Е.С. Козий // Вісник Київського національного університету. Геологія. 2017. - №79.- С 59 – 66.
11. Козий Є.С. Розподіл токсичних елементів по пласту с₈^в шахти Західно-Донбаська Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району / Є.С. Козій, В.В. Ишков, // *Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників»*. 04-05 жовтня 2017 року – Дніпро. – 2017. – С. 265-275.
12. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб. Питер, 2001. – 658 с.