

В.В. Ішков, Є.С. Козій, Є.О. Капшученко

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна

Ю.В. Стрельник

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

ПОПЕРЕДНІ ДАНІ ПРО ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НІКЕЛЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ K_5 ПОЛЯ ВП «ШАХТА «КАПІТАЛЬНА»

Наведені результати досліджень особливостей просторового розповсюдження нікелю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна». Виконані розрахунки рівнянь регресії між вмістом нікелю і технологічними параметрами вугілля. Виявлено, що значення вмісту нікелю мають різної сили позитивний кореляційний зв'язок з потужністю, зольністю, вмістом сірки загальної і глибиною залягання пласта. Побудовані й проаналізовані карти розподілу нікелю, які мають змогу прогнозувати його концентрацію у видобутій шахтою гірничій масі. Встановлено, що нікель утворює геохімічну асоціацію з кобальтом, свинцем, хромом та ванадієм, за рахунок

Ключові слова: нікель, токсичні елементи вугілля, кореляційний зв'язок, карта ізоконцентрат, лінійне рівняння регресії

Відповідно до нормативних документів Державної комісії України по запасах корисних копалин (ДКЗ) [1] нікель відноситься до потенційно токсичних елементів у вугіллі. Прогнозування вмісту цього та інших токсичних та потенційно токсичних елементів у вугіллі діючих шахт та їх просторового розповсюдження є однією з першочергових етапів вирішення геолого-екологічних проблем сталого розвитку України, пов'язаних з найбільш ефективним видобутком, переробкою і використанням вугілля Донбасу при мінімальних еколого-економічних збитках. Результати досліджень, які покладені в основу даної роботи, були проведені в рамках виконання держбюджетної науково-дослідницької роботи державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (згідно Наказу МОН України №1636 від 20.12.2017 Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»): № Р-617 (державний реєстраційний номер №0112U004196) у творчій співпраці співробітників НТУ «Дніпровська політехніка» та ДонНТУ.

За останні роки особливостям розподілу і розповсюдження токсичних та потенційно токсичних елементів загалом і вмісту нікелю зокрема, у вугільних пластах Донбасу, продуктах і відходах вуглезбагачення присвячено роботи [2 - 17]. Але незважаючи на це, до теперішнього часу розподіл нікелю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» не розглядався.

З використанням системного підходу для вирішення поставлених завдань був застосований комплекс методів, який включав в себе: збір,

аналіз і узагальнення матеріалів геологічної зйомки і геохімічних досліджень вугільних пластів усього Красноармійського геолого-промислового району та зокрема ВП «Шахта «Капітальна»; створення електронної бази геохімічного опробування вугільних пластів з використанням даних опису кернів свердловин та геологічної документації гірничих виробок; відбір проб мінеральної частини вугільних пластів для подальших досліджень. Обробку та інтерпретацію вихідних аналітичних даних здійснено за допомогою програм – Microsoft Excel, Statistica 7; для візуалізації результатів, зокрема, побудови карт застосовано геоінформаційну систему (ГІС): Golden Software Surfer 11.

Залягання кам'яновугільних порід на полі шахти, як і в районі в цілому моноклінальне, з падінням на схід і північний схід під кутами 4° - 15° . Порівняно спокійне залягання порід в межах шахтного поля ускладнюється порушеннями диз'юнктивного і складчастого характеру. З північної і північно-східної сторони поле шахти обмежено Глибокоярським скиданням. У північній частині поля шахти розвинене Червонолиманське скидання.

Вміст нікелю змінюється у вугільному пласті в межах шахтного поля від 20 г/т до 30 г/т. На карті ізоконцентрат нормованих значень нікелю можна виділити шість зон підвищеного вмісту (рис. 1). Найбільші значення концентрацій нікелю 30 г/т пов'язані із свердловинами №1859 на південному заході і №3415 на сході ділянки. Значення вмісту 29 г/т мають свердловини №3030 на півдні ділянки і №2952 на північному заході. Значення вмісту 28 г/т приурочені до свердловин №3414 на південному сході і №2891 на північному заході шахтного поля.

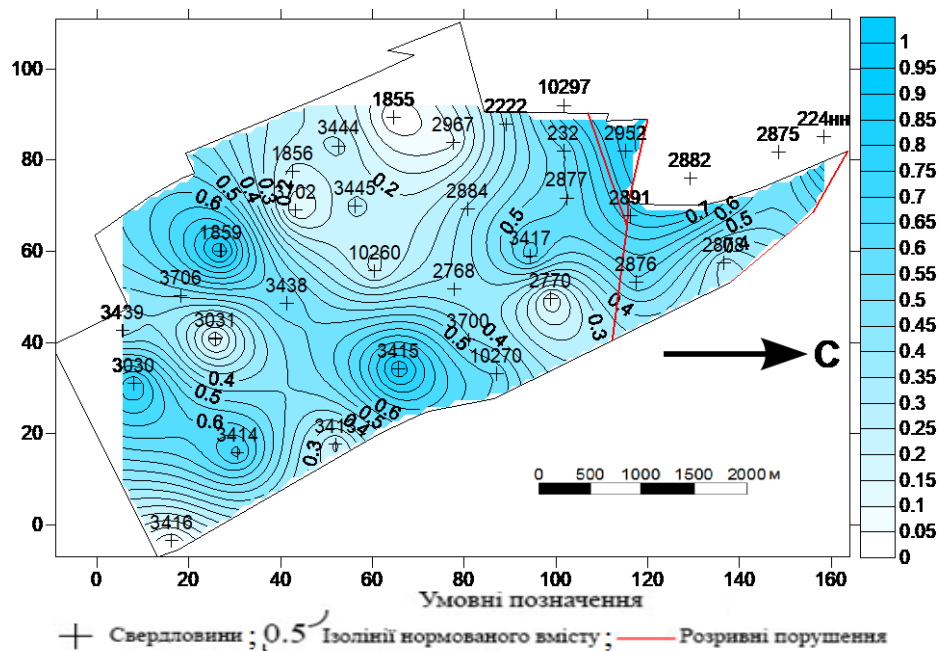


Рис. 1. Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Ni у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

На карті регіональної складової вмісту нікелю (рис. 2), його значення збільшуються в північно-східному напрямку.

На карті зміни локальної складової нормованого вмісту нікелю, як і у випадку с кобальтом у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» (рис. 3) спостерігаються три субпаралельно розташовані діагональних зони підвищених значень локальної складової нормованих концентрацій Ni. Вони простягаються в загальному напрямку з північного сходу на південний захід через всю площу шахтного поля.

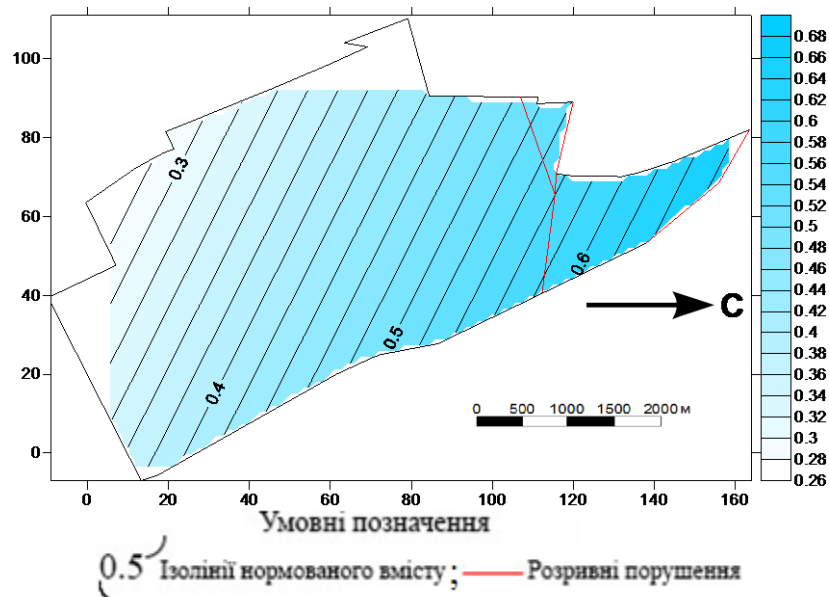


Рис. 2. Карта зміни регіональної складової нормованого вмісту Ni у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

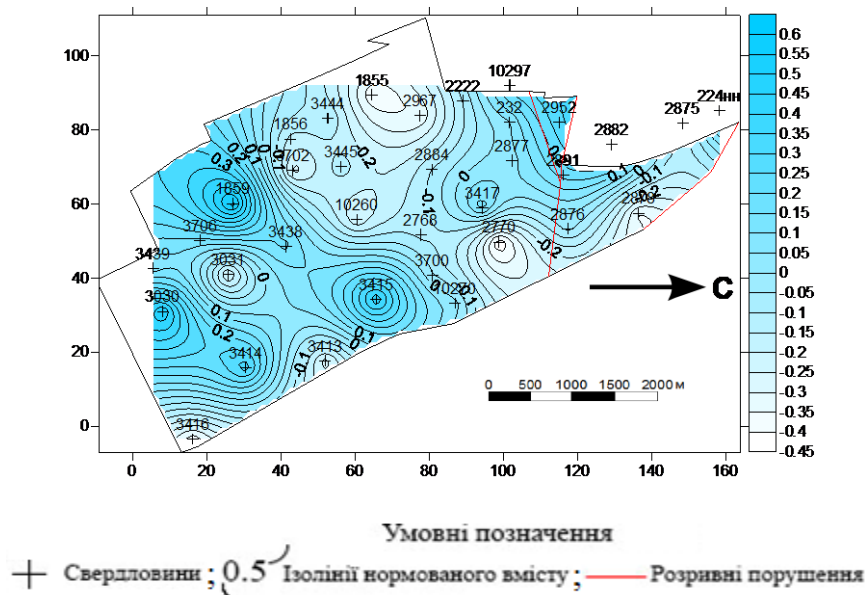


Рис. 3. Карта зміни локальної складової нормованого вмісту Ni у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

Перша зона встановлюється за даними свердловин № 3414 і № 3030, друга зона включає територію розташування свердловин № 1859 № 3438 і № 3415, третя зона охоплює площу розташування свердловин № 232, № 2952, № 2877, № 2776 та № 2891. Таким чином, площину локальної складової концентрацій Ni пласта k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» являє собою гофровану поверхню в якій локальні гофри в загальному структурному плані орієнтовані перпендикулярно Українському кристалічному щиту.

На карті градієнту нормованого вмісту нікелю, як і випадку с кобальтом у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» (рис. 4) добре простежуються дві смуги максимальних градієнтів змісту Ni. Перша з них включає територію розташування свердловин № 3030, № 3031, № 3706, № 1859, № 3702, № 3444, № 1855, № 2222, № 232. Друга смуга охоплює площу розташування свердловин № 3416, № 3414, № 3413, № 3415, № 3700, № 2770, № 2891, № 2878.

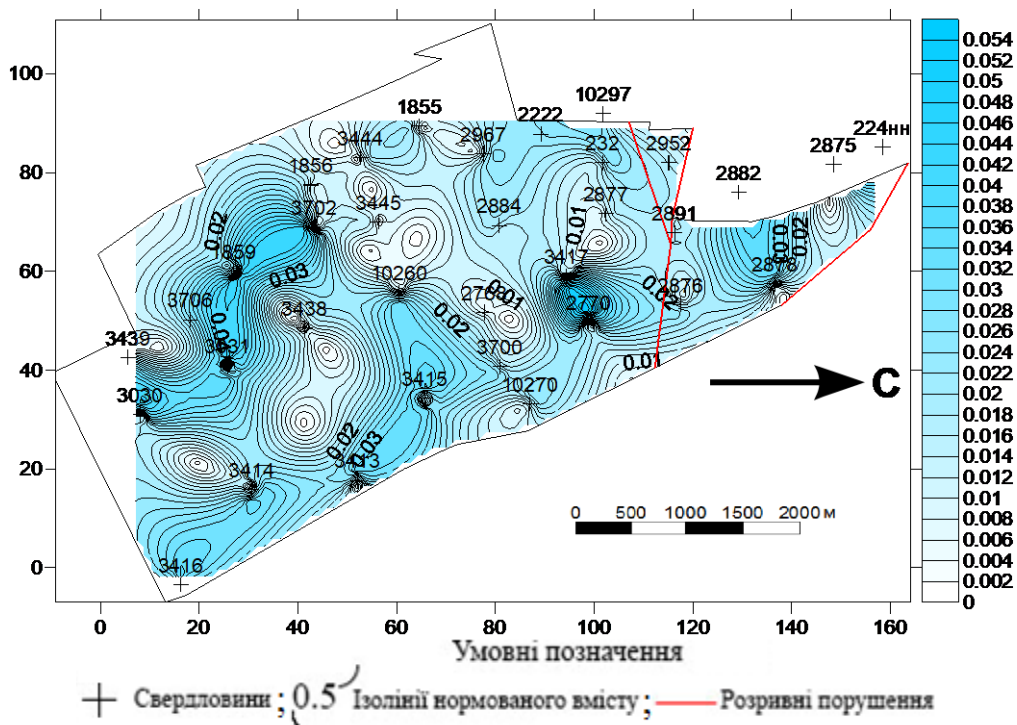


Рис. 4. Карта зміни градієнту нормованого вмісту Ni у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і ртуті у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.4198 + 0.1173 \times Hg$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і ртуті у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,09, що вказує на наявність дуже слабого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і миш'яку у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.4174 + 0.1077 \times As$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і миш'яку у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,08, що вказує, як і у випадку між значеннями вмісту нікелю і ртуті, на наявність дуже слабого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і фтору у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.3488 + 0.2174 \times F$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і фтору у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,2, що вказує на наявність теж дуже слабого прямого кореляційного зв'язку між ними.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і марганцю у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.3444 + 0.1974 \times Mn$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і марганцю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,2, що вказує на наявність дуже слабого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і ванадію у вугільному пласті k_5 : $Ni = -0.0404 + 0.9576 \times V$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і ванадію у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,83, що вказує на наявність сильного прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і кобальту у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.0444 + 0.9851 \times Co$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і кобальту у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,95, що вказує на наявність дуже сильного прямого кореляційного зв'язку між ними.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і хрому у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.0622 + 1.1223 \times Cr$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і хрому у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,82, що вказує на наявність сильного прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і свинцю у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.0338 + 0.9317 \times Pb$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і свинцю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,88, що вказує на наявність дуже слабого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і берилію у вугільному пласті k_5 : $Ni = 0.8076 - 0.6081 \times Be$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і берилію у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює -0,55, що

вказує на наявність середнього зворотного кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і глибиною залягання підшви вугільного пласту k_5 : $N_i = 0.423 + 0.0645 \times h$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і глибиною залягання підшви вугільного пласту k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,07, що вказує на наявність дуже слабкого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами нікелю і сірки загальної у вугільному пласті k_5 : $N_i = 0.4076 + 0.2351 \times S_{\text{заг}}$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і сірки загальної у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,23, що вказує на наявність слабкого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістом нікелю і зольністю у вугільному пласті k_5 : $N_i = 0.2359 + 0.874 \times A^d$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту нікелю і зольністю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,71, що вказує на наявність сильного прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістом нікелю і потужністю у вугільному пласті k_5 : $N_i = 0.3549 + 0.1905 \times m$. Коефіцієнт кореляції між значеннями концентрації нікелю і потужністю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,2, що вказує на наявність дуже слабкого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

За результатами вище вказаних досліджень сформульовані такі висновки:

- 1) Вміст нікелю варіює у вугільному пласті k_5 по шахтному полю в інтервалі значень від 20 г/т до 30 г/т.
- 2) Значення регіональної складової у вугільному пласті k_5 в межах поля ВП «Шахта «Капітальна» концентрацій нікелю збільшуються в північно-східному напрямку. Таким чином, значення регіональної складової нікелю збільшуються в напрямку від Українського кристалічного щита.
- 3) Зони підвищених нормованих концентрацій цього елементу, а також його локальні складові у загальному вигляді утворюють смуги, які орієнтовані субперпендикулярно до межі Українського кристалічного щита. Причому, переважна більшість аномалій не пов'язана з ділянками підвищеної проникності вугленосної товщі (розривними порушеннями і ділянками підвищеної тріщинуватості). Зони підвищених значень градієнтів нормованих концентрацій нікелю утворюють смуги, які в свою

чергу орієнтовані субперпендикулярно до смуг його підвищених нормованих концентрацій та локальних складових. Таке співвідношення кількісних особливостей у розподілі цього елементу візуально дуже схоже на схему осадження з підводних виносів річок на комплексні геохімічні бар'єри (фізико-хімічні та механічні).

- 4) Заслуговує на увагу що значення вмісту нікелю мають різної сили позитивний кореляційний зв'язок з потужністю, зольністю, вмістом сірки загальної і глибиною залягання пласта. При цьому, якщо позитивний кореляційний зв'язок значень концентрацій нікелю з потужністю пласта, глибиною його залягання і вмістом сірки загальної по своїй силі відноситься до дуже слабкої і слабкої, то сила позитивної кореляційної зв'язку між нікелем і зольністю зростає до сильної. На наш погляд цей факт можливо інтерпретувати таким чином, що переважна складова вмістів нікелю генетично пов'язана з глинистою аллотигеною речовиною. Незначний кореляційний зв'язок цього елементу з потужністю пласта ймовірно обумовлено невеликим, але статистично значущим збільшенням його зольності, що спостерігається при збільшенні його потужності при всіх інших рівних умовах. Незначний кореляційний зв'язок нікелю з глибиною залягання пласта може бути пов'язаний з незначними катагенетичними перетвореннями органічної та мінеральної складової вугілля пласту, при якій частина сорбційної і елементоорганічної складових концентрацій цих елементів переходять у мінеральну фазу, яка при спалюванні концентрується в золі вугілля, таким чином збільшуючи її внесок у загальний вміст. Незначний кореляційний зв'язок розглянутого елементу з вмістом сірки загальної на наш погляд обумовлений наступними чинниками: по-перше, переважна складова його вмістів у досліджуваному пласту генетично пов'язана з глинистою речовиною, по-друге, основна частина сірки загальної вугілля пласта входить до складу різного генезису сульфідів заліза, в загальному складі яких, елемент що розглядається, присутній в незначній кількості. Встановлено, що нікель утворює геохімічну асоціацію з кобальтом, свинцем, хромом та ванадієм.

Список літератури

1. Инструкция по изучению токсичных компонентов при разведке угольных и сланцевых месторождений. Под редакцией В.Р. Клера. М.: Инст. литосферы АН СССР, 1982. 84 с.

2. Козій Є.С., Ішков В.В. Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів. *Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка»*, 2017, № 136, С. 74-86.

3. 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 НГАУ*. 2001, №5. С. 84-86.

4. 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 НГАУ*. 2001. №4. С. 89-90.

5. Ишков В.В., Козій Є.С. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта c_7^H шахти «Павлоградська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району. *Вісник Київського національного університету. Геологія*. 2017. №79. С. 59 – 66. doi.org/10.17721/1728-2713.79.09

6. Ишков В.В., Козій Є.С. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта c_{10}^B шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. *Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка»*. 2017. № 133, С. 213-227.

7. Козій Є.С., Ішков В.В. Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів. *Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка»*. 2017. № 136, С. 74-86.

8. Козій Є.С., Ішков В.В. Особливості розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів в основних вугільних пластах по розрізу Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Донбасу. *Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників»*. 2018. С. 194-203.

9. Ишков В.В., Чернобук А.И. Особенности распределения бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах углеобогащения Красноармейской ЦОФ. *Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины*. №11. Т.3. Днепропетровск, 2001. С. 253-261.

10. Ишков В.В. Кобальт. Ванадий в угле основных рабочих пластов Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса. *Науковий вісник НГУ*. 2009. №10. С. 48-53.

11. Ишков В.В. Ванадий, хром и никель в угольных пластах Донецко-Макеевского геолого-промышленного района Донбасса. *Збірник наукових праць національного гірничого університету*. 2010. №35. С 17-31.

12. Ишков В.В. Некоторые особенности распределения свинца и хрома в угле основных рабочих пластов Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района. *Збірник наукових праць національного гірничого університету*. 2012. №37. С 321-332.

13. Ишков В.В., Козий Е.С. Новые данные о распределении токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта c_6^H шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. *Збірник наукових праць НГУ*. 2013. № 41. С 201-208.

14. Ishkov V.V., Koziy E.S., Lozovoi A.L. Definite peculiarities of toxic and potentially toxic elements distribution in coal seams of Pavlograd-Petropavlovka region. *Збірник наукових праць НГУ*. 2013. № 42. С. 18-23.

15. Ишков В.В. Козий Е.С. О распределении токсичных и потенциально-токсичных элементов в угле пласта c_6^H шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. *Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників»*. 2-5 жовтня 2013 року. Дніпропетровськ. 2013. С. 49-55.

16. Ишков В.В., Козий Е.С. О распределении золы, серы, марганца в угле пласта c_4 шахты «Самарская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. *Збірник наукових праць НГУ*. 2014. № 44. С. 178-186.

17. Ишков В.В., Козій Є.С. О распределении As, Hg, Be, F и Mn в угле пласта c_4 шахты «Самарская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района. *Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь, наука та інновації»*. Дніпро: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2016. С. 12-13.