

В.В. Ішков, Є.С. Козій, В.О. Киричок

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

Ю.В. Стрельник

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

ПЕРШІ ВІДОМОСТІ ПРО РОЗПОДІЛ СВИНЦЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ К₅ ВП «ШАХТА «КАПІТАЛЬНА»

В статті приведені результати аналізу особливостей просторового розповсюдження свинцю за допомогою побудованих карт ізоконцентрат нормованого вмісту, зміни регіональної складової нормованого вмісту, зміни локальної складової нормованого вмісту та зміни градієнту нормованого вмісту цих елементів у вугільному пласті К₅ поля ВП «Шахта «Капітальна». Здійснено розрахунки рівнянь регресії між вмістом свинцю і технологічними параметрами вугілля. В результаті виконаних кореляційних та регресійних аналізів, виявлено, що вміст свинцю має різної сили позитивний кореляційний зв'язок з потужністю, зольністю, вмістом сірки загальної і глибиною залягання пласта. Побудовані й проаналізовані карти розподілу свинцю, які є фактологічною основою для довгострокового прогнозу його концентрацій у видобутій шахтою гірничій масі.

Ключові слова: свинець, карта ізоконцентрат, шахтне поле, кореляційний зв'язок, коефіцієнт кореляції, рівняння регресії

На сьогодні для вирішення екологічних питань у вуглевидобувних регіонах, дослідження токсичних та потенційно токсичних елементів (до яких відносить й свинець) у вугільних пластах є обов'язковими [1] та дозволяють визначати вплив на довкілля вуглевидобувних і вуглезбагачувальних підприємств, а також організацій вугільної теплоенергетики.

Вивчення особливостей розподілу токсичних елементів у вугіллі пов'язані із зростанням вимог до охорони навколишнього середовища, які обумовлюють потребу в нових науково обґрунтованих методах прогнозу вмісту токсичних елементів в добуваємії шахтами гірській масі та відходах видобутку і вуглезбагачення. Особлива актуальність даної проблеми визначається Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 року №2059-VIII.

Результати досліджень, що 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 свинцю зокрема, у вугільних пластах Донбасу, продуктах і відходах вуглезбагачення присвячено низку праць [2 - 17]. Але незважаючи на це, до теперішнього часу розподіл свинцю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» не розглядався.

Для вирішення поставлених завдань з використанням системного підходу для досліджень був застосований комплекс методів, який включав в себе: збір, аналіз та 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; при вивченні відібраних проб був застосований комплекс мінералого-петрографічних методів; при обробці, аналізу і узагальненню результатів застосовувалися генетичний і порівняльно-історичний методи, та комплекс статистичних методів, які були спрямовані на вирішення окремих завдань та досягнення мети роботи в цілому. 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. У процесі побудови карт, графіків і розрахунку коефіцієнтів кореляції всі значення концентрацій свинцю й технологічних параметрів вугілля нормувались за формулою:

$$X_{\text{норм}} = (X_i - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}), \quad (1)$$

де: X_i – результат одиничного значення концентрації елемента;

X_{max} – результат максимального значення концентрації елемента;

X_{min} – результат мінімального значення концентрації елемента.

Нормування здійснювалося для приведення вибірки до одного масштабу незалежно від одиниць виміру та розмаху вибірок.

ВП «Шахта «Капітальна» (до 2010 року шахта «Стаханова») є однією із найбільших шахт України, розташована у місті Мирноград Донецької області. Вона знаходиться в центральній частині Красноармійського геолого-промислового району. Загальна площа шахтного поля складає 60 км², в середньому 17 км по простяганню і 3,5 км по падінню. Вугільний пласт k_5 має потужність 0,55-2,2 м і представлений марками Г та Ж.

Концентрація свинцю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» (рис. 1) варіює в діапазоні значень від 1,2 г/т до 15,6 г/т. На фоні мінливості вмісту свинцю у пласті k_5 можна виділити чотири зони

його підвищених концентрацій. Найбільше значення встановлено у керні із свердловини № 1859 на півдні ділянки із вмістом свинцю 15,6 г/т. На схід від неї, в південно-східній частині поля шахти розташована свердловина №3414 із значенням 13,4 г/т. В північно-західній частині шахтного поля локалізована свердловина №2952 із вмістом свинцю 13,2 г/т. На південний схід від неї розташована четверта зона підвищеного вмісту свинцю із значенням 12,5 г/т, яка знаходиться біля свердловини № 3417.

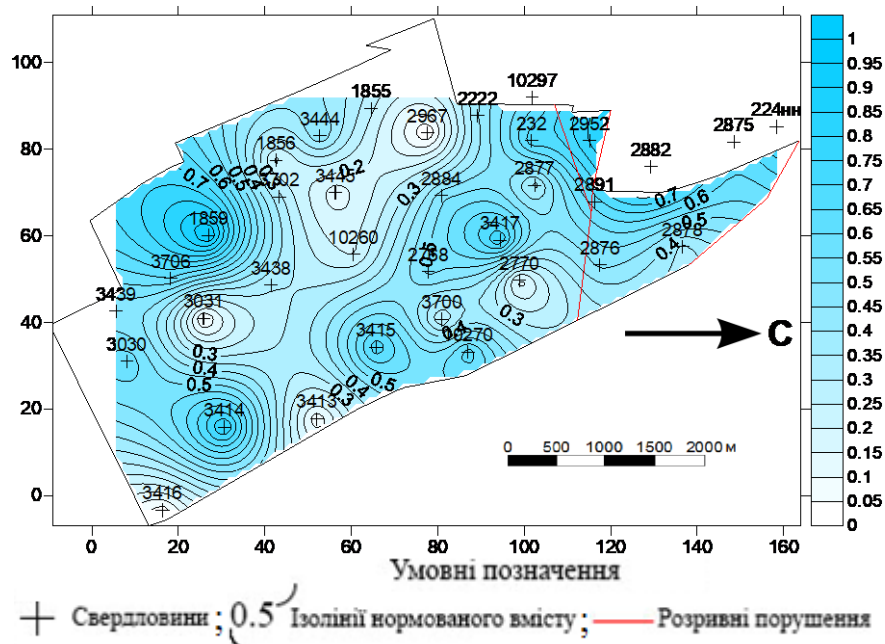


Рис. 1. Карта ізоконцентрат нормованого вмісту Pb у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

На карті регіональної складової вмісту свинцю (рис. 2), спостерігається збільшення його концентрації в північно-західному напрямку.

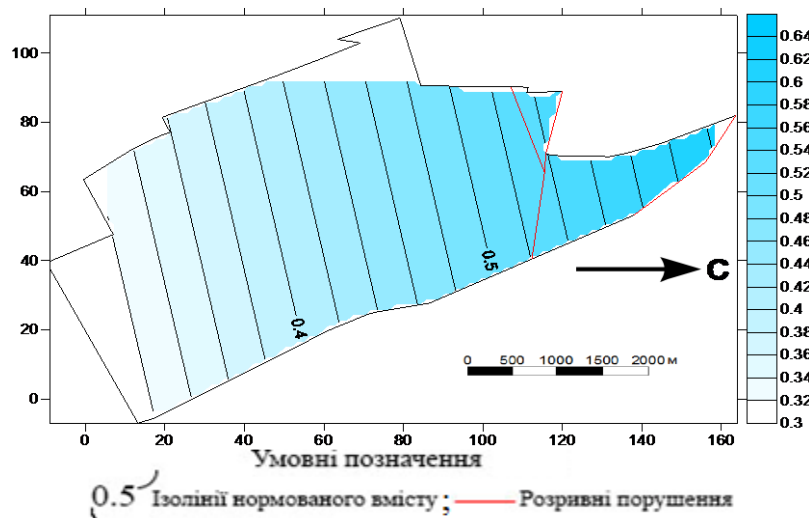


Рис. 2. Карта зміни регіональної складової нормованого вмісту Pb у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

На карті зміни локальної складової нормованого вмісту Pb у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» (рис. 3) спостерігаються підковоподібна смуга області загальних підвищених значень, що простягається уздовж східної межі шахтного поля (свердловини № 2222, № 1855, № 3444, № 1859, № 3706) до його південно-західного кордону (свердловини № 3439, № 3030, № 3414), а потім продовжується у зворотному напрямку (свердловини № 3415, № 1027, № 2768, № 3417, № 232, № 2952). На площі цієї смуги виділяються дві ділянки з аномально високими значеннями локальної складової нормованого вмісту Pb. Перша ділянка розташована біля свердловин № 1859 і № 3706. Друга ділянка знаходиться біля свердловини № 3414.

На карті градієнту нормованого вмісту Pb у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» (рис. 4) спостерігаються дві ділянки з максимальними його значеннями. Перша з них розташована біля свердловини № 3031, а друга – біля свердловини № 2770.

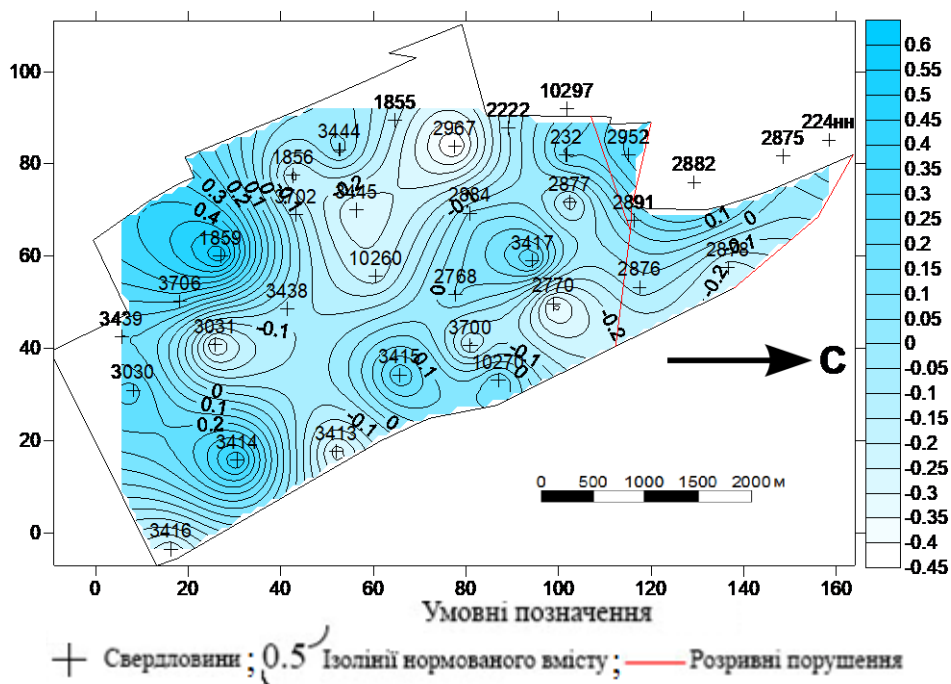


Рис. 3. Карта зміни локальної складової нормованого вмісту Pb у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і миш'яку у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.472 - 0.0473 \times As$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і миш'яку у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює -0,04, що вказує на наявність дуже слабого зворотного кореляційного зв'язку між цими параметрами.

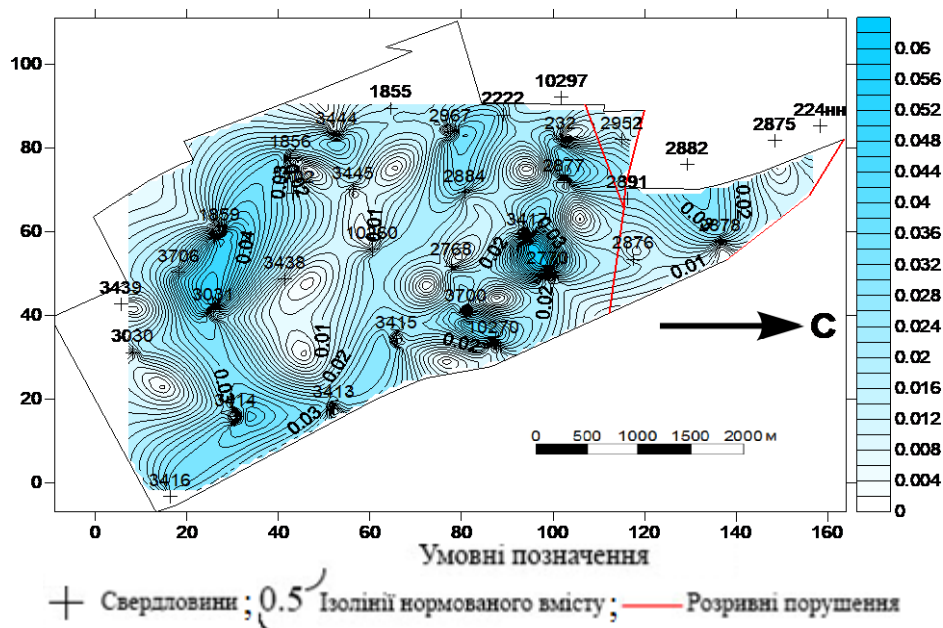


Рис. 4. Карта градієнту нормованого вмісту Pb у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна»

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і ртуті у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.4537 + 0.0024 \times Hg$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і ртуті у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,01, що вказує на наявність дуже слабкого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і фтору у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.3526 + 0.2043 \times F$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і фтору 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.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і марганцю у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.3556 + 0.173 \times Mn$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і марганцю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,18, що вказує на наявність дуже слабкого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і ванадію у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.0578 + 0.7635 \times V$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і ванадію у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,7, що вказує на наявність середнього прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і кобальту у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.472 - 0.0473 \times Co$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і кобальту 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 свинцю і нікелю у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.472 - 0.0473 \times Ni$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і нікелю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,88, що вказує на наявність сильного прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і хрому у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.1084 + 0.9832 \times Cr$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і хрому у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,76, що вказує на наявність сильного прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і берилію у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.7591 - 0.5287 \times Be$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і берилію у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює -0,51, що вказує на наявність середнього зворотного кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістом свинцю і глибиною підшви у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.472 - 0.0473 \times h$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і глибиною підшви вугільного пласту k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,17, що вказує на наявність дуже слабкого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і сірки загальної у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.4274 + 0.1282 \times S_{\text{заг}}$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і сірки загальної у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює -0,13, що вказує на наявність дуже слабкого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістом свинцю і зольністю у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.2672 + 0.7397 \times A^d$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і зольністю у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,64, що вказує на наявність середнього прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами свинцю і потужністю у вугільному пласті k_5 : $Pb = 0.472 - 0.0473 \times m$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту свинцю і потужністю у

вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,22, що вказує на наявність слабого прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

Слід зауважити, що всі наведені коефіцієнти кореляції, незалежно від їх значень, відносяться до статистично значущих.

Аналіз особливостей просторового розповсюдження свинцю за допомогою побудованих карт ізоконцентрат нормованого вмісту, зміни регіональної складової нормованого вмісту, зміни локальної складової нормованого вмісту та зміни градієнту нормованого вмісту цих елементів у вугільному пласті k_5 поля ВП «Шахта «Капітальна» і результатів виконаних кореляційних та регресійних аналізів дозволяє сформулювати наступні основні висновки:

1. Вміст свинцю змінюється у вугільному пласті k_5 по шахтному полю в інтервалі значень від 1,2 г/т до 15,6 г/т.

2. Значення регіональної складової у вугільному пласті k_5 в межах поля ВП «Шахта «Капітальна» концентрацій свинцю збільшуються в північно-західному напрямку. Таким чином, значення регіональної складової цього елементу збільшуються в напрямку від Українського кристалічного щита.

3. Зони підвищених нормованих концентрацій свинцю, а також його локальної складової 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 цих елементів утворюють смуги, які в свою чергу орієнтовані субперпендикулярно до смуг підвищених нормованих концентрацій кобальту, нікелю і свинцю та їх локальних складових. Таке співвідношення кількісних особливостей у розподілі елементів візуально дуже схоже на їх осадження з підводних виносів річок на комплексні геохімічні бар'єри (фізико-хімічні та (або) механічні).

4. Заслуговує на увагу що вміст свинцю має 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 цього елемента з глибиною залягання пласта і вмістом сірки загальної по своїй силі відноситься до дуже слабкої, то вже зв'язок його вмісту з потужністю пласта та зольністю змінюється відповідно від слабкої до середньої. Переважна складова вмістів свинцю у проаналізованих пробах генетично пов'язана з глинистою аллотигеною речовиною. Встановлено, що свинець утворює геохімічну асоціацію з хромом нікелем, кобальтом 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.

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. 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.