

2. Ішков В.В., Козій Є.С., Труфанова М.О. Особливості онтогенезу уролітів жителів Дніпропетровської області // Мінералогічний журнал, 2020. 42, № 4. С. 50-59.

УДК 553.94:550.42

**ТОКСИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ МІНЕРАЛЬНОЇ ТА ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ  
ВУГІЛЛЯ НИЖНЬОГО КАРБОНУ  
ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

*Козар М.А.<sup>1</sup>, Ішков В.В.<sup>2</sup>, Козій Є.С.<sup>2</sup>, Стрельник Ю.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна, geolog46@ukr.net

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, koziy.es@gmail.com

<sup>3</sup>ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна, yuliia.strielnik@donntu.edu.ua

**TOXIC ELEMENTS OF MINERAL AND ORGANIC COMPOSITION  
OF LOWER CARBON COAL WESTERN DONBAS**

*Kozar M.<sup>1</sup>, Ishkov V.<sup>2</sup>, Kozii E.<sup>2</sup>, Strielnyk Yu.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, geolog46@ukr.net

<sup>2</sup>Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, koziy.es@gmail.com

<sup>3</sup>Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine, yuliia.strielnik@donntu.edu.ua

Peculiarities of distribution of toxic elements in fractions of mineral and organic part of coal seams of Western Donbas are established. Macroscopically, using standard mineralogical methods from the material of these samples, sulfide, silicate and carbonate fractions were selected. It was found that among all the elements, only beryllium does not accumulate in any of the selected fractions of the mineral part of the coal seams. It is mainly associated with the organic component of coal seams. The "affinity range" of toxic and potentially toxic elements to the organic component of the coal seams of the Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area has the form: Be>>V, Co, Ni>Pb, Cr, As, Hg, Mn>>F.

Токсичні елементи у вугіллі є одним із основних забруднювачів навколишнього середовища. Їх вміст у вугіллі є достатньо високим, тому сучасне підвищення екологічних вимог потребує врахування впливу вугледобувних підприємств на стан середовища. Це, в свою чергу, обумовлює потребу в нових науково обґрунтованих методах прогнозу вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів у гірничій масі, що видобувається шахтами, а також у відходах видобутку та вуглезбагачення.

На сьогодні для вирішення екологічних питань у вугледобувних регіонах, дослідження токсичних (арсен, ртуть, берилій, фтор) та потенційно

токсичних елементів (кобальт, нікель, марганець, свинець, хром, ванадій) є обов'язковими та дозволяють визначати вплив на довкілля вуглевидобувних і вуглезбагачувальних підприємств, а також організацій вугільної теплоенергетики.

Всі аналітичні роботи виконувалися в центральних сертифікованих лабораторіях виробничих геологорозвідувальних організацій. Вміст Hg визначався атомно-абсорбційним аналізом, As [1], інші ПТЕ – кількісним емісійним спектральним аналізом [2]. На внутрішній лабораторний контроль направлено 6% дублікатів проб. Зовнішньому лабораторному контролю піддано 10% дублікатів проб. Якість результатів аналізів (правильність і відтворюваність) оцінювалася, як значимість середньої систематичної похибки, яка перевіряється за допомогою критерію Стюдента і значимість середньої випадкової похибки, яка перевіряється за допомогою критерію Фішера. Оскільки вказані вище похибки при рівні значимості 0,95 є не значимими, якість аналізів визнано задовільною.

З метою встановлення особливостей розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів у різних фракціях мінеральної частини вугільних пластів, було відібрано в гірничих виробках і відходах вуглезбагачення 72 проби [3]. Макроскопічно, за допомогою стандартних мінералогічних методів із матеріалу цих проб були виділені сульфідні, силікатні і карбонатні фракції. Мінеральний склад фракцій контролювався застосуванням методів оптичної мікроскопії і рентгеноструктурного аналізу. По комплексу структурно-текстурних ознак визначалася їх епігенетична чи сингенетична природа. Кількість вуглисто-мінеральних зростків по окремих фракціях не перевищувала 10%. Таким чином, ідентифікація мінерального складу неорганічної частини вугільних пластів відбувалася на 3 різномасштабних рівнях: макрорівню – візуально стандартними мінералогічними методами; мікрорівню – методами оптичної мікроскопії, за допомогою мікроскопів МІН-8 та МБС-9; ультрамікрорівню – методом рентгеноструктурного аналізу.

Сульфідна фракція складена переважно епігенетичним і сингенетичним піритом. За даними рентгеноструктурного аналізу у сульфідній фракції присутні, крім піриту, марказит, галеніт, халькопірит, сфалерит, а також нетипові мінерали: піролюзит, каолініт, кварц, гематит.

Силікатна фракція представлена переважно включеннями піщано-глинистих порід, агрегатами мінералів глини і гідролітів. За даними рентгеноструктурного аналізу у силікатній фракції присутні кварц, каолініт, ілліт, мусковіт, дикіт, накріт, монтморилоніт, галлуазит, а також нетипові мінерали: пірит, кальцит і сидерит.

Карбонатна фракція відрізняється досить обмеженим, практично мономінеральним складом. Єдиним мінералом, що визначено під час досліджень на макро- та мікрорівні у складі фракції був кальцит. Тільки за даними рентгеноструктурного аналізу у цій фракції, крім кальциту, було ще встановлено доломіт, сидерит, анкерит, а також нетипові мінерали: каолініт та ілліт.

При оцінці зв'язку токсичних і потенційно токсичних елементів з органічною або мінеральною частиною вугільних пластів використовувалися коефіцієнти спорідненості з органічною речовиною  $F_o$ , що показує відношення вмісту елементів у вугіллі з малою ( $<1,6$ ) і високою щільністю ( $>1,7$ ), коефіцієнти наведеної концентрації  $F_{нк}$ , що показують відношення вмісту елементів у фракції (Сі) до вмісту у вихідному вугіллі, коефіцієнти кореляції вмісту досліджуваних елементів і зольності вугілля і коефіцієнти наведеного вилучення елемента у фракції різної щільності.

В таблиці 1 наведено розподіл токсичних та потенційно токсичних елементів між органічною та мінеральною складовою вугільних пластів Західного Донбасу.

В результаті проведених досліджень встановлено, що всі токсичні та потенційно токсичні елементи, за винятком берилію, пов'язані переважно з мінеральною складовою вугільних пластів.

Берилій є єдиним елементом, що не накопичується ні в одній з виділених фракцій мінеральної частини вугільних пластів. Він пов'язаний переважно з органічною складовою вугільних пластів (табл. 1).

Таблиця 1 – Розподіл токсичних та потенційно токсичних елементів між органічною та мінеральною складовою вугільних пластів Західного Донбасу

| Елемент   | Органічна складова,<br>% | Мінеральна<br>складова, % |
|-----------|--------------------------|---------------------------|
| Арсен     | 14                       | 86                        |
| Берилій   | 81                       | 19                        |
| Фтор      | 6                        | 94                        |
| Ртуть     | 11                       | 89                        |
| Нікель    | 21                       | 79                        |
| Кобальт   | 24                       | 76                        |
| Хром      | 17                       | 83                        |
| Ванадій   | 29                       | 71                        |
| Марганець | 9                        | 91                        |
| Свинець   | 18                       | 82                        |

«Ряд спорідненості» токсичних і потенційно токсичних елементів до органічної складової вугільних пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району має вигляд:

$Be \gg V, Co, Ni > Pb, Cr, As, Hg, Mn \gg F$ .

#### Література

- ГОСТ 10478-93. Топливо твердое. Методы определения мышьяка. Москва: Изд-во стандартов, 1993. 13 с.
- ГОСТ 28974-91. Угли бурые, каменные и антрациты. Методы определения бериллия, бора, марганца, бария, хрома, никеля, кобальта, свинца, галлия, ванадия, меди, цинка, молибдена, иттрия и лантана. Москва: Изд-во стандартов, 1991. 8 с.
- Козій С.С., Ішков В.В. Розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів в мінеральній частині вугілля Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району // Збірник матеріалів наукової конференції «Сучасні проблеми літології осадових басейнів

УДК 550.4

**ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ФОРМ ЗНАХОДЖЕННЯ МЕТАЛІВ У  
ПОСТПІРОГЕННИХ ҐРУНТАХ**

***Крюченко Н.О.<sup>1</sup>, Жовинський Е.Я.<sup>1</sup>, Папарыга П.С.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>–Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка  
НАН України, м.Київ, Україна, nataliya.kryuchenko@gmail.com

<sup>2</sup>–Карпатський біосферний заповідник Міністерства захисту охорони  
навколишнього природного середовища України, м.Рахів, Україна,  
paparyga.ps@ukr.net

**SIMULATION MODEL OF FORMS FINDING METALS IN  
POSTPYROGENIC SOILS**

***Kryuchenko N.O.<sup>1</sup>, Zhovinsky E.Ya.<sup>1</sup>, Paparyga P.S.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation NAS of  
Ukraine, Kyiv, Ukraine, nataliya.kryuchenko@gmail.com

Carpathian Biosphere Reserve, Rakhiv, Ukraine, paparyga.ps@ukr.net

The study of changes in the content of mobile forms of chemical elements in post-pyrogenic soddy-podzolic soils as a result of a ground fire in a pine forest in the territory of Polesie was carried out. An increase in the pH of post-pyrogenic soils relative to background (from 4.2 to 7.5) was determined, and a change in the content of ionic forms of metals (Cu, Pb, Zn, Mn) in the soil solution was modeled (from 4 to 8 with a step of 0.2) and a tendency was revealed: Pb – linear dependence, Cu Zn, Mn – polynomial. The limits of the pH content are calculated, where free forms of metals are present, which will intensively enter plants (more than 50%): Pb – up to 6; Zn – up to 7.5; Cu – up to 6.8; Mn – up to 11.5. It was suggested that an increase in soil pH as a result of fires can lead to a weak supply of Pb, Zn, Cu to plants and a change in phytocenoses.

Геохімічні постпірогенні зміни ґрунтів – один із найважливіших факторів визначення стану лісової екосистеми. Нами розглянуто геохімічний фактор лісової екосистеми Полісся, де відбулася антропогенна пожежа (низова) внаслідок спалювання бур'яну населенням – з поривами вітру вогонь перекинувся на сосновий ліс (ґрунти – дерново-підзолисті). На фоновій ділянці рН ґрунтів становило 4,2–5,5, тоді як після пожежі – 4,7–7 (максимальне зафіксоване значення – 7,5). За допомогою імітаційного моделювання можливо описати процеси так, як вони проходили б у дійсності. Термодинамічні розрахунки умов рівноваги природної системи "тверда фаза – розчин" у багатокомпонентних системах виконували за програмою PHREEQC (міграції елементів, що враховує всі вірогідні форми, і всі конкуруючі реакції, що відбуваються в системі) з використанням методів термодинамічного аналізу і математичного моделювання. Ця програма дозволяє проводити моделювання