

**ARSENIC, MERCURY, FLUORINE AND BERYLLIUM IN THE C₁ COAL SEAM OF THE
BLAHODATNA MINE OF PAVLOHRAD-PETROPAVLIVKA GEOLOGICAL AND
INDUSTRIAL AREA OF WESTERN DONBAS**

¹Kozii Ye.S.

¹*Dnipro University of Technology MSE of Ukraine*

**МИШ'ЯК, РТУТЬ, ФТОР ТА БЕРИЛІЙ У ВУГІЛЛІ ПЛАСТА С₁ ШАХТИ «БЛАГОДАТНА»
ПАВЛОГРАДСЬКО-ПЕТРОПАВЛІВСЬКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ
ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

¹Козій Є.С.

¹*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України*

**МИШЬЯК, РТУТЬ, ФТОР И БЕРИЛИЙ В УГЛЕ ПЛАСТА С₁ ШАХТЫ
«БЛАГОДАТНАЯ» ПАВЛОГРАДСКО-ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ГЕОЛОГО-
ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ЗАПАДНОГО ДОНБАСА**

¹Козий Е.С.

¹*Национальный технический университет «Днепропетровская политехника» МОН Украины*

Summary. Spatial distribution of arsenic, mercury, fluorine and beryllium in the c₁ coal seam of «Blahodatna» mine field are considered. This research associated with increasing requirements for environmental protection, which necessitate the need for new scientifically based methods for predicting the content of toxic elements in rock mass that extracting by mines and mining waste and coal enrichment.

The aim of the research is to establish features and regularities in the distribution of arsenic, mercury, fluorine and beryllium in the coal seam c₁ of Blahodatna mine of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of Western Donbas.

Maps of the isoconcentrate of arsenic, mercury, fluorine and beryllium and maps of the regional constituent of their contents by the area of the mine field were constructed. Linear regression equations are calculated between their concentrations and the main technological parameters of coal.

On the basis of the results of statistical processing of geochemical information and geological and structural characteristics of the coal seam c₁ of «Blahodatna» mine field allowed us to establish, that the beryllium is the only element mainly associated with the organic constituent of the coal layer. Cumulation of its main part occurred in the process of peat accumulation. Close correlation connection between mercury and arsenic with sulfur and the analysis of the spatial location of the anomalies of these elements with the geological and structural features of the seam indicates the accumulation of these elements at the post-sedimentation stage of the formation of coal deposits and their genetic connection with the tectonic disturbance. Moreover, if large disturbances basically have a role of supply and transit channels, then minor disturbance and make a controlling function. Close direct correlation relationship of fluorine with coal ash and analysis of the constructed maps indicate that its predominant accumulation during the formation of a paleo-turfary in the composition of layered aluminosilicates.

The main scientific importance of the results of the performed studies is the establishment of geochemical associations and genetic causes that have a significant effect on the distribution of toxic elements in coal seam of c₁.

Key words: arsenic, mercury, fluorine, beryllium, toxic elements, map of isoconcentrate, map of the regional constituent of content, linear regression equation.

Introduction. Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of Western Donbas administratively belongs to the Pavlohrad district of Dnipropetrovsk area. The research of the features of the distribution of toxic elements in the coal of the seams in this district is associated with increasing requirements for environmental

protection, which necessitate the need for new scientifically based methods for predicting the content of toxic elements in rock mass that extracting by mines and mining waste and coal enrichment.

For an objective impact assessment of the coal-mining industry and heat power engineering companies on the environmental situation and planning the most effective measures aimed at improving it, it is necessary to have information about distribution and concentration of toxic elements in coal and host rocks. The special relevance of this problem is determined by the Law of Ukraine «About Subsoil», the decrees of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 22 dated September 30, 1995 and No. 688 dated June 28, 1997, as well as the normative documents of the State Commission for Mineral Reserves [1].

Recent achievements. Previously together with A.I. Chernobuk, D.Ya. Mihalchonok, V.V. Dvoretzkyi [2-3] the features of distribution of some toxic elements in products and waste of enrichment of a number of coal preparatory factories in the Donbas were investigated. V.V. Ishkov together with Ye.S. Kozii [4-16] investigated the features of the distribution of some toxic elements in coal seams of the Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial area of Western Donbas, Krasnoarmiisk [17-19, 22] and Donetsk-Makiivka [20-21] geological and industrial areas of the Donbas.

At the same time, wide consideration and analysis of the distribution of toxic elements in coal seam c_1 of «Blahodatna» mine of the Pavlogradsko-Petropavlovskiy geological and industrial area was not performed before.

The research aims to establish features and regularities in the distribution of arsenic, mercury, fluorine and beryllium in the coal seam c_1 of «Blahodatna» mine field of Western Donbas.

Method of research. Research and analysis of the spatial distribution of toxic elements in geological objects of different nature and scale is necessary for the establishment of the laws of their migration, concentration and dispersion. The peculiarity of the performed research was in the impossibility of direct observation of these processes. In this case, consideration of process dynamics is traditionally performed by comparing statistical data and analysis of cartographic materials for the distribution of chemical elements in the objects under consideration. Then the obtained results are interpreted taking into account physico-chemical and geological features. Thus, obtaining information about distribution of chemical elements in geological objects is the first stage of the study, which proceeds from generalization of the actual material, through its theoretical comprehension to verify the revealed regularities by experimental way.

At the beginning of the research samples were taken from mine opening (reservoir samples, selected by the trench method [23] and from duplicates of [drill core](#) personally by authors with the participation of geological services of coal mining enterprises and industrial exploration organizations in the period from 1981 to 2013. The scope of the control test was 5% of the total volume of samples. All analytical work was carried out in central certified laboratories of production geological exploratory organizations. The mercury content was determined by atomic absorption

analysis, arsenic [24], fluorine and beryllium – by quantitative emissive spectrum analysis [25].

In quantity of 6% of duplicate samples are sent to the internal laboratory control. 10% of duplicate samples were subjected to external laboratory control. The tests quality of the results (correctness and reproducibility) was evaluated as the significance of the average systematic error checked by Student's criterion and the significance of the average random error checked by Fisher's criterion. Whereas the aforementioned errors with a significance level of 0,95 are not significant, the quality of the analysis is considered satisfactory.

At the initial stage of the processing of primary geochemical information using Excel 2020 and Statistica 11.0, the values of the main descriptive statistical indicators (selective average arithmetic, its standard error, median, excess, mod, standard deviation, sampling dispersion, minimum and maximum value of content, coefficient of variation, asymmetry of the sample) were calculated, construction of frequency histograms of the contents and the establishment of the law of distribution of toxic elements were carried out.

With the aim of identify the composition of the geochemical associations, correlation coefficients (r) were calculated between the content of the toxic elements. In a single geochemical association united elements in which the relationship between the content is described by the correlation coefficient that exceeds 0,5, with a significance level of at least 95%.

In assessing the relationship of toxic and potentially toxic elements with the organic or mineral part of the coal, the coefficients of affinity with the organic substance F_o were used, which shows the ratio of the content of elements in coal with a low (<1.6) and high density (> 1.7), coefficients of the given concentration F_{HK} , showing the ratio of the content of elements in the fraction i (C_i) to the content of the initial coal, the correlation coefficients of the content of the studied elements and the ash content of coal and the coefficients of given extraction of the element in a fraction of different density.

During the construction of all maps, the Surfer 11 program was used. During the construction of maps, charts and calculation of correlation coefficients, all values of concentrations of TaPTE were normalized by the formula

$$X_{норм} = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}),$$

where, X_i - is the result of a single determination of the concentration of the element, X_{max} - is the result of the maximum determination of the concentration of the element; X_{min} - is the result of the minimum determination of the concentration of the element; Rationing was carried out to bring the samples to one scale.

Regularities of changes in arsenic content. Concentration of arsenic in the coal seam (Fig. 1a) varies in a significant range from 10,43 g/t to 78,61 g/t and is not related with the direction of fall, depth, thickness of a coal seam and ash content. Average content of arsenic on the mine field is 35,15 g/t. The largest location of arsenic is located in the north of the mine field. It is spatially connected with the well

bore №8410. The map of the change of the regional component of the concentration of arsenic represented on (Fig. 1b) shows an increase in its content in the coal seam c_1 in the north direction. Arsenic forms the geochemical association with mercury ($r=0,90$) and is related to the total sulfur content in the coal ($r = 0,92$). Linear regression equations

$$As = 0,0957 + 0,9414 \times Hg;$$

$$As = 0,1369 + 1,0221 \times S_t^d.$$

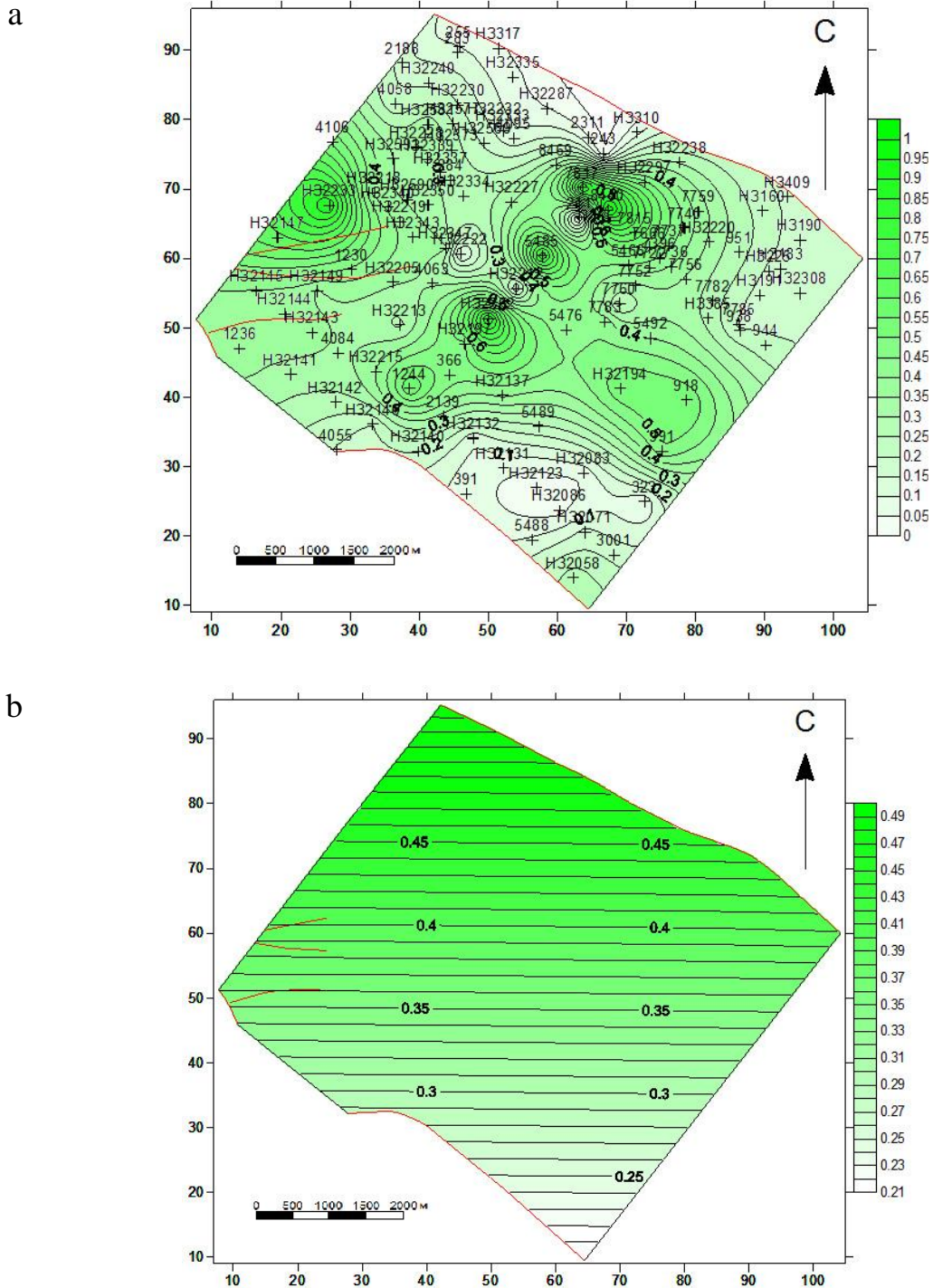


Figure 1: a - Map of isoconcentrate of normalized content of arsenic in the coal seam c_1 ; b - Map of the regional constituent of normalized contents of arsenic in coal seam c_1

Regularities of changes in mercury content. The content of mercury varies from 0,03 g/t to 0,71 g/t (Fig. 2a). The average content of mercury in the coal seam is 0,23 g/t. The largest location of this element is located in the northwestern part of the mine field near the well bore №H32233. Concentration of mercury does not depend from the depth, thickness of the coal seam and content of ash in the coal. The regional component of mercury content increases in the northeastern direction (Fig. 2b).

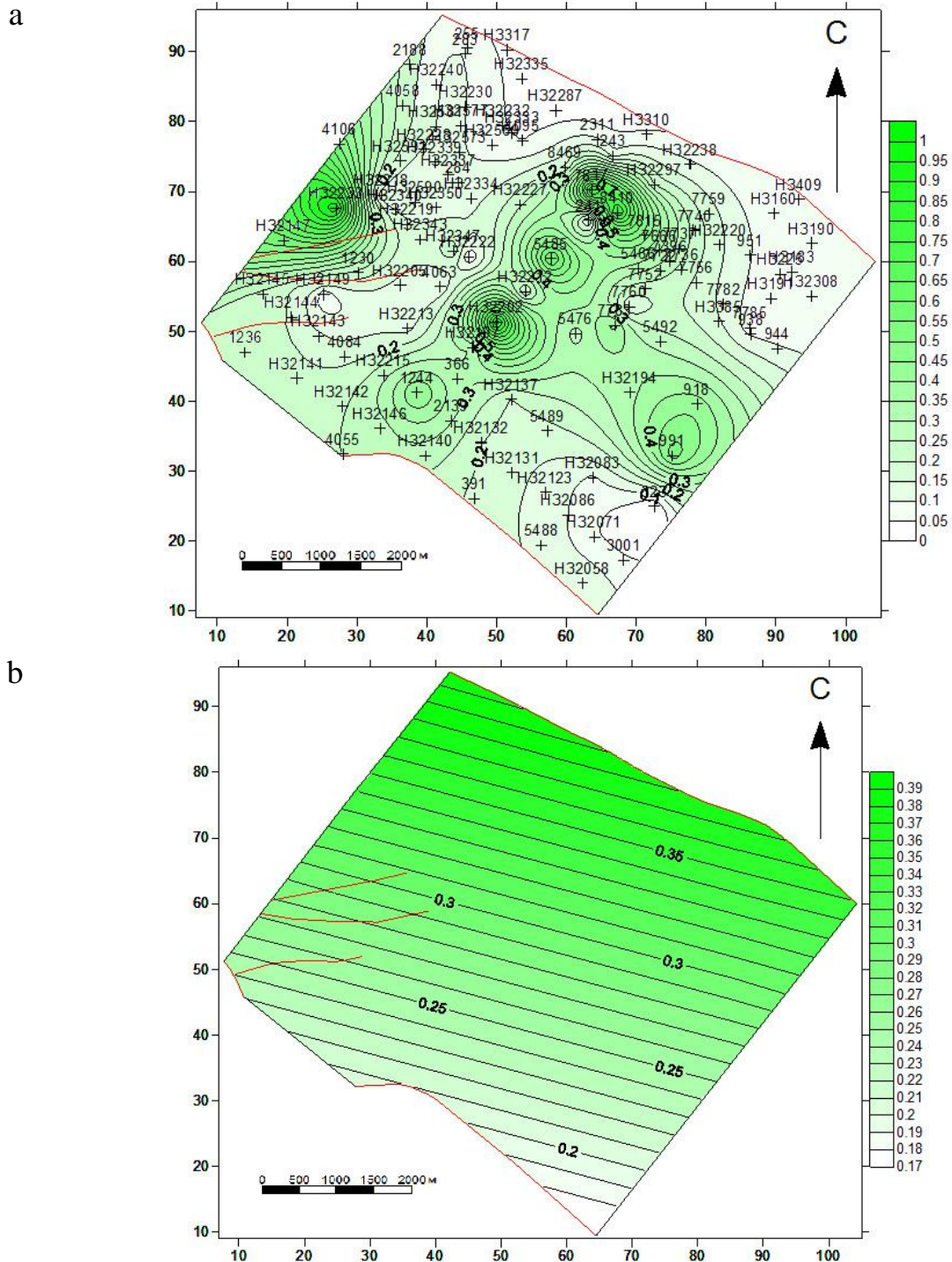


Figure 2: a - Map of isoconcentrate of normalized content of mercury in the coal seam c_1 ;
 b - Map of the regional constituent of normalized contents of mercury in coal seam c_1

A close direct relationship was found between the content of mercury and content of total sulfur of the coal seam ($r = 0,98$), and with the concentration of arsenic ($r = 0,90$). Linear regression equations

$$Hg = 0,0502 + 1,0568 \times S_t^d;$$

$$Hg = -0,0308 + 0,867 \times As.$$

Regularities of changes in fluorine content. The content of fluorine within the coal seam varies from 16,94 g/t to 91,85 g/t (Fig. 3a). The average content of fluorine in the coal seam is 49,57 g/t. The largest location is set in the center of the mine field near the well bore №7783. Cumulation of fluorine does not depend from the depth, content of total sulfur and thickness of the coal layer. The regional component of fluorine content increases in the northwestern direction (Fig. 3b).

A close direct relationship of fluorine concentration with the content of ash was established ($r = 0,93$), close inverse relationship with beryllium cumulation ($r = -0,74$). Linear regression equation

$$F = 0,0923 + 1,0182 \times A^d;$$

$$F = 1,0356 - 0,8631 \times Be.$$

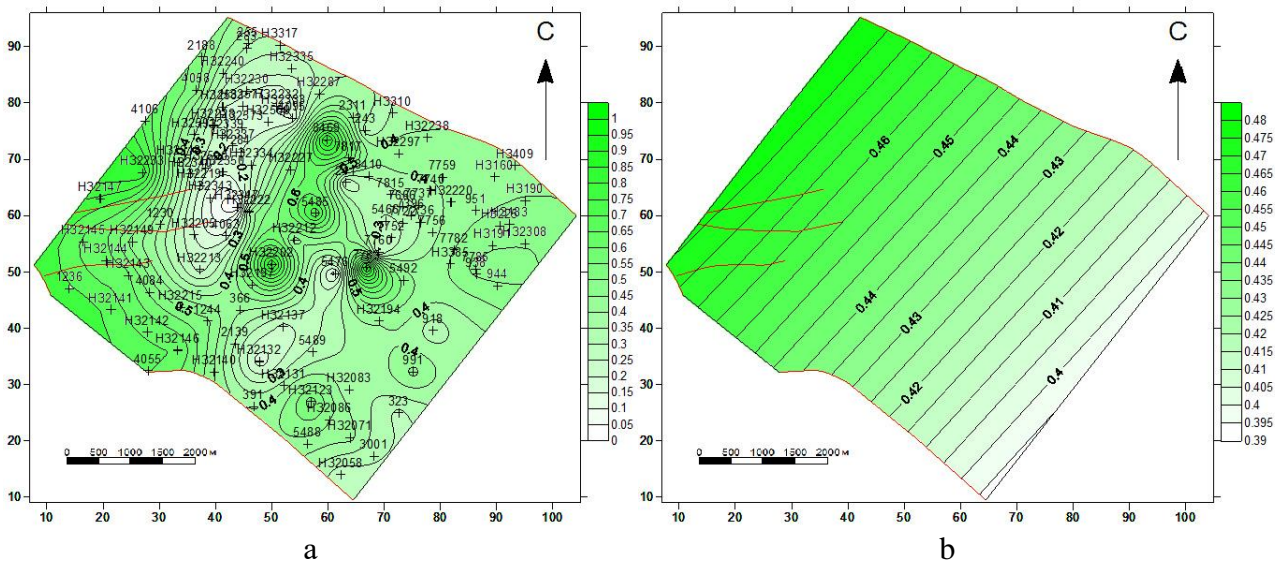


Figure 3: a - Map of isoconcentrate of normalized content of fluorine in the coal seam c_1 ;
 b - Map of the regional constituent of normalized contents of fluorine in coal seam c_1

Regularities of changes in beryllium content. The content of beryllium in coal seam varies from 1,02 g/t to 3,47 g/t (Fig. 4a), with an average content of 2,72 g/t. The largest location of beryllium is located in the southern part of the mine field near the well bore №H32058. The content of Be does not depend from the depth, thickness of a coal seam and total sulfur content in the coal. The regional component of its content increases in the southeastern direction (Fig. 4b).

There is a close inverse statistical relationship between the content of beryllium and ash ($r = -0,77$), fluorine ($r = -0,74$). Linear regression equations:

$$Be = 0,9384 - 0,7214 \times A^d;$$

$$Be = 0,973 - 0,6377 \times F.$$

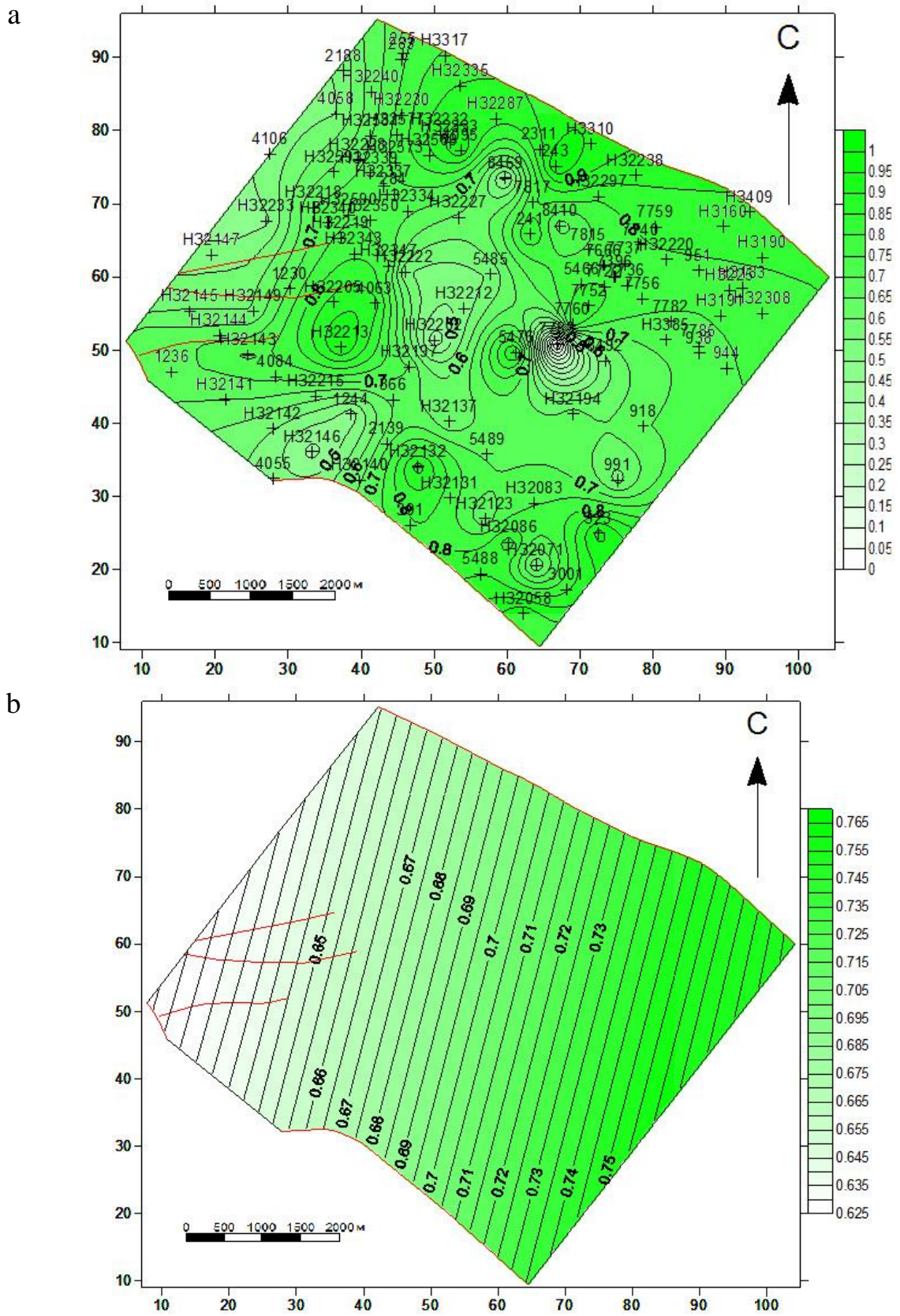


Figure 4: a - Map of isoconcentrate of normalized content of beryllium in the coal seam c_1 ;
 b - Map of the regional constituent of normalized contents of beryllium in coal seam c_1

Conclusions. On the basis of the obtained results of statistical processing of geochemical information and analysis of the maps of isoconcentrate of arsenic, mercury, fluorine, beryllium and maps of the regional constituent of their contents, there may be such following conclusions:

- Beryllium is the only element mainly associated with the organic constituent of the coal layer. Cumulation of its main part occurred in the process of peat accumulation.

- Close correlation connection between mercury and arsenic with sulfur and the analysis of the spatial location of the anomalies of these elements with the geological and structural features of the seam indicates the accumulation of these elements at the post-sedimentation stage of the formation of coal deposits and their genetic connection with the tectonic disturbance. Moreover, if large disturbances basically have a role of supply and transit channels, then minor disturbance and make a controlling function.

- Close direct correlation relationship of fluorine with coal ash and analysis of the constructed maps indicate that its predominant accumulation during the formation of a paleo-turfary in the composition of layered aluminosilicates.

The scientific importance of the obtained results is the determination of the geochemical associations of arsenic, mercury, fluorine and beryllium and the genetic causes of their variability in the coal seam c_1 , as well as in the detection of polygenic and polychronous nature of their accumulation.

The practical importance of the results obtained is the construction of maps of isoconcentrate toxic elements in the coal seam c_1 and the calculation of regression equations between arsenic, mercury, fluorine, beryllium and the main technological parameters of coal.

REFERENCES

1. Ministry of Geology of the USSR (1982), *Instruktsiya po izucheniyu toksichnykh komponentov pri razvedke ugolnykh i slantsevykh mestorozhdeniy* [Instruction for the study of toxic components in the exploration of coal and shale deposits], V.R. Kler (Ed.), Institute of the Lithosphere, Moscow, Russia.
2. Ishkov, V.V., Chernobuk, A.I. and Dvoretzkiy, V.V. (2001), "About distribution of beryllium, fluor, vanadium, plumbum and chrome in products and wastes of enrichment of the Krasnolimanskaya CCF", *Naukovyi Visnyk NGAU*, no.5, pp.84-86.
3. Ishkov, V.V., Chernobuk, A.I. and Mihalchonok, D.Ya. (2001), "About distribution of beryllium, fluor, vanadium, plumbum and chromium in the products and wastes of enrichment of the Dobropolskaya CCF", *Naukovyi Visnyk NGAU*, no. 4, pp. 89-90.
4. Ishkov, V.V., Koziy, E.S. and Lozovoy, A.L. (2013), "Definite peculiarities of toxic and potentially toxic elements distribution in coal seams of Pavlograd-Petropavlovka region", *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.42, pp.18-23.
5. Ishkov, V.V. and Kozii, Ye.S. (2013), "About distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal seam c_6^H of the "Ternovskaya" mine of Pavlograd-Petropavlovsk geological-industrial area", *Proceedings of the International Conference: Forum of Mining Engineers*, Dnepropetrovsk, pp. 49-55.
6. Ishkov, V.V. and Kozii, Ye.S. (2013), "New data about distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal seam c_6^H of the "Ternovskaya" mine, Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial area", *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.41, pp.201-208.
7. Ishkov, V.V. and Kozii, Ye.S. (2014), "About distribution of ash, sulfur, manganese in the coal seam c_4 of the "Samarskaya" mine of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial area", *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.44, pp.178-186.
8. Ishkov, V.V. and Kozii, Ye.S. (2014), "About classification of coal seams by the content of toxic elements using cluster analysis", *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.45, pp. 209 -221.
9. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2017), "Distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal of the layer c_7^H of the "Pavlogradskaya" mine of Pavlogradsko-Petropavlovskiy geological and industrial district", *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Heolohiia*, no. 79(4), pp. 59-66. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.79.09>

10. Koziy, E.S. (2017), "Peculiarities of distribution of toxic and potentially toxic elements in the coal of the layer c_{10B} in the "Stashkova" mine of Pavlograd-Petropavlovsk geological and industrial district", *Geo-Technical Mechanics*, no. 132, pp.157-172.
11. Koziy, E.S. (2018), "Arsenic, beryllium, fluorine and mercury in the coal of the layer c₈^B of the "Dniprovskia" mine of Pavlogradsko-Petropavlovskiy geological and industrial district", *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Heolohiia-Heohrafiia*, no. 26(1), pp. 113-120. <https://doi.org/10.15421/111812>
12. Koziy, E.S. and Ishkov, V.V. (2017), "Coal classification of main working seams of Pavlohrad-Petropavlivka geological and industrial district on content of toxic and potentially toxic elements", *Geo-Technical Mechanics*, no. 136, pp. 74-86.
13. Mametova, L.F., Mirek, A. and Kozii, Ye.S. (2020), "Pyritization of the Middle Carboniferous Sandstones of the Donbas". *Mineral. Journ. (Ukraine)*, no. 42(2). pp. 14-19. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.02.014>
14. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2020), "Distribution of mercury in coal seam c₇^B of Pavlohradskia mine field", *Naukovi pratsi DonNTU, Seriya Himycho-heolohichna*, no. 1(23)-2(24), pp. 26-33.
15. Kozar, M.A., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. and Strielnyk, Yu.V. (2021), "Toxic elements of mineral and organic composition of lower carbon coal Western Donbas", *Proceedings of Conference: Heolohichna nauka v nezalezhnii Ukraini*, Kyiv, pp.55-58.
16. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2021), "Accumulation of Co and Mn using the example of formation c₅ of Western Donbass as a result of their migration from the weathering crust of the Ukrainian crystal shield", *Proceedings of the International Conference: Rossyipi i mestorozhdeniya kor vyvetrivaniya XXI veka: zadachi, problemy, resheniya*, pp. 160-162.
17. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. and Strielnyk, Yu.V. (2021), "Research results of cobalt distribution in coal seam k₅ of "Kapitalna" mine field", *Proceedings of Conference: MinGeolIntegration XXI*, pp. 178-181.
18. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2021), "Analysis of the distribution of chrome and mercury in the main coals of the Red Army geological and industrial area", *Tectonics and stratigraphy*, no. 46, pp. 96-104.
19. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2020), "Some features of beryllium distribution in the k₅ coal seam of the "Kapitalna" mine of the Krasnoarmiyskiy geological and industrial district of Donbas", *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Heohrafichni ta heolohichni nauky*, vol. 25, no. 1(36), pp. 214-227.
20. Kozar, M.A., Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. and Pashchenko P.S. (2020), "New data about the distribution of nickel, lead and chromium in the coal seams of the Donetsk- Makiivka geological and industrial district of the Donbas". *Journ. Geol. Geograph. Geoecology*, no. 29(4), pp. 722-730. <http://doi: 10.15421/112065>
21. Ishkov, V.V. and Koziy, E.S. (2021), "Peculiarities of lead distribution in coal seams of Donetsk-Makiivka geological and industrial area of Donbas", *Tectonics and stratigraphy*, no. 47, pp. 77-90.
22. Ishkov, V.V., Kozii, Ye.S. (2021), "Distribution of Arsene and Mercury in the Coal Seam k₅ of the Kapitalna Mine, Donbas", *Mineralogical Journal*, no. 43(4), pp. 73-86.
23. USSR Ministry of Coal Industry (1975), *GOST 9815-75: Ugli burye, kamennye, antratsit i goryuchie slantsy. Metody otbora plastovykh prob* [GOST 9815-75: Brown coal, hard coal, anthracite and combustible shales. Method for sampling of seam samples], Standartinform Publ, Moscow, Russia.
24. USSR Ministry of Coal Industry (1993), *GOST 10478-93:Tverdoe toplivo. Metody opredeleniya myshyaka* [GOST 10478-93: Solid fuel. Methods for determination of arsenic], Moscow, Standartinform Publ., 13 p.
25. USSR Ministry of Coal Industry (1991), *GOST 28974-91: Ugli burye, kamennye i antratsity. Metody opredeleniya berilliya, bora, margantsa, bariya, khroma, nikelya, kobalta, svintsa, galliya, vanadiya, medi, tsinka, molibdena, itriya, lantana* [GOST 28974-91: Brown coals, hard coals and anthracites. Methods for determination of beryllium, boron, manganese, barium, chromium, nickel, cobalt, lead, gallium, vanadium, copper, zinc, molybdenum, yttrium and lanthanum], Standartinform Publ., Moscow, Russia

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Инструкция по изучению токсичных компонентов при разведке угольных и сланцевых месторождений / отв. ред. В. Р. Клер. АН СССР. М. Ин-т литосферы. 1982. 84 с.
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 НГАУ. 2001. №5. 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 НГАУ. 2001. №4. С 89-90.
4. Ishkov V.V., Koziy E.S., Lozovoy 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.
5. Ишков В.В., Козий Е.С. О распределении токсичных и потенциально-токсичных элементов в угле пласта c₆^B шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района / Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників». 2013. С. 49–55.
6. Ишков В.В., Козий Е.С. Новые данные о распределении токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пласта c₆^B шахты «Терновская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района / Збірник наукових праць НГУ.2013. № 41. С. 201–208.
7. Ишков В.В., Козий Е.С. О распределении золы, серы, марганца в угле пласта c₄ шахты «Самарская» Павлоград-Петропавловского геолого-промышленного района / Збірник наукових праць НГУ. 2014. № 44. С. 178-186.
8. Ишков В.В., Козий Е.С. О классификации угольных пластов по содержанию токсичных элементов с помощью кластерного анализа / Збірник наукових праць НГУ. 2014. № 45. С. 209 – 221.
9. Ишков В.В., Козий Е.С. Про розподіл токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта c₇^B шахти «Павлоградська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району / Вісник Київського національного університету. Геологія. 2017. № 79. С. 59–66.

10. Козій Є.С. Особливості розподілу токсичних і потенційно токсичних елементів у вугіллі пласта с₁₀^в шахти «Сташкова» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району / Геотехнічна механіка. 2017. № 132. С. 157–172.
11. Козій Є.С. Миш'як, берилій, фтор і ртуть у вугіллі пласта с₈^в шахти «Дніпровська» Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району / Вісник Дніпропетровського університету. Геологія-Географія. 2018. № 26(1). С. 113–120.
12. Козій Є.С., Ішков В.В. Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів / Геотехнічна механіка. 2017. № 136. С. 74–86.
13. Mametova L.F., Mirek A., Kozii Ye.S. Pyritization of the Middle Carboniferous Sandstones of the Donbas / Mineral. Journ. (Ukraine). 2020. no. 42(2). P. 14-19. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.02.014>
14. Ішков В.В., Козій Є.С. Розподіл ртуті у вугільному пласті с₇^в поля шахти «Павлоградська» / Наукові праці Донецького національного технічного університету, Серія: «Гірничо-геологічна». 2020. №1(23)-2(24). С. 26-33.
15. Козар М.А., Ішков В.В., Козій Є.С., Стрельник Ю.В. Токсичні елементи мінеральної та органічної складової вугілля нижнього карбону Західного Донбасу / Геологічна наука в незалежній Україні: Збірник тез наукової конференції Ін-ту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. 2021. С.55-58.
16. Ішков В.В., Козій Є.С. Накопление Со и Мп на примере пласта С₅ Западного Донбасса как результат их миграции из кор выветривания Украинского кристаллического щита / Материалы XVI Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания «Россыпи и месторождения кор выветривания XXI века: задачи, проблемы, решения» 2021. С. 160-162.
17. Ішков В.В., Козій Є.С., Стрельник Ю.В. Результати досліджень розподілу кобальту у вугільному пласті к₅ поля ВП «шахта «Капітальна» / Збірник праць Всеукраїнської конференції «Від мінералогії і геонозії до геохімії, петрології, геології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття» (MinGeoIntegration XXI). 2021. С. 178-181.
18. Ішков В.В., Козій Є.С. Аналіз поширення хрому і ртуті в основних вугільних пластах Красноармійського геолого-промислового району / Вид-во ІГН НАН України. Серія тектоніка і стратиграфія. 2019. № 46. С. 96-104.
19. Ішков В.В., Козій Є.С. Деякі особливості розподілу берилію у вугільному пласті к₅ шахти «Капітальна» Красноармійського геолого-промислового району Донбасу / Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2020. Т. 25, вип. 1(36). С. 214-227.
20. New data about the distribution of nickel, lead and chromium in the coal seams of the Donetsk- Makiivka geological and industrial district of the Donbas / Kozar M.A., Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Pashchenko P.S. / Journ. Geol. Geograph. Geocology. 2020. № 29(4). pp. 722-730. <http://doi: 10.15421/112065>
21. Ішков В.В., Козій Є.С. Особливості розподілу свинцю у вугільних пластах Донецько-Майківського геолого-промислового району Донбасу / Вид-во ІГН НАН України, Серія тектоніка і стратиграфія. 2020. № 47. С. 77-90.
22. Ішков В.В., Козій Є.С. Розподіл арсену та ртуті у вугільному пласті к₅ шахти "Капітальна", Донбас / Мінерал. журн. 2021. Вип.43, № 4. С. 73—86. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.073>
23. ГОСТ 9815-75. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод отбора пластовых проб. Москва: Изд-во стандартов, 6 с.
24. ГОСТ 10478-93, (1993), Топливо твердое. Методы определения мышьяка, Москва: Изд-во стандартов, 13 с.
25. 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. 8с.

About author

Kozii Yevhen Serhiiovych, Candidate of Geological Sciences (Ph.D.), Deputy Director of Educational and Scientific Center for Training of Foreign Citizens, Dnipro University of Technology (NTU "DP"), Dnipro, Ukraine, koziy.es@gmail.com

Про автора

Козій Євген Сергійович, кандидат геологічних наук, заступник директора Навчально-наукового центру підготовки іноземних громадян, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (НТУ «ДП»), Дніпро, Україна, koziy.es@gmail.com

Анотація. Розглянуто просторовий розподіл миш'яку, ртуті, фтору та берилію у вугільному пласті с₁ поля шахти «Благодатна». Проведені дослідження пов'язані з підвищенням вимог до охорони навколишнього середовища, що зумовлює необхідність в нових науково обґрунтованих методах прогнозування концентрацій токсичних елементів у гірській масі, яку видобувають шахти, та відходах видобутку і вуглезбагачення.

Мета дослідження – встановити особливості та закономірності розподілу миш'яку, ртуті, фтору та берилію у вугільному пласті с₁ шахти Благодатна Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району Західного Донбасу.

Побудовано карти ізоконцентрат миш'яку, ртуті, фтору та берилію та карти регіональної складової їх вмісту за площею шахтного поля. Розраховані лінійні рівняння регресії між їх концентраціями та основними технологічними параметрами вугілля.

На основі результатів статистичної обробки геохімічної інформації та геолого-структурних характеристик вугільного пласта с₁ поля шахти «Благодатна» встановлено, що берилій є єдиним елементом, переважно пов'язаним з органічною складовою вугільного пласта. Накопичення основної його частини відбулося в процесі

торфонакопичення. Тісний кореляційний зв'язок ртуті і миш'яку з сіркою та аналіз просторового розташування аномалій цих елементів з геолого-структурними особливостями пласта свідчить про накопичення цих елементів на постседиментаційній стадії формування вугільних відкладів і їх генетичний зв'язок з тектонічним порушенням. Причому якщо великі розривні порушення відігравали в основному роль підвідних і транзитних каналів, то дрібні порушення і особливо зони тріщинуватості, що оперяють їх, виконували контролюючу функцію. Тісний прямий кореляційний зв'язок фтору із зольністю вугілля й аналіз побудованих карт свідчить про його переважне накопичення у процесі формування палеоторф'яника у складі шаруватих алюмосилікатів.

Основне наукове значення проведених досліджень – встановлення геохімічних асоціацій і генетичних причин, які суттєво впливають на розподіл токсичних елементів у вугільному пласті c_1 .

Ключові слова: миш'як, ртуть, фтор, берилій, токсичні елементи, вугільний пласт, карта ізоконцентрат, карта регіональної складової, лінійне рівняння регресії.

Аннотация. Рассмотрено пространственное распределение мышьяка, ртути, фтора и бериллия в угольном пласте c_1 поля шахты «Благодатная». Проведенные исследования связаны с повышением требований к охране окружающей среды, что приводит к необходимости новых научно обоснованных методов прогнозирования концентраций токсичных элементов в горной массе, которую добывают шахты, и отходах добычи и углеобогащения.

Цель исследования – установить особенности и закономерности распределения мышьяка, ртути, фтора и бериллия в угольном пласте шахты Благодатная Павлоградско-Петропавловского геолого-промышленного района Западного Донбасса.

Построены карты изоконцентрат мышьяка, ртути, фтора и бериллия и карты региональной составляющей их содержания по площади шахтного поля. Рассчитаны линейные уравнения регрессии между их концентрациями и основными технологическими параметрами угля.

На основе результатов статистической обработки геохимической информации и геологоструктурных характеристик угольного пласта c_1 поля шахты «Благодатная» установлено, что бериллий является единственным элементом, преимущественно связанным с органической составляющей угольного пласта. Накопление основной его части произошло в процессе торфонакопления. Тесная корреляционная связь ртути и мышьяка с серой и анализ пространственного расположения аномалий этих элементов с геолого-структурными особенностями пласта свидетельствуют о накоплении этих элементов на постседиментационной стадии формирования угольных отложений и их генетической связи с тектоническим нарушением. Причем если крупные разрывные нарушения играли в основном роль подводных и транзитных каналов, то мелкие нарушения и особенно оперяющие их зоны трещиноватости выполняли контролируемую функцию. Тесная прямая корреляционная связь фтора с зольностью угля и анализ построенных карт свидетельствует о его преимущественном накоплении в процессе формирования палеоторфяника в составе слоистых алюмосиликатов.

Основное научное значение проведенных исследований – установление геохимических ассоциаций и генетических причин, существенно влияющих на распределение токсичных элементов в угольном пласте c_1 .

Ключевые слова: мышьяк, ртуть, фтор, бериллий, токсичные элементы, угольный пласт, карта изоконцентрат, карта региональной составляющей, линейное уравнение регрессии.

The manuscript was submitted 21.09.2021