

Jan SKOWRONEK

Małgorzata WYSOCKA

Główny Instytut Górnictwa, Katowice

PROMIENIOTWORCZOŚĆ NATURALNA WĘGLI GZW A ICH POPIELNOŚĆ

Streszczenie. W pracy omówiono wyniki badań promieniotwórczości naturalnej węgla z obszaru GZW. Przedstawiono histogramy zawartości ^{226}Ra , ^{228}Ra i ^{40}K w poszczególnych grupach warstw. Przeprowadzono analizę korelacji pomiędzy zawartością naturalnych radionuklidów a zawartością popiołu i pomiędzy ^{226}Ra i ^{228}Ra w węglach grupy brzożnej, siodłowej i łękowej.

Stwierdzono występowanie istotnej korelacji pomiędzy tymi parametrami.

1. WSTĘP

Promieniotwórczość naturalna węgla kamiennego wzbudza coraz większe zainteresowanie. Jedni, np. Beck [1], Jaworowski [2], upatrują w niej przyczynę promieniotwórczych skażeń gleb i środowiska, inni szukają w niej narzędzia do szybkiego określania parametrów technologicznych węgla kamiennego [3], inni zaś szukają tu możliwości wyjaśnienia niektórych problemów geologii złóż węgla kamiennego [4]. Najwięcej badań poświęcono dotychczas pierwszemu z tych problemów.

Systematyczne badania promieniotwórczości węgla kamiennego są prowadzone w Polsce od kilku lat [5]. Do badań wybrano próby pokładowe węgla. Tego typu próbki dają największe możliwości interpretacyjne w każdej z wymienionych powyżej dziedzin, pod warunkiem uzupełnienia wyników pomiarów promieniotwórczości innymi niezbędnymi danymi, np. parametrami technologicznymi, stratygraficznymi itp.

2. ZAKRES BADAŃ

Próbki pokładowe węgla przygotowano do badań zgodnie z wymogami norm z zakresu analizy jakości węgla [6]. Ogółem zbadano blisko 400 próbek pochodzących z całego obszaru GZW.

Metodą spektrometrii promieniowania γ mierzono w nich zawartość następujących izotopów:

^{226}Ra - z szeregu uranowego,

228 Ra - z szeregu torowego,
40 K - naturalnego izotopu potasu.

Metodykę pomiaru omówiono szczegółowo we wcześniejszej publikacji [7].

3. WYNIKI BADAŃ

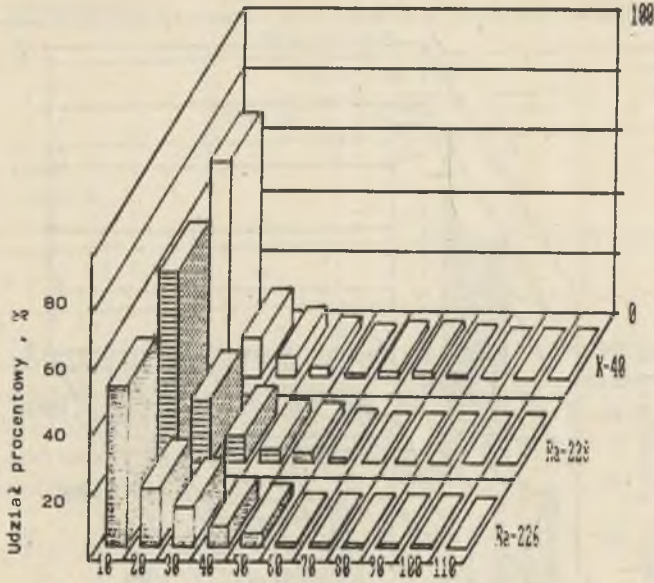
Prowadzone na świecie badania promieniotwórczości węgla wykazywały [8], że zawartość w nich naturalnych radionuklidów jest nieco niższa niż przeciętna dla skorupy ziemskiej (tab. 1). Wskazuje się jednocześnie na fakt, iż zakres zmienności zawartości naturalnych radionuklidów w węglu sięgając może dwu rzędów wielkości [8].

Tabela 1

Porównanie zawartości naturalnych radionuklidów w węglu kamiennym i skorupie ziemskiej [6]

	Zawartość, Bq/kg		
	226 Ra	228 Ra	40 K
Skorupa ziemska	25	25	370
Węgiel kamienny - śr. światowa	20	20	50
USA	18	21	52
ZSRR	28	22	120
Pł. Afryka	30	20	110
RFN	20	20	
Wielka Brytania	17	17	120
Polska [10]	18	11	58

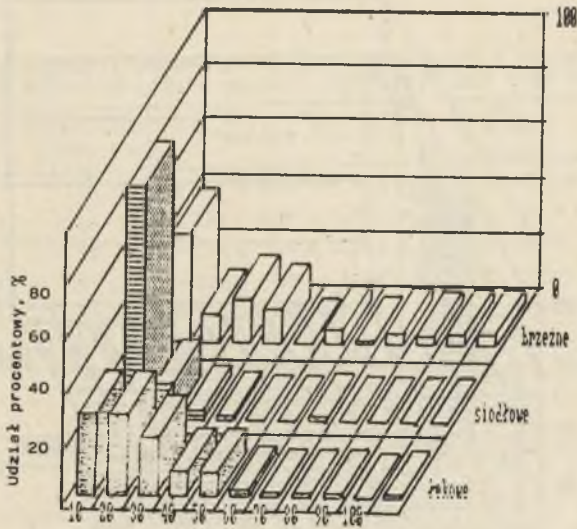
W badanych próbkach węgla kamiennego z obszaru GZW średnie zawartości radionuklidów były niższe niż cytowane dane (tab. 2). Zakres zmienności zawartości szukanych radionuklidów nie był jednak zbyt wielki. Maksymalnie wynosił do 70-100 Bq/kg dla obu izotopów radu i 500 Bq/kg dla 40 K. W blisko 90% próbek zawartości 226 Ra i 228 Ra były niższe od 30 Bq/kg, a zawartość 40 K nie przekraczała 150 Bq/kg (rys. 1). Na rys. 2-4 przedstawiono rozkłady zawartości tych radionuklidów w węglach z trzech podstawowych grup warstw stratygraficznych: łękowych (pokłady 100-400), siódłowych (pokłady 500) i brzeźnych (pokłady 600-800). W warstwach łękowych rozkład zawartości naturalnych radionuklidów jest stosunkowo "rozmyty". Zawartości 226 Ra i 228 Ra w granicach do 50 Bq/kg, a izotopu 40 K do 250 Bq/kg miało ok. 90% próbek. W warstwach siódłowych i brzeźnych ten sam procent próbek miał zawartości 226 Ra i 228 Ra w granicach do 20 Bq/kg, zaś 40 K - 100 Bq/kg.



Zawartość w Bq/kg /dla K-40 x 5/

Rys. 1. Zawartość radionuklidów w węglu GZW

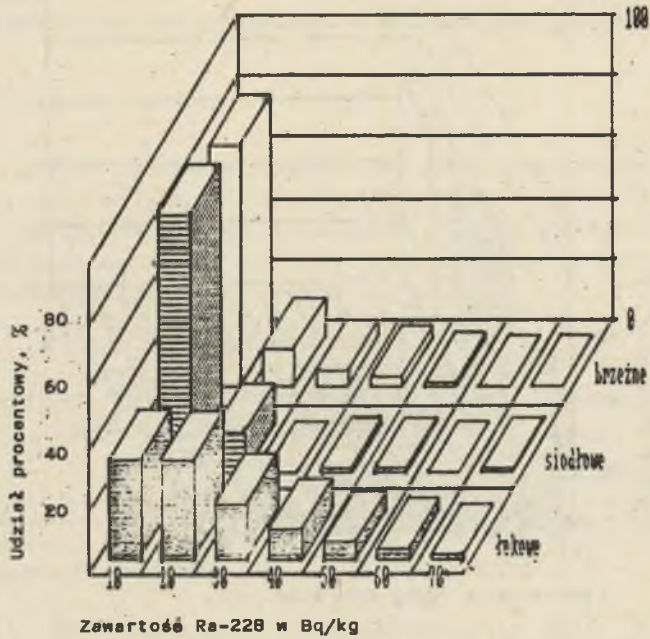
Fig. 1. Contents of radionuclides in coal



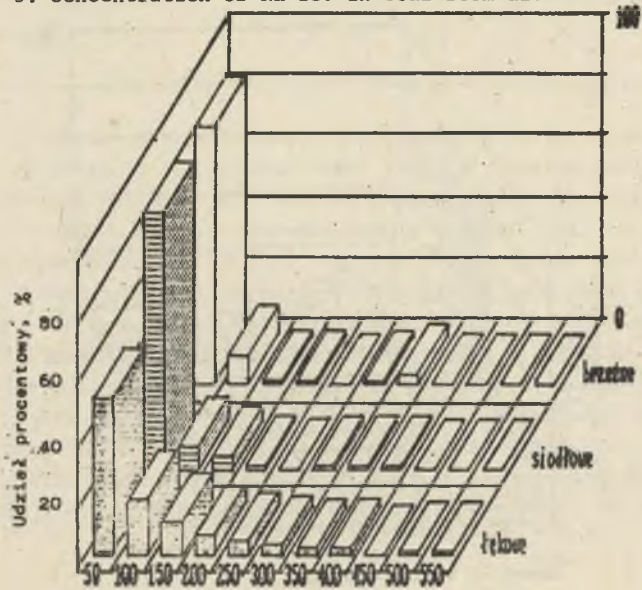
Zawartość Ra-226 w Bq/kg

Rys. 2. Zawartość Ra 226 w węglu różnych warstw GZW

Fig. 2. Concentration of Ra 226 in coal from different layers



Rys. 3. Zawartość Ra 228 w węglu różnych warstw GZW
 Fig. 3. Concentration of Ra 228 in coal from different layers



Zawartość K-40 w Bq/kg
 Rys. 4. Zawartość K 40 w węglu różnych warstw GZW
 Fig. 4. Concentration of K 40 in coal from different layers

Tabela 2

Średnie zawartości naturalnych radioizotopów i popiołu w poszczególnych grupach warstw

	Zawartość, Bq/kg			Zawartość popiołu %
	226 Ra	228 Ra	40 K	
Warstwa łękowa	21	19	93	15,3
Warstwa siodłowa	5	5	25	6,3
Warstwa brzeżna	27	7	30	9,8
Ś r e d n i o	16	11	53	10,6

Przeprowadzono również analizę korelacji pomiędzy zawartością naturalnych radionuklidów a zawartością popiołu w węglu z poszczególnych warstw. Wyniki analizy regresji liniowej dla każdej z grup warstw oraz każdego z tych radionuklidów przedstawiono w tabeli 3. Parametry a i b funkcji regresji przedstawiono w postaci równań:

$$C_r = a + b \times A_{daf}$$

gdzie:

C_r - zawartość danego radionuklidu, Bq/kg,

A_{daf} - zawartość popiołu, %,

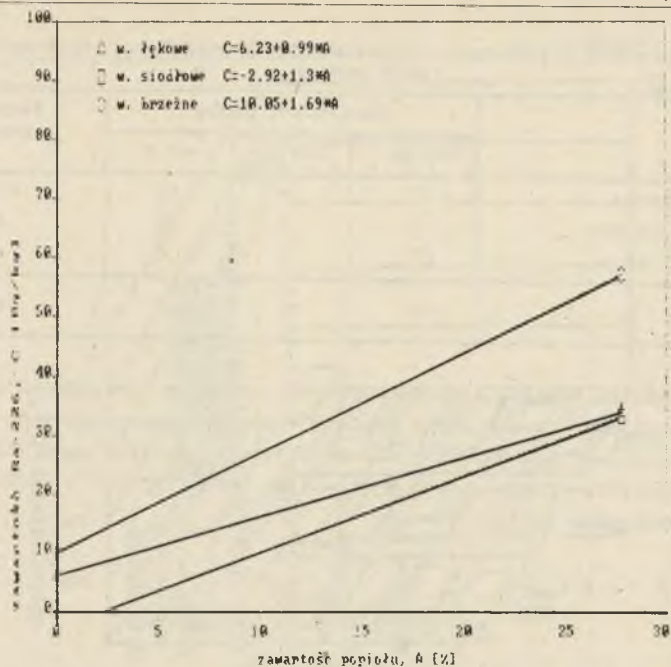
a, b - parametry prostej regresji.

Tabela 3

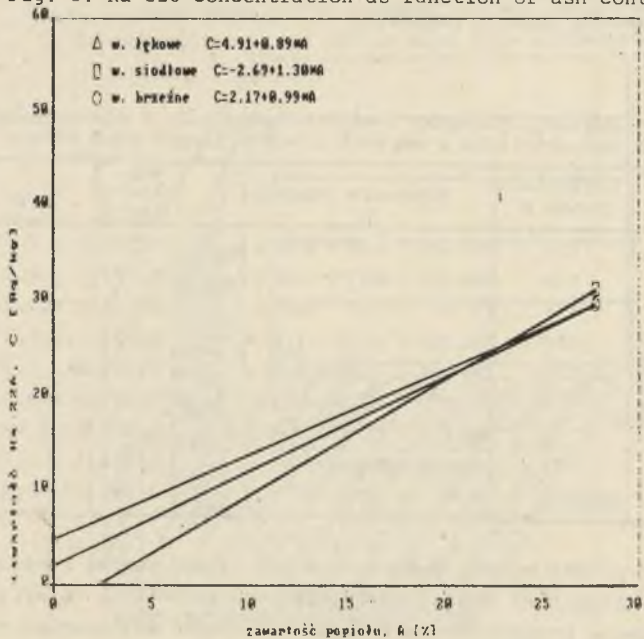
Wyniki analizy regresji pomiędzy zawartością popiołu a zawartością naturalnych radionuklidów w węglach poszczególnych grup warstw

Lp.	Warstwy	Liczebność próby N	Równanie regresji	Wsp. korelacji	t_{kryt}	t_{obl}
1	Łękowe	156	$C_{Ra\ 226} = 6,23 + 0,99 \times A_{daf}$	0,547	$t > 3,373$	8,11
2	Łękowe	156	$C_{Ra\ 228} = 4,91 + 0,89 \times A_{daf}$	0,574	$t > 3,373$	8,70
3	Łękowe	156	$CK\ 40 = 51,9 + 2,41 \times A_{daf}$	0,392	$t > 3,373$	5,29
4	Siodłowe	157	$C_{Ra\ 226} = -2,92 + 1,30 \times A_{daf}$	0,674	$t > 3,373$	11,56
5	Siodłowe	157	$C_{Ra\ 228} = -2,69 + 1,22 \times A_{daf}$	0,607	$t > 3,373$	9,51
6	Siodłowe	157	$CK\ 40 = -25,93 + 8,06 \times A_{daf}$	0,693	$t > 3,373$	11,97
7	Brzeżne	75	$C_{Ra\ 226} = 10,05 + 1,69 \times A_{daf}$	0,465	$t > 3,460$	4,46
8	Brzeżne	75	$C_{Ra\ 228} = 2,17 + 0,99 \times A_{daf}$	0,766	$t > 3,460$	10,11
9	Brzeżne	75	$CK\ 40 = -45,2 + 7,97 \times A_{daf}$	0,892	$t > 3,460$	16,74

W tabeli 3 przedstawiono również wartości współczynnika korelacji r. W większości przypadków jego wartość jest większa od 0,5. Opierając się na teście t Studenta przeprowadzono analizę istotności obliczonego równania regresji.



Rys. 5. Stężenie Ra 226 w funkcji zawartości popiołu
 Fig. 5. Ra 226 concentration as function of ash content



Rys. 6. Stężenie Ra 228 w funkcji zawartości popiołu
 Fig. 6. Ra 228 concentration as function of ash content

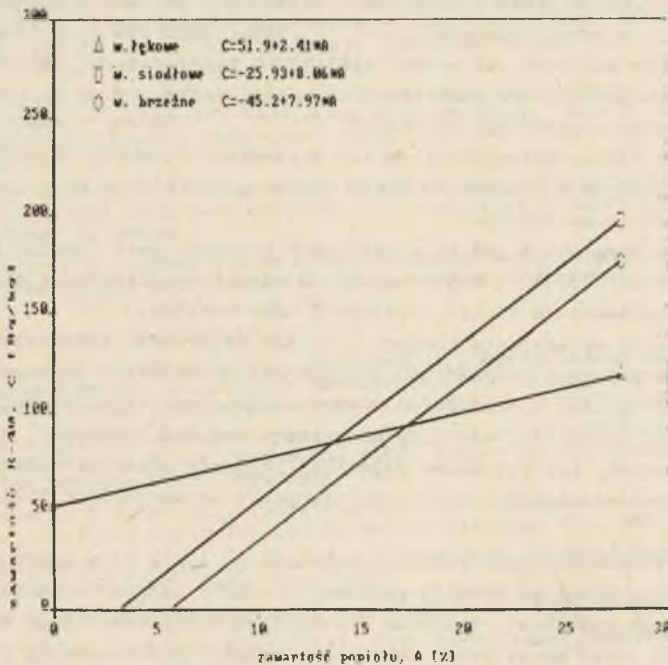
W tabeli 3 zamieszczono wartości parametrów:

- t_{kryt} na poziomie ufności 0,001 i dla odpowiedniej liczebności próby N (stopnie swobody = $N-2$),
- t_{obl} - obliczonego [11] z następującego równania:

$$t_{obl} = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Jeśli $t_{obl} \geq t_{kryt}$ na przyjętym poziomie ufności, to oznacza, iż korelacja liniowa między obu badanymi czynnikami jest istotna. Jak widać, na poziomie ufności 0,001 korelacja wszystkich badanych czynników jest istotna.

Wykresy tak obliczonych funkcji regresji przedstawiono na rys. 5-7.



Rys. 7. Stężenie K 40 w funkcji zawartości popiołu
Fig. 7. K 40 concentration as function of ash content

Sprawdzono również, czy są skorelowane ze sobą zawartości 226 Ra i 228 Ra w węglach z poszczególnych warstw. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4. Test istotności korelacji był również w tym przypadku pozytywny.

Tabela 4

Wyniki analizy regresji pomiędzy zawartością 228 Ra a zawartością 226 Ra w węglach poszczególnych grup warstw

Lp.	Warstwy	Liczebność próby N	Równanie regresji	Wsp. korelacji r	t_{kryt}	t_{cbl}
1	Łęgowe	156	$C_{Ra226} = 7,50 + 0,72 \times C_{Ra228}$	0,608	$t > 3,373$	9,30
2	Siodłowe	157	$C_{Ra226} = 1,48 + 0,73 \times C_{Ra228}$	0,779	$t > 3,373$	5,47
3	Brzeżne	75	$C_{Ra226} = 15,38 + 1,23 \times C_{Ra228}$	0,458	$t > 3,460$	4,55

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW

W większości badanych próbek zawartości naturalnych radionuklidów są bardzo niskie. Największą rozpiętością zawartości charakteryzują się 40 K oraz 226 Ra z szeregu uranowego (rys. 1). Zawartości 228 Ra i 40 K w ponad 80% przypadków mieszczą się w dwu najniższych przedziałach, stanowiących około 1/5 maksymalnej ich zawartości. Bardziej zróżnicowane są rozkłady ich zawartości w poszczególnych warstwach.

Zawartość 226 Ra charakteryzuje się stosunkowo "płaskim" histogramem w warstwach łęgowych i brzeżnych. Węgla z warstw siodłowych mają znacznie niższe zawartości tego izotopu.

Histogram zawartości 228 Ra w warstwach łęgowych jest podobny do histogramu zawartości 226 Ra w tej warstwie. W warstwach głębszych: siodłowych i brzeżnych przeważają niskie zawartości tego nuklidu.

Jedną z prób wyjaśnienia takiego rozkładu zawartości radionuklidów w węglach jest hipoteza o postsedymentacyjnym charakterze ich depozycji: są one wyługowywane ze skał otaczających, przenoszone migrującymi wodami i deponowane w węglu, który, jak wiadomo, ma silne własności sorpcyjne. Potwierdzeniem tego mogłaby być istotność korelacji liniowej pomiędzy zawartością wszystkich radioizotopów a zawartością popiołu we wszystkich badanych warstwach.

Różnice w zawartościach radioizotopów 226 Ra i 228 Ra w poszczególnych grupach warstw można by również próbować wiązać z różnymi warunkami gromadzenia materii roślinnej. W wodzie mbrskiej stężenie uranu jest wyższe niż toru [12]. W serii paralicznej (warstwy brzeżne) obserwowane są wyższe stężenia 226 Ra pochodzącego z rodziny uranowej niż 228 Ra pochodzącego z rodziny torowej. W serii limnicznej natomiast średnie zawartości 226 Ra i 228 Ra są takie same w grupie warstw siodłowych • nieznacznie różnią się w grupie warstw łęgowych.

Podsumowując, stwierdzić można, że występuje istotna korelacja między zawartością naturalnych radionuklidów a zawartością popiołu w węglach poszczególnych grup warstw. Analiza korelacji pomiędzy zawartością 226 Ra i 228 Ra w węglach również dała wynik pozytywny.

Prowadzenie bardziej szczegółowych analiz tego typu dla wyodrębnionych jednostek tektonicznych GZW pozwoli, być może, na podjęcie prób powiązania promieniotwórczości naturalnej węgla z ich własnościami technologicznymi, składem petrograficznym, a na dalszym etapie z zagadnieniami dotyczącymi warunków geologicznych zalegania złóż węgla i ich genezy.

LITERATURA

- [1] Beck H.L. i wsp.: Natural Radiation Environment due to the Utilisation of Coal as Energy Source. DOE/UT Symp. on the Nat. Rad. Environm. III, Houston, Ixs, April 23-28, 1978.
- [2] Jaworowski Z. i wsp.: The Influence on Man and the Environment of Natural Radionuclides and Heavy Metals from Industrial Operations. w: Biological Implications of Metals in the Environment. Proc. 15th Annual Hanford Life Sciences Symp., Richland, Wash., Sept. 20 - Oct. 1, 1975. ERDA Report: Conf. -750929, 1979.
- [3] Chruściel E. i wsp.: Niektóre zastosowania spektrometrii promieniowania gamma w geologii i geofizyce. Krajowe Symp. "Rozwój i zastosowanie metod izotopowych w technice", Zakopane, 1985. Raport INT 196/1. Wyd. AGH, 1986, s. 61-70.
- [4] Tomza I. i wsp.: Analiza anomalii radiohydrogeologicznych i geotermicznych GZW. Publ. of the Inst. of Geophysics Polish Academy of Sciences (w druku).
- [5] Skowronek J.: Naturalna promieniotwórczość węgla z obszarów Rybnicko-Jastrzębskiego oraz Zabrzeńskiego Gwarectwa Węglowego. Przegląd Górniczy nr 3 (751), 1986, s. 87-92.
- [6] Norma Polska PN-80/G-043-02.
- [7] Michalik B., Chałupnik St., Skowronek J.: Występowanie naturalnych izotopów promieniotwórczych na terenie GZW - metodyka i wstępne wyniki badań. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, z. 149, 1986.
- [8] Sources and Effects of Ionizing Radiation. UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1982. Report to the General Assembly. United Nations Publ., New York 1982.
- [9] Gluskoter H.J. i wsp.: Trace Elements in Coal: Occurrence and Distribution. Illinois State Geological Survey Circular 499, 1977.
- [10] Skowronek J. i wsp.: Wstępne wyniki pomiarów promieniotwórczości węgla z kopalń GZW. Dok. wewn. GIG, 1985.
- [11] Volk W.: Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT, Warszawa 1973.
- [12] Polański A.: Izotopy w geologii. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1979.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Kazimierz Chmura

Wpłynęło do redakcji w kwietniu 1988 r.

ЕСТЕСТВЕННА РАДИОАКТИВНОСТЬ УГЛИ ГУБ
А ИХ ЗОЛЬНОСТЬ

Резюме

В работе оговорены результаты исследования естественной радиоактивности углей ГУБ. Представлено гистограммы содержания Ra 226, Ra 228 и K 40 в отдельных группах пластов. Переведено анализ зависимости между содержанием естественных изотопов а зольностью, а даже между Ra 226 и Ra 228 в углях отдельных групп пластов. Доказано что существует корреляция между изучеными параметрами.

NATURAL RADIOACTIVITY OF COALS FROM UPPER SILESIAN
COAL BASIN AND THEIR ASH CONTENT

S u m m a r y

The paper described results of reserche of natural radioactivity Upper Silesian's coal. Histograms of contents of 226 Ra, 228 Ra and 40 K in the main groups of layers are presented. Correlations analysis beetwen contents of natural radionuclides and ash content in different coal layers was made. In results obtained that these parameters are correlated.