

Bronisława HANAK, Magdalena KOKOWSKA-PAWŁOWSKA
Politechnika Śląska, Gliwice

CHARAKTERYSTYKA KONCENTRACJI PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W SKAŁACH TOWARZYSZĄCYCH Z POKŁADU 630

Streszczenie. Zbadano zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych (B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Ag, Sr, Ge, Be, Li, V, As i Ga) w skałach towarzyszących pokładowi 630 (stropowych, spagowych i w przeroście). Wykazano, że zmienność zawartości pierwiastków śladowych w badanych skałach zależy m.in. od charakteru petrograficznego skał i podwyższonej mineralizacji epigenetycznej (w skałach stropowych). Wyniki badań porównano z zawartościami tych pierwiastków w iłowcach i mułowcach towarzyszących pokładowi 610 i 620.

CHARACTERIZATION OF THE CONTENT OF THE TRACE ELEMENTS IN THE ASSOCIATED ROCKS OF COAL SEAM 630

Summary. Differentiation of the content of trace elements (B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Ag, Sr, Ge, Be, Li, V, As i Ga) from the associated rocks (roofs, bases and bands) of coal seam 630 were investigated. It was shown that the variability of the trace elements in the investigated rocks depends mainly on the petrographic character of these rocks and the higher epigenetic mineralization (in the roof rocks). The results of the researches were compared with the data of the trace elements content in claystones and mudstones associated 610 and 620 coal seams.

1. Wprowadzenie

Zagadnienia związane z koncentracją pierwiastków śladowych w skałach towarzyszących pokładowi węgla w GZW rozpatrywano głównie w odniesieniu do skał pochodzących z przerostów [1, 3, 4, 9, 10]. Nieliczne są natomiast opracowania na temat koncentracji pierwiastków śladowych w skałach stropowych i spagowych pokładów [5, 6]. Tymczasem, jak wykazały te prace, zawartość pierwiastków śladowych w skałach towarzyszących jest

zróznicowana i silnie zmienna. Wpłynęło na to wiele czynników, m.in. zróznicowane środowisko facjalne, procesy dia- i epigenetyczne oraz charakter mineralogiczno-petrograficzny skał [1, 3].

Niski stopień rozpoznania zmienności zawartości pierwiastków śladowych w skałach towarzyszących pokładom węgla uniemożliwia określenie wielkości wpływu różnych czynników na tę zawartość. Dotychczas zmienność koncentracji pierwiastków śladowych rozpoznano jedynie w skałach towarzyszących (stropowych, spągowych i przerostach) pokładom 610 i 620, którą przedstawiono we wcześniejszych opracowaniach autorek [5, 6].

Opracowanie zawiera wyniki badań mineralogiczno-petrograficznych i stopnia koncentracji pierwiastków śladowych w skałach towarzyszących (stropowych, spągowych i przerostu) pokładowi 630.

Celem badań była próba powiązania zmienności koncentracji pierwiastków śladowych ze zróznicowanym charakterem mineralogiczno-petrograficznym skał towarzyszących temu pokładowi. Poprzez porównanie wyników badań z danymi, dotyczącymi zawartości pierwiastków śladowych w skałach towarzyszących pokładom 610 i 620, starano się wykazać ewentualny wpływ na nie charakteru środowiska (limnicznego bądź paralicznego).

Pokład 630 opróbowano w obszarze niecki jejkowickiej w KWK Rydułtowy i w KWK Anna. W obszarze tym pokład lokalnie rozszczepia się na dwie ławy i wykazuje znaczną miąższość (powyżej 1m). Pokład 630 odróżnia się od pozostałych pokładów warstw porębskich, gdyż w prawie całym badanym obszarze często występuje w otoczeniu mułowców i piaskowców. W innych rejonach GZW, np. gliwicko-zabrzańskim, skałami stropowymi i spągowymi pokładu 630 są głównie łowce, tak jak i w innych pokładach warstw porębskich. Ponadto, powyżej jego stropu występuje poziom z fauną środkowodną, wskazujący na, odrębny w tym rejonie, limniczny charakter tej części profilu warstw porębskich, zaliczanych głównie do utworów paralicznych [7,8].

Podczas realizacji pracy zbadano zawartość pierwiastków śladowych, takich jak: B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Ag, Sr, Ge, Be, Li, V, As i Ga w próbkach skał pochodzących ze stropu, spągu i przerostu w pokładzie 630. Zawartość pierwiastków oznaczono za pomocą spektrometru emisyjnego AES z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP), typu JY 2000.

2. Charakterystyka petrograficzno-mineralogiczna skał towarzyszących

Pokład 630 w miejscu opróbowania wykazywał miąższość 1,5 m (w KWK Anna) i 1,84 m (w KWK Rydułtowy, wraz z przerostem o miąższości 0,60 m).

Skały towarzyszące, stropowe, spągowe i przerosty płonne w pokładzie 630 reprezentowane są przez: ilowce syderytyczne, mułowce, mułowce syderytyczne i syderyt ilasty.

Mułowce syderytyczne obecne są w stropie (próbki nr 1 i 2) i spągu (próbka nr 7) pokładu 630 w KWK Rydułtowy. Charakteryzują się ciemnoszarą barwą, strukturą aleurytową i teksturą wyraźnie warstwową. Mułowce syderytyczne wyróżniono głównie z uwagi na wyraźnie szarobrunatną barwę rysy, a także na obecność w nich brunatnych warstewek wzbogaconych w syderyt.

Mikroskopowo wyróżniają się dominującym udziałem spoiwa syderyticznego (20-30%) przy niższej zawartości spoiwa ilastego (17-20%). Spoiwo ma charakter porowy, wobec wysokiego udziału materiału okrucowego (kwarcu, łuszczyków i okruców skalnych). Zawiera także rozproszoną substancję organiczną, oraz nieliczne żyłki pirytu i syderytu. Na wykresie dyfraktograficznym, obok refleksów kwarcu, syderytu i skaleni, obecne są liczne, choć niewysokie, refleksy pochodzące od kaolinitu, nieliczne illitu i łuszczyków.

Iłowiec syderytyczny w pokładzie 630 w obszarze kopalni Rydułtowy tworzy przerost o grubości ok. 0,50 m (próbki nr: 4,5,6). Makroskopowo charakteryzuje się barwą szarą z odcieniem beżowym, strukturą pelitową lub pelitowo-aleurytową oraz teksturą zbitą, w różnym stopniu złupkowaoną. Zawierają laminki, rzadziej warstewki węgla, przedstawiające uwęglone szczątki flory karbońskiej. Wykazuje dużą zwięzłość i twardość, co wynika z obecności domieszek drobnych ziaren krystalicznego syderytu, obserwowanego w preparatach mikroskopowych. Mikroskopowo stwierdzono bowiem wysoką zawartość węglanów (10,4% - 20,1%), głównie syderytu (sporadycznie dołomitu i kalcytu), przy dominującym udziale minerałów ilastych i niskiej zawartości łuszczyków i kwarcu. Badania dyfraktograficzne wykazały, że głównym minerałem ilastym jest kaolinit, któremu towarzyszy illit i sporadycznie montmorillonit i chloryt.

W stropie omawianego ilowca syderyticznego występuje warstewka o miąższości 0,1 m syderytu ilastego (próbka nr 3). Charakteryzuje się skrytokrystaliczną strukturą, bezładną teksturą i ciemnoszaro-brunatną barwą. Mikroskopowo wykazuje skład mineralny charakterystyczny dla syderytu ilastego (57% syderytu i 22% minerałów ilastych). Jako

domieszki występują w nim: kwarc i substancja organiczna (węgiel). Spośród minerałów węglanowych obecny jest także kalcyt i dolomit (łącznie 10%).

Analiza dyfraktograficzna próbki syderytu ilastego z przerostu w pokładzie 630 potwierdziła obecność w niej syderytu jako głównego składnika licznymi wysokimi refleksami, dominującymi nad refleksami kwarcu i minerałów ilastych (illitu, chlorytu, kaolinitu).

Mułowce występują jako skały stropowe (próbka nr 8) i spagowe (próbka nr 9) pokładu w obszarze kopalni Anna. Wykazują barwę ciemnoszarą, aleurytową strukturę, teksturę warstwową z równoległe ułożonymi warstewkami węgla lub bezładną (w mułowcu ze spagu), gdy węgiel występuje jedynie w formie rozproszonej.

Mikroskopowo w mułowcach materiał okruczowy reprezentowany jest głównie przez kwarc i łyszczyki (ok. 16%, w tym przewaga biotyту) oraz sporadycznie, skalenie (plagioklasy) i okruchy skał krzemionkowych. Obserwowano także nieliczne węglany, głównie jako krystaliczne skupienia syderytu. Na podkreślenie zasługuje znaczna zawartość w tych mułowcach węgla, w formie rozproszonej bądź pasemek. Zawierają także znaczne ilości (ok. 40%) spoiwa ilastego lub krzemionkowo-ilastego typu masy podstawowej, przy niewielkim udziale spoiwa węglanowego. Skały stropowe wykazują obecność epigenetycznych siarczków (pirytu) i węglanów (głównie syderytu).

Analiza dyfraktograficzna wykazała, że głównymi składnikami minerałów ilastych jest kaolinit, przy mniejszej zawartości illitu i niekiedy chlorytu (w mułowcu stropowym). W próbkach słabo zaznacza się obecność syderytu.

3. Omówienie wyników badań zawartości pierwiastków śladowych

Koncentracja pierwiastków śladowych w badanych próbkach skał płonnych z pokładu 630 charakteryzuje zróżnicowana zmienność (tabl. 1, rys. 1).

Wysoki udział we wszystkich próbkach skał, niezależnie od ich odmiany petrograficznej, wykazują pierwiastki: Ba, V, Zn, Mn i Pb, zmienny w zakresie od kilkudziesięciu ppm do powyżej 100 ppm (Ba, V). Wysoki udział tych pierwiastków w skałach towarzyszących prawdopodobnie wiąże się z ich występowaniem, w głównych minerałach skałotwórczych, w formie izomorficznych podstawień jonów K^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} . Uwolnione w procesie wietrzenia, w środowisku sedymentacji skał, wchodzą w struktury minerałów ilastych,

głównie mieszanopacketowych (illit/smektyt), mogą też być absorbowane na ich powierzchni [12, 14].

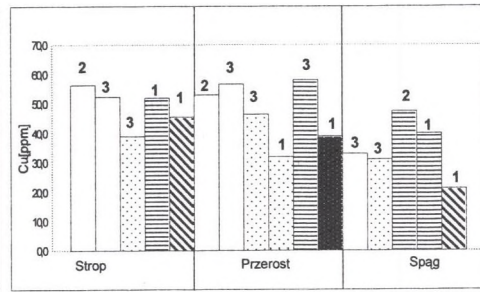
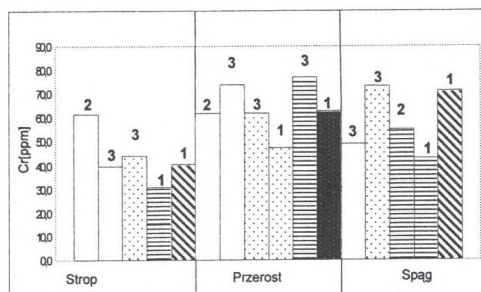
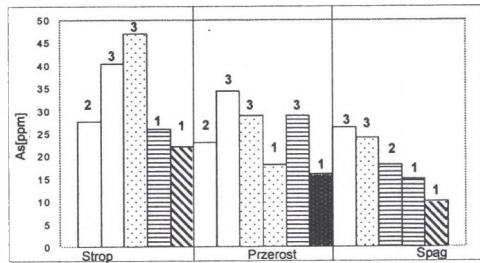
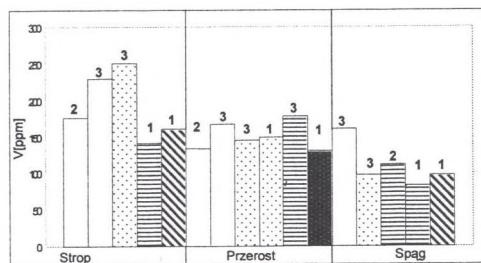
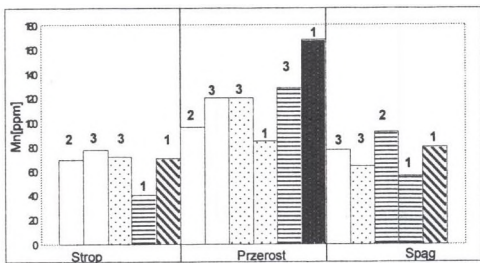
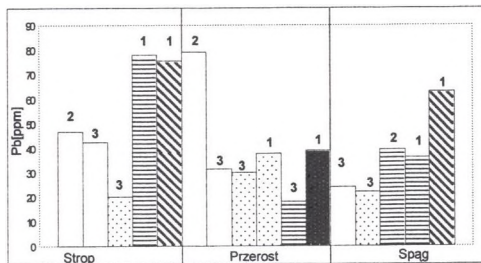
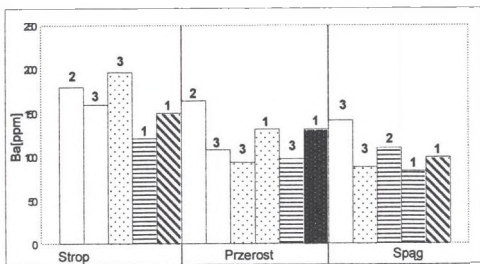
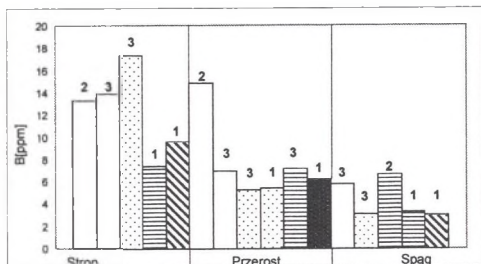
Pierwiastki, takie jak: Cr, Cu, Ni, Ga, Ge, Be i As, wykazują niższe zawartości rzędu kilkunastu lub częściej kilkudziesięciu ppm. Najniższą koncentrację na poziomie od jednego do kilku ppm wykazały pierwiastki: B, Co, Cd, Ag, Sr i Li (tabl. 1).

Tablica 1

Udział pierwiastków śladowych w próbkach skał towarzyszących pokładowi 630

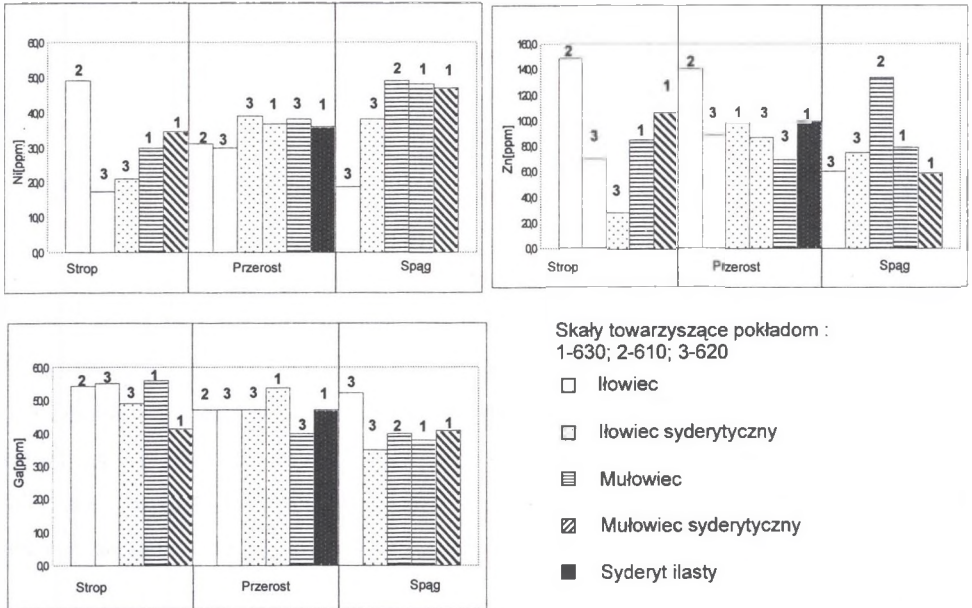
Pierwiastek	Obszar KWK Rydułtowy, poz. 800 m							Obszar KWK Anna, poz. 800 m	
	Strop	Strop bezp.	Przerost	Przerost	Przerost	Przerost	Spąg	Strop bezp.	Spąg
	próbka nr 1	próbka nr 2	próbka nr 3	próbka nr 4	próbka nr 5	próbka nr 6	próbka nr 7	próbka nr 8	próbka nr 9
Zawartość pierwiastków [ppm]									
B	9,7	9,5	6,2	6,1	6,0	4,2	3,0	7,4	3,3
Ba	151	149	131	130	127	135	99	121	83
Cd	0,9	0,7	1,9	1,4	1,2	1,1	2,1	1,3	1,1
Co	8	7	6	9	11	12	18	9	18
Cr	41	40	63	54	50	38	71	31	43
Cu	45	46	39	37	32	27	21	52	40
Ni	35	34	36	38	35	37	47	30	48
Pb	77	74	39	39	33	41	63	78	36
Zn	108	105	99	95	90	74	59	85	79
Mn	69	72	168	118	72	64	80	40	56
Ag	1,0	1,0	0,8	0,9	0,8	0,6	0,4	0,9	0,5
Sr	1,8	1,6	1,3	1,5	1,1	0,7	0,5	1,1	0,7
Ge	24	18	17	19	21	24	16	21	13
Be	16	13	20	21	26	28	19	24	27
Li	5	3	7	5	5	3	8	6	2
V	169	153	131	139	152	159	97	142	83
As	21	23	16	15	19	20	10	26	15
Ga	43	40	47	50	54	57	41	56	38

Objaśnienia: próbki nr 1, 2, 7 – mułowce syderytyczne, próbka nr 3 – syderyt ilasty,
próbki nr 4, 5, 6 – ilowce syderytyczne, próbki nr 8 i 9 – mułowce



Skały towarzyszące pokładom : 1-630; 2-610; 3-620

□ Iłowiec □ Iłowiec syderytyczny ▨ Mułowiec ▩ Mułowiec syderytyczny ■ Syderyt ilasty



Rys. 1. Zestawienie średnich zawartości wybranych pierwiastków śladowych w odmianach petrograficznych skał towarzyszących pokładowi 630 ze średnimi zawartościami oznaczonymi w skałach towarzyszących pokładowi 610 i 620 [6]

Fig. 1. The statement of mean content of the trace elements in the selected petrographic varieties of the rocks associated 630 coal seam. The mean values fixed in the rocks associated 610 and 620 coal seams were shown [6]

Podobne zróżnicowanie udziału pierwiastków śladowych stwierdzono także w skałach towarzyszących innym pokładowi warstw porębskich [1, 3, 5, 6]. Można zatem uznać, że jest ono charakterystyczne dla tych skał.

W ramach przedstawionego zakresu zróżnicowania udziału pierwiastków śladowych, w badanych próbkach stwierdzono zmienną ich zawartość w poszczególnych odmianach petrograficznych skał towarzyszących.

Stwierdzono bowiem, że spośród pierwiastków o wysokim udziale jedynie Ba i Zn wykazuje maksymalną koncentrację w łwociach syderytycznych. Pierwiastki V i Pb wykazały najwyższą koncentrację w mułowcach i podobnie wysoką, w mułowcach syderytycznych, co może wynikać z obecności w nich znacznej ilości łuszczyków (biotytu i muskowitu ok. 20%). Jak wiadomo, pierwiastki V i Pb chętnie tworzą w tych minerałach podstawienia izomorficzne [11]. Natomiast pierwiastek Mn wykazał najwyższy udział w syderycie ilastym, co wskazuje, że znaczna jego część związana jest z węglanami [12].

Niższy udział w badanych skałach wykazały pierwiastki m.in.: Cr, Ni, Cu, Ga, Ge. Możliwe, że wynika to z dużego powinowactwa, głównie Cr, Ni i Ge, do ciemnych

minerałów skałotwórczych, jak: pirokseny, amfibole, oliwiny. Natomiast pierwiastki: Cu i Ga, kojarzone są głównie z obecnością siarczków, słabo reprezentowanych w badanych skałach. Dotychczas nie udało się określić prostej zależności pomiędzy zawartością pierwiastków śladowych a składem mineralnym skał [12].

Liczne pierwiastki śladowe, jak: Ga, Ge, B, Be, V, Ni, Co, Cu, Li, Zn, wykazują znaczne powinowactwo do substancji węglowej [13]. W badanych próbkach najwyższy udział substancji węglowej stwierdzono w mułowcach i iłowcach syderytycznych - ok. 14%, lecz nie zaobserwowano bezpośrednio jej wpływu na zawartość pierwiastków śladowych.

Zwraca uwagę, że część spośród oznaczonych pierwiastków: B, Ba, Pb, Cu, V, As, Zn i Ga, charakteryzuje się najwyższą zawartością w skałach stropowych pokładu 630 i przeważnie najniższym udziałem w skałach spagowych (z wyj. Cu) (tabl. 1, rys. 1). Na wyższą koncentrację niektórych pierwiastków śladowych (Pb, Cu, As, Zn, Mn, Co) prawdopodobnie ma wpływ obserwowany najwyższy udział minerałów epigenetycznych (w postaci żyłek siarczków żelaza, węglanów) w skałach stropowych.

Nieliczne pierwiastki, jak: Mn, Cr, Ni i Co, wykazały maksymalną koncentrację w skałach spagowych. Może to świadczyć o odmiennych środowiskach sedymentacji skał stropowych i spagowych.

Iłowiec syderytyczny i syderyt ilasty, które występują w przeroście pokładu 630, charakteryzują się pośrednim stopniem koncentracji licznych pierwiastków w porównaniu do skał stropowych i spagowych. Możliwe, że częściowo ma to związek z obserwowaną ograniczoną mineralizacją epigenetyczną przerostów.

Wyniki badań koncentracji pierwiastków śladowych w skałach stropowych, spagowych i przerostu w pokładzie 630 zestawiono ze średnimi ich zawartościami w skałach towarzyszących pokładom 610 i 620 (rys. 1). Jak widać na rysunku 1, skały towarzyszące pokładowi 610 i 620 to głównie iłowce, iłowce syderytyczne i rzadziej mułowce. Odmienność petrograficzna tych skał ogranicza możliwość porównania stopnia koncentracji w nich pierwiastków śladowych z ich zawartością w skałach towarzyszących pokładowi 630. Prawdopodobnie głównie ilasty charakter skał towarzyszących pokładom 610 i 620 jest przyczyną wyższej zawartości w nich licznych pierwiastków śladowych, a mianowicie: B, Ba, V, As, Cr i Cu, szczególnie w skałach stropowych. Wskazuje to, że skały ilaste są głównym nośnikiem wielu pierwiastków śladowych w GZW.

Na uwagę zasługuje wyższa zawartość pierwiastków B i Ba w stropie pokładów 610 i 620 niż w skałach stropowych pokładu 630. Może to wskazywać na obecność bardziej zasolonych wód w środowisku sedymentacji skał stropowych z pokładów 610 i 620 [2, 4].

Potwierdzają to także wyniki własne oznaczania zawartości Cl, które także wykazały wyższe wartości w skałach towarzyszących pokładom 610 i 620 (maksymalnie do 0,57% m/m) niż w skałach z otoczenia pokładu 630 (maksymalnie do 0,10% m/m).

Skały stropowe pokładów 610 i 620 wyróżniają się ponadto znacznie wyższym udziałem wanadu w porównaniu do skał stropowych pokładu 630, którym przypisuje się pochodzenie limniczne. Zwykle podwyższone zawartości pierwiastka V w skałach wiązano z ich genezą w warunkach limnicznych [1]. Jednakże w stropie pokładu 610 i 620 występują iłowce, podczas gdy w stropie pokładu 630 obecne są mułowiec i mułowiec syderytyczny. Może to tłumaczyć zaobserwowane zróżnicowanie zawartości V w tych skałach, gdyż iłowce, z uwagi na znacznie wyższą zawartość minerałów ilastych, teoretycznie powinny zawierać więcej wanadu niż mułowce.

Zawartość pierwiastków w skałach pochodzących z przerostów i spągów pokładów wykazuje znacznie mniejsze zróżnicowanie, co może pośrednio potwierdzać wcześniej opisany wpływ mineralizacji epigenetycznej na udział niektórych pierwiastków śladowych. Pierwiastki o najniższym udziale, takie jak: Cd, Co, Sr, Ag i Li, charakteryzują się stosunkowo niską zmiennością, wobec czego nie były przedmiotem analizy porównawczej ich zawartości w skałach towarzyszących z pokładu 610, 620 i 630.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że liczne pierwiastki śladowe wykazują znaczne zróżnicowanie koncentracji w skałach towarzyszących pokładowi 630. Przyczyny tego zróżnicowania są złożone, często trudne do jednoznacznego określenia.

Analiza uzyskanych wyników badań mineralogiczno-petrograficznych i stopnia koncentracji pierwiastków śladowych pozwoliła wstępnie wykazać pewne zależności pomiędzy nimi, a mianowicie:

- wysoka koncentracja pierwiastków V i Pb w mułowcach o wysokiej zawartości biotyту, lub Mn w syderycie, a Cu i Ga w stropowych skałach o najwyższej zawartości epigenetycznych siarczków, uwidacznia wpływ składu mineralnego na zawartość pierwiastków śladowych,
- wyższa koncentracja licznych pierwiastków śladowych (B, Ba, Pb, Cu, V, As, Zn i Ga) w skałach stropowych w porównaniu do analogicznych odmian petrograficznych skał

spagowych wskazuje na znaczny wpływ mineralizacji epigenetycznej, której wzmożone przejawy obserwowano w skałach stropowych,

- wpływ zróżnicowanego środowiska sedymentacji skał stropu, spagu i przerostów przejawia się zawsze zróżnicowaną pomiędzy tymi skałami zawartością prawie wszystkich pierwiastków śladowych,
- spośród pierwiastków śladowych oznaczanych w skałach towarzyszących pokładowi 630 (środowisko limniczne), liczne (tj.: B, Ba, As, Cu, Cr, V i Cl) wykazują niższe i często znacznie niższe zawartości niż w skałach towarzyszących pokładom 610 i 620 (środowisko paraliczne); może to wskazywać na wyższą koncentrację tych pierwiastków w środowisku paralicznym.

Powyższe stwierdzenie wymaga dalszych gruntownych badań z uwagi na odmienny dominujący charakter skał towarzyszących pokładom, a mianowicie iłowcowy z otoczenia pokładów 610 i 620 i mułowcowy bądź sydereityczno-mułowcowy w towarzystwie pokładu 630.

LITERATURA

1. Adamczyk Z.: Studium petrograficzne wkładek płonnych z pokładów węgla górnych warstw brzeżnych niecki jejkowickiej. Prace Geologiczne 144 – PAN. Wyd. Inst. Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 1998.
2. Bouška V., Klika Z., Pešek J.: The occurrence of boron in Carboniferous Sediments of Central Bohemia, Symposium on Carboniferous stratigraphy - mat. Praga 1977.
3. Chodyniecka L., Biss D., Mikołajczyk P.: Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna i możliwości wykorzystania przerostów występujących w niektórych pokładach węgla w KWK "Sośnica" (GZW). Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1234, seria: Górnictwo, Gliwice 1994, s. 16-30.
4. Dill H., Teschner M., Wehner H.: Geochemistry and lithofacies of Permo-Carboniferous carbonaceous rocks from the southwestern edge of the Bohemian Massif (Germany). A contribution to facies analysis of continental anoxic environments. International Journal of Coal Geology, 18, 1991, p. 251-291.
5. Hanak B., Kokowska M.: Próba określenia zależności pomiędzy składem chemicznym i wybranymi wskaźnikami geochemicznymi w skałach stropowych jako potencjalnych odpadach pogórnictwa z niektórych pokładów warstw porębskich Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 18, z. 3, Kraków 2002, s. 77-93.
6. Hanak B., Kokowska-Pawłowska M.: Charakterystyka zmienności udziału wybranych pierwiastków śladowych w skałach towarzyszących pokładom węgla 610 i 620. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, nr 256, Gliwice 2003, s. 95-101.

7. Kotas A., Malczyk W.: Seria paraliczna piętra namuru dolnego Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego. W: Karbon Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego. Prace PIG, t. LXI, Wyd. Geol., Warszawa 1972, s. 329-425.
8. Matl K.: Poziomy z fauną w warstwach porębskich i jaklowieckich karbonu w rejonie rybnickim. Prace Geologiczne 67. Wyd. Geol., Warszawa 1971.
9. Parzenty H.: Zróżnicowanie zawartości ołowiu w węglach i łupkach węglowych z facji limnicznej po rozciągłości Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego. Przegląd Górnicy, nr 6, 1991, s. 33-36.
10. Parzenty H.: Wpływ nieorganicznej substancji mineralnej na zawartość niektórych pierwiastków śladowych w węglu Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego. Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego nr 1460, Katowice 1995.
11. Polański A.: Podstawy geochemii. Wyd. Geol., Warszawa 1988.
12. Ratajczak T.: Studium geologiczno-mineralogiczne skał towarzyszących węglom brunatnym w niektórych złożach Polski. Instytut Geologii i Surowców Mineralnych Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Prace własne nr 29, Kraków 1991.
13. Stachura E., Ratajczak T.: Substancja mineralna w węglu brunatnym ze złoża „Bełchatów” (Pole Bełchatów). Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. PAN - Prace Geologiczne 153, Kraków 2005.
14. Wichrowski Z.: Studium mineralogiczne łożców serii poznańskiej. Arch. Mineral., t. XXXVII, z. 2, 1979.

Recenzent: Dr hab. inż. Marian Wagner, prof. nzw. AGH