

UKD 553.94:662.613.1:551.735.02:550.423:550.84(438-1) LZW-CRW)



Project 166

Stefan CEBULAK, Anna RÓŻKOWSKA

Korelacja pokładów węgla w Centralnym Rejonie Węglowym Lubelskiego Zagłębia Węglowego na podstawie badań geochemicznych

Badania geochemiczne popiołów węgla z południowej części Centralnego Rejonu Węglowego LZW, pozwoliły na przeprowadzenie korelacji pokładów węgla podstawowej serii węglonośnej karbonu. Korelację oparto na zróżnicowaniu zawartości zarówno pierwiastków podstawowych, jak i śladowych w popiołach węgla, rozpatrując zawartości tych pierwiastków nie w pojedynczych pokładach, lecz w grupach pokładów. Badania geochemiczne przeprowadzono na podstawie zmian zawartości 12 pierwiastków, wyróżniając pięć typów zmienności i wydzielając sześć grup pokładów.

Badania geochemiczne pokładów węgla na Lubelszczyźnie, prowadzone od 1964 r., wykazały, że istnieją na tym obszarze możliwości korelowania warstw.

Początkowo autorzy prowadzili badania między Bugiem i Wisłą w całym profilu karbonu. Opracowania metod korelacji oraz wybranie dla nich optymalnych wskaźników wymagało drobiazgowych badań. Odnosiło się to głównie do zagęszczenia opróbowania oraz oznaczenia możliwie dużej liczby pierwiastków.

Następne prace ograniczono do Centralnego Rejonu Węglowego LZW i profilu warstw lubelskich, ponieważ na tym obszarze i w tym przedziale profilu prowadzono intensywne prace wiertnicze w związku z przygotowaniem do działalności górniczej.

RÉPREZENTATYWNOŚĆ ANALIZOWANEGO MATERIAŁU I METODYKA BADAŃ

Przedstawione wyniki badań pochodzą z analiz popiołów 179 próbek węgla z 12 otworów usytuowanych w południowej części Centralnego Rejonu Węglowego LZW (fig. 1). Pobrane próbki objęły warstwy lubelskie (westfal B) od pokładu 369 do 399. Korelację pokładów oparto na badaniach paleontologicznych,

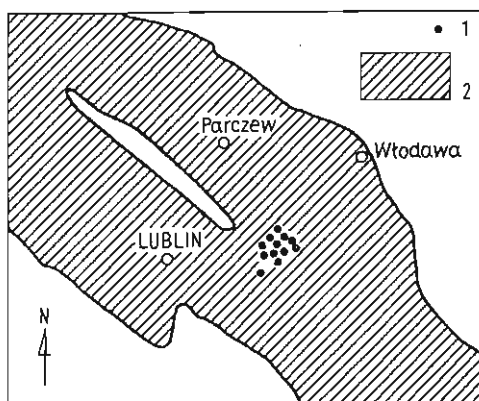


Fig. 1. Lokalizacja pobrania próbek węgla na tle Lubelskiego Zagłębia Węglowego
Location of coal samples at the background of the Lublin Coal Basin

1 – otwór wiertniczy; 2 – obszar LZW
1 – borehole; 2 – area of Lublin Coal Basin

petrograficznych i litologiczno-facjalnych (J. Porzycki, T. Mazak, A. Zdanowski, 1965). W sześciu otworach pobrano próbki ze wszystkich pokładów, w pozostałych natomiast – tylko z pokładów o miąższości większej od 0,5 m (kryterium bilansowości pokładów). Takie zasady poboru oraz fakt, że nie w każdym otworze występował pełny profil warstw lubelskich, były przyczyną nierównomiernej reprezentatywności pokładów w liczbie analizowanych próbek.

Pokłady z górnej i dolnej części profilu są więc rzadziej reprezentowane niż pokłady środkowej części profilu. Pokłady 373–394 występują średnio w 8 otworach. Częstotliwość pobranych próbek dla poszczególnych pokładów przedstawia się następująco: jedną próbką reprezentowane były pokłady 395 i 396; dwiema próbkami – 369, 370, 371, 373, 384, 390, 398, 399; czterema – 383; pięcioma – 375 i 381; sześcioma – 372 i 374; siedmioma – 394; ośmioma – 382 i 387; dziesięcioma – 377, 379 i 393; jedenastoma – 376 i 385; dwunastoma – 380, 389 i 397; trzynastoma – 378; czternastoma – 391; w 25 przypadkach pokłady były rozszczipione, co powodowało pobranie podwójnej próbki.

Program analiz obejmował oznaczenie zawartości SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , SO_3 metodami klasycznymi mokrymi, zgodnie z normą PN-57/C-04342, w popiele uzyskanym w temperaturze 815°C . Analizy wykonano w laboratorium KG „Południe” w Katowicach. Tam oznaczono także zawartość siarki metodą jodometryczną: siarkę palną w temperaturze 800°C i popiołową w temperaturze 1200°C . Pierwiastki poboczne i śladowe analizowano dwiema metodami: fluorescencji rentgenowskiej i absorpcji atomowej. Trzy z nich analizowano obiema metodami (Cr, Pb, Zn). Analizy metodą fluorescencji rentgenowskiej wykonano w Oddziale Górnośląskim Instytutu Geologicznego w Sosnowcu; objęły one oznaczenie zawartości: As, Ba, Cr, Ga, Ge, Mn, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Ti, Y, Zn i Zr. Analizy metodą absorpcji atomowej wykonano na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu; objęły one oznaczenie zawartości: Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Pb, V i Zn.

ZRÓŻNICOWANIE ZAWARTOŚCI PIERWIĄTKÓW W PROFILU WARSTW LUBELSKICH

W profilu zbiorczym przesledzono zmienność zawartości zarówno pierwiastków głównych, pobocznych i śladowych w popiołach węgla, jak i zmienność zawartości siarki w węglach. Zawartość popiołu w badanych węglach waha się w

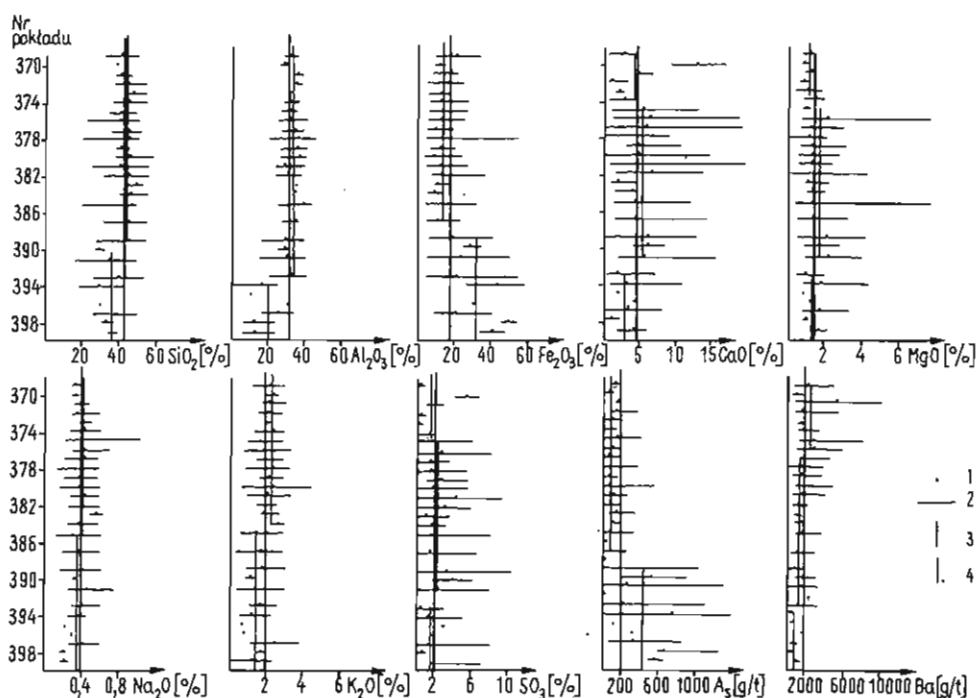


Fig. 2. Histogramy zmian zawartości poszczególnych składników w popiele węgla warstw lubelskich
 Histograms of changes in content of individual components in ash from coals from the Lublin Beds
 1 - średnia arytmetyczna; 2 - wartości ekstremalne; 3, 4 - linie średniej arytmetycznej: 3 - dla CRW, 4 - dla grup pokładów
 1 - arithmetic mean; 2 - extremal contents; 3, 4 - lines of arithmetic mean: 3 - for Central Coal Region, 4 - for group of coal seams

szerokich granicach - od 2,86 do 56,43%; średnia arytmetyczna wynosi 15,28%, średnia geometryczna - 13,69%.

Główne składniki chemiczne popiołów węgla uzależnione są przede wszystkim od warunków facjalnych tworzenia się pokładów węglowych i wykazują duże zróżnicowanie (fig. 2). W dolnej części badanego profilu obserwuje się zmniejszenie zawartości: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , SO_3 , natomiast wyraźne podwyższenie zawartości Fe_2O_3 oraz siarki w węglu.

Zawartość SiO_2 w popiele węgla waha się w szerokich granicach 11,9–56,9%, przeciętnie dla badanego obszaru 41,5%. W górnej i środkowej części profilu (do pokładu 389) wahania zawartości SiO_2 są stosunkowo niewielkie, sporadycznie występują pojedyncze próbki o niskiej zawartości krzemionki. W dolnej części profilu, przy ogólnie niższej zawartości SiO_2 , wahania są większe, szczególnie w pokładzie 391 reprezentowanym próbkami z 11 otworów.

Zawartość Al_2O_3 mieści się w granicach 1,27–47,62%; przeciętna dla badanego obszaru wynosi 31,1%. Podobnie jak w wypadku SiO_2 - w górnej i środkowej części profilu wartości średnich dla pokładów są zbliżone do średniej dla obszaru. W dolnej części profilu (od pokładu 394) zawartości Al_2O_3 , podobnie jak i zakres zmienności są wyraźnie niższe.

Najbardziej zróżnicowana jest zawartość Fe_2O_3 . Ogólnie waha się ona w gra-

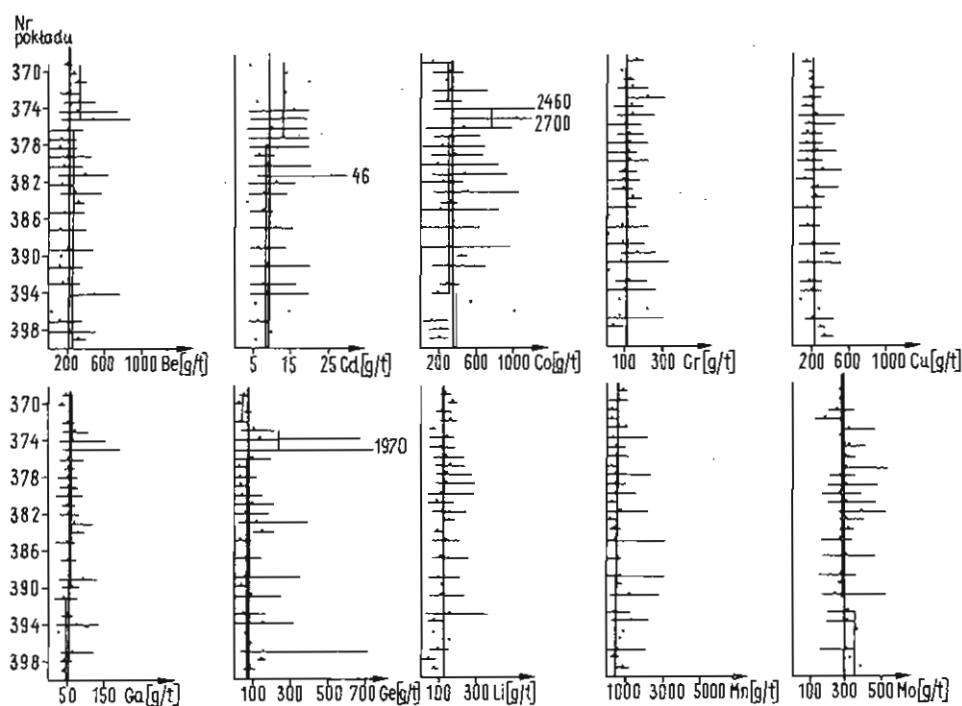


Fig. 3. Histogram zmian zawartości poszczególnych składników w popiele węgla warstw lubelskich
Histogram of changes in content of individual components in ash coal from the Lublin Beds

Objaśnienia jak na fig. 2.

Explanations as given in Fig. 2

nicach 3,5–66,2%; średnio dla obszaru 17,3%. W górnej i środkowej części profilu (do pokładu 387) jest na ogół niższa od średniej dla obszaru, w dolnej części profilu – wyższa. W ramach poszczególnych pokładów zmienność zawartości Fe_2O_3 jest bardzo duża.

Równoległe i ściśle ze zmiennością zawartości Fe_2O_3 zarówno w profilu, jak i dla poszczególnych próbek układu się zawartość siarki całkowitej i palnej (stanowiącej 90,8% siarki całkowitej). Zawartość siarki całkowitej (S_c) waha się od 0,46 do 7,8%, z jednym wynikiem ekstremalnym 14,0%; średnio dla obszaru – 2,5%. Zawartość siarki palnej (S_{pl}) kształtuje się od 0,3 do 7,5%, z jednym wynikiem ekstremalnym 13,7%; średnio dla obszaru – 2,3%. Należy tu wyodrębnić jedną próbkę z pokładu 395 o szczególnym składzie, daleko odbiegającym od średnich dla obszaru pod względem zawartości siarki, w której $S_c = 14\%$, $S_{pl} = 13,7\%$; popiół tej próbki zawiera również ekstremalną ilość Fe_2O_3 – 66,2%.

Zawartość siarki popiołowej (S_A) nie wykazuje związku ze zmianami zawartości Fe_2O_3 i waha się w granicach 0,04–0,65%; średnio dla obszaru 0,15%. Największe zróżnicowanie w zawartości siarki popiołowej występuje w pokładzie 382 – od 0,04 do 0,65%. Zawartości średnie dla pokładów oscylują wokół średniej dla obszaru.

Zawartość CaO waha się od 0,35 do 19,6%; średnio dla obszaru 4,5%. Szczególnie duże wahania w zawartości CaO występują w środkowej części profilu

(pokłady 376–381). W górnej (pokłady 369–371) i dolnej części profilu (pokłady 393–399) średnie dla pokładów są niższe od średniej dla obszaru, w środkowej – na ogół wyższe.

Siarczany powstają w popiołach przeważnie podczas spalania węgla w wyniku reakcji wtórnych ze związkami wapniowymi lub wapniowo-magnezowymi (J. Kuhl, J. Widarska-Kuśmierska, 1978), co znajduje potwierdzenie w podobnym kształtowaniu się zmienności zawartości SO_3 do CaO. Zawartość SO_3 w popiołach badanych węgli waha się od śladów do 10%; średnio dla obszaru 1,9%. W górnej i dolnej części profilu zbiorczego średnie zawartości dla pokładów kształtują się poniżej średniej dla obszaru, w środkowej części – powyżej średniej dla obszaru.

Zawartość MgO waha się od 0,13 do 7,9%, średnio dla obszaru 11,4%. W górnej części profilu średnie wartości MgO dla pokładów są niższe od średniej dla obszaru, poniżej – oscylują wokół tej średniej.

Zawartość Na_2O waha się od 0,12 do 1,01%; średnio dla obszaru 0,38%. Od góry do mniej więcej połowy profilu średnie dla pokładów są nieco wyższe, poniżej – nieco niższe od średniej dla obszaru. Podobnie, choć w sposób bardziej wyraźny układają się średnie zawartości K_2O dla pokładów – od 0,14 do 4,4%; średnio dla obszaru 1,85%.

Oznaczanie zawartości pierwiastków pobocznych i śladowych w popiołach węgla obejmowało możliwie szeroki ich zakres (w sumie 22 pierwiastki). Charakterystykę ich zmienności w ramach pokładów i w profilu przedstawiono na fig. 2–5.

W zawartości jednych pierwiastków (Cr, Cu, Mn, V) w całym profilu nie obserwuje się dużych odchyień od średniej dla obszaru, w zawartości drugich (Ni, Co, Pb, Zn, Ge) wahania występują w grupie kilku pokładów, w szeregu innych zaznaczają się natomiast wyraźne charakterystyczne zmienności zawartości w całym profilu, analogiczne do zmienności zawartości głównych składników popiołów węgla, uwarunkowane ich powinowactwem geochemicznym.

Zawartość arsenu (As) mieści się w przedziale 0–2065 g/t; średnio 178,6 g/t. Do pokładu 387 obserwuje się nieznaczne wahania i zawartości średnich niższe od średniej dla obszaru, niżej stwierdza się duże rozproszenie wyników i wyraźne podwyższenie zawartości arsenu.

Zawartość baru (Ba) waha się od 0 do 10 000 g/t; średnio dla obszaru 1663,5 g/t. Średnie dla pokładów oscylują wokół średniej dla obszaru, wykazując pewne obniżenie zawartości począwszy od górnej części profilu poprzez środkową i szczególnie wyraźne w dolnej części profilu.

Zawartość berylu (Be) wynosi od 5 do 860 g/t; średnio dla obszaru – 215,8 g/t. W poszczególnych pokładach występują dość duże wahania. W górnej części profilu – do pokładu 375 – zawartości berylu są wyższe niż w pozostałej części.

Zawartość kadmu (Cd) wynosi od 4 do 46 g/t; średnio dla obszaru 9,9 g/t. Podobnie jak w wypadku berylu obserwuje się duży rozrzut wyników oraz wzbogacenie w górnej części profilu, do pokładu 377.

Zawartość kobaltu (Co) wynosi od 45 do 2700 g/t; średnio dla obszaru 347 g/t. Wahania zawartości w poszczególnych pokładach są duże. Występuje charakterystyczna grupa pokładów (374–376) o dużym wzbogaceniu w kobalt.

Zawartość chromu (Cr) wynosi od 0 do 335 g/t; średnio dla obszaru 116,8 g/t, nie wykazując dużych wahań zarówno w obrębie pokładów, jak i profilu.

Podobnie do chromu zachowuje się miedź (Cu), której zawartość waha się od 20 do 500 g/t, średnio dla obszaru 223,8 g/t. Jedynie w dolnej części profilu (pokłady 396–399) obserwuje się niewielkie podwyższenie zawartości tego pierwiastka.

Zawartość galu (Ga) waha się od 15 do 194 g/t; średnio dla obszaru 56,2 g/t.

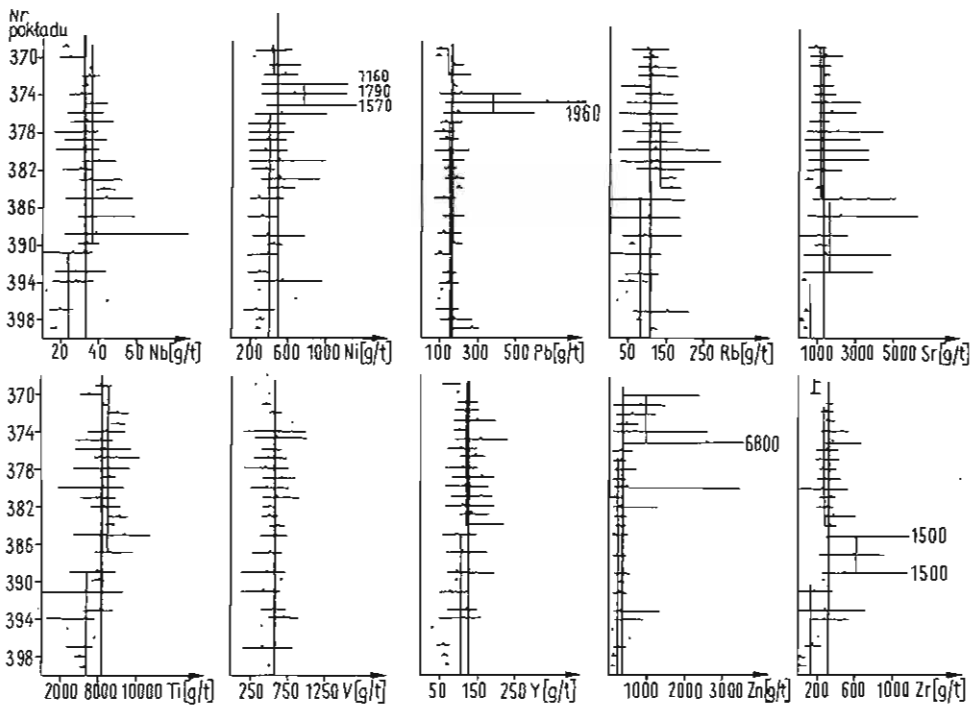


Fig. 4. Histogram zmian zawartości poszczególnych składników w popiele węgla warstw lubelskich
 Histogram of changes in content of individual components in ash from coal from the Lublin Beds
 Objaśnienia jak na fig. 2
 Explanations as given in Fig. 2

Średnie dla pokładów oscylują wokół średniej dla obszaru. W dolnej części profilu – od pokładu 391 – zawartość galu zmniejsza się.

Zawartość germanu (Ge) waha się od 9 do 713 g/t, z jednym ekstremum 1970 g/t, występującym w pokładach 373–375. Średnia zawartość germanu dla obszaru wynosi 81 g/t.

Zawartość litu (Li) wynosi 20–360 g/t, ze średnią dla obszaru 125 g/t, i nie wykazuje dużych wahań zarówno w pokładach, jak i w profilu.

Zawartość manganu (Mn) wynosi od 50 do 3100 g/t; średnio dla obszaru 546,8 g/t. Średnie dla pokładów oscylują wokół średniej dla obszaru.

Zawartość molibdenu (Mo) waha się od 125 do 500 g/t, średnio dla obszaru 277 g/t, i wykazuje wzbogacenie w dolnej części profilu – od pokładu 393.

Zawartość niobu (Nb) waha się od 11 do 86 g/t; średnio dla obszaru 32,8 g/t. W pokładzie 389 obserwuje się duży rozrzut zawartości niobu (20–86 g/t). Od pokładu 391 zawartość tego pierwiastka ulega zmniejszeniu.

Zawartość niklu (Ni) waha się od 140 do 1790 g/t; średnio dla obszaru 465 g/t. Podobnie jak kobalt wykazuje wyraźne wzbogacenie w pokładach 373–375 (kobalt w pokładach 374–376).

W grupie pokładów 374–376 wzbogacony jest również ołów (Pb), którego zawartość w badanym materiale waha się od 55 do 1960 g/t; średnio dla obszaru 159 g/t.

Zawartość rubidu (Rb) wynosi od 4 do 283 g/t; średnio dla obszaru 195,4 g/t, wykazując niewielkie wzbogacenie w grupie pokładów 377–384. W dolnej części profilu – od pokładu 385 – zawartość rubidu jest niższa od średniej dla obszaru.

Zawartość tytanu (Ti) waha się od 1150 do 11 500 g/t; średnio dla obszaru 6374 g/t. Do pokładu 387 średnie dla pokładów są wyższe, poniżej – niższe od średniej dla obszaru.

Zawartość wanadu (V) kształtuje się w granicach 100–1000 g/t; średnio dla obszaru 588,9 g/t. Nie wykazuje większych wahań ani zróżnicowań.

Zawartość itru (Y) wynosi od 40 do 236 g/t; średnio dla obszaru 120,8 g/t. Od pokładu 385 wykazuje dosyć wyraźne zmniejszenie.

Zawartość cynku (Zn) waha się od 85 do 3500 g/t (z-jednym wynikiem ekstremalnym 6800 g/t), przy średniej dla obszaru 356 g/t. Wykazuje – podobnie jak w wypadku ołowiu – wzbogacenie w górnej części profilu (pokłady 370–375). Wzbogacenie do 3500 g/t występuje również w jednej próbce z pokładu 380, przy średniej dla pokładów 493,7 g/t. Poza tym nie obserwuje się większych wahań w zawartości cynku.

Cyrkon (Zr) wykazuje duże zróżnicowanie w profilu. Jego zawartość waha się od 0 do 1500 g/t, przy średniej dla obszaru 336 g/t. W pokładach 369–370 zawartość cyrkonu jest niska, od pokładu 371 do 384 wartości średnich dla pokładów oscylują wokół średniej dla obszaru, w pokładach 385–389 występuje wyraźne wzbogacenie, a poniżej – ponowne zmniejszenie zawartości tego pierwiastka poniżej średniej dla obszaru.

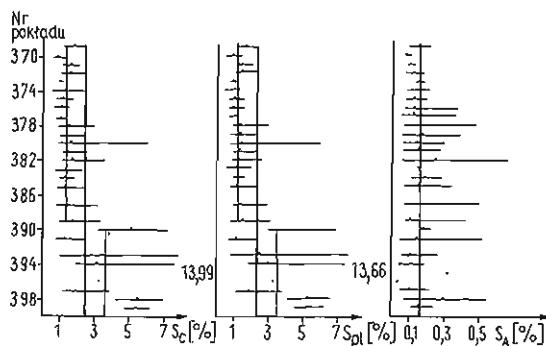


Fig. 5. Histogram zmian zawartości siarki w węglu
Histogram of changes in content of sulfur in coal

S_c – siarka całkowita; S_{pt} – siarka palna; S_A – siarka popielowa; pozostałe objaśnienia jak na fig. 2
 S_c – total sulfur; S_{pt} – combustible sulfur; S_A – ash sulphur; other explanations as given in Fig. 2

Zmiany zawartości pierwiastków głównych jak i śladowych, obserwowane w podstawowej serii węglowej warstw lubelskich, wykazują szereg prawidłowości. Obraz tych zmian przedstawiono na fig. 2–5 za pomocą wartości średniej arytmetycznej i wartości ekstremalnych pierwiastków w pokładach węglowych. Stwierdzono wyraźną zbieżność zmian zawartości określonych pierwiastków w profilu zbiorczym. Większość z nich wynika z powinowactwa chemicznego pierwiastków, niektóre natomiast są natury sedimentologiczno-facjalnej lub nakładania się różnorodnych przyczyn.

Stwierdzono następujące współzależności pierwiastków:

1. Wapń jest powiązany z jonem siarczanowym i barem. Korelacje tych pier-

wiastków są wynikiem zarówno powinowactwa chemicznego, jak i działania czynników sedymentologiczno-facjalnych.

2. Żelazo wykazuje wyraźne powiązania z arsenem i siarką, a także w pewnym stopniu z molibdenem.

3. Glin łączy się z litem, a krzem z niobem, tytanem i galem. Zastanawiająca jest tutaj zbieżność z krzemem a nie z glinem.

4. Potas i sód wykazują zbieżność z itrem, a w mniejszym stopniu ze strontem i rubidem. Poza powinowactwem chemicznym widać tu także wpływ innych czynników.

5. Z magnezem zbieżne są zmiany zawartości berylu i kadmu. Współzależność ta jest tu odwrotnie proporcjonalna.

6. Wyraźne zbieżności zmian obserwuje się także między cynkiem, ołowiem, niklem, kobaltem i germanem oraz między chromem, miedzią, wanadem i magnezem.

7. Cyrkon w zasadzie nie koreluje się z innymi pierwiastkami. Pomijając wysokie zawartości tego pierwiastka w pokładach 385–389, można zaobserwować jego współzależności z Ti i Si.

Współzależności tych zmian są lepiej widoczne, gdy rozpatruje się je w oparciu o współczynnik krotności w stosunku do średniej zawartości pierwiastka w Centralnym Rejonie Węglowym (fig. 6).

Obraz współzależności między pierwiastkami uzyskany w LZW znajduje odbicie i w innych basenach węglowych. Podamy tu przykładowo korelacje poszczególnych pierwiastków śladowych w stosunku do pierwiastków głównych z zagłębia Illinois (H.J. Gluskoter i in., 1977). Są one następujące:

- bar wykazuje duży współczynnik powinowactwa z wapniem oraz z glinem;
- arsen i molibden są wyraźnie związane z żelazem, wysoki jest również współczynnik powiązania arsenu z potasem;
- gal wykazuje silny stopień powiązania z potasem, a także z glinem, słabszy jest jego stopień powiązania z tytanem;
- stront wykazuje najsilniejsze powiązanie z potasem i glinem; rubid wykazuje bardzo duże powiązanie z potasem, mniejsze z magnezem i glinem;
- beryl jest najsilniej powiązany z żelazem, kadm natomiast z wapniem.

Widoczne w LZW powiązania cynku, niklu, kobaltu i germanu potwierdzają się w obszarze Illinois w odniesieniu do germanu, ołowiu, niklu i kobaltu; wyraźnie nie związane w tej grupie pierwiastków okazuje się być cynk, który podobnie jak cyrkon koreluje się z barem. Istnieją jednak także i inne powiązania, np. germanu z berylem; niklu z galem, arsenem, miedzią; kobaltu z arsenem, miedzią. Określone związki obserwuje się także w Northern Great Plains Coal Province (P. Zubovic i in., 1961).

Zmiany wartości średniej lub współczynnika krotności pierwiastków w popiołach z poszczególnych pokładów węgla LZW prowadzą do wniosku, że w badanym profilu można wyróżnić odcinki o zbliżonych wartościach oraz odcinki wyznaczone współzależnością pierwiastków; bardzo zróżnicowany jest charakter współzależności korelujących się pierwiastków.

Współzależność i zmiany pierwiastków są podstawą wydzielenia w profilu grup pokładów o podobnym składzie geochemicznym. Ze stosunku tych grup wynika pięć odmiennych typów zmienności.

Tak ujęte współzależności składu geochemicznego pokładów węgla mogą być wystarczającą podstawą do korelacji grup pokładów.

OBRAZ ZMIAN SKŁADU GEOCHEMICZNEGO
WYDZIELONYCH GRUP POKŁADÓW

Przedstawiony wyżej ogólny obraz współzależności i zmian składu geochemicznego pokładów węgla pozwala wydzielić pięć typów zmienności. Zilustrowano je na fig. 6, gdzie na osiach rzędnych umieszczono numery pokładów, na osiach odciętych – współczynnik krotności składnika w stosunku do średniej dla badanego obszaru (przyjętej jako jedność).

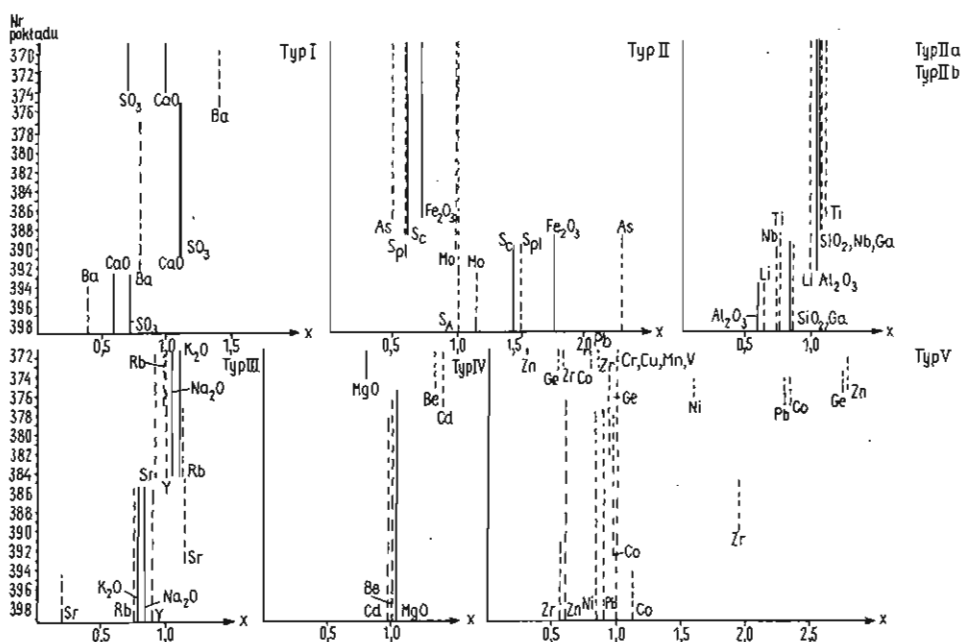


Fig. 6. Histogram zmian współczynnika krotności (x) w wydzielonych grupach pokładów węgla warstw lubelskich w stosunku do średniej arytmetycznej dla CRW

Histogram of changes in multiplicity coefficient (x) for selected types of coal seams in the Lublin Beds versus arithmetic mean for the Central Coal Region

Charakterystyka typów zmienności przedstawia się następująco:

Typ I – składa się z CaO, SO_3 i Ba. Wyróżnia się w nim trzy odcinki obejmujące pokłady: 399–393, 392–375 i 374–369. W dolnym odcinku składników jest najmniej. W środkowym widoczne jest maksymalne wzbogacenie w CaO i SO_3 , przy zbliżonym poziomie krotności dla obu. W odcinku górnym zawartość CaO spada do wartości zbliżonej do średniej dla CRW, a SO_3 do wartości równej tej, która występuje w odcinku dolnym. Odcinek górny cechuje jednak maksymalna zawartość baru. Bar zmienia się w nieco obniżonym zakresie przedziału pokładów: dla odcinka dolnego do pokładu 394 i środkowego – 377.

Typ II składa się z Fe_2O_3 , S, As i Mo; dzieli profil na dwa odcinki obejmujące pokłady: 399–389 i 387–369 (brak danych dla pokładu 388). Dolny odcinek cechuje się dużym wzbogaceniem wszystkich składników, w tym szczególnie arsenu. Granice podziału profilu według zawartości siarki i molibdenu są o 1–2 pokłady obniżone w stosunku do granic podziału według zawartości arsenu i żelaza. Molibden wykazuje w tym odcinku także wzbogacenie, jednak tylko w pokładach 399 do 393, a więc podobnie jak CaO i SO_3 w typie I. Ta współzależność

skłaniałaby do łączenia molibdenu ze składnikami grupy pokładów typu I. Odcinek górny cechuje się znacznym obniżeniem zawartości Fe_2O_3 , a szczególnie siarki i arsenu. Molibden w całym górnym odcinku występuje w wartościach bardzo zbliżonych do średniej dla CRW.

Typ IIa składa się z Al_2O_3 i Li, dzieli profil na dwa odcinki obejmujące pokłady 399–394 i 393–369. W dolnym odcinku zawartości pierwiastków są wyraźnie niskie, nieco ponad połowę średniej dla CRW; w górnym – oscylują w granicach bardzo zbliżonych do średniej.

Typ IIb składa się z SiO_2 , Ti, Nb i Ga; dzieli profil na dwa odcinki obejmujące pokłady 399–391/389 oraz 390/387–369 (brak danych dla pokładu 388). Granica podziału jest jednakowa dla niobu, galu i SiO_2 , nieco wyżej występuje ona dla tytanu. Tendencje zmian zawartości są identyczne jak w typie IIa. Dlatego mimo zbliżności granicy podziału wydzielono go jako modyfikację typu II.

Typ III obejmuje K_2O , Na_2O , Y, Sr, Rb. Typ ten można by rozdzielić na normalny – złożony z K_2O , Na_2O i Y oraz dwie modyfikacje – jedną dla strontu, drugą dla rubidu.

Podstawowe są tu dwa odcinki obejmujące pokłady 399–385 i 384–369. Dolny odcinek cechuje się obniżeniem, górny – podwyższeniem zawartości potasu, sodu i itru. Rubid koreluje się wyraźnie z powyższymi pierwiastkami w dolnym odcinku, w górnym zaś wykazuje wzbogacenie w pokładach 384–377 i oscyluje w granicach średniej w pokładach 376–369. Stront jest właściwie pierwiastkiem o wyraźnie innych właściwościach: w grupie pokładów 399–394 wykazuje bardzo wyraźny spadek do wartości 0,3 średniej dla CRW, w grupie pokładów 393–385 natomiast – wzrost do wartości 1,15 średniej. Odcinek górny, zbieżny z odcinkiem dla K_2O , Na_2O i itru cechuje się niedużym spadkiem strontu – do wartości 0,9 w stosunku do średniej.

Typ IV składa się z MgO , Be i Cd; dzieli profil na dwa odcinki obejmujące pokłady: 399–375/378 (z obniżeniem granicy dla berylu i kadmu) i 377/374–369. Dolny odcinek cechuje się wartościami bardzo zbliżonymi do średniej zarówno dla MgO , jak i dla berylu i kadmu. W górnym natomiast występuje spadek MgO do wartości 0,8 średniej oraz dość istotny wzrost wartości berylu i kadmu.

Typ V skupia wszystkie pierwiastki wykazujące dużą nieregularność zmian: Ni, Co, Pb, Zn, Ge, Zr. Zaliczono tu także pierwiastki niezmiennie w profilu: Cr, Cu, Mn, V. W profilu tym wyróżnia się trzy odcinki; widoczna jest jednak duża niejednorodność granic.

Największe zbieżności wykazują nikiel, ołów i german, zgodnie z którymi profil można podzielić na odcinki obejmujące pokłady 399–377/376, 376/375–374/373 i 373/372–369. Odcinki dolny i górny cechują się podobnymi wartościami dla niklu i ołowiu i są nieco niższe od średniej. Zawartość germanu w odcinku dolnym pokrywa się ze średnią, w środkowym jest silnie wzbogacona, aż do wartości rzędu 2,8 krotności średniej, a w górnym – obniża się do 0,55 wartości. Kobalt wykazuje zbliżone zależności do obserwowanych dla niklu i ołowiu, jednak w dolnym odcinku w pokładach 399–394 jest wzbogacony do wartości 1,1 średniej.

Cynk rozkłada się w profilu także w trzech odcinkach: dolnym zgodnym z niklem, ołowiem i germanem; środkowym obejmującym przedział pokładów 375–371 i górnym tylko z dwoma najwyższymi pokładami – 370 i 369. W odcinku dolnym i górnym cechuje się niskimi wartościami rzędu 0,4–0,6 średniej, w środkowym natomiast – maksymalnym wzbogaceniem w stosunku do wszystkich pierwiastków, do rzędu trzykrotnej wartości średniej.

Cu, Cr, Mn i V występują w całym profilu w zawartościach prawie niezmiennych. Cyrkon dzieli natomiast profil na cztery odcinki z pokładami 399–390,

389–382, 381–371 i 370–369. Dolny i górny odcinek charakteryzują się niskimi zawartościami rzędu 0,55–0,60 średniej. Silnie wzbogacony w cyrkon jest natomiast odcinek obejmujący pokłady 389–382 – do rzędu dwukrotnej wartości średniej.

ZMIENNOŚĆ GEOCHEMICZNA GRUP POKŁADÓW NA OBSZARZE CRW

Wykorzystanie współzależności zmian w poszczególnych grupach pokładów jako wskaźnika korelacji jest możliwe przy utrzymywaniu się stałości na całym obszarze. Dla stwierdzenia prawidłowości tego stanu sporządza się projekcję zmian współczynnika krotności w wydzielonych typach grup pokładów.

Szereg takich projekcji przedstawiono na fig. 7. Histogramy są odwzorowaniem wartości średnich dla określonych pierwiastków wydzielonych grup pokładów. Brak w histogramach określonego punktu badań jednego ze słupków jest efektem albo braku pokładów w rozpatrywanym odcinku profilu badanego otworu albo nie wykonania analiz chemicznych próbek z istniejących pokładów.

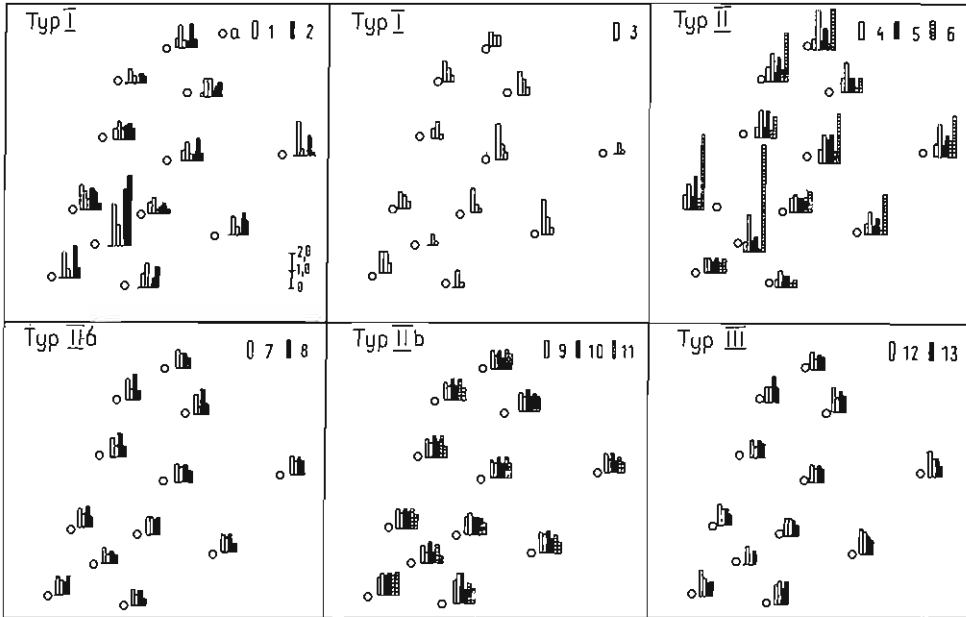


Fig. 7. Histogram zmian współczynnika krotności w wydzielonych grupach pokładów węgla na badanym obszarze

Histogram of changes in multiplicity coefficient for selected group of coal seams in studied area

a – otwór wiertniczy; 1, 2 – CaO i SO_3 w grupie pokładów: 369–374, 375–391, 393–395; 3 – Ba w grupie pokładów: 369–376, 377–393, 394–399; 4 – Fe_2O_3 w grupie pokładów: 369–387, 389–399; 5 – S_p w grupie pokładów: 369–389, 390–399; 6 – As w grupie pokładów: 369–387, 389–399; 7, 8 – Al_2O_3 i Li w grupie pokładów: 369–393, 394–399; 9 – SiO_2 – w grupie pokładów: 369–389, 390–399; 10 – Ti w grupie pokładów: 369–387, 388–399; 11 – Nb w grupie pokładów: 369–390, 391–399; 12, 13 – K_2O i Y w grupie pokładów: 369–384, 385–399

a – borehole; 1, 2 – CaO and SO_3 in group of coal seams: 369–374, 375–391, 393–395; 3 – Ba in group of coal seams: 369–376, 377–393, 394–399; 4 – Fe_2O_3 in group of coal seams: 369–387, 389–399; 5 – S_p – in group of coal seams: 369–389, 390–399; 6 – As in group of coal seams: 369–387, 389–399; 7, 8 – Al_2O_3 and Li in group of coal seams: 369–393, 394–399; 9 – SiO_2 in group of coal seams: 369–389, 390–399; 10 – Ti in group of coal seams: 369–387, 388–399; 11 – Nb in group of coal seams: 369–390, 391–399; 12, 13 – K_2O and Y in group of coal seams: 369–384, 385–399

Dla większości pierwiastków zróżnicowania w profilu występują na całym lub prawie całym obszarze. Najwięcej odstępstw spotyka się w południowej i południowo-zachodniej części obszaru, natomiast dla siarki i arsenu w środkowym pasie przebiegającym z NE na SW.

Charakteryzując wyniki projekcji w dużym skrócie można przyjąć, że:

- duże zgodności trendu zmian na całym lub prawie całym obszarze wykazują CaO, Ba, Al₂O₃, Li, SiO₂, Ti, Nb, Y, Be, Ni, Co, Ge;
- małe niezgodności obserwuje się dla Fe₂O₃, As, S, a także K₂O;
- liczne anomalie wykazują SO₃, Cd, Zn i Pb;
- najmniejsze zgodności wykazuje natomiast Ga.

Dane te pozwalają stwierdzić, że zawartości określonych pierwiastków głównych i śladowych pozwalają prowadzić korelację metodą wydzielenia charakterystycznych grup pokładów. Wskaźnikami korelacji mogą więc być: Fe₂O₃, Al₂O₃ i SiO₂ ze składników głównych i As, Ba, Li, Nb, Ti, Y – z pierwiastków śladowych. Jako wskaźniki pomocnicze służyć mogą także: S, CaO, K₂O, Na₂O, MgO, Be i Ni, Co, Ge oraz Zr, Rb i Sr. Małą przydatność na obecnym etapie badań stwierdzono w odniesieniu do SO₃, Ga, Mo, Cd, Pb, Zn. Zupełnie nieprzydatne dla korelacji okazują się: Cr, Cu, Mn, V.

KORELACJA WYDZIELONYCH GRUP POKŁADÓW WĘGLI

Przedstawione współzależności zmian zawartości pierwiastków w popiołach węgla pochodzących z podstawowej serii węglowej w południowej części CRW wskazują na możliwości ich stosowania jako wskaźnika korelacji. Korelowanie to można przeprowadzić jednak nie na podstawie porównywania danych z poje-

Numer pokładów	Grupy pokładów	Podstawowe wskaźniki geochemiczne	Dodatkowe wskaźniki geochemiczne	Granice podziału zawartości składników geochemicznych																
				S SiO ₂	Li Al ₂ O ₃	Ti, As Fe ₂ O ₃	SO ₃ CaO	MgO	Y, K ₂ O Na ₂ O	Ba	Be	Cd	Pb Co	Nb Ga	Ni Ge	Mo	Rb	Sr	Zn	Zr
370			Zr																	
372			Ni, Ge Co				20	14												
374		CaO, MgO																		
376		Ba	Ni, Ge, Be Co																	
378																				
380				725																
382																				
384		K ₂ O, Y	Rb, Sr, Zr, Na ₂ O		147	114	107		95											
386		Fe ₂ O ₃ , As, Ti						161		118	150									
388																				
390		SiO ₂ Nb	Zr																	
392		CaO							80											
394		Al ₂ O ₃ , Li, Ba	Ca, Sr	54		64	71			25										
396					25		34													
398																				

1 2 125 3

dynczych pokładów, lecz grup pokładów i to w oparciu o wyniki badań kompleksowych.

Do niezbędnego kompleksu danych trzeba zaliczyć zawartości składników głównych: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO i K_2O , S, a spośród pierwiastków śladowych: As, Ba, Nb i Y, Li, Ti. Jest to więc pierwsza grupa wskaźników chemicznych (podstawowych). Jako dodatkowe wskaźniki stosować należy zawartości Ni, Ge, Zr, a zawartości Na_2O , MgO , Pb , Co , Rb i Sr uwzględniać jako dane potwierdzające.

Podstawą metody korelacji jest profil wyliczonych współczynników koncentracji pierwiastka dla analizowanych pokładów. Odniesieniem jest wartość średniej dla CRW. W pierwszej kolejności rozpatrywać należy pierwiastki o największych zróżnicowaniach zawartości w profilu, uwzględniając także rozrzut danych, a więc Al_2O_3 , Fe_2O_3 , As, Nb oraz siarki całkowitej i siarki palnej. W następnej kolejności rozpatrywać należy pozostałe pierwiastki z pierwszej grupy korelacyjnej, a więc: SiO_2 , CaO , K_2O , Ba, Y, Li, Ti.

W ten sposób w badanym profilu można wydzielić co najmniej sześć grup pokładów: 399–394; 393–391/390; 390/389–385; 384–377; 376–375; 374–369.

Wykonując następnie profilowe wykresy dla grupy pierwiastków: Ni, Ge, Na_2O , MgO , Co , Rb , Sr , Zr i innych, można potwierdzić wynik podziału i próbować jeszcze szczegółowiej rozdzielić stropowy odcinek podstawowej serii węglowej. Podstawy tej metodyki dokumentuje fig. 8.

WNIOSKI

Zasadniczym wnioskiem z nowych badań jest stwierdzenie, że wyniki badań geochemicznych popiołów węgla są podstawą korelacji pokładów węgla podstawowej serii węglowej warstw lubelskich CRW. W korelacji należy jednak uwzględnić zmianę zawartości składników geochemicznych w odniesieniu do grup a nie pojedynczych pokładów. Niezbędnym warunkiem jest analizowanie co najmniej 13 składników geochemicznych. Pełny obraz daje analiza 22 składników, tj.: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , siarki palnej i siarki całkowitej (w węglu), As, Ba, Co , Ge, Li, Nb, Ni, Pb , Rb , Sr , Ti, Y i Zr.

Oddział Górnośląski
Instytutu Geologicznego
Sosnowiec, ul. Białego 1
Nadesłano dnia 28 grudnia 1982 r.

Fig. 8. Histogram zastosowania wskaźników korelacji

Histogram of adaptation of indexes of correlation

1, 2 – przedział zmienności w profilu zbiorczym: 1 – jednolity, 2 – zróżnicowany; 3 – liczba próbek

1, 2 – interval of variability in cumulative section: 1 – uniform, 2 – various; 3 – number of samples in interval

PIŚMIENNICTWO

- GLUSKOTER H.J., RUCH R.R., MILLER W.G., CAHILL R.A., DREHER G.B., KUHN J.K. (1977) – Trace elements in coal: occurrence and distribution. Illinois State Geological Survey, Circ. 499.
- KUHL J., WIDAWSKA-KUŚMIERSKA J. (1978) – Skład substancji mineralnej węgla i jego wpływ na procesy utylizacji. Konwersatorium analityczne. Komisja Analizy Surowców i Produktów Mineralnych, Komitet Chemii Analit. PAN, GIG, SITG. Katowice.
- PORZYCKI J., MAZAK T., ZDANOWSKI A. (1975) – Budowa geologiczna złoża węgla kamiennego Chełm w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Kwart. Geol., 19, p. 474–475, nr 2.
- ZUBOVIC P., STADNICHENKO T., SHEFFEY N.B. (1961) – Geochemistry of minor elements in coals of the Northern Great Plains Coal Province. U.S. Geol. Survey, Bull. 1117-A.

Стефан ЦЕБУЛЯК, Анна РУЖКОВСКА

КОРРЕЛЯЦИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЦЕНТРАЛЬНОМ УГОЛЬНОМ РАЙОНЕ ЛЮБЛИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Резюме

Длительное геохимическое изучение угля Люблинского угольного бассейна позволяет коррелировать угольные пласты по геохимическим признакам. Попытка корреляции была проделана на основной угленосной серии карбона, залегающей в южной части Центрального угольного района.

В процессе изучения угольного пепла была выявлена большая разнородность содержания как основных элементов, так и микроэлементов. Наблюдается четко выраженная связь микроэлементов с соответствующими основными элементами, лучше всего выраженная при рассмотрении так называемого коэффициента кратности роста содержания элемента по отношению к его среднему содержанию, рассчитанному по выделенной площади ЛУБ. Анализированные элементы сгруппированы по пяти различным типам взаимозависимости. Элементы сгруппированы следующим образом:

Тип I — CaO, SO₃ и Ba;

Тип II — Fe₂O₃, S, As и Mo;

Тип IIa' — Al₂O₃ и Li;

Тип IIb — SiO₂, Ti, Nb, Ga;

Тип III — K₂O, Na₂O, Y, Sr и Rb;

Тип IV — MgO, Be и Cd;

Тип V — взаимозависимость только некоторых микроэлементов — Ni, Co, Pb, Zn, Zr и Ge.

За основу метода геохимической корреляции пластов приняты только те разнородности, которые характерно изменяются на всей изучаемой территории ЛУБ. Самой большой постоянной изменчивостью отличается Fe, Al и Si, а также As, Ba, Li, Nb, Ti, Y, средней: S, Ca, K, Na и Mg, а из микрокомпонентов Be, Ni, Co, Ge и Zr, Rb и Sr.

Для предлагаемого корреляционного метода наиболее пригодны результаты анализа 13 элементов, рассматривавшихся как 13 компонентов химического анализа: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, K₂O, горючая S, полная S, а также As, Ba, Nb, Y, Li, Ti. Дополнительными показателями

спужат Ni, Ge и Zr, а картина их изменений может дополняться Na_2O , MgO, Pb, Co, Rb и Sr.

Корреляцию можно выполнять, рассматривая содержание элементов не в отдельных пластах, а в их группах, как проявление характерной изменчивости в выделенных типах взаимозависимости элементов. В изучавшемся разрезе карбона выделено шесть групп пластов, разнородных по содержанию указанных элементов.

Stefan CEBULAK, Anna RÓŹKOWSKA

CORRELATE COAL SEAMS IN THE CENTRAL COAL REGION, LUBLIN COAL BASIN, ON THE BASIS OF GEOCHEMICAL DATA

Summary

Geochemical studies on coals in the Lublin Coal Basin, carried out for several years, made it possible to correlate coal seams on the basis of geochemical indices. The paper presents an attempt to correlate the major coal-bearing series of the Carboniferous occurring in southern part of the Central Coal Region.

The studies showed that contents of both basic and trace elements in ash from coals from individual seams are markedly varying. Trace elements appear to be clearly related to certain basic ones. The interdependences are best reflected by so called multiplicity coefficient of increase in content of a given element to its mean content for selected part of the coal basin. The analysed elements were grouped into five different types of interdependence. In individual interdependence types the elements are linked in the following way:

Type I – CaO, SO_3 and Ba;

Type II – Fe_2O_3 , S, As and Mo;

Type IIa – Al_2O_3 , Li;

Type IIb – SiO_2 , Ti, Nb and Ga;

Type III – K_2O , Na_2O , Y, Sr and Rb;

Type IV – MgO, Be and Cd;

Type V – interdependence of some trace elements only (Ni, Co, Pb, Zn, Zr and Ge).

As the basis for the method of geochemical correlation of seams there were accepted only those differentiations which display characteristic variability throughout the studied part of the coal basin. Fe, Al and Si and As, Ba, Li, Nb, Ti and Y were found to display most constant variability, S, Ca, K, Na and Mg and trace elements Be, Ni, Co, Ge, Zr, Rb and Sr – fairly stable variability.

The results of analysis of 13 elements, treated as 13 components in chemical analysis of SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO, K_2O , combustible sulfur, total sulfur and As, Ba, Nb, Y, Li and Ti appear most useful in the proposed method of correlation. Ni, Ge and Zr may here be used as supplementary indices and the image of their changes may be further supplemented by Na_2O , MgO and Pb, Co, Rb and Sr.

The correlation may be performed by analysing content of elements not in individual seams but rather groups of seams as it is shown by characteristic variabilities of the above given types of interdependence of elements. The use of this method made it possible to differentiate 6 groups of seams varying in content of the above listed elements, in the Carboniferous section.