

Jaroslawa SZWED-LORENZ, Ferdynand ZACZEK

Politechnika Wrocławska, Wrocław

ROZKŁAD SIARKI W PIONOWYCH PROFILACH POKŁADÓW WĘGLA BRUNATNEGO

Streszczenie. Przeprowadzono analizę zawartości i zmienności siarki całkowitej w pokładach złoża „Turów” i „Legnica” oraz rozkład zawartości siarki całkowitej (S_t^d), siarki palnej (S_c^d) i siarki popiołowej (S_a^d) w profilach pionowych pokładów złoża „Legnica”. Zwraca uwagę wyższa koncentracja siarki w przyspągowych częściach pokładów oraz wzrost zawartości siarki wraz ze wzrostem zapopielenia. Wydaje się, że zawartość siarki w pokładach badanych złóż zależy od natężenia działalności wulkanicznej w czasie ich powstawania.

SULPHUR DISTRIBUTION IN VERTICAL PROFILES OF BROWN COAL DEPOSITS

Summary. Analyses were carried out to determine the concentration and variability of total sulphur in the brown-coal deposits of „Turów” and „Legnica”, as well as to establish the distributions of total sulphur (S_t^d), combustible sulphur (S_c^d) and ash sulphur (S_a^d) in the vertical profiles of the brown coal deposit of „Legnica”. The study revealed the following pattern - higher sulphur concentrates in the near-floor of the deposits and sulphur content increases with the increasing ash content. It seems that sulphur concentration in the studied seams is depend on the intensity of volcanic activity during their formation.

1. Wstęp

Zawartość siarki w węglu brunatnym, obok wartości opałowej, zawartości popiołu, wydajności prąsnoły i zawartości bituminów, decyduje o wartości przemysłowej tej kopaliny. W ostatnim okresie coraz więcej uwagi poświęca się rozpoznaniu zróżnicowania koncentracji tego pierwiastka w poszczególnych częściach złóż oraz postaciom jego powiązań. Siarka w węglach występuje jako tzw. siarka organiczna i nieorganiczna. Siarka organiczna występuje w

postaci grup tioeterowych i tiofenowych, przy czym stosunek siarki tioeterowej do tiofenowej zmniejsza się w miarę wzrostu stopnia uwęglenia [3]. Siarka nieorganiczna to siarka wchodząca w skład siarczków żelaza (piryt, markasyt, melnikowit, czasem chalkopiryt) i siarczanów (baryt, gips, anhydryt, sporadycznie celestyn). Ponadto w niektórych złożach występuje siarka rodzima [4].

Na potrzeby technologiczne oznacza się zawartość siarki całkowitej (S_t^d), siarki palnej (S_c^d) i siarki popiołowej (S_s^d). Do prognozowania zawartości siarki w urabianym węglu w określonych rejonach złoża niezbędne wydaje się rozpoznanie zmienności zawartości tego składnika w płaszczyznach rozprzestrzenienia pokładów oraz jej rozkład w profilach pionowych. Rozpoznanie rozkładów zawartości siarki w profilach pionowych pokładów może być przydatne przede wszystkim w przypadku pokładów o dużej miąższości, eksploatowanych wielopoziomowo.

2. Zakres badań

Referowane badania obejmowały analizę statystyczną zawartości i zmienności zawartości siarki w płaszczyźnie rozprzestrzenienia pokładów oraz zmian zawartości tego składnika w profilach pionowych.

Analizę zawartości i zmienności zawartości w płaszczyźnie rozprzestrzenienia, przy przyjęciu probabilistycznego modelu zmienności, przeprowadzono dla kolejnych pokładów złóż „Legnica” i „Turów”. Dla zbiorów wyników analiz chemicznych zawartości siarki całkowitej (S_t^d), utworzonych dla poszczególnych pokładów, wyliczono: średnią arytmetyczną (X), średnią wartość modalną (M_o), medianę (M_e) i współczynnik zmienności (V). W sumie uwzględniono 1621 średnich zawartości siarki całkowitej w pokładach stwierdzonych otworami wiertniczymi. W toku dalszych badań przeprowadzono analizę zawartości siarki w profilach pionowych pokładów złoża „Legnica”. Materiał wyjściowy w tym przypadku stanowiły wyniki oznaczeń zawartości siarki całkowitej (S_t^d), siarki palnej (S_c^d) i siarki popiołowej (S_s^d), 942 prób cząstkowych z 35 otworów.

W celu określenia zmian zawartości siarki w profilach pionowych pokładów wyliczono wartości S_t^d , S_c^d i S_s^d dla jednowarstwowych warstw. Ze względu na zmienność miąższości pokładów wspomniane warstwy wydzielano kolejno, poczynając od stropu i spągu pokładów ku ich częściom środkowym. Liczba wydzielonych w ten sposób warstw jest różna dla poszcze-

gólnych pokładów i zależy od ich grubości. Dla pokładów II i Ia wydzielono po 4 warstwy, zaś dla pokładu Ia charakteryzującego się dużą miąższością 12 warstw - 6 od stropu i 6 od spagu.

Dla spagowej części pokładu I, gdzie zawartość siarki prawdopodobnie wiąże się z rozprzestrzenieniem pokładu Ia, wykonano oddzielne badania obszaru, na którym występowały oba pokłady, oraz części złoża, gdzie wykształcony jest tylko pokład I.

3. Wyniki analizy i ich interpretacja

Zawartość siarki w poszczególnych pokładach badanych złóż węgla brunatnych waha się w szerokim przedziale wartości i stanowi jeden z najbardziej zmiennych parametrów tej kopaliny (tabela 1).

Tabela 1

Parametry statystyczne zmienności zawartości siarki całkowitej (S_t^d)

	Pokład	Nr pokładu	n	S_t^d	M_o	M_e	V
„Legnica”	Henryk	II	81	0,52	0,60	0,43	40
	Łużycki 2	I	288	0,87	0,76	0,59	62
		Ia	135	2,41	$1,76 \div 3,16$	2,20	42
„Turów”		II	683	1,54	1,12	1,00	82
	Ścinawski	I	434	0,57	0,49	0,50	52

Biorąc pod uwagę średnie wartości S_t^d , zgodnie ze stosowaną klasyfikacją, węgle pokładów II i I złoża „Legnica” i I złoża „Turów” charakteryzują się niską zawartością siarki (do 1%), pokład II złoża „Turów” podwyższoną (1÷2%), a najbardziej zasiarczony w badanej serii pokład Ia wysoką zawartością siarki (powyżej 2%). We wszystkich opisywanych pokładach zawartość tego składnika wykazuje dużą zmienność ($40\% \leq V \leq 100\%$).

Rozkład siarki w profilach pionowych badanej serii pokładów wykazuje symetrię, która być może uwarunkowana jest zmianami w natężeniu działalności wulkanicznej w okresie tworzenia się tej serii. Trzeciorzędowa formacja bazaltowa uformowała się w kilku kolejnych fazach wulkanicznych związanych z pionowymi ruchami orogenezy alpejskiej w okresie od oligocenu po plejstocen. Na obszarze Polski od Zgorzelca na zachodzie po Górę Świętej Anny na wschodzie zarejestrowano 314 wystąpień skał bazaltowych [5]. Przypuszczać należy, że w

czasie działania tak dużej ilości wulkanów, a zwłaszcza w okresach kolejnych faz natężenia ich działalności, środowisko uległo silnemu zasyrczeniu. W czasie erupcji siarka wynoszona jest na powierzchnię w postaci drobnych kropelek siarki oraz gazów H_2S i SO_2 [6].

Znamiennym faktem jest to, że w opisywanej serii pokładów wysoką zawartością siarki charakteryzują się węgle pokładu łuzycznego. Pokład ten zalega w osadach środkowego miocenu [2]. Dotyczy to zarówno pokładów złoża „Legnica” (pokł. I i Ia), jak i złoża „Turów” (pokł. II).

Zalegający w utworach górnej części środkowego miocenu pokład Henryk (pokł. II złoża „Legnica”), jak i pokład ścinawski (pokł. I złoża „Turów”), zaliczany do górnej części dolnego miocenu, wykazują zdecydowanie niższą zawartość siarki (tabela 1).

Wysoka zawartość siarki w pokładzie łuzycznym jest prawdopodobnie wynikiem wzmożonej działalności wulkanicznej związanej z fazą styryjską orogenezy alpejskiej (środkowy miocen, głównie baden) [1]. Niskie zawartości siarki w pokładzie nadległym (Henryk) oraz zalegającym niżej pokładzie ścinawskim mogą być wynikiem relatywnie mniejszej aktywności wulkanicznej w czasie ich powstawania.

Analizę zawartości siarki w pionowych profilach pokładów przeprowadzono dla złoża „Legnica” (tabele 2,3,4).

Tabela 2

Rozkład zawartości siarki w profilu pokładu II złoża „Legnica”

Interwał [m]	S_t^d	S_c^d	S_a^d	$S_c^d/S_t^d \cdot 100\%$
0,0÷1,0 od stropu	0,84	0,49	0,35	58
1,1÷2,0 od stropu	0,61	0,32	0,28	52
1,1÷2,0 od spągu	0,53	0,27	0,25	51
0,0÷1,0 od spągu	0,54	0,29	0,24	53

Tabela 3

Rozkład zawartości siarki w profilu pokładu I złoża „Legnica”

Interwał [m]	S_t^d	S_c^d	S_a^d	$S_c^d/S_t^d \cdot 100\%$
0,0÷1,0 od stropu	0,68	0,37	0,31	54
1,1÷2,0 od stropu	0,58	0,35	0,23	60
2,1÷3,0 od stropu	0,50	0,28	0,23	56
3,1÷4,0 od stropu	0,58	0,31	0,25	53
4,1÷5,0 od stropu	0,61	0,35	0,26	57
5,1÷6,0 od stropu	0,45	0,25	0,20	56
śr. w pokładzie	0,92	0,58	0,33	63
5,1÷6,0 od spągu	1,16	0,69	0,47	59
4,1÷5,0 od spągu	1,24	0,82	0,44	66

cd. tabeli 3

3,1÷4,0 od spągu	1,28	0,89	0,39	69
2,1÷3,0 od spągu	1,58	1,09	0,50	69
1,1÷2,0 od spągu	1,55	1,08	0,46	70
0,0÷1,0 od spągu	1,60	1,18	0,41	74

Tabela 4

Rozkład zawartości siarki w pionowym profilu pokładu Ia złoża „Legnica”

Interwał	S_t^d	S_c^d	S_a^d	$S_c^d/S_t^d \cdot 100\%$
0,0÷1,0 od stropu	2,69	2,04	0,64	76
1,0÷2,0 od stropu	2,32	1,69	0,57	73
1,0÷2,0 od spągu	2,86	2,20	0,66	77
0,0÷1,0 od spągu	3,32	2,63	0,69	79

Jak wynika z załączonych tabel, w koncentracji siarki w profilach pionowych występują zmiany kierunkowe. Najniższą zawartością S_t^d i S_c^d charakteryzują się środkowe części pokładów. W kierunku stropu, jak i spągu zasiarczenie wzrasta, z tym że ku spągowi wzrost ten jest zdecydowanie silniejszy i obejmuje część pokładu o większej miąższości. Prawidłowość ta najwyraźniej zaznacza się w pokładzie I a, słabiej w pokładzie I, a najslabiej w pokładzie II, czyli wprost proporcjonalnie do zawartości siarki w kolejnych pokładach.

Zawartość siarki popiołowej w badanych profilach nie wykazuje wyraźnych zmian kierunkowych. W przypadku pokładu I można wydzielić dwa obszary (A i B) jego występowania, różniące się między sobą pod względem koncentracji siarki w przyspągowej części tej jednostki (tabela 5).

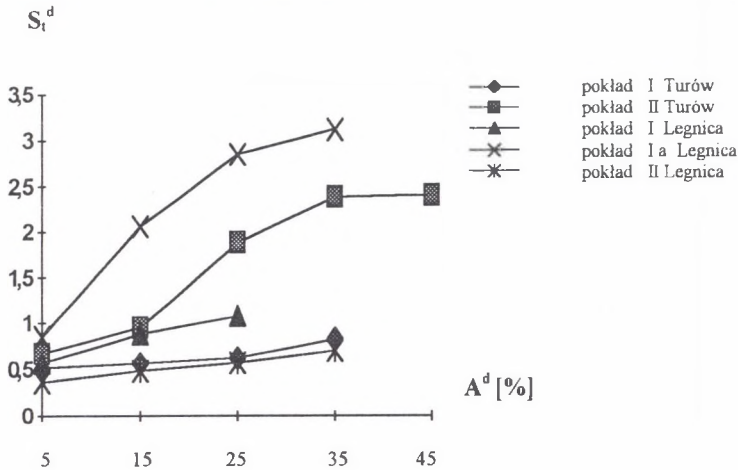
Tabela 5

Rozkład zawartości siarki w spągowej części pokładu I złoża „Legnica”

Interwał [m]	O b s z a r A				O b s z a r B			
	S_t^d	S_c^d	S_a^d	$S_c^d/S_t^d \cdot 100\%$	S_t^d	S_c^d	S_a^d	$S_c^d/S_t^d \cdot 100\%$
5,0÷6,0	1,11	0,60	0,51	54	1,18	0,73	0,45	62
4,0÷5,0	0,97	0,55	0,33	55	1,46	1,06	0,40	73
3,0÷4,0	1,33	0,84	0,48	63	1,24	0,93	0,31	73
2,0÷3,0	1,54	1,00	0,54	65	1,62	1,23	0,39	76
1,0÷2,0	1,24	0,80	0,44	66	1,96	1,47	0,49	75
0,0÷1,0	1,26	0,85	0,41	67	2,04	1,63	0,42	80
śr. 0,0÷6,0	1,24	0,77	0,47	62	1,58	1,17	0,41	74

Pokład łużycki na wydzielonym obszarze A wykształcony jest jako pokład dwudzielny (I i Ia), zaś na obszarze B występuje jako pokład pojedynczy (I). W dolnej części pokładu I na obszarze A w rozpatrywanym interwale miąższości (0,0 ÷ 6,0 m od spągu) średnia zawartość siarki wynosi 1,24%. Na obszarze B z kolei, w tym samym interwale miąższości, zawartość siarki jest znacznie wyższa i wynosi średnio 1,58%. Opisany wyżej wzrost zawartości siarki w kierunku spągu jest intensywniejszy i bardziej regularny w przypadku pokładu I na obszarze B. Również udział siarki palnej w siarce całkowitej jest znacznie wyższy (tab.5). Środkowe i górne części pokładu I na wymienionych obszarach pod względem zawartości siarki nie wykazują różnicowania. Fakty te mogą świadczyć o tym, że spągowa część pokładu I na obszarze, gdzie występuje on jako pokład pojedynczy, jest odpowiednikiem pokładu Ia.

Opisywany rozkład zawartości siarki w pionowych profilach pokładów wynikać może w dużym stopniu z rozkładu zawartości popiołu (A^d). We wszystkich badanych pokładach bowiem, wzrostowi zapocielenia węgla towarzyszy wzrost zawartości siarki (rys. 1).



Rys. 1. Zależność zawartości S_i^d od zapocielenia A^d
 Fig. 1. Dependence of sulphur content (S_i^d) on ash content (A^d)

Przyrost zawartości siarki w węglu ze wzrostem jego zapocielenia jest różny w poszczególnych pokładach. I tak, zwiększeniu zapocielenia węgla o 10% towarzyszy wzrost zawartości siarki, średnio, w badanych przedziałach wartości A^d , o 0,09% w pokładzie II, o 0,17% w pokładzie I i aż o 0,57% w pokładzie Ia złoża „Legnica”. W złożu „Turów” przyrosty te wynoszą odpowiednio: 0,35% w pokładzie II i 0,06% w pokładzie I.

Wysoka koncentracja siarki w przyspągowych częściach pokładów dodatkowo wynikać może z bardziej redukcyjnego środowiska panującego w czasie tworzenia się pokładu.

We wszystkich badanych pokładach procentowy udział siarki palnej w siarce całkowitej wzrasta w miarę wzrostu tej ostatniej (tab.2,3,4). W opisywanej serii pokładów udział siarki palnej wzrasta w kolejnych pokładach od stropu do spągu serii. Być może jest to odbicie czynnika czasu. W najmłodszym bowiem z badanych pokładów (II) siarka palna stanowi 50% siarki całkowitej, a w najstarszym (Ia) aż 78%.

LITERATURA

1. Birkenmajer K., Jeleńska M., Kądziałko-Hofmokl M., Kruczyk J.: Age of deep-seated fracture zones in lower Silesia (Poland) based on K-ar and paleomagnetic of tertiary basalts. Rocznik PTG t.XLVII - 4, 1977, s. 545-552.
2. Dyjor S.: Formacja młodotrzeciorzędowa i związane z nią węgle brunatne Dolnego Śląska. Prace Nauk. Inst. Górnictwa Pol. Wr. nr 74, Seria Konferencje Nr 16, 1994, s. 82-90.
3. Roga B., Tomków K.: Chemiczna technologia węgla. WNT, Warszawa 1971, s. 99-100.
4. Szwed-Lorenz J.: O pewnych postaciach występowania siarki w polskich złożach węgla brunatnych. Prace Nauk. Inst. Górnictwa Pol. Wr. nr 35, Studia i Materiały nr 16, 1980, s. 73-77.
5. Praca zbiorowa: Surowce mineralne Dolnego Śląska. Wyd. PAN, 1979, s. 259-260.
6. Praca zbiorowa: Siarka-S. Surowce mineralne świata. Wyd. Geol. 1986, s. 15-16.

Recenzent: Dr hab.inż. Bronisława Hanak

Wpłynęło do Redakcji 2.07.1997 r.

Abstract

Chemical analyses, which were carried out for the needs of an engineering, enabled statistical analysis of sulphur content and its variability in the plane of the seams. They also enabled determination of total sulphur (S_T^d), combustible sulphur (S_C^d) and ash sulphur (S_A^d) distribution

in the vertical profiles. The investigation covered two brown-coal deposits - that of „Turów” and that of „Legnica”. The study revealed the following patterns. Total sulphur distribution (S_t^d) varied considerably from one seam to another in each of the two investigated deposits (table 1). The highest total sulphur content was detected in the Lusatian seams, which belong to the Middle Miocene, i.e. in seam I and Ia of the „Legnica” deposit, and in seam II of the „Turów” deposit. This high (0,86 to 2,41%) sulphur content should be attributed to the volcanic activity (Styrian phase, alpine orogenesis) which was very intensive at that time. Sulphur content distribution in vertical profiles were determined for all of the seams belonging to the „Legnica” deposit (tables 2 to 5). There, the concentrations of sulphur were found to vary according to a directional pattern. They increased from the middle of the seam towards the roof, and specifically towards the floor. This pattern is particularly distinct in seam Ia (table 4). The sulphur distribution in the vertical profiles were related to the ash content (A^d). Thus, sulphur content was found to increase with the increasing ash content, but this increase varied from one seam to another (fig. 1).