

Jerzy WINNICKI, Ewa SKOWRONEK

Główny Instytut Górnictwa, Katowice

## PROGNOZOWANIE ZAPYLENIA PRZODKÓW EKSPLOATACYJNYCH W OPARCIU O BADANIA PETROGRAFICZNE WĘGLI

**Streszczenie.** Zbadano zależności między własnościami petrograficznymi węgla i intensywnością zapylenia w kombajnowych przodkach eksploatacyjnych. Wpływ składu maceralnego i struktury mikrofacjalnej na zjawisko generowania pyłu okazał się odrębny dla różnych stadiów uwęglenia węgla kamiennych. Stwierdzone znaczące i istotne związki korelacyjne w postaci równań regresji posłużyły do sformułowania równań zespolonych, użytecznych do prognozowania zapylenia w podziemnych przodkach eksploatacyjnych.

## THE FORECASTING OF DUSTINESS IN EXPLOITATION FACES BASING ON PETROGRAPHIC INVESTIGATION OF COALS

**Summary.** The relationships of petrographic properties of coals and the intensity of dust generation were studied. The influence of maceral composition and of microfacial structure on dust formation is complex and individual for particular stages of coalification of hard coals. The substantial and significant correlation relationships in form of regression equations were used in collective equations useful for the forecasting of dustiness in underground exploitation faces.

### 1. Wprowadzenie

Cechą charakterystyczną współczesnego górnictwa węglowego jest wysokie wydobycie ze stosunkowo niewielkiej ilości przodków eksploatacyjnych. Wydobycie dużych mas węgla wymaga stosowania wysoko wydajnych maszyn urabiających. Stosowane kombajny cechuje obok wysokiej wydajności wytwarzanie zwiększonych ilości pyłu.

Problem zapylenia podziemnych przodków węglowych dotyczy zasadniczo dwóch głównych zagrożeń:

- zagrożenia zdrowia załóg oraz
- zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

W badaniach przez długi czas więcej uwagi poświęcano górniczo-geologicznym uwarunkowaniom zagrożeń wybuchem pyłu węglowego. Badania zapoczątkowane i rozwinięte w kraju przez W. Cybulskiego i rozpoznane dokonane w pracach zespołów badawczych Kopalni Doświadczalnej „BARBARA” dotyczyły niemal wyłącznie pyłów osiadłych (cząstek poniżej 1 mm) i korelacji z niektórymi własnościami fizycznymi badanego węgla [1, 6, 8, 9, 12, 14, 15, 16]. Pył węglowy, który jest przedmiotem zainteresowania służby ochrony zdrowia górników, to frakcja wdychalna o uziarnieniu poniżej  $10\mu\text{m}$ , zawarta w pyłach unoszonych (całkowitych) w powietrzu wyrobisk eksploatacyjnych i udział w niej krzemionki krystalicznej.

Postęp badań nad rozpoznaniem cech samego zjawiska powstawania pyłu pod działaniem organu urabiającego jest utrudniony nie tylko dzięki różnorodności składu i budowy petrograficznej pokładu, ale również dzięki wielu typom kombajnów, systemów przewietrzania czy zraszania calizny węglowej [4].

Za naturalne parametry urabianego węgla, pozwalające w stopniu zadowalającym dostosować działania profilaktyczne do minimalizacji zagrożenia wybuchem nagromadzonego pyłu węglowego w wyrobiskach eksploatacyjnych i odstawczych, uważa się zawartość części lotnych  $V^b$ , zawartość wilgoci całkowitej  $W_t^r$ , urabialność węgla  $f$  oraz stopień zagrożenia metanowego [5, 8, 14, 17].

Zawartość części lotnych i wilgoci naturalnej to własności związane ze stopniem zmetamorfizowania węgla. Oba parametry cechuje zmniejszanie się ich zawartości ze wzrostem uwęglenia. Zawartość części lotnych jest także w dużej mierze miernikiem reaktywności węgla na spontaniczne reakcje utlenienia. Od zawartości wilgoci, zwłaszcza przemijającej, kopalnianej zależy dynamika zjawiska powstawania pyłu [17].

Czynnikiem naturalnym, który ma wpływ na zagrożenie wybuchowe, jest również zawartość części niepalnych w pyłe. W węglach GZW zawartość popiołu waha się zasadniczo od 2-18% w pokładzie, łącznie jednak z urabianymi przerostami osiąga 40% i więcej.

Mieszanka pyłowa tworząca się w procesie urabiania kombajnem, pochodząca z czystego węgla i skał towarzyszących, ma zazwyczaj zawartość części niepalnych znacznie wyższą niż węgiel w pokładzie. Dotyczy to w sposób drastyczny zwłaszcza urabiania kombajnem pokładów cienkich, gdzie furta eksploatacyjna znacznie przekracza ich miąższość.

W obecnym etapie rozwiązywania problemu zapylenia wyrobisk podziemnych ujawnia się brak metody prognozowania podatności urabianych węgli na tworzenie pyłu.

W omawianej pracy skoncentrowano się na zbadaniu wpływu własności petrograficznych węgli GZW na intensywność zapylenia mikropyłami wyrobisk ścian kombajnowych, pomijając parametry górnicze procesu urabiania, jak: typ i wydajność kombajnu, długość ściany, system przewietrzania i natrysku czy stopień odprężenia pokładu [19].

## 2. Wyniki badań

Intensywność zapylenia powietrza wyrobisk ścianowych mierzono zgodnie z normą - BN-88/0408-14, pobierając równocześnie próbki pyłu całkowitego ( $P_c$ ) i frakcji wdychalnej ( $P_{wd}$ ). Posługiwano się pyłomierzem „Barbara 3A”.

W badaniach własności węgli oparto się na próbkach bruzdowych pobieranych w bezpośrednim sąsiedztwie miejsc opróbowania pyłu. Wśród własności badanych i przeznaczonych do obliczeń korelacji z  $P_c$  i  $P_{wd}$  oznaczono zgodnie z obowiązującymi normami:

- zawartość wilgoci i popiołu w stanie powietrznosuchym,
- własności fizyczne złożone, określane wynikami testów podatności przemiałowej Hardgrove (H<sub>gI</sub>) i urabialności (wskaźnik f),
- własności fizyczne dotyczące dominującego w węglach kamiennych macerału wityritu, mianowicie mikrotwardość metodą Vickersa ( $H_v$ ) oraz średni współczynnik odbicia światła ( $R_o$ ),
- zawartość mikroskopowych składników węgla - macerałów oraz substancji mineralnej, wreszcie
- zawartość mikrolitotypów i karbominerytów.

Opróbowano mikropyły i pokłady węglowe w 84 kombajnowych przodkach ścianowych w 17 kopalniach GZW. Ilości powstających pyłów wahały się w szerokich granicach (tabela 1). W próbkach mikropyłów stwierdzono również dużą rozpiętość zawartości krzemionki krystalicznej, będącej głównym kryterium przy ustalaniu kategorii zagrożenia pyłowego dla danego wyrobiska.

Tabela 1

## Charakterystyka intensywności zapylenia w badanych ścianach kombajnowych

Rodzaj pyłu	Jednostka	Zakres wahań	Średnio
całkowity	mg/m <sup>3</sup>	5.0 - 194.0	27.1
wdychalny	mg/m <sup>3</sup>	1.1 - 25.1	6.85
SiO <sub>2</sub> kryst. w P <sub>wd</sub>	%	0.2 - 20.7	6.55
SiO <sub>2</sub> kryst. w powietrzu	mg/m <sup>3</sup>	0.04 - 1.73	0.46

Natomiast średnie zapylenie pyłami całkowitymi i ich frakcją wdychalną w wyrobiskach ścian urabianych trzema najczęściej stosowanymi w GZW typami kombajnów nie wykazało zbyt wielkich różnic (tabela 2).

Tabela 2

## Średnie zapylenie ścian urabianych trzema najpopularniejszymi typami kombajnów

Typ kombajnu	Ilość ścian	P <sub>c</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	P <sub>wd</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
KWB 3RNU/B	13	24.5	7.62
KWB 3RNU/2B	13	22.4	5.83
KGS 320/B	12	35.4	13.20

Pracy kombajnu KGS 320/B towarzyszyło średnio niższe zapylenie, zwłaszcza frakcją wdychalną. Porównanie z zapyleniem przy pracy innych typów kombajnów nie ma jednak większego znaczenia, gdyż - jak wiadomo - typ kombajnu dostosowuje się na ogół do grubości pokładu, jego urabialności i innych parametrów górnictwo-geologicznych.

Wyniki badań wybranych własności fizycznych oraz zawartości wilgoci i popiołu urabianych pokładów węgla scharakteryzowano w tabeli 3. Podano w niej średnie wartości i zakres wahań dla zbiorów próbek w poszczególnych typach technologicznych węgla, od 31 do 35 włącznie.

Jak widać z zestawienia, zawartość wilgoci higroskopijnej maleje wydatnie i równomiernie z postępującym uwęglaniem. Spośród testów określających złożone własności wytrzymałościowe węgla wyraźną tendencję malejącą (coraz lepsza urabialność) wykazuje z uwęglaniem wartość wskaźnika  $f$ , lecz dopiero od węgla typu 32. Wyraźny wzrost podatności przemiatowej H<sub>gl</sub> notuje się dopiero dla węgla ortokoksowych typu 35. Analiza pomiarów mikrotwardości H<sub>w</sub> wskazuje na istnienie dwóch minimów, w przybliżeniu odpowiadających węglom typów 31 i 35, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami [18].

Wyniki badań składu maceralnego i budowy mikrolitotypowej charakteryzujące mikrostrukturę badanych węgla zamieszczono w tabeli 4. Zróżnicowanie składu petrograficznego okazało się duże przy stałe dominującej zawartości macerałów wityrynytu, malejącym udziale egzynitu oraz zdecydowanym wzroście ilości inertynitu w składzie węgla wyższych typów. Substancja mineralna występowała w zmiennych ilościach. W jej składzie największy był udział minerałów ilastych, przy niewielkich, nie przekraczających 3% objętości zawartościach siarczków, węglanów i krzemianów.

Z analizy mikrolitotypów wyraźnie wynika, że badane węgle mają charakter wityrowo - trimacerytowy w typach 31-34, natomiast w typie technologicznym 35 następuje zmiana na typ mikrofacjalny wityrertytowo-wityrowy.

Ustalone w badaniach proporcje skłoniły do wniosku, że zróżnicowanie petrograficznej mikrostruktury węgla określane na drodze mikroskopowej analizy zawartości mikrolitotypów i karbominerytów może stanowić ważny element pyłów generowanych podczas urabiania węgla.

Kierując się zróżnicowaniem niektórych cech wytrzymałościowych mikrolitotypów oraz składem karbominerytów dla zlokalizowania źródeł krzemionki zaproponowano następujące wskaźniki zespolone w badaniach zależności cech mikrostruktury i zapylenia:

$$M_1 = \text{WITRYT} + \text{KLARYT} = \text{DUROKLARYT}$$

$$M_2 = \text{INERYT} + \text{WITRYNERTYT} + \text{KLARODURYT}$$

$$M_3 = \text{LIPTYT} + \text{DURYT} + \text{WITRYNERTOLIPTYT}$$

$$M_4 = \text{KARBOMINERYT} + \text{SKAŁA PŁONNA}$$

$$M_5 = \text{DURYT} + \text{KLARODURYT} + \text{WITRYNERTOLIPTYT}$$

$M_1$  grupuje mikrolitotypy zawierające razem ponad 80% wityrynytu,  $M_2$  - to kombinacja strukturalna podkreślająca przewagę wityrynytu i inertynitu,  $M_3$  i  $M_5$  są wskaźnikami grupującymi twardsze składniki węgla, z tym że  $M_5$  jest zubożony w macerały grupy egzynitu.  $M_4$  charakteryzuje domieszki mineralne. W badanych węglach zanotowano dużą rozpiętość omawianych wskaźników  $M_1 - M_5$ , i tak:  $M_1$  (19-88),  $M_2$  (4-64),  $M_3$  (0-47),  $M_4$  (0-51),  $M_5$  (1-44).

Ze względu na wykazaną zmienność własności fizycznych stwierdzanych w typach technologicznych węgla związki korelacyjne frakcji zapylenia i wybranych własności rozpatrywano w oddzielnych zbiorach dotyczących poszczególnych typów węgla 31-35.

Tabela 3

Charakterystyka wyników oznaczeń wybranych własności technicznych i fizycznych badanych węgla pokładowych GZW

Oznaczenie	Zakres wahań wyników	Wartość średnia	Wartości średnie i zakres wahań wyników oznaczeń dla typów technologicznych				
			31 (24) <sup>x</sup>	32 (27)	33 (9)	34 (12)	35 (12)
Zawartość popiołu, A <sup>s</sup> , %	1 96-39.32	10.44	10.28 2.10-30.1	7.30 2.09-28.68	9.68 2.74-26.9	18.46 1.96-35.8	13.80 4.30-21.8
Zawartość wilgoci, W <sup>a</sup> , %	0.88-10.30	4.14	7.15 4.64-10.3	4.37 2.29-7.6	2.47 1.80-3.5	2.27 1.20-3.60	1.18 0.90-1.40
Podatność przemiałowa, M <sub>g</sub> I	36-78	52	52 41-58	44 36-55	46 40-55	48 39-54	70 65-78
Urabialność (wskaźnik f)	0.63-2.20	1.35	1.27 0.77-1.80	1.60 1.08-2.20	1.42 1.02-1.85	1.40 0.89-1.87	0.95 0.66-1.13
Mikrotwardość Vickersa, M <sub>v</sub> , Pa 10	723.1-44.2	32.8	29.5 23.1-36.7	36.0 25.8-41.1	35.7 27.6-39.4	39.3 36.7-44.2	31.7 25.8-36.1
Wsp. odbicia światła witrzynitu, R <sub>0</sub> , %	0.54-1.22	0.795	0.624 0.54-0.72	0.677 0.67-0.90	0.815 0.66-0.89	0.921 0.88-1.09	1.077 0.96-1.22

<sup>x</sup> / Ilość przebadanych próbek bruzdowych



Tabela 4

Charakterystyka wyników analizy składu i budowy petrograficznej  
badanych węgli (w % objętości)

Rodzaj analizy	Składnik	Wartości średnie i zakres wahań wyników dla typów technologicznych				
		31	32	33	34	35
Analiza mace- ralna	Witrynit, V <sub>t</sub>	58 33-73	54 27-77	56 42-77	59 31-81	61 43-75
	Egzynit, E	13 5-28	13 8-20	14 8-21	8 4-18	4 śl-8
	Inertynit, I	22 7-41	29 10-59	21 8-29	18 9-30	25 12-41
	Substancja mineralna, SM	7 1-30	3 śl-19	6 śl-24	14 śl-55	10 śl-33
	Suma	100	100	100	100	100
Analiza zawar- tości mikroli- totypów i karbomi- nerytów	Witryt	37 13-60	28 9-47	28 9-54	35 20-65	38 18-50
	Lipytyt	1 0-7	1 0-4	1 0-5	1 0-2	śl
	Inertyt	9 2-16	11 1-25	8 4-15	9 3-16	11 5-20
	Klaryt	8 1-23	8 1-25	8 1-23	7 1-23	3 śl-10
	Duryt	3 śl-17	7 0-20	3 1-6	2 0-6	2 0-6
	Witryneryt	6 1-13	8 śl-19	6 1-11	5 śl-18	35 7-31
	Trimaceryt	28 5-60	34 13-59	37 20-56	27 8-56	16 7-28
	Karbomine- ryty	4 śl-14	1 0-7	4 śl-16	7 1-19	7 2-14
	Skała płonna	3 0-13	1 0-10	3 0-16	8 0-32	4 0-25
Suma	100	100	100	100	100	

Współczynniki korelacyjne  $r$  frakcji zapylenia z wybranymi własnościami technicznymi i fizycznymi badanych węgla przedstawiono w tabeli 5.

Uzyskane wyniki potwierdzają słuszność koncepcji badań korelacyjnych dla oddzielnych typów węgla. Znalezione w tej grupie zależności istotnych aż 14, gdzie  $r > r_{kryt.}$ , w tym 9 dotyczących pyłów wdychalnych w typach 31-34. Bardzo znamienne jest kształtowanie się zależności  $P_{wd} - R_o$  w całym badanym zakresie uwęglania. Istotna zależność ( $r = 0,68$ ) w typie 31 zmienia się na istotną, lecz o współczynniku ujemnym ( $r = -0,61$ ) w typie 32 i pozostaje taka w typach 33 i 34 (odpowiednio  $r = -0,69$  i  $r = -0,59$ ); w typie 35 zależność ta nie jest już istotna, ale dość znacząca - ( $r = 0,2$ ).  $R_o$  jest ważnym parametrem w międzynarodowej klasyfikacji węgla, wskaźnikiem zmian uwęglania i ewentualnym, wygodnym parametrem w prognozie zapylenia.

Istotne związki korelacyjne stwierdzono ponadto:

w typie 31:  $P_{wd} - W^a$

w typie 32:  $P_c - H_v$ ,  $P_{wd} - HgI$ ,  $P_{wd} - H_v$

w typie 33:  $P_{wd} - A^a$

w typie 34:  $P_{wd} - W^a$

w typie 35:  $P_c - W^a$ ,  $P_c - HgI$ ,  $P_c - f$

Wartości współczynników korelacji zawartości pyłu w powietrzu wyrobisk przyścianowych z zawartością macerałów oraz wskaźników mikrostrukturalnych przedstawiono w tabeli 6.

Duża ilość znaczących zależności składu maceralnego i petrograficznej mikrostruktury z badanym zakresem zapylenia świadczy jednoznacznie o dominującej roli tych własności w zjawisku powstawania pyłów. Proces ten przebiega generalnie podczas urabiania calizny węglowej w skali kilku-kilkudziesięciu mikrometrów, dotyczy więc bardziej zespołów maceralnych - mikrolitotypów i karbominerytów niż macerałów węglowych.

Zawartość mikrolitotypów z dominacją wityrytu ( $M_1$ ) sprzyja wzrostowi zapylenia wdychalnego od typu 31 do typu 33. Wiąże się to ze zwiększoną kruchością wityrytu. Obserwuje się zależność  $P_c - M_1$  w typach węgla 31-32, lecz znacząca staje się ona w węglach typu 33 i 35.

Diametralnie odmienny jest wpływ struktury z przewagą wityrytu w węglach typu 34, która z plastycznej staje się bardziej sprężystą, powodując powstawanie podczas urabiania ziarn większych od  $10\mu m$ .

W typie 35 w wyniku dalszego wzrostu twardości wityrytu działaniem pyłotwórczym przeważającym nad rozkruszaniem wg mikroszczelin staje się miażdżenie i ścieranie.



Tabela 5

Zestawienie współczynników korelacji r frakcji zapylenia z wybranymi własnościami technicznymi i fizycznymi urabianego węgla

Typ węgla	$r_{kr}$	Frakcja pyłowa	Zawartość popiołu $A^a$	Zawartość wilgoci $W^a$	Wskaźnik podatności przemiatowej HgI	Wskaźnik urabialności f	Mikrotwardość $H_v$	Sredni wsp refleksyjności wityritu $R_o$
31	0.423	całkowity	<b>-0.42</b>	-0.20	0.00	0.02	0.30	0.12
		wdychalny	0.19	<b>-0.59</b>	0.15	<b>-0.39</b>	0.16	<b>0.68</b>
32	0.381	całkowity	0.01	-0.05	0.02	0.24	<b>0.44</b>	-0.15
		wdychalny	0.14	-0.09	<b>0.41</b>	<b>-0.13</b>	<b>0.53</b>	<b>-0.61</b>
33	0.666	całkowity	<b>-0.61</b>	-0.13	<b>0.54</b>	-0.33	-0.22	<b>-0.73</b>
		wdychalny	<b>-0.69</b>	<b>0.56</b>	0.01	0.19	-0.22	<b>-0.69</b>
34	0.576	całkowity	-0.23	-0.02	<b>0.53</b>	<b>0.54</b>	0.11	0.07
		wdychalny	0.35	<b>0.65</b>	0.17	-0.17	-0.37	<b>-0.59</b>
35	0.666	całkowity	-0.40	<b>-0.87</b>	<b>0.76</b>	<b>-0.89</b>	-0.01	-0.18
		wdychalny	-0.05	-0.39	0.25	-0.45	<b>0.54</b>	0.24

**tlustym drukiem** - zależność istotna

**podkreślone** - zależność znacząca

Tabela 6

Zestawienie współczynników korelacji r frakcji zapylenia z zawartością macerałów i wskaźników mikrostrukturalnych urabianych węgla

Typ węgla	$r_{kr}$	Frakcja pyłowa	Zawartość grup macerałów			Petrograficzne wskaźniki mikrostrukturalne				
			$V_t$	E	I	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$
31	0.413	całkowity	-0.02	-0.07	-0.02	-0.05	-0.23	0.05	<b>-0.38</b>	0.15
		wdychalny	0.20	-0.20	-0.15	<b>0.32</b>	-0.12	-0.24	-0.15	<b>-0.33</b>
32	0.381	całkowity	-0.13	0.06	0.14	0.01	-0.13	0.28	0.02	<b>0.33</b>
		wdychalny	-0.23	<b>0.31</b>	0.04	0.11	<b>0.33</b>	0.20	0.08	0.16
33	0.666	całkowity	0.01	<b>0.56</b>	0.08	<b>-0.52</b>	<b>-0.56</b>	<b>0.51</b>	-0.27	<b>-0.40</b>
		wdychalny	-0.05	<b>0.75</b>	0.38	<b>0.53</b>	-0.39	-0.21	-0.16	-0.20
34	0.576	całkowity	0.35	-0.02	0.15	<b>0.71</b>	-0.39	<b>-0.47</b>	-0.34	<b>-0.49</b>
		wdychalny	<b>-0.51</b>	-0.22	-0.20	-0.27	-0.06	-0.19	<b>0.50</b>	-0.10
35	0.666	całkowity	<b>-0.70</b>	-0.10	0.10	<b>-0.56</b>	0.19	<b>-0.59</b>	<b>0.63</b>	-0.08
		wdychalny	<b>-0.67</b>	-0.22	0.20	-0.35	0.24	-0.37	0.29	-0.12

tłustym drukiem - zależność istotna

podkreślone - zależność znacząca

$M_2$  jest wskaźnikiem podkreślającym wpływ mikrostruktur wzbogacanych w inertynit. Korelację intensywności zapylenia z  $M_2$  stwierdzono w węglach typów 32 i 33. Można wyrazić pogląd, że przy zwiększonym udziale inertynitu wzrasta zwięźłość struktury, tym samym podczas urabiania ujawnia się silniej efekt pyłotwórczy.

$M_3$  - uwzględniający zwiększony udział egzynitu w strukturze węgla wykazuje zależność korelacyjną z zapyleniem całkowitym w węglach typów 31-33.

$M_4$  reprezentuje wpływ domieszek mineralnych w strukturze węglowej. Stwierdzono, że w węglach młodszych mineralizacja macerałów działa hamująco na powstawanie pyłów wdychalnych. Wpływ „pylistych” minerałów ilastych jest wyraźnie osłabiony dzięki naturalnej, wysokiej zawartości wilgoci w caliznie węglowej.

$M_5$  grupuje struktury wzbogacone równocześnie w inertynit i egzynit. Dla tego wskaźnika znaleziono korelację z zawartością pyłu całkowitego w węglu typu 32.

Ze względu na fakt, że pomiar intensywności zapylenia jest pomiarem masy pyłu w jednostce objętości powietrza, natomiast pomiar składu macerałów i mikrolitotypów jest objętościowy, rzeczywiste związki korelacyjne są niewątpliwie wyższe. Wykazano jednak wyraźne tendencje procesu tworzenia się pyłów podczas urabiania od mikrostruktury petrograficznej węgla, różne w różnych jego typach technologicznych.

Część zależności znaczących, dla których  $r$  okazało się zbliżone do  $r_{kr}$ , uznano za przydatne w prognostycznych obliczeniach statystycznych poszczególnych frakcji zapylenia.

Za składniki podstawowe zespolonych równań regresji dla prognozy zapylenia frakcja pyłów całkowitych i wdychalnych w wyrobisku ścian kombajnowych przyjęto równania regresji istotnych korelacji poszczególnych własności stwierdzone w wykonanych badaniach. Zestawiono je w tabeli 7.

W tabeli 8 zestawiono równania regresji zespolonych dla  $P_c$  i  $P_{wd}$  z petrograficznymi własnościami węgla typów 31-35, przydatnych do celów prognostycznych. Obliczone współczynniki  $R$  tych równań są wysokie, przekraczające we wszystkich przypadkach wartość 0.30, w trzech bardzo wysokie, powyżej 0.80.

W konkretnych obliczeniach spodziewanego zapylenia (dla warunków określonych normą) należy w miejsce symboli wstawić jedynie bezwymiarowe wartości liczbowe. Symbole oznaczają wyniki odpowiednich testów, zawartości składników lub obliczonych wskaźników. Dla uzyskania potrzebnych danych istnieją właściwe normy.

Tabela 7

Zestawienie równań regresji dla stwierdzonych istotnych korelacji frakcji zapylenia i badanych własności węgla według typów

Typ węgla	Równania regresji istotnych korelacji
31	$P_c = 28.37 - 0.91 A^a$ $P_{wd} = 17.34 - 1.36 W^a$ $P_{wd} = -21.18 + 45.51 R_o$
32	$P_c = 1.70 + 0.92 H_v$ $P_{wd} = 47.1 - 50.53 R_o$ $P_{wd} = -12.41 + 0.52 HgI$ $P_{wd} = -15.56 + 0.76 H_v$
33	$P_c = 70.28 - 61.0 R_o$ $P_{wd} = 23.07 - 20.26 R_o$ $P_{wd} = 9.08 - 0.26 A^a$ $P_{wd} = 0.44 + 0.45 E$
34	$P_c = 0.70 + 0.38 M_1$ $P_{wd} = 9.46 - 3.90 R_o$ $P_{wd} = 8.55 + 1.86 W^a$
35	$P_c = 80.1 - 46.94 W^a$ $P_c = 79.5 - 58.3 f$ $P_c = -146.9 + 2.47 HgI$ $P_c = 72.53 - 0.79 V_t$ $P_{wd} = 7.80 - 0.08 V_t$

Jak widać z zestawienia równań prognostycznych w tabeli 7, do obliczenia przewidywanego zapylenia dla wszystkich typów węgla trzeba dysponować danymi petrograficznymi analiz mikroskopowych. Stosunkowo proste oznaczenia zawartości wilgoci i popiołu potrzebne są do obliczeń zapylenia w typach 31 ( $W^a$  i  $A^a$ ), 33 ( $A^a$ ), dla 34 i 35 ( $W^a$ ).

Oznaczenie współczynnika urabialności  $f$  jest niezbędne do prognozowania zapylenia typów 32, 34 i 35. Test Hardgrove'a uczestniczy we wzorach na zapylenie typów 33, 34 i 35. Oznaczenie mikrotwardości  $H_v$  potrzebne jest jedynie przy ocenie zapylenia całkowitego w typie węgla 32.

Tabela 8

Zestawienie wzorów do obliczania przewidywanego zapylenia wyrobisk ścianowych

Typ węgla	Frakcja pyłu	Intensywność zapylenia (w mg/m <sup>3</sup> )	Współczynnik korelacji zespolonej R <sup>2</sup>
31	całkowity	$P_c = 28.37 - 0.91 A^a$	0.42
	wdychalny	$P_{wd} = -0.05 + 30.6 R_o - 0.85 W^a$	0.49
32	całkowity	$P_c = -17.82 + 1.03 H_v + 9.7 f$	0.30
	wdychalny	$P_{wd} = 13.07 - 44.04 R_o + 0.43 HgI + 6.62 f$	0.42
33	całkowity	$P_c = 66.56 - 81.0 R_o + 0.84 HgI + 0.09 E - 0.36 M_1$	0.80
	wdychalny	$P_{wd} = -0.43 + 4.19 R_o - 0.56 A^a + 0.37 E$	0.86
34	całkowity	$P_c = 9.70 + 0.98 R_o + 0.31 M_1 - 5.84 f + 0.05 HgI$	0.55
	wdychalny	$P_{wd} = 3.97 - 3.76 R_o + 1.75 W^a + 0.05 M_5 + 0.014 V_t$	0.77
35	całkowity	$P_c = 408.6 - 39.4 W^a - 77.6 f - 3.7 HgI - 0.16 V_t$	0.95
	wdychalny	$P_{wd} = 7.77 + 0.15 W^a - 0.086 V_t$	0.44

Różnorodność oznaczeń i testów powoduje konieczność spełnienia wymagań odnośnie np. do uziarnienia, kolejności badań i reprezentatywności próbek pochodnych z rdzenia wiertniczego czy z bruzdy z pokładu. Powinno się je wykonać w specjalistycznym laboratorium petrografii węgla.

### 3. Wnioski

1. W badaniach wpływu własności petrograficznych węgla na powstawanie pyłów podczas urabiania skoncentrowano się na kombajnowych przodkach ścianowych. Opróbowano pokłady węglowe i pyły unoszone w 84 przodkach z 17 kopalń GZW wydobywających węgiel typów 31-35. Zapylenie całkowite wahało się od 5 do 194 mg/m<sup>3</sup>, frakcją wdychalną od 0,2 do 20,7 mg/m<sup>3</sup>.
2. Próby znalezienia zależności między intensywnością zapylenia mikropyłami i naturalnymi własnościami węgla, analogicznie do znanych zależności dla pyłów osiadłych w skali zmian uwęglania całego Zagłębia, zakończyły się niepowodzeniem. Natomiast szczegółowe badania korelacyjne oddzielnych zbiorów danych pomiarowych dla typów 31-35 umożliwiły znalezienie szeregu istotnych zależności przydatnych dla celów prognostycznych.
3. Wpływ składu maceralnego i mikrostruktury na zapylenie frakcją całkowitą i wdychalną ujawnia się w sposób złożony i odrębny w poszczególnych stadiach uwęglania, przy czym jest on wyraźniejszy przy rozpatrywaniu składu mikrofacjalnego.
4. Należy podkreślić szczególną rolę, jaką w prognozowaniu zapylenia zyskuje współczynnik odbicia światła wityrnytu -  $R_o$ , określający własność fizyczną dominującego w GZW macerału, będącego równocześnie wskaźnikiem zmian strukturalnych cząsteczki węgla w miarę postępującego uwęglania.
5. Znalaziono istotne związki korelacyjne zapylenia  $P_c$  i  $P_{wd}$  z wynikami testów wytrzymałościowych - podatnością przemiałową i urabialnością, reprezentującymi złożone własności fizyczne macerałów i mikrolitotypów danego węgla.
6. W oparciu o obliczone równania regresji dla istotnych, stwierdzonych związków korelacyjnych zapylenia  $P_c$  i  $P_{wd}$  z badanymi własnościami petrologicznymi urabianych mechanicznie węgla GZW opracowano równania zespolone mogące służyć w praktyce górniczej do prognozowania zapylenia w typach 31-35.



## LITERATURA

1. Cybulski W.: Zwalczanie wybuchów pyłu węglowego. Wyd. Śląsk, Katowice 1975.
2. Gabzdyl W.: Petrografia węgla. Wyd. Politechnika Śląska, Gliwice 1984.
3. Gabzdyl W., Winnicki J.: Petrografia węgla kamiennego na potrzeby geologii górniczej i utylizacji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, z. 149, s. 457-484, 1986.
4. Janota J., Sobala J., Woźniak Z.: Stan zapylenia ścian kombajnowych i usprawnienie układów zraszania kombajnów dla zwalczania zapylenia powietrza kopalnianego. Prace GIG. Komunikat nr 535. Katowice 1971.
5. Kaszuba F. i zespół: Metody i przyrządy do identyfikacji cech złoża umożliwiających ocenę zagrożenia pyłowego. Dokumentacja tematu 201.01.03.08. Prace GIG, 1977.
6. Lebecki K. i zespół: Opracowanie kompleksowej oceny stanu zapylenia powietrza w wyrobiskach zakładów górniczych. Prace GIG. Dokumentacja tematu 211.00.13 F2. 1993.
7. Lin Y.: Analysis of different techniques for respirable dust control in longwall operations. Praca doktorska GIG. Katowice 1991.
8. Marcol J., Kuc W.: Cechy naturalne pokładów węgla Zagłębia Górnosląskiego i ich wpływ na zagrożenie wybuchem pyłu węglowego. Prace GIG. Komunikat nr 728. Katowice 1982.
9. Marcol J., Prazak M.: Wpływ cech naturalnych pokładów węgla kamiennego i sposobu urabiania na intensywność osiadania pyłu węglowego. Prace GIG. Komunikat nr 737. Katowice 1986.
10. Organiscak I.A.: Respirable dust generation. Comparison of continuous and conventional mining when excavating rock in coal mines. U.S.Bureau of Mines. Report No 9233., s. 1-9, 1989.
11. Scibel R.I., Call F.E.: The dustiness of different coal seams. U.S.Bureau of Mines. Dust control program. report No 75. Washington 1974.
12. Sobala J.: Prognozowanie stopnia zagrożenia pyłowego wyrobisk na podstawie znajomości naturalnych cech złoża. Wiadomości Górnicze, nr 2-3, s. 40-45, 1983.
13. Stach E. et alii.: Stach's Textbook of Coal Petrology. Borntraeger Edition. Berlin-Stuttgart-N.York. 1975.
14. Stolecki M.: Metoda określenia parametrów rozdrobnienia pyłków w zależności od sposobów rozdrabniania. Prace GIG. Dokumentacja tematu 01.14.03.04.40/4, 1972.

15. Stolecki M.: Badania mieszanin pyłowych nagromadzonych w strefach zabezpieczających wyrobiska ścianowe. Prace GIG. Komunikat nr 706, Katowice 1979.
16. Stolecki M., Matula W.: Zagrożenie pyłowe w strefie zasięgu zapylenia ze ścian zawalonych i możliwości jego prognozowania. Prace GIG. Komunikat nr 722. Katowice 1982.
17. Śliż J., Lebecki K.: Laboratoryjne badania wybuchowości pyłów węglowych. Prace GIG. Komunikat nr 560. Katowice, 1972.
18. Winnicki J., Skowronek E., Cichowski A., Róg L., Pawlak A.: Monografia własności petrograficznych węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Prace GIG. Praca w przygotowaniu do druku.
19. Winnicki J., Skowronek E.: Opracowanie metody prognozowania zapylenia w przodkach eksploatacyjnych w oparciu o petrograficzne badania składu i struktury węgla. Prace GIG. Projekt własny 900769101 (grant) V.1994.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wiesław Gabzdyl

Wpłynęło do Redakcji 3.06.1997 r.

## Abstract

The relationships of the petrographic properties of coals and the intensity of dust generation in mechanical wall faces were examined. Samples of complete and aspirable suspended dusts were taken from 84 walls in 17 coal mines. An attempt to relate the dustiness with the natural properties of coals for the whole range of coalification grade in Upper Silesian Coal Basin was not successful. On the other hand, the detailed study of the correlation relationships of different technical, mechanical and petrographic properties of coal and the intensity of dust generation for separate sets of data inside the technological types have revealed the existence of many of them. The most distinct and important is the correlation of mean reflectance of vitrinite with the output of the whole suspended dust and its respirable fraction throughout the whole measure of coalification.

The influence of maceral composition and microfacial structure on dust formation is complex and individual in particular stages of coalification and more pronounced for maceral assemblages in microlithotypes.

Substantial and significant correlation relationships in form of regression equations served in elaboration of the collective equations useful for the forecasting of dustiness in coal exploitation faces (tab. 7, 8).