

Adam ŚWIDZIŃSKI

DOBÓR AKTYWNYCH SPOSOBÓW ZWALCZANIA WYRZUTÓW  
W ZALEŻNOŚCI OD PARAMETRÓW FIZYCZNYCH WĘGLA  
I WARUNKÓW ZALEGANIA POKŁADU

Streszczenie. W oparciu o analizę skuteczności poszczególnych aktywnych sposobów zwalczania wyrzutów w kopalniach dolnośląskich oraz w kopalniach innych Zagłębi Węglowych wyspecyfikowano najważniejsze czynniki doboru profilaktyki przeciwwyrzutowej. Czynniki te są:

- wytrzymałość węgla w pokładzie,
- własności kolektorsko-filtracyjne węgla w pokładzie,
- rodzaj zaburzeń tektonicznych w pokładzie,
- kąt nachylenia pokładu,
- rodzaj gazu biorącego udział w wyrzutach,
- grubość pokładu.

Dla powyższych czynników określono charakterystyczne przedziały, w których powinno się rozpatrywać stosowalność poszczególnych aktywnych sposobów zwalczania wyrzutów. W przypadku własności filtracyjnych węgla oparto się na wynikach badań autorów zagranicznych. Nie rozpatrywano doboru profilaktyki przeciwwyrzutowej od parametrów gazowych w pokładzie (gazoność, ciśnienie gazu, intensywność wypływu gazu i intensywność desorpcji gazu ze zwiercin); parametry te wykorzystywane są w prognozowaniu zagrożenia wyrzutowego - aktywne sposoby zwalczania wyrzutów stosuje się po przekroczeniu parametrów prognozy.

Finalnym efektem pracy jest ogólny schemat postępowania przy wyborze aktywnych sposobów zwalczania wyrzutów (rys. 11).

## 1. WPROWADZENIE

Niniejszy artykuł jest z konieczności krótkim streszczeniem najważniejszych wniosków z pracy badawczej nt. "Analiza możliwości stosowania aktywnych sposobów zwalczania zagrożenia wyrzutowego" zrealizowanej w problemie międzyresortowym MR.I.26 "Zjawiska fizyczne w górotworze jako ośrodku wielofazowym" koordynowanym przez IMG PAN w Krakowie [11].

Spośród 4 charakterystycznych zagadnień w problematyce wyrzutów gazów i skał, którymi zajmuje się nauka górnicza, tj.:

- mechanizm wyrzutu gazowo-skalnego,
- prognozowanie zagrożenia wyrzutowego,
- zwalczanie wyrzutów (profilaktyka przeciwwyrzutowa),
- ochrona załóg górniczych przed skutkami wyrzutów,

szczególnie ważnego znaczenia nabiera wypracowanie skutecznych sposobów profilaktyki przeciwwyrzutowej. W aktualnej sytuacji jest to związane z następującymi faktami:

1. Nad poznaniem mechanizmu wyrzutu gazowo-skalnego pracuje się od przeszło 100 lat angażując do tych prac najwybitniejszych uczonych, w tym nie tylko z zakresu nauk górniczych. Już w 1913 r. powołano we Francji specjalny Instytut do rozwiązania problemu wyrzutów. W ZSRR pracuje aktualnie nad tym problemem ponad 1000 pracowników naukowych w ponad 30 instytutach. W naszym kraju w sposób zorganizowany prowadzi się prace nad wyjaśnieniem tego zjawiska od 1981 r. początkowo w problemie MR.I.26, a od 1986 r. w CPBP.03.06, koordynowane przez IMG PAN. Do tego czasu nad wyjaśnieniem mechanizmu wyrzutu pracowali J. Tarnowski [13] i H. Gil [5]. Aktualnie znanych jest ponad 100 hipotez próbujących wyjaśnić fenomen tego zjawiska oraz ok. 10 modeli fizykalnych wyrzutu opisanych matematycznie, tzw. "matematyczne modele wyrzutu" [5]. Jest rzeczą charakterystyczną, że uzyskane rozwiązania z hipotez i modeli matematycznych wyrzutu nie znajdują na ogół zastosowania w praktyce [6].

W tej sytuacji należy otwarcie stwierdzić, że na pełne poznanie mechanizmu wyrzutu do końca XX w. nie ma co liczyć.

2. W każdym Zagłębiu Węglowym, gdzie notuje się wyrzuty (aktualnie w ponad 30 Zagłębiach 20 krajów) skuteczność prognozowania tego zagrożenia jest dalece niewystarczająca.

W tej sytuacji trudno jest liczyć w najbliższym okresie na dokładne określenie miejsca i czasu wystąpienia wyrzutu. Słuszny jest tu pogląd reprezentowany przez prof. A. Szczurowskiego, mianowicie: problem wyrzutów powinno się w pierwszym rzędzie rozpatrywać w ten sposób "jak należy postępować przy drażnieniu wyrobisk, jak i eksploatacji oraz jaką stosować profilaktykę, by prawdopodobieństwo wystąpienia wyrzutu oraz jego ewentualnych skutków ograniczyć do minimum".

Wobec powyższego problemowi profilaktyki przeciwwyrzutowej należy przyznać większy priorytet jak dotychczas, oczywiście bez osłabiania tempa prac nad mechanizmem wyrzutu, jak i zagadnieniem prognozowania wyrzutów.

## 2. CZYNNIKI WARUNKUJĄCE DOBÓR PROFILAKTYKI

Niektóre ze stosowanych w światowym górnictwie węglowym sposobów zwalczania wyrzutów zostały wprowadzone do praktyki górniczej metodą "prób i błędów", bez uprzedniego naukowego opracowania teoretycznych podstaw oraz parametrów ich stosowania. Niektóre z tych sposobów, jak zwiercanie pokładów czy depresyjne odgazowanie, były następnie przedmiotem naukowych rozważań oraz opracowano kryteria ich stosowania. Stosowanie innych sposobów nie zawsze przynosiło pożądane efekty technologiczne (np. strzelanie kamufletowe), względnie przynosiło ofiary w ludziach. Ostatnia uwaga dotyczy głównie powszechnie stosowanego w górnictwie kilku krajów, wysokociśnieniowego nawadniania pokładu w krótkich otworach, tj. długości 3,0-5,0 m [3, 12].



Na rys. 1 dokonano podziału wszystkich sposobów profilaktyki przeciwy-rzutowej. Większość z nich była względnie jest stosowana w kopalniach DŚGW.

Sposoby aktywne stosuje się w celu zapobiegania zaistnienia wyrzutu poprzez obniżenie predyspozycji wyrzutowych. W przypadku niemożności przeciwdziałania zaistnienia wyrzutu (np. pomimo stosowania aktywnej profilaktyki parametry prognozy są nadal przekraczane), stosuje się sposoby pasywne zwalczania. Celem ich jest sprowokowanie wyrzutu i ograniczenie jego skutków. Należy zauważyć, że powszechnie stosowany w kopalniach DŚGW sposób strzelania wstrząsowo-urabiającego, z założenia jako sposób pasywny, posiada również cechy sposobu aktywnego (odpreżenie przyprzodkowej części pokładu). Wszystkie ze sposobów aktywnych (patrz rys. 1) rozpatrywano pod kątem ich skuteczności, w różnych Zagłębiach Węglowych na podstawie posiadanych materiałów. Przez skuteczność ich stosowania rozumie się:

- obniżenie ilości wyrzutów po zastosowaniu profilaktyki aktywnej w stosunku do ilości wyrzutów przed zastosowaniem tej profilaktyki,
- obniżenie parametrów prognozy zagrożenia wyrzutowego po zastosowaniu profilaktyki aktywnej w stosunku do tych samych parametrów prognozy przed zastosowaniem profilaktyki.

Z przeprowadzonej, w pracy [11], analizy skuteczności poszczególnych sposobów aktywnych zwalczania wyrzutów w kopalniach DŚGW i w innych Zagłębiach Węglowych wynika, że dobór profilaktyki aktywnej powinno rozpatrywać się w oparciu o następujące czynniki:

- a) własności wytrzymałościowe węgla w pokładzie, gdzie dla celów praktycznych wystarczającym parametrem jest wskaźnik zwięzłości węgla,  $f$ ,
- b) własności kolektorsko-filtracyjne węgla, gdzie dla celów praktycznych, między innymi można oprzeć się na współczynniku przepuszczalności węgla dla gazu,  $k$ ,
- c) zaburzeń tektonicznych w pokładzie: dokonano podziału na zaburzenia przerywające ciągłość pokładu, jak uskoki i wymycia (zdędydowane najgroźniejsze w problematyce wyrzutów) i zaburzenia nie przerywające ciągłości (sfałdowania, zmiany miąższości pokładu),
- d) kąt nachylenia pokładu (lub kąt prowadzenia wyrobiska); w aspekcie zagrożenia wyrzutowego czynnik ten związany jest ze zwięzłością węgla w pokładzie - niebezpieczeństwo wysypywania się węgla w pokładach stromych w mało zwięzłych węglach,
- e) rodzaj gazu biorącego udział w wyrzutach węgla i gazu ( $\text{CH}_4$  lub  $\text{CO}_2$ ),
- f) grubość pokładu; wszystkie dotychczas zarejestrowane wyrzuty miały miejsce w pokładach o grubości  $h \geq 0,25$  cm [3].

Do powyższych czynników nie zaliczono żadnego parametru gazowego, tzn. gazonośności, gazowości, intensywności wypływu gazu, intensywności desorpcji gazu ze zwiercin oraz ciśnienia gazu w pokładzie. Parametry te wykorzystuje się w prognozie zagrożenia wyrzutami; aktywne sposoby zwalczania wyrzutów są stosowane po przekroczeniu parametrów prognozy.

Poniżej przedstawiono kilka przykładów wskazujących na uzależnienie doboru profilaktyki przeciwyrzutowej od powyższych czynników.

1. Strzelanie odprężające (kamufletowe) w węglach o różnej zwięzłości w kopalniach DŚGW.

W każdym przypadku, gdy profilaktykę prowadzono w węglach bardziej zwięzłych, np.  $f = 0,7 \div 1,13$  w wyrobiskach ścianowych i chodnikowych kop. "Thorez", względnie w ławach łupku ogniotrwałego o zwięzłości  $f = 2,0 \div 3,0$  w kop. "Nowa Ruda" czy też w pokładzie 410 w polu upadowej "Pniaki" kop. "Nowa Ruda", gdzie eksploatowany antracyt charakteryzował się zwięzłością  $f = 0,7 \div 1,0$ , profilaktyka ta była efektywna. Nie zanotowano wyrzutu przy jej stosowaniu, a parametr prognozy oparty o nadciśnienie obniżano z ok. 50÷150 kPa do 0,0÷10 kPa przy granicznej wartości nadciśnienia  $p = 27,4$  kPa ( $\sim 0,3$  at).

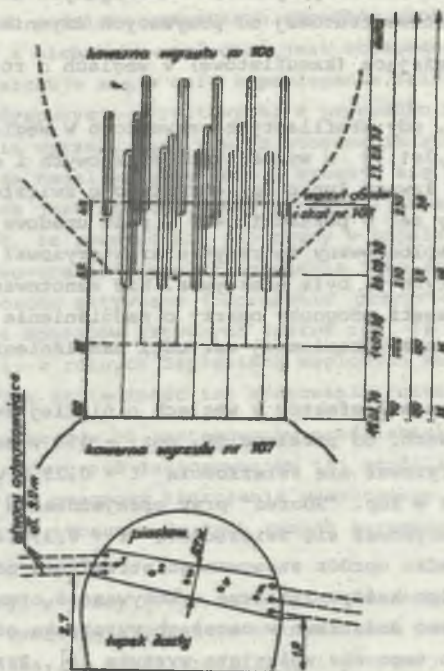
Sposób ten nie przynosił efektów w węglach o niskiej zwięzłości, między innymi w chodniku na wsch. od przekopu 9W, poz. - 150 w kop. "Thorez", gdzie węgiel charakteryzował się zwięzłością  $f = 0,25$  i w przekopie kierunkowym poz. -350 też w kop. "Thorez" przy przejeżdżaniu pokł. 678, w którym węgiel charakteryzował się zwięzłością  $f = 0,3 \div 0,4$ .

W tym drugim przypadku oprócz stosowanego strzelania odprężającego w długich otworach 6 m (po każdym zabiorze wykonywano 6 otworów wg schematu, jak na rys. 2) stosowano dodatkowo w narożach wyrobiska otwory odgazowujące długości 3,0 m. Pomimo tego nie uniknięto wyrzutu [8]. Przyczyną nieskuteczności w obu przypadkach była niska zwięzłość węgla; wystąpiły zasadnicze trudności w ładowaniu otworów na żądanej głębokości otworu (5,0÷5,5 m). W związku z zaciskaniem otworów na głębokości 4,0÷6,0 m ładowano je na głębokości 3,0÷3,5 m. Od zastosowanej tego typu profilaktyki trzeba się było wycofać.

2. Stosowanie niskociśnieniowego nawilżania w długich otworach w węglach o różnej przepuszczalności węgla dla gazu, w pokładach zagrożonych wyrzutami, np. w kopalniach donieckich.

Ponieważ wtlaczanie wody w reżimie hydroszczelinowania ( $P_w > \gamma H$ , gdzie  $P_w$  - ciśnienie wtlaczania wody) jest procesem niebezpiecznym (szczególnie przy wtlaczaniu wody krótkimi otworami), wprowadzono do praktyki górniczej metodę wtlaczania wody pod niewysokimi ciśnieniami rzędu  $P_w = 0,6 \div 0,8 \gamma H$ , wydłużając czas podawania wody z kilku godzin do kilku dni [12, 15]. Metoda ta spełniała swoje zadanie tylko w węglach o znacznej przepuszczalności; współczynnik przepuszczalności węgla dla wody  $k_w > 0,1$  md (wartość  $k_w$  jest w tych samych warunkach w pokładzie 3÷4 razy mniejsza od współczynnika przepuszczalności węgla dla gazu,  $k$ ), [3]. W węglach słabo przepuszczalnych ( $k_w < 10^{-3}$  md) od tej metody trzeba się było wycofać - nie obniżano parametrów zagrożenia wyrzutowego.

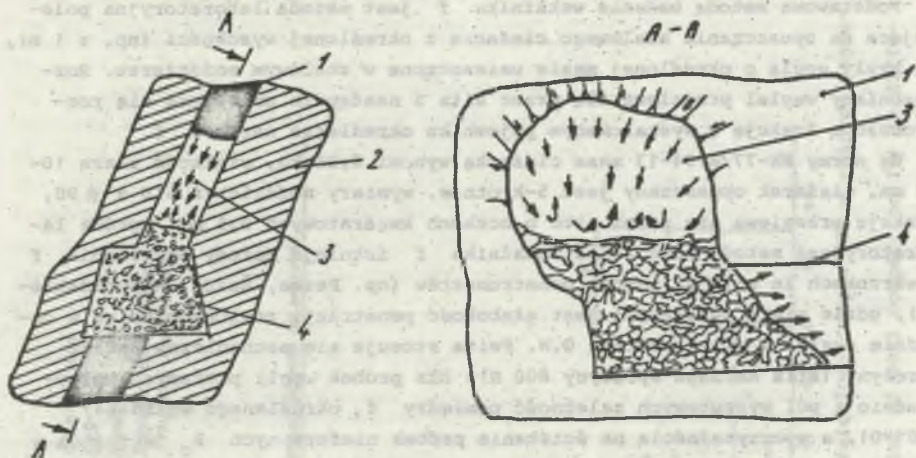
3. Prowadzenie wyrobisk w pokładach stromych o niskiej zwięzłości węgla w polach "Barbara" i "Witold" kop. "Victoria".



Rys. 2. Szkic rozmieszczenia otworów do strzelania odprężającego oraz otworów odgazowujących w przodku przekopu na poz. -350 m w kop. "Thorez"

Fig. 2. Sketch of distributing destressing shot-holes and degassing holes in the face of a cross-cut at the level -350 m in the "Thorez" mine

W polach tych poniżej poziomu - 50 pokłady węgla posiadają nachylenie  $\alpha \approx 70^\circ$ ; węgiel jest na ogół niskiej zwięzłości  $f = 0,25 \pm 0,45$ . Eksploatacja tych pokładów, jak również drażnienie wyrobisk korytarzowych (dowierzchnie, przekopy, chodniki) jest znacznie utrudnione ze względu na fakt częstych wysypań się węgla, połączonych z wydzielaniem się gazu. Schemat poglądowy tego zjawiska gazogeodynamicznego przedstawia rys. 3. Częste wysypywanie się węgla uszczupla zakres eksploatacji i zmusza do stosowania specjalnych systemów eksploatacji z zastawkami, po których urobek transportowany jest do chodnika podścianowego oraz do opinania ociosów we wnękach ściany. W wyrobiskach korytarzowych zachodzi konieczność opinania czoła przodka (obudowa wzmacniająca czoło przodka). Przykładowo, z powodu wysypań się węgla zaniechano eksploatacji w pokł. 428 w partii 8 pola "Witold".



Rys. 3. Poglądowy schemat zjawiska gazogeodynamicznego w postaci wysypania się węgla z wydzielaniem gazu do wyrobiska

1) pokład węgla, 2) skały otaczające, 3) płaszczyzna wysypywania się węgla i wydzielania gazu, 4) zasypane wyrobisko

Fig. 3. Pictorial diagram of the gas-geodynamics phenomenon in the form of dumping coal with emitting gas into the excavation

1) coal bed, 2) deads, 3) plane of dumping coal and emitting gas, 4) filled excavation

### 3. OKREŚLENIE CHARAKTERYSTYCZNYCH PRZEDZIAŁÓW, W KTÓRYCH NALEŻY ROZPATRYWAĆ STOSOWALNOŚĆ PROFILAKTYKI PRZECIWWYRZUTOWEJ

Dla celów orientacyjnych należy określić charakterystyczne przedziały parametrów, które stopniują kształtowanie się zagrożenia wyrzutowego. W przedziałach tych należy z kolei rozpatrywać skuteczność poszczególnych aktywnych metod zwalczania wyrzutów. Przedziały te dla rozpatrywanych czynników (patrz punkt 2 artykułu) ustalono następująco.

Wytrzymałość węgla w pokładzie. Własność tę charakteryzuje między innymi wskaźnik zwięzłości  $f$ , który w praktyce jest najczęściej stosowany ze względu na łatwość określania. Przez zwięzłość skały rozumie się opór skały przeciw jej rozdzieleniu na części. Po raz pierwszy wskaźnik  $f$  został podany przez M.M. Protodiakonowa, który podał też związek pomiędzy  $f$  a wytrzymałością próbek skał na ściskanie ( $\sigma_c$ ) w ( $\text{kG/cm}^2$ ); zależność ta wyraża się następująco:

$$f = \frac{\sigma_c}{100}, \quad (-) \quad (1)$$

Podstawową metodą badania wskaźnika  $f$  jest metoda laboratoryjna polegająca na opuszczaniu stalowego ciężarka z określonej wysokości (np. z 1 m), na bryły węgla o określonej masie umieszczone w stalowym moździerz. Rozdrabniany węgiel przesiewa się przez sита i następnie umieszcza się rozdrobnioną frakcję w wyskalowanym pojemniku określając wartość  $f$ .

Wg normy BN-77/8704-13 masa ciężarka wynosi 2,35 kg, wielkość ziarn 10-20 mm, ciężarek opuszczany jest 5-krotnie, wymiary moździerza 610 x  $\phi$  90, frakcję przesiewa się przez sito o oczkach kwadratowych 0,5 mm. Oprócz laboratoryjnej metody oznaczania wskaźnika  $f$  istnieją metody określania  $f$  w warunkach in situ za pomocą penetrometrów (np. Feita, Šmida, Kidybińskiego), gdzie miarą zwięzłości jest głębokość penetracji stalowego bolca w całej szale. W penetrometrze G.N. Feita stosuje się mechaniczny naciąg sprężyny (siła naciągu sprężyny 800 N). Dla próbek węgla pobranych bezpośrednio z pół wyrzutowych zależność pomiędzy  $f$ , określanego wg BN-64/0501-01, a wytrzymałością na ściskanie próbek nieforemnych  $R_c$  wyrażoną w (MPa) określono jako [10]:

$$f = \frac{R_c}{4,9} - \sqrt{\frac{R_c}{49}} \quad (-) \quad (2)$$

Znajomość  $f$  pozwala również na określenie kąta tarcia wewnętrznego ( $\rho$ ), a następnie współczynnika Poissona ( $\nu$ ); parametry te wykorzystywane są do określenia parametrów otworów odprężających w metodzie zwiercania pokładów. Parametry  $\rho$  i  $\nu$  wyznacza się następująco:

$$f = \operatorname{tg} \rho, \quad (-) \quad (3)$$

$$\nu = \frac{\operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\rho}{2})}{1 + \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\rho}{2})}, \quad (-) \quad (4)$$

Na podstawie znajomości wartości wskaźnika  $f$  określanego w miejscach, gdzie następnie rejestrowano wyrzuty węgla i gazu można wnioskować, że węgle najbardziej skłonne do wyrzutów, to węgle o najmniejszej mechanicznej wytrzymałości.

Na rys. 4 zestawiono ilości zarejestrowanych wyrzutów w kilku rejonach górniczych w zależności od wskaźnika zwięzłości  $f$ . Wynika z niego, że można wyróżnić trzy charakterystyczne przedziały wskaźnika  $f$ :

- 1)  $f \leq 0,5$ , węgle najbardziej skłonne do wyrzutów - ilości zaistniałych wyrzutów  $N$  w tych węglach są najwyższe,
- 2)  $0,5 < f < 1,0$ , węgle średnio skłonne do wyrzutów,
- 3)  $f > 1,0$ , węgle najmniej skłonne do wyrzutów.

W przedziałach tych należy następnie rozpatrywać skuteczność poszczególnych aktywnych sposobów zwalczania wyrzutów. Przykładowo strzelanie odprężające



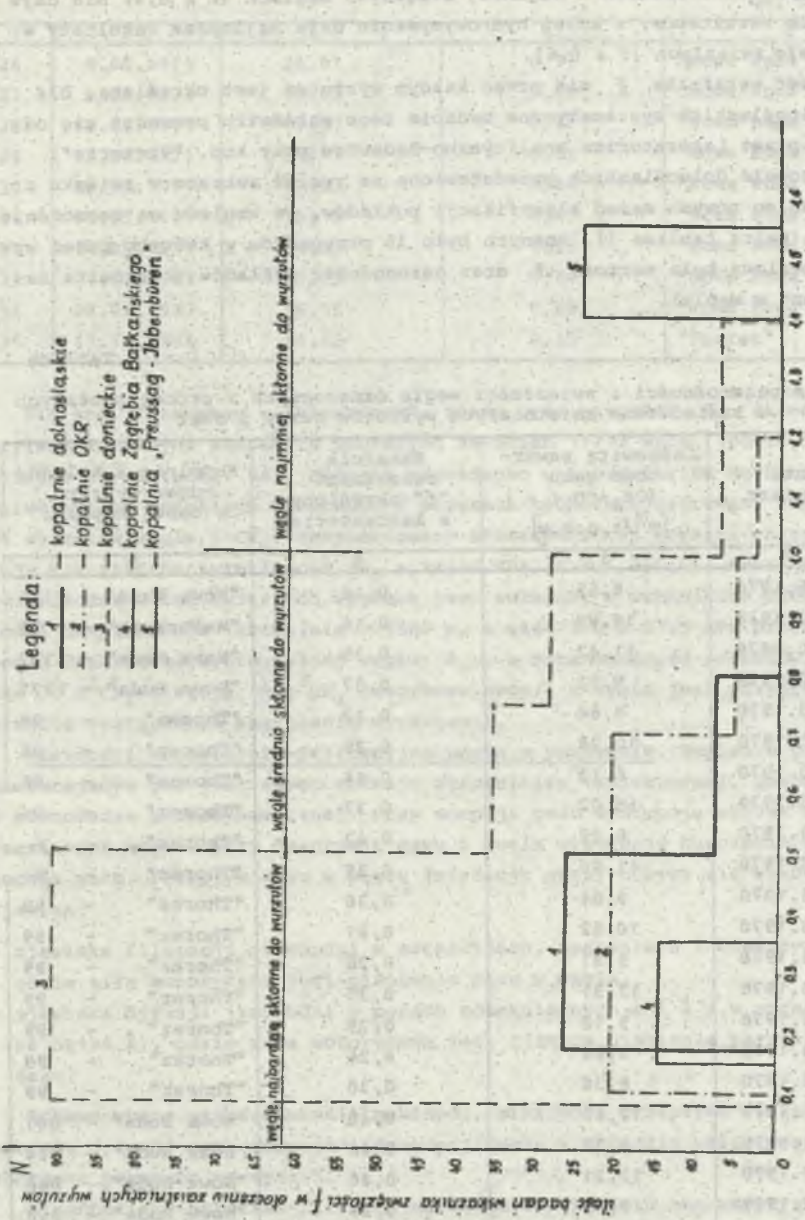


Fig. 4. Kształtowanie się ilości wyrzutów (N) w zależności od wskaźnika zwierzności węgla (f) w różnych zagłębiach węglowych  
 Fig. 4. Forming the number of outburst (N) in dependence upon the indicator of coal compaction (f) in different coal basins

w kopalniach dolnośląskich w najmniej zwiezłych węglach ( $f < 0,4$ ) nie daje pozytywnych rezultatów, z kolei hydrowymywanie daje najlepsze rezultaty w węglach mało zwiezłych ( $f < 0,6$ ).

Znajomość wskaźnika  $f$  nie przed każdym wyrzutem jest określana. Dla kopalń dolnośląskich systematyczne badania tego parametru prowadzi się od ok. 3 lat przez Laboratorium Analityczno-Badawcze przy kop. "Victoria". Dane dla kopalń dolnośląskich przedstawione na rys. 4 zebrano w związku z opracowywaniem nowych zasad klasyfikacji pokładów, ze względu na zagrożenie wyrzutami (patrz tablica 1). Znanych było 35 przypadków, w których przed wyrzutem określona była wartość  $f$  oraz gazoność pokładów (całkowita zawartość gazu w węglu).

Tablica 1

Zestawienie gazoności i zwiezłości węgla oznaczonych z próbek pobranych w sąsiedztwie zaistniałych wyrzutów gazów i skał

Lp.	Data pomiaru	Całkowita zawartość gazu (CH <sub>4</sub> +CO <sub>2</sub> ) [m <sup>3</sup> /t.c.s.w]	Wskaźnik zwiezłości "f" określony w laboratorium	Kopalnia i kolejny numer wyrzutu w danej kopalni
1	2	3	4	5
1	9.09.1976	8,65	0,16	"Nowa Ruda" - 1146
2	24.10.1978	14,99	0,16	"Wałbrzych" - 29
3	4.10.1979	11,42	0,35	"Nowa Ruda" - 1177
4	4.10.1979	9,93	0,37	"Nowa Ruda" - 1177
5	13.03.1970	8,64	0,32	"Thorez" - 98
6	13.05.1970	10,28	0,29	"Thorez" - 98
7	20.03.1970	8,13	0,44	"Thorez" - 98
8	20.03.1970	15,02	0,37	"Thorez" - 98
9	20.03.1970	9,22	0,42	"Thorez" - 98
10	20.03.1970	11,90	0,39	"Thorez" - 98
11	28.03.1970	9,64	0,36	"Thorez" - 99
12	28.03.1970	10,52	0,41	"Thorez" - 99
13	28.03.1970	9,87	0,28	"Thorez" - 99
14	28.03.1970	12,31	0,35	"Thorez" - 99
15	28.03.1970	9,18	0,29	"Thorez" - 99
16	28.03.1970	9,63	0,26	"Thorez" - 99
17	28.03.1970	8,26	0,30	"Thorez" - 99
18	7.11.1970	17,65	0,40	"Nowa Ruda" - 861
19	21.11.1970	8,32	0,46	"Nowa Ruda" - 864
20	10.12.1970	12,21	0,46	"Nowa Ruda" - 868
21	11.12.1970	9,53	0,21	"Nowa Ruda" - 868
22	18.12.1970	8,43	0,48	"Nowa Ruda" - 868
23	19.12.1970	11,86	0,48	"Nowa Ruda" - 868
24	25.03.1971	22,80	0,68	"Nowa Ruda" - 884
25	25.03.1971	21,78	0,71	"Nowa Ruda" - 884

cd. tablicy 1

1	2	3	4	5
26	9.08.1971	24,81	0,72	"Nowa Ruda" - 908
27	9.08.1971	16,87	0,68	"Nowa Ruda" - 908
28	12.08.1971	19,67	0,71	"Nowa Ruda" - 908
29	12.08.1971	20,11	0,59	"Nowa Ruda" - 906
30	18.08.1971	17,23	0,64	"Nowa Ruda" - 908
31	14.09.1971	15,19	0,43	"Nowa Ruda" - 915
32	14.09.1971	14,92	0,26	"Nowa Ruda" - 915
33	1.03.1983	15,23	0,44	"Nowa Ruda" - 1198
34	28.07.1983	16,18	0,58	"Nowa Ruda" - 1210
35	17.10.1984	16,85	0,35	"Thorez" - 144

Dla kop. "Preussag - Ibbenbüren", znane były wartości  $R_c$  określane na bryłach foremnych antracytu pobranych ze ścian 11/12 wsch. (pokł. 53) i ścianie 14/15 (pokł. 54). Badania prowadzono w Laboratorium Mechaniki Skał Uniwersytetu Reńskiego w Bochum. W ścianach tych zarejestrowano następnie 26 wyrzutów węgla i  $CH_4$ . Eksploatowany antracyt w tej kopalni charakteryzuje się znaczną zwięzłością ( $R_c = 14 \div 16$  MPa,  $f \approx 1,4 \div 1,6$ ); fakt, że wyrzuty zachodzą w tak zwięzłych węglach jest związany z czynnikiem dużej głębokości eksploatacji (aktualnie  $> 1500$  m, a więc  $\gamma H > 37,5$  MPa przekracza ponad dwukrotnie wytrzymałość węgla  $R_c$ ), a metanonośność pokładów przekracza  $20 \text{ m}^3 CH_4/t$  węgla ( $9 \text{ m}^3 CH_4$  desorbowlanego/1 t węgla jest przyjęte jako granica wystąpienia zagrożenia wyrzutami).

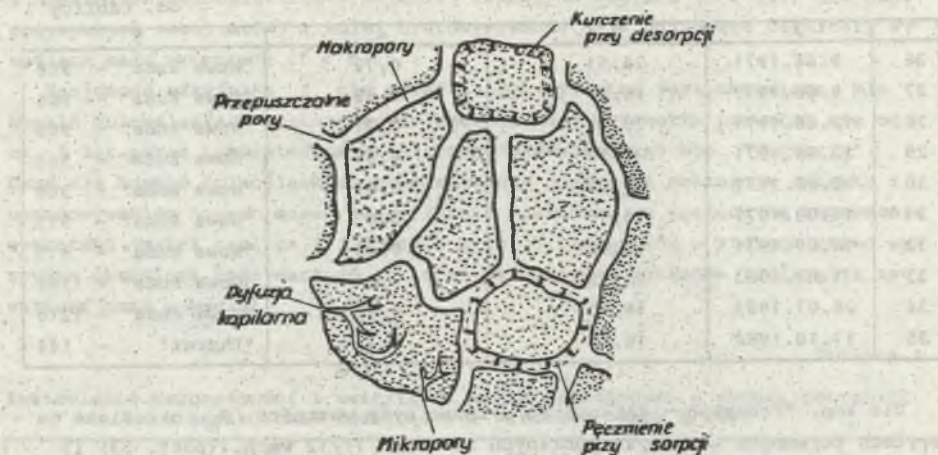
Własności kolektorsko-filtracyjne węgla w pokładzie. Węgiel w pokładzie zawierającym gaz jest swego rodzaju zbiornikiem (kolektorem), pozostającym w równowadze termodynamicznej. Przy sorpcji gazu występuje wzrost objętości cząsteczek węgla, przy desorpcji gazu z węgla występuje kurczenie się cząsteczek gazu. Przepływ gazu w węglu (migracja gazu) odbywa się wskutek dwóch zjawisk:

- zjawiska filtracji (zachodzi w szczelinach, spękaniach i otwartych porach), gdzie siłą motoryczną jest ciśnienie gazu w węglu,
- zjawiska dyfuzji (zachodzi w porach molekularnych  $< 5 \text{ \AA}$  i w porach Volmera  $5 \div 100 \text{ \AA}$ ), gdzie siłą motoryczną jest różnica ciśnienia parcjalego gazu.

Schematyczne przedstawienie makropór, mikropór, przepływu (filtracji), procesu dyfuzji oraz sorpcji i desorpcji gazu w układzie węgiel-gaz wg Jüntgena pokazano na rys. 5.

Własności kolektorsko-filtracyjne węgla w pokładzie charakteryzuje współczynnik przepuszczalności węgla dla gazu  $k$ , określony w md ( $1 \text{ d} = \frac{1 \text{ s}^2}{1,02 \cdot 10^8}$ ).

Znajomość tego parametru jest potrzebna do opracowania kryteriów stosowania dwóch aktywnych sposobów zwalczania wyrzutów, tj.:



Rys. 5. Model układu węgiel-gaz  
Fig. 5. Model of coal-gas arrangement

- depresyjnego odgazowania pokładów,
- niskociśnieniowego nawilżania pokładów.

W węglach o niskim współczynniku  $k$  również efektywność zwiercania pokładu otworami odprężającymi będzie mniejsza, jak w węglach o wysokim współczynniku  $k$  (większy promień odgazowania wokół otworu odprężającego). Węgłe skłonne do wyrzutów to węgle zwykle o niskim współczynniku  $k$ . Współczynnik  $k$  wylicza się z zależności:

$$k = \frac{2Q\mu \cdot P_0}{F(P_1^2 - P_2^2)}, \quad (\text{m}) \quad (5)$$

gdzie:

- $Q$  - ilość filtrującego gazu w czasie ( $\text{cm}^3/\text{s}$ ),
- $P_1, P_2$  - ciśnienia gazu w punktach 1 i 2 (MPa),
- $P_0$  - ciśnienie atmosferyczne (MPa),
- $L$  - długość drogi filtracji (cm),
- $F$  - powierzchnia przekroju poprzecznego filtrującej warstwy ( $\text{cm}^2$ ),
- $\mu$  - lepkość dynamiczna gazu [ $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  lub  $\text{cP}$ ]; dla  $\text{CH}_4 = 1,061 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ , dla  $\text{CO}_2 = 1,408 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ .

W badaniach laboratoryjnych wykorzystuje się próbki w kształcie walca lub próbki cylindryczne. W badaniach in situ, które są bardzo trudne do przeprowadzenia, wierci się minimum 2 otwory; do jednego wtłacza się (pod ciśnieniem  $P_1$ ) medium gazowe, w drugim otworze rejestruje się ciśnienie  $P_2$  i ilość gazu  $Q$  (parametry  $L$  i  $F$  wynikają z geometrii pomiarów).

Wielkości  $k$  określane w laboratorium różnią się o 3 rzędy wielkości (i więcej) od badań in situ. Zalecany w pracy [7] wzór Karmana-Cozeny do określania  $k$  na podstawie znajomości powierzchni właściwej węgla  $A$  w ( $m^{-1}$ ) i porowatości  $m$  w (%) postaci:

$$k = \frac{m^3}{5[A(1-m)]^2}, \quad (\text{md}) \quad (6)$$

powinien być zweryfikowany dla polskich węgla. Określanie współczynnika  $k$  jest równie trudne, jak i  $k$ . Badania współczynnika  $k$  dla węgla dolnośląskich prowadzone są dopiero od roku w problemie CPBP.

Wobec powyższego dla ustalenia charakterystycznych przedziałów współczynnika  $k$ , wykorzystano badania zagraniczne [1, 3, 7, 15], wg których:

- węgle najbardziej skłonne do wyrzutów,  $k < 10^{-3}$  md,
- węgle średnie skłonne do wyrzutów,  $10^{-3}$  md  $< k < 10^{-1}$  md,
- węgle najmniej skłonne do wyrzutów,  $k > 10^{-1}$  md.

Przykładowo, wg pracy [3] depresyjne odgazowanie pokładu można stosować bez uzupełniającej profilaktyki, przy  $k > 10^{-1}$  md. Ustalono doświadczalnie, że przy  $k = 0,006$  md degazacja pokładu w tych samych warunkach jest w czasie dwukrotnie dłuższa, jak przy  $k = 0,02$  md. W węglach o wartościach  $k$  w granicach  $10^{-3}$  ÷  $10^{-1}$  md depresyjne odgazowanie powinno być prowadzone równoległe z inną profilaktyką uzupełniającą, jak hydroszczelinowanie, lub torpedowaniem górotworu ładunkami MW.

Zaburzenia tektoniczne. Najbardziej niebezpiecznymi zaburzeniami są uskoki; ich obecność w pokładzie powoduje wzrost zagrożenia wyrzutowego poprzez:

1. Zwiększoną koncentrację naprężenia w sąsiedztwie szczeliny uskokowej
- występuje przyrost składowej poziomej naprężenia ( $\alpha$ ) wg zależności [5]:

$$\alpha = n + \frac{2A}{\pi \cdot a(1-\nu)} \cdot \frac{E}{4H} \quad (7)$$

gdzie:

$$n = \frac{\nu}{1-\nu} \quad (8)$$

$\nu$  - współczynnik Poissona,

$E$  - moduł Younga,

$a, A$  - parametry szczeliny uskokowej ( $a$  - połowa długości,  $A$  - połowa szerokości szczeliny).

Wartość  $\alpha$  może kilkakrotnie przewyższać wartość  $n$ .

2. Zwiększoną koncentrację gazu wolnego w szczelinie uskokowej i w zniszczonym strukturalnie skrzydło zrzuconym (desorpcja gazu z rozartego węgla).

3. Obniżoną wartością parametrów wytrzymałościowych węgla w strefach przyskokowych.

Wyniki badań  $f$  i  $P$  próbek węgla pobranych ze stref uskokowych i niezaburzonych w tych samych partiach pokładu wyrzutowego autor przedstawił w pracach [4, 10].

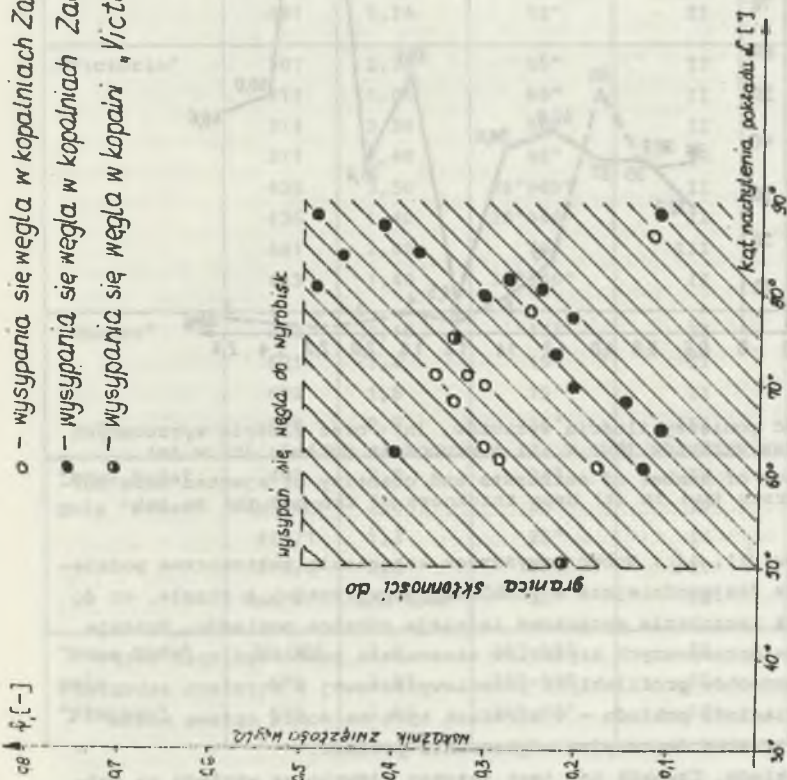
Tablica 2

Zestawienie ilości wyrzutów w kopalniach dolnośląskich w zależności od występujących zaburzeń geologicznych za lata 1980-1984 r.

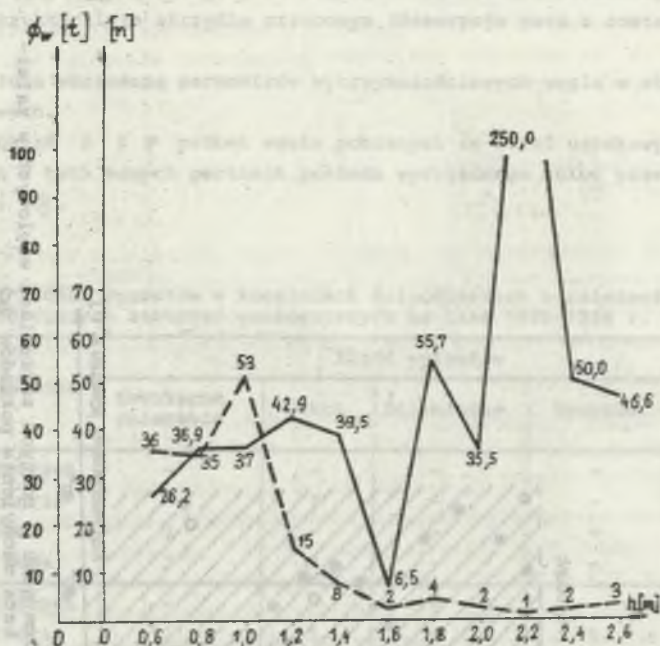
Rok	Kopalnia	Ilość wyrzutów				
		Regularne zaleganie	Uskok	Ścienienie	Wymycie	Razem
1980	Wałbrzych	-	-	-	-	-
	Victoria	-	1	-	-	1
	Thorez	3	-	-	-	3
	N. Ruda	3	2	-	-	5
1981	Wałbrzych	-	-	-	-	-
	Victoria	1	1	1	1	4
	Thorez	11	-	1	-	12
	N. Ruda	-	-	-	-	-
1982	Wałbrzych	-	-	1	-	1
	Victoria	2	1	1	-	4
	Thorez	3	-	-	-	3
	N. Ruda	-	-	-	-	-
1983	Wałbrzych	-	-	-	-	-
	Victoria	2	-	-	-	2
	Thorez	1	1	1	-	3
	N. Ruda	17	5	3	-	25
1984	Wałbrzych	-	-	-	-	-
	Victoria	1	-	-	-	1
	Thorez	6	4	3	1	14
	N. Ruda	15	5	2	-	22
	R a z e m:	65	20	13	2	100

Z ilości 100 wyrzutów, zanotowanych w kopalniach dolnośląskich w latach 1980-1985, 21 miało swój związek z uskokami, 2 z wymyciem lub wyklinowaniem pokładu (zaburzenia nieciągłe), 13 wyrzutów miało natomiast związek z zaburzeniami ciągłymi (głównie zmianą grubości pokładów)-patrz tablica 2. W innych rejonach górniczych związek wyrzutów z uskokami jest jeszcze większy, np. w Zagłębiu Bałkańskim > 65% wszystkich wyrzutów zaistniało w są-

- - wysypiania się węgla w kopalniach Zagłębia Białostockiego
- - wysypiania się węgla w kopalniach Zagłębia Kuznieckiego
- - wysypiania się węgla w kopalni "Victoria"



Rys. 6. Przypadki wysypiania się węgla połączonych z wydzielaniem gazu w różnych zagłębiach węglowych w zależności od wskaźnika zwięzłości węgla (f) i kąta nachylenia pokładów (α)  
 Fig. 6. Cases of dumping coal connected with emitting gas in different coal basins in dependence upon the indicator of coal compactness (f) and the angle of bed inclination (α)



Rys. 7. Zależność pomiędzy ilością wyrzutów ( $n$ ) oraz ilością wyrzucanych mas podczas wyrzutów ( $\phi_w$ ) w (t) a grubością pokładu ( $h$ ) w (m)

Fig. 7. Dependence of number of outbursts and quantity of ejected mass during outbursts ( $\phi_w$ ) in (t) upon thickness of the bed ( $h$ ) in (m)

siedztwie uskoków [11, 14]. Wobec powyższego zaburzenia tektoniczne podzielono na nieciągłe (najgroźniejsze w problematyce wyrzutów) i ciągłe, co do wpływu których na zagrożenie wyrzutowe istnieje różnica poglądów. Brakuje dotychczas ściśle opracowanych kryteriów stosowania poszczególnych aktywnych lokalnych sposobów profilaktyki przeciwwyrzutowej w strefach zaburzeń przerywających ciągłość pokładu - w strefach tych na dobrą sprawę można stosować bez zastrzeżeń depresyjne odgazowanie pokładu.

Nachylenie pokładu. Czynnikiem ten jest istotny głównie ze względu na możliwość wystąpienia zjawiska gazogeodynamicznego w postaci nagłego wysypania się węgla połączonego z wydzielaniem się dużych ilości gazu do wyrobiska. Tego typu zjawiska mogą zainicjować wyrzut węgla i gazu. Czynnikiem kąta nachylenia pokładów lub kąta pod jakim drażnione jest wyrobisko po wzniosie jest ściśle związany ze zwięzłością węgla w pokładzie. W celu ustalenia kryterium wysypania się węgla, naniesiono na wykres (rys. 6) znane wartości  $f$  i  $\alpha$ , przy których dochodziło do wysypań [3, 11, 14]. Wynika z niego, że granicznymi wartościami są  $\alpha \geq 50^\circ$  i  $f < 0,5$ .



Tablica 3

Wykaz eksploatowanych pokładów zagrożonych wyrzutami gazów i skał w kopalniach dolnośląskich

Kopalnia	Pokład	Miąższość h (m)	Nachylenie $\alpha(^{\circ})$	Kategoria zagrożenia wyrzutowego	Rodzaj gazu w pokładzie
"Wałbrzych"	309	1,61	13°	III	CH <sub>4</sub>
	314	2,30	13°	II	CH <sub>4</sub>
	430	2,20	23°	II	CH <sub>4</sub>
	436	1,33	14°	II	CH <sub>4</sub>
	441	1,74	12°	II	CH <sub>4</sub>
"Victoria"	307	2,50	65°	II	CH <sub>4</sub>
	311	1,00	65°	II	CH <sub>4</sub>
	314	2,20	50°	II	CH <sub>4</sub>
	317	2,40	65°	II	CH <sub>4</sub>
	430	3,50	36°÷69°	II	CH <sub>4</sub>
	436	1,40	38°÷46°	II	CH <sub>4</sub>
	441	2,00	70°	III	CH <sub>4</sub>
	445	1,40	38°÷46°	II	CH <sub>4</sub>
"Thorez"	664	2,10	14°	II	CH <sub>4</sub> +CO <sub>2</sub>
	671	1,4	15°	II	CO <sub>2</sub>
	672	1,8	15°	II	CO <sub>2</sub>
	678	0,8	15°	III	CO <sub>2</sub>
"Nowa Ruda" pole "Piast"	405	2,2	24°	IV	CO <sub>2</sub>
	410/2+412	2,8	23°	IV	CO <sub>2</sub>
	415/1	1,3	25°	IV	CO <sub>2</sub>
	415/2	2,4	25°	IV	CO <sub>2</sub>
	ława 4	1,8±0,4w	25°	IV	CO <sub>2</sub>
"Nowa Ruda" pole	301/302	2,0	30°-90°	II	CH <sub>4</sub>
	409	2,07	30°-90°	II	CH <sub>4</sub>
"Słupiec"	410	2,02	30°-90°	II	CH <sub>4</sub>

Uwaga: W polu "Słupiec" kopalni "Nowa Ruda" nie zanotowano dotychczas wyrzutu.

Rodzaj gazu. Ze względu na odmienne własności fizyczne  $\text{CO}_2$  w stosunku do  $\text{CH}_4$  istnieją ograniczenia (związane z bezpieczeństwem stosowania i efektywnością) co do stosowania w pokładach nasyconych  $\text{CO}_2$  depresyjnego odgazowania (efektywność) i nawadniania calizny węglowej (względny bezpieczeństwa i efektywności), [12].

Grubość pokładu. Czynnikiem ten wpływa na skuteczność odprężającego wybie-rania pokładów chroniących oraz na skuteczność wysokociśnieniowego nawadniania (sposób ten jest nieskuteczny w pokładach cienkich  $h < 1,0$  m). Brakuje jednakże danych, na podstawie których można by określić efektywność poszczególnych sposobów zwalczania wyrzutów w zależności od zmian grubości pokładów. Pokłady bilansowe w DŚGW to:  $h > 0,4$  m przy  $\alpha < 45^\circ$  i  $h > 0,7$  m przy  $\alpha > 45^\circ$ . Najwięcej wyrzutów notuje się przy grubości pokładów  $h = 0,8-1,5$  m, natomiast największe wyrzuty zachodzą w pokładach o grubości  $1,8 \div 3,0$  m (rys. 7) [2, 11, 14]. Podstawowe dane eksploatowanych pokładów w DŚGW podano w tablicy 3.

#### 4. WYBÓR AKTYWNYCH SPOSOBÓW PROFILAKTYKI PRZECIWWYRZUTOWEJ

Finalnym efektem pracy (MR.I.26.6.03.04) jest ogólny schemat postępowania przy wyborze profilaktyki aktywnej (rys. 11). Schemat ten należy traktować jako punkt wyjścia do realizowanej pracy badawczej w ramach CPBP.03.06. w latach 1986-90, której celem jest opracowanie bardziej skutecznych aktywnych sposobów zwalczania wyrzutów. Powszechność stosowania dotychczas w kopalniach DŚGW sposobu pasywnego zwalczania wyrzutów opartego na strzelaniu wstrząsowo-urabiającym sprawia, że ilości wyrzutów w skali rocznej w tych kopalniach wynoszą 20 (i więcej) rocznie - powoduje to przerwy w prowadzeniu wyrobisk (niejednokrotnie kilkumiesięczne). Zagrożenie wyrzutowe nie jest jeszcze zagrożeniem pierwszoplanowym w polskim górnictwie - znacznie powszechniejszymi są: zagrożenie metanowe i zagrożenie tapaniami. Z tym, że zagrożenie to zwiększa się. Oprócz 4 kopalń dolnośląskich i 2 kopalń soli ("Kłodawa" i "Inowrocław") zjawiska te w ostatnim okresie wystąpiły w ROW (kop. "Manifest Lipcowy") i w KWK "Brzeszcze". W aktualnej sytuacji sprawa skuteczności profilaktyki przeciwwyrzutowej staje się podstawowym zadaniem w problematyce wyrzutów (patrz wprowadzenie artykułu). Poniżej przedstawiono w zarysie charakterystykę poszczególnych aktywnych sposobów profilaktyki przeciwwyrzutowej i kryteria doboru.

Odprężające wybie-ranie pokładów. Sposób najbardziej skuteczny. Problem w tym, że nie zawsze można go stosować. Średnio w kopalniach tylko ok. 20% wyrobisk prowadzonych jest w strefach odprężonych. Jego stosowanie powoduje przede wszystkim odprężenie pokładów chronionych (podebranych do ok. 70 m i naźbranych do ok. 40 m) oraz odgazowanie tych pokładów. Jedyne ograniczenie przy stosowaniu, to niska zwiążłość węgla ( $f < 0,5$ ) przy dużym na-

chyleniu pokładu ( $\alpha > 50^\circ$ ) - możliwość wysypań się węgla przy eksploatacji pokładu chroniącego.

Depresyjne odgazowanie. Gaz jest zasadniczym czynnikiem wyrzutów - prawdziwym jest tu twierdzenie "nie ma gazu - nie ma wyrzutu". Przeszkodą w jego szerokim stosowaniu w kopalniach DŚGW jest fakt nasycenia pokładów głównie przez  $\text{CO}_2$ . Stosowanie tego sposobu powoduje obniżenie ciśnienia gazu wolnego w pokładzie, jak i gazonośności. W węglach o niskiej gazoprzepuszczalności ( $k < 0,001$  md) sposób ten powinien być stosowany równolegle z innymi sposobami powodującymi dynamiczną penetrację w pokładzie (strzelanie torpedujące w długich otworach lub wysokociśnieniowe nawadnianie) celem zwiększenia systemu szczelin w pokładzie i częściowe uwolnienie gazu zdeponowanego (przejście ze stanu sorbowanego w stan wolny).

Nawadnianie pokładów. W reżimie hydroszczelinowania uzyskuje się zwiększenie gazoprzepuszczalności węgla i obniżenie stanu naprężenia. W reżimie niskociśnieniowego nawilżania uzyskuje się zmianę własności fizycznych - od pseudosprężystych w kierunku plastyczności i izolację gazu w mikroporach (szczególnie przy stosowaniu środków powierzchniowo aktywnych), przez co występuje obniżenie wydzielania gazu do wyrobisk. Ujemnym aspektem stosowania tych metod jest obniżenie wytrzymałości węgla w pokładzie (osłabienie strefy "buforowej", wstrzymującej wyrzut). Ograniczenia techniczne tych metod podane są na ogólnym schemacie (rys. 11).

Zwierzanie pokładu otworami odprężającymi. Ze wzrostem wytrzymałości węgla w pokładzie maleje efektywny promień odprężenia i odgazowania. Oznacza to, że otwory odprężające w węglach zwięzłych powinny być zagęszczane w stosunku do węgla mało zwięzłych. Natomiast wychód zwiercin nie zależy praktycznie od zwięzłości, a głównie od średnicy otworu oraz ciśnienia górotworu i ciśnienia gazu w pokładzie [9, 11]. W przypadku wykonywania tej profilaktyki w węglach o  $f < 0,5$  występują trudności związane z klinowaniem wiertła i szybkim zaciskaniem otworu odprężającego (na schemacie - rys. 11, dla przedziału  $f < 0,5$ , stosowanie tego sposobu zaznaczono linią przerywaną). W węglach słabo przepuszczalnych efekt odgazowania otworami odprężającymi jest znikomy. Opracowana w 1974 r. w kop. "Nowa Ruda" profilaktyka przeciwwyrzutowa oparta o zwierzanie pokładu otworami małosrednicowymi  $\phi 42$  mm pozwoliła na zmniejszenie ilości wyrzutów z ponad 60 do kilku w skali rocznej. Ujemną stroną wierceń odprężających jest znaczny stopień niebezpieczeństwa (w kopalniach donieckich ok. 50% wszystkich wyrzutów niespodziewanych zaistniało przy wykonywaniu wierceń odprężających; w kop. "Preussag" przy wykonywaniu tego typu profilaktyki zaistniała największa katastrofa spowodowana wyrzutem w górnictwie RFN) oraz duża pracożłonność robót.

Hydrowymywanie. Powoduje odgazowanie (obniżenie ciśnienia gazu w pokładzie) oraz obniżenie naprężenia w przyprzodkowej części pokładu. Dla kopalń dolnośląskich sposób ten może być np. stosowany przy udostępnianiu wyrzutowych pokładów zza półki skalnej (wg schematu jak na rys. 8). Podstawowym



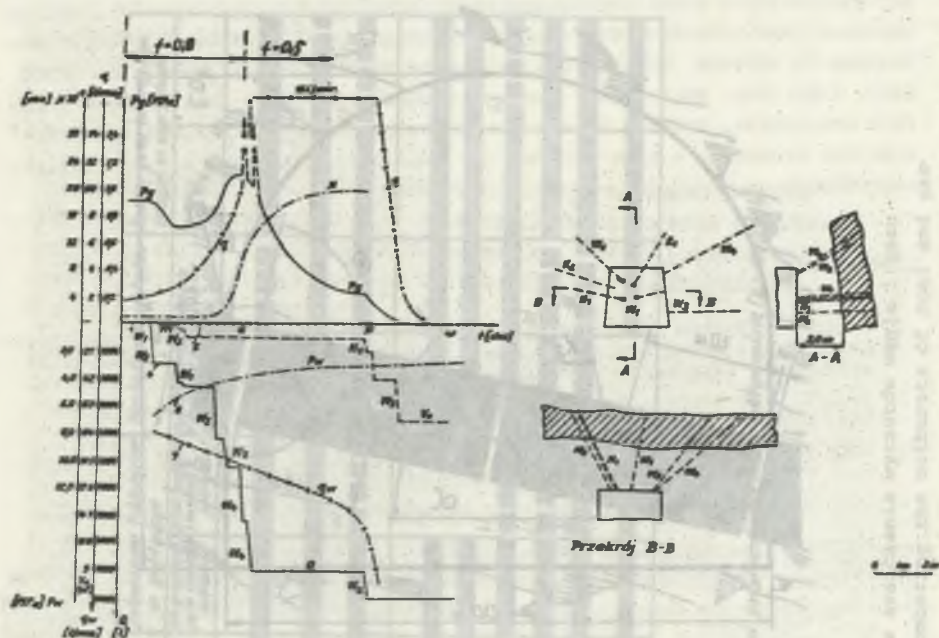
Rys. 8. Szkic rozmieszczenia otworów w metodzie hydrowymywania węgla zza półki skalnej w przodku przekopu 3. poz. -260 m w polu "Piaś" kop. "Nowa Ruda"

Fig. 8. Sketch of distributing the holes in the method of hydrowashing out the coal from behind the rock shelf in the face of the cross-out 3, at the level -260 m in the "Piaś" field of the "Nowa Ruda" mine

kryterium technicznym stosowania tego sposobu to niska zwięźłość węgla (najlepsze wyniki przy  $f < 0,4$ ). W węglach o zwięźłości  $f > 1,0$  hydrowymywanie nie daje zadowalających wyników, nawet przy stosowaniu wysokich ciśnień wtłaczania wody rzędu 30-36 MPa [11]. Przy udostępnianiu wyrzutowego pokładu o znacznej zwięźłości ( $f > 0,8$ ) zaleca się najpierw zastosować nawadnianie zza półki skalnej w celu zwiększenia przepuszczalności węgla oraz obniżenia jego zwięźłości o ok. 30÷40%; następnie po kilku dniach stosować hydrowymywanie (którego efektywność zwiększa się w kierunku obniżania zwięźłości). Przykład takiej technologii udostępniania wyrzutowego pokładu w kop. "Dewina" (Żagłębie Bałkańskie) obrazuje rys. 9, na którym przedstawiono również kształtowanie się kilku parametrów zagrożenia wyrzutowego po zastosowaniu nawadniania i hydrowymywania. Pokład udostępniono bez wyrzutu [14].

Szczeliny odprężające. Idea tej technologii narodziła się w kopalniach donieckich w problematyce zwalczania wyrzutów piaskowca i gazu. W aspekcie zwalczania wyrzutów węgla i gazu wyróżnić można dwie technologie:

- podcinanie ściany na całą długość przy spągu, za pomocą stalowej liny uzbrojonej w koronki (napęd rewersyjny); sposób ten, którego projekt został opracowany już w 1972 r. w kop. "Nowa Ruda", nie przyjął się w praktyce tej kopalni ze względu na trudności natury technicznej i nagrzewanie się liny. Stosowany był natomiast w ograniczonym zakresie w kopalniach donieckich [15],
- wykonywanie szczelin prostopadłych do pokładu na obrysie przodka kamiennowo-węglowego; dla kopalń DŚGW wg projektu, jak na rys. 10 (przy dużych wymiarach przodka  $s > 4,0$  m również pośrodku odsłoniętego pokładu); sposób ten przyjął się w praktyce kopalni donieckich (wykonywanie szczeliny za pomocą specjalnych kombajnów).



Rys. 9. Metoda zwalczania wyrzutów (nawadnianie pokładu i hydrowymywanie) przy udostępnianiu przekopem pokładu skłonnego do wyrzutów

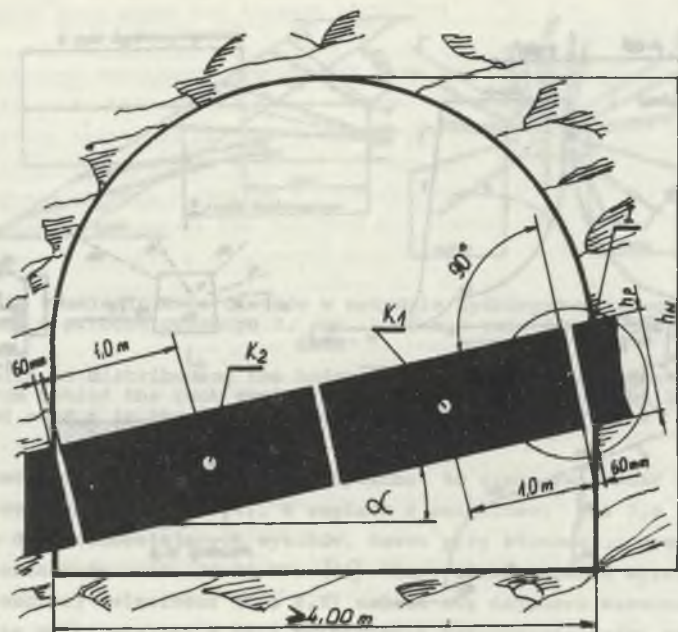
$q_w$  - intensywność wtłaczania wody,  $q$  - intensywność wypływu gazu,  $P_g$  - ciśnienie gazu wolnego,  $\mu$  - gazoprzepuszczalność węgla,  $P_w$  - ciśnienie wtłaczania wody,  $Q$  - ilość wtłaczanej wody,  $V_o$  - wychód miazgi przy hydrowymywaniu,  $W$  - otwory nawadniające,  $H$  - otwory hydrowymywania,  $K$  - otwór kontrolny

Fig. 9. Method of combating the outbursts (watering a bed and hydrowashing) rendering a bed inclined for outbursts accessible by cross-cutting

$q_w$  - intensity of forcing water,  $q$  - intensity of gas flow-off,  $P_g$  - pressure of free gas,  $\mu$  - gas permeability of coal,  $P_w$  - pressure of forcing water,  $Q$  - quantity of forced water,  $V_o$  - flow-off of fine coal during hydrowashing,  $W$  - watering holes,  $H$  - hydrowashing holes,  $K$  - control holes

Technologia ta powoduje przede wszystkim odprężenie przyziardkowej części pokładu poprzez deformację pokładu i przemieszczanie się cząsteczek węgla w kierunku szczelin. Powoduje to dodatkowo wzrost gazoprzepuszczalności węgla i jego odgazowanie. Sposób ten nie daje zadowalających rezultatów w węglach najmniej zwięzłych ( $f \approx 0,1-0,4$ ) [11, 15].

Strzelanie odprężające (kamufletowe). Sposób ten polega na takim odpaleniu ładunków MW w ilości 2 kg / 1 otwór (w kop. "Nowa Ruda" stosuje się karbonit a w kopalniach wałbrzyskich barbaryt), aby nie urobić calizny; wymaga to ścisłego przestrzegania metryki strzałowej i dużego doświadczenia. Dłu-



Rys. 10. Schemat wykonania szczelin odprężających prostopadłych do zalegania pokładu zagrożonego wyrzutami;  $K_1$ ,  $K_2$  - otwory kontrolne do pomiaru parametrów gazowych

Fig. 10. Diagram of carrying out distressing fissures perpendicular to deposition of the bed hazarded by coal and gas outbursts;  $K_1$ ,  $K_2$  - control holes for measuring parameters of the gas

gość otworów strzałowych 6÷8 m; ładunki rozmieszcza się na 4÷6 metrze otworu. Sposób ten może być stosowany w pokładach złożonej struktury (zaburzenia), najlepiej w węglach bardziej zwięzłych ( $f > 0,4$ ). Przy bardzo zwięzłych skałach otaczających energia odpalenia ładunków MW może być niewystarczająca do wytworzenia w nich szczelin (likwidacji sprężystych deformacji). Sposób ten powoduje odprężenie przyprzodkowej części pokładu - przesunięcie po strzelaniu strefy maksymalnego naprężenia (ogniska wyrzutu) w głąb pokładu, względnie sprowokowanie wyrzutu.

Obudowa wzmacniająca czoło przodka. Zabezpiecza przed wysypywaniem się węgla do wyrobisk; jak pokazano w pracy [1] powinna być stosowana przy  $f < 0,5$  i  $\alpha > 50^\circ$ . W kopalniach bałkańskich i w kop. "Victoria" stosuje się opinanie czoła przodka drewnianymi połowicami ( $\phi$  10-12 cm). Zastąpienie tego pracochłonnego sposobu byłoby możliwe poprzez wtłaczanie do callizny węglowej środków utwardzających (klejących).

SPOSOBY ZWALCZANIA WYRZUTÓW	Wyrzutowość węgla w pokładzie (mierzona f)	Właściwości kolkolasto-filtracyjne (przepuszczalność węgla, k)	Zaburzenia tektoniczne w pokładzie	Nachylenie pokładów		Rodzaj gazu biorącego udział w wyrzutach	
				pochyłość pokładu nie większa niż 30°	składowe składowe ok. 30°	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>I. REGIONALNE</b>							
1. Odprężanie wybitym pokładów	f < 0,5	k < 10 <sup>8</sup> mD					
2. Depresyjne odprężanie	a)	10 <sup>7</sup> < k < 10 <sup>8</sup> mD					
3. Miskacjonowanie powierzchni		b)					c)
		d)					e)
<b>II. LOKALNE</b>							
4. Zwiarcenie pokładu	c)						
5. Hydrozujwienie	d)						
6. Wymagalnicowanie i -kwasotanie	e)						
7. Szczeliny odprężające							
8. Szczeliny odprężające							
9. Obudowa odcinowa przodka							

**Legenda:**

■ - oznacza, że dany sposób można stosować bez zastrzeżeń

■ ■ ■ - oznacza, że stosowanie danego sposobu jest ograniczone względami bezpieczeństwa (i, j), efektywnością (k, r, d, e, f, g, h) względnie trudnościami metody technicznej (a, k, l, t)

Rys. 11. Schemat wyboru aktywnych sposobów zwalczania wyrzutów węgla i gazu

Fig. 11. Diagram of selecting active ways of combating the outbursts of coal and gas

Przedstawiony na rys. 11 ogólny schemat postępowania przy wyborze aktywnej profilaktyki przeciwyrzutowej jest kompilacją dotychczasowej wiedzy w zakresie tego problemu. Nie oznacza to, że podane na schemacie rygory stosowania są sztywne. Przykładowo, w instrukcjach zwalczania wyrzutów (PRL, CSRS, ZSRR, LRB, WRL) sposób wierceń odprężających jest zabroniony w strefach uskokowych. Zdaniem autora ten efektywny sposób zwalczania wyrzutów może być stosowany w tych strefach po rozwiązaniu problemu wierceń zdalnie sterowanych.

#### LITERATURA

1. Belin J.: Studie Verhütung von Gas-Kohlen-Ausbrüchen und Gas-Gesteines-Ausbrüchen. Materiały na posiedzenie zachodnioeuropejskiej komisji ds. wyrzutów i zagrożenia metanowego. Luksemburg. VI. 1983.
2. Ćwik L., Świdziński A.: Walka z wyrzutami węgla i gazu w kopalniach OKR. Przegląd Górniczy, nr 2, 1980.
3. Feit G.N.: Procznostnyje svojstwa i ustojcziwost wybrosoopasnych ugolnych piastow. Izd. "Nauka". Kijew, 1979.
4. Gil H., Świdziński A.: Wyrzuty gazowo-skalne w kopalniach podziemnych. Gliwice 1982.
5. Gil H., Krzyżowski A., Świdziński A.: Matematyczne modele zjawiska wyrzutu. Monografia. ZN Politechniki Śląskiej nr 104, 1981.
6. Litwiniszyn J.: Uwagi o matematycznym modelu wyrzutu mas skalno-gazowych. Materiały I Sympozjum. Wałbrzych 1982.
7. Marziegler B.: Zur Bestimmbarkeit von Gasdurchlässigkeit und Porosität in der Lagerstätte. Glückauf-Forschungshefte. Nr 46. 1985.
8. Polak Z., Szewczyk K.: Problem nagłych wyrzutów gazów i skał przy udostępnianiu pokładów węgla. Materiały I Sympozjum. Wałbrzych. XII.1982.
9. Ryncarz T.: Zapobieganie nagłym wyrzutom węgla i gazu metodą zwiercania pokładów w świetle badań teoretycznych i eksperymentalnych. Materiały I Sympozjum. Wałbrzych 1982.
10. Świdziński A.: Proponowane kierunki prognozowania i zwalczania wyrzutów gazów i skał w warunkach kopalń dolnośląskich. Materiały I Sympozjum. Wałbrzych. XII.1982.
11. Świdziński A.: Analiza możliwości stosowania aktywnych metod zwalczania zagrożenia wyrzutowego w kopalniach DŚGW. Praca n-b.MR.I.26.6.03.04. (NB-326/RG-6/85). Gliwice. XI.1985 (niepublikowane).
12. Świdziński A., Wanat K.: Mechanizm włączania wody w caliznę pokładu zagrożonego wyrzutami. Materiały II Sympozjum. Nowa Ruda, 1984.
13. Tarnowski J.: Mechanizm wyrzutu węgla i gazu w świetle wyników pomiarowych. Przegląd Górniczy nr 1. 1978.
14. Nanowska S.: Isledowanie svojstwa na wygliszcznitate piastowie w Bałkańskija Wygliszczzen Bassejn wyw wrezka s prognoziranje na opasnotta ot WIWG. Praca doktorska. Sofia. VI.1982.
15. Nikolin W.J., Balniczenko I.I., Simonow A.A.: Borba s wybrosami uglia i gaza w szachtach. Izd. "Niedra". 1981.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan Tarnowski

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.



**ПОДБОР АКТИВНЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ВЫБРОСАМИ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УГЛЯ  
И УСЛОВИЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛАСТОВ**

**Резюме**

На основе анализа эффективности отдельных активных методов борьбы с выбросами угля и газа в шахтах Нижнесилезского бассейна, а также в шахтах других угольных бассейнов, дается определение самых главных факторов подбора противовыбросной профилактики. К этим факторам относятся:

- сопротивление угля в пласте,
- фильтрационные свойства угля в пласте,
- тип тектонических нарушений в пласте,
- угол падения пласта,
- тип газа вызывающего выброс,
- мощность пласта.

Для этих факторов дается определение характерных пределов, в которых должно рассматриваться применение отдельных активных методов борьбы с выбросами. Для фильтрационных свойств угля использовались исследования зарубежных авторов в этой области. Не рассматривался подбор противовыбросной профилактики от газовых факторов в пласте (газоносность, давление газа, интенсивность газовыделения, газообильности и интенсивности десорбций газа из буровой пыли): параметры эти использовались при прогнозировании выбросоопасности - активные методы борьбы с выбросами применяются после нарушения параметров прогноза. Конечным результатом работы является общая схема подбора активных способов борьбы с выбросами (рис. 11).

SELECTION OF THE ACTIVE WAYS OF COMBATING THE GAS  
AND COAL OUT-BURSTS REGARDING THE COAL PHYSICAL PARAMETERS  
AND THE CONDITION OF BED LOKALIZATION

S u m m a r y

Basing on analysis of efficiency of the particular active ways of combating outbursts in the Down-Silesian mines as well as in the mines of other Coal Basins the most important factors of the outburst-proof prevention selection have been specified. These factors are the following:

- coal strength in the bed (f)
- collector-filtration properties of the coal in the bed (k)
- kind of the tectonics debris in the bed
- angle of the bed inclination ( $\alpha$ )
- kind of the gas talcing part in outbursts ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ )
- thickness of the bed (h).

For the above mentioned factors the characteristic ranges in which application of the particular active ways of combating outburst should be considered have been determined. In the case of the filtration properties of coal it was based on the results of the foreign authors' investigations. Selection of the outburst-proof prevention upon the gas parameters in the bed (gas quantity, gas pressure, intensity of gas flow - off and intensity of gas desorption from drillings) has not been taken in to consideration; these parameters are used in forecasting outburst hazard - the active ways of combating outburst are used in the case of overcrossing the parameters of a forecast.

The final effect of the paper is a general flow diagram when choosing active ways of combating outbursts (Fig. 11).