

Władimir ARTAMONOW

Adam ŚWIDZIŃSKI

SPOSOBY ZWALCZANIA WYRZUTÓW WĘGLI I GAZÓW W KOPALNIACH ZSRR

Streszczenie. W artykule przedstawiono metody zwalczania nagłych wyrzutów węgla i gazów stosowane w zagrożonych wyrzutami kopalniach węgla ZSRR. Najczęściej stosowanym sposobem zwalczania zagrożeń wyrzutowych jest odprężanie pokładów chronionych pokładem chroniącym, w bardzo szerokim zakresie stosuje się również wtłaczanie wody w caliznę węglową, odgazowanie (odmetanowanie) pokładów węgla oraz zwiercanie pokładu otworami wielkośrednicowymi i strzelanie kamufletowe. Przedstawiono w zarysie metodę mikrokapilarnego nawilżania pokładów węgla zagrożonych wyrzutami opracowaną w Katedrze Wentylacji Kopalń Politechniki Donieckiej.

1. WSTĘP

Celem stosowania metod zwalczania zagrożeń wyrzutowych jest niedopuszczenie do zaistnienia zjawiska wyrzutu (metody aktywne) względnie w przypadku niemożności przeciwdziałania zaistnieniu wyrzutu celowe jego sprowokowanie w taki sposób by skutki wyrzutu były jak najmniejsze (metody pasywne). Ogólnie wszystkie aktywne metody zwalczania zagrożeń wyrzutów węgla i gazów można podzielić na [5]:

1. Regionalne - dla złoża lub pola kopalnianego, do których w przypadku kopalń węgla ZSRR zagrożonych wyrzutami, zalicza się: odprężenie pokładów chronionych pokładami chroniącymi, odmetanowanie oraz wtłaczanie wody w pokład węgla otworami z powierzchni.
2. Lokalne - dla danego pokładu, w warunkach kopalń węgla ZSRR zagrożonych wyrzutami stosuje się następujące lokalne metody zwalczania wyrzutów: wtłaczanie wody w pokład krótkimi i długimi otworami, zwiercanie pokładu otworami wielkośrednicowymi, torpedowanie calizny węglowej ładunkami MW (strzelanie kamufletowe) oraz wykonywanie szczelin odprężających caliznę węglową.

Wszystkie wymienione w p-ktach 1 i 2 metody zalicza się do aktywnych, do metod pasywnych natomiast należy zaliczyć: strzelanie prowokujące oraz stawianie tam z lin stalowych w wyrobiskach przygotowawczych.

W kopalniach węgla ZSRR zagrożenie zjawiskami wyrzutów jest największym zagrożeniem górniczym; występuje w 9 aktualnie eksploatowanych zagłębiach węglowych [1].

Największe, niespotykane w innych rejonach górniczych zagrożenie wyrzutami istnieje w kopalniach Zagłębia Donieckiego, gdzie w latach 1946-1977 zaistniało ponad 6000 wyrzutów, z czego około 3000 wyrzutów skały płonnej (piaskowiec) i gazu (CH_4) [1].

W związku z faktem, że zagrożenie wyrzutami węgla i gazów stanowi podstawowy problem kopalń DŚZPW, a w przypadku stosowania metod zwalczania wyrzutów tak w kopalniach radzieckich jak i dolnośląskich istnieje duże podobieństwo, (w przeciwieństwie do metod prognozowania) wydaje się być celowe przedstawienie w możliwie wyczerpujący sposób stosowanych w radzieckim górnictwie węglowym sposobów zwalczania tego typu zagrożeń, tym bardziej, że literatura w naszym kraju, dotycząca walki z wyrzutami w kopalniach ZSRR nie jest zbyt liczna i podaje częstokroć rozbieżne informacje.

2. REGIONALNE SPOSOBY ZWALCZANIA WYRZUTÓW

Najczęściej stosowanym aktywnym sposobem zwalczania zagrożenia wyrzutowego w kopalniach ZSRR jest metoda odprężenia pokładów poprzez wyprzedzające wybieranie pokładów chroniących. Jest to sposób najbardziej uniwersalny i w zdecydowanej większości przypadków niezawodny, stanowi również podstawowy sposób zwalczania wyrzutów w kopalniach dolnośląskich. Metodę tę można stosować w dwóch wariantach:

- a) poprzez wcześniejsze wyeksploatowanie pokładów chroniących (odprężających, ochronnych), najmniej zagrożonych wyrzutami - leżących w odpowiedniej odległości od pokładów chronionych (odprężanych),
- b) poprzez stosowanie eksploatacji równoczesnej z pewnym wyprzedzeniem pokładów chroniących w stosunku do frontów eksploatacji w pokładach chronionych.

Taki sposób eksploatacji powoduje przede wszystkim zmniejszenie naprężeń w skałach i w węglu (zwłaszcza naprężeń szczałkowych, jakie powstały w okresie sfałdowania pokładów) oraz odgazowanie się pokładów chronionych.

Skuteczność stosowania tej metody zależy przede wszystkim od:

- 1) odległości między pokładami (w przypadku eksploatacji z zawakem pokładu chroniącego stwierdza się korzystne oddziaływanie na pokłady chronione leżące powyżej - nawet do 200 m oraz na pokłady chronione, leżące poniżej - do 70 m od pokładu chroniącego). Według radzieckich przepisów górniczych maksymalne odległości skutecznego odprężania wynoszą

[6]:

- dla pokładów leżących powyżej pokładu chroniącego - 100 m,
- dla pokładów leżących poniżej pokładu chroniącego - 60 m,

- 2) wielkości wyprzedzenia robót w pokładzie chroniącym;
- 3) grubości pokładu chroniącego (w pewnym stopniu również chronionego);
- 4) położenia pokładu chroniącego względem chronionego, tzn. powyżej lub poniżej tego pokładu;

- 5) własności fizyko-mechanicznych skał (szczególnie ich zdolności do odprężania) zalegających między pokładami: chroniącymi i chronionymi;
- 6) sposobu kierowania stropem (zawał lub podsadzka) w pokładzie chroniącym.

Najbardziej istotnym czynnikiem wpływającym na skuteczność odprężenia pokładów (szerokość strefy odprężonej - a) jest odległość między pokładami: (h_1 - odległość do pokładu zalegającego powyżej pokładu chroniącego, h_2 - odległość do pokładu zalegającego poniżej pokładu chroniącego).

W radzieckich kopalniach zagrożonych wyrzutami istnieje następująca zasada wyznaczania stref odprężonych [5]:

- 1) h_1 i $h_2 \leq 20$ m - tak dla pokładów stromych jak i słabo nachylonych przyjmuje się, że odprężanie pokładów chronionych występuje na całej wysokości piętra,
- 2) h_1 lub $h_2 > 20$ m - wyznaczanie stref odprężonych dokonuje się jak na rys. 1. W przypadku małej odległości między pokładem odprężającym a pokładem wyżej leżącym określa się minimalną odległość ($h_1 \text{ min}$), na jakiej można eksploatować wyżej zalegający pokład, wg wzoru [5]:

$$h_1 \text{ min} \geq k \cdot m \cdot \cos \alpha \quad (\text{m}) \quad \text{dla } \alpha \leq 60^\circ \quad (1)$$

$$h_1 \text{ min} \geq k \cdot m \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{m}) \quad \text{dla } \alpha > 60^\circ \quad (2)$$

gdzie:

m - grubość pokładu odprężającego (m),

α - kąt nachylenia pokładu odprężającego ($^\circ$),

k - współczynnik uwzględniający warunki geologiczno-górniczne pokładu odprężającego; przyjmuje się k w zależności od grubości eksploatowanego pokładu i sposobu kierowania stropem o 4 do 10.

Zasięg strefy odprężania S_1 i S_2 (rys. 1) wyznacza się z następujących zależności:

$$S_1 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot S_1' \quad (3)$$

$$S_2 = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot S_2' \quad (4)$$

gdzie:

S_1' , S_2' - funkcje stabilizowane zależne od szerokości strefy odprężonej (a) i głębokości eksploatacji (H),

β_1 , β_2 - współczynniki uwzględniające miąższości pokładu chroniącego, określane wzorami:

$$\beta_1 = \frac{m}{m_0} \quad \text{dla } m_{ef} \leq m_0 \quad (5)$$

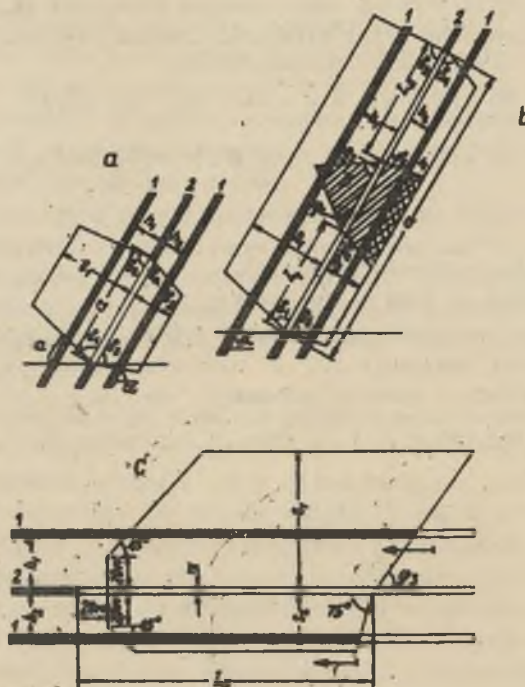
$$\beta_2 = 1 - 0,4 \cdot \frac{q}{100} \quad \text{dla } q \geq 50\% \quad (6)$$

gdzie:

m_{ef} - efektywna miąższość pokładu, określana wzorem:

$$m_{ef} = K \cdot m [m] \quad (7)$$

- K - współczynnik; przyjmuje się $K = 0,2$ w przypadku stosowania pod-sadzki hydraulicznej i $K = 0,35$ przy innych systemach kierowania stropem,
- m_0 - krytyczna wartość miąższości pokładu, wyznaczana z nomogramu, przyjmuje się od 0 do 1,
- q - współczynnik, uwzględniający procentowy udział piaskowców w ska-łach leżących między pokładami.



Rys. 1. Schemat wyznaczania szerokości stref odprężonych w pokładach wę-gla zagrożonych wyrzutami:

a, b - w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku eksploatacji (rys. 1a - dla $a < L_1 + L_2$; rys. 1b - dla $a > L_1 + L_2$), c - w płaszczyźnie równoległej do kierunku eksploatacji, 1 - pokład chroniony zagrożony wyrzutami; 2 - pokład chroniący; 3 - strefa częściowo odprężona; 4 - strefa niebezpiecz-na względem wyrzutów

W przypadku gdy:

$$\begin{aligned} m_{ef} > m_0 & \text{ przyjmuje się } \beta_1 = 1 \\ \eta < 50\% & \text{ " " } \beta_2 = 1. \end{aligned}$$

Przedstawione na rys. 1b i 1c parametry L_1 , L_2 i L_3 wyznacza się ze wzorów:

$$L_1 = \beta_1 \cdot L_1^* \quad (8)$$

$$L_2 = \beta_1 \cdot L_2^* \quad (9)$$

$$L_3 = \beta_1 \cdot L_3^* \quad (10)$$

gdzie:

L_1^* , L_2^* , L_3^* - parametry wyznaczone z nomogramu [5].

Wielkość kątów zasięgu odprężania po rozciągłości (δ_1 , δ_2 , δ_3 , δ_4) i po wzniosie lub upadzie (φ_1 , φ_2 , φ_3) wyznacza się z tablic [5] na podstawie kąta nachylenia pokładów (α).

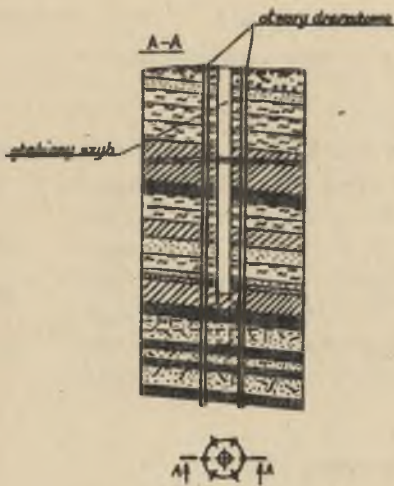
Podane powyżej główne parametry odprężania pokładów pokładami chroniącymi zostały ustalone doświadczalnie na podstawie badania zmian ciśnienia gazu w pokładach pod- i nadebranych, w zależności od czasu oraz odległości poziomej między linią czoła ściany w pokładzie odprężającym a punktem przecięcia otworem badanego pokładu.

Depresyjne odgazowanie (odmetanowanie) pokładu. Metoda ta stosowana jest w bardzo szerokim zakresie w kopalniach węgla ZSRR zagrożonych wyrzutami; przy czym stosuje się ją w następujących wariantach [10]:

- a) otworami pionowymi (z powierzchni względnie specjalnych komór na danym poziomie wentylacyjnym),
- b) otworami drenażowymi, prowadzonymi z czoła drażonego przekopu,
- c) otworami drenażowymi, prowadzonymi z drażonych w węglu wyrobisk przygotowawczych,
- d) odmetanowanie ściany, będącej w trakcie eksploatacji otworami równoległymi do postępu frontu eksploatacji, prowadzonymi z chodników przyścianowych.

Ad a) Sposób ten stosuje się w przypadku drażenia szybów względnie szybików przez silnie nasycony gazem górotwór [10]. Średnica otworów wynosi 80-100 mm, odciąganie gazu odbywa się przy wytworzonym podciśnieniu rzędu 100 do 200 mm Hg. Ilość otworów odgazowujących wynosi od 5 do 10 (rys. 2). Hermetyzuje się pierwsze 2 - 2,5 m otworu.

Ad b) Stosowany jest w przypadku udostępniania przekopem silnie gazonośnego pokładu. Średnica otworów wynosi 80 - 250 mm, ilość otworów 8 - 10.



Rys. 2. Schemat degazacji wyrzutowego masywu przy pomocy otworów wierconych z powierzchni

zagrożonych wyrzutami pokładach węgla. Długość otworów odmetanowania sięga 200 m, średnica 80 - 150 mm [10]. Hermetyzuje się pierwsze 4 - 10 m otworów. Depresja odmetanowania winna wynosić 50 - 100 mm Hg. Różne warianty stosowania tej metody w pokładach wyrzutowych pokazano na rys. 3. Zasadą odmetanowania jest, by eksploatacja objęła swym zasięgiem strefę odgazowania otworem drenażowym po upływie 10 - 30 dni [10].

Celem stosowania ww. metod jest obniżenie ciśnienia gazu w pokładzie do bezpiecznej granicy, tj. do około 3 at (294 Pa) [10]. Odmetanowanie stosuje się wyłącznie w pokładach nieodprężonych [5], względnie, gdy ilość wydzielonego gazu do wyrobiska jest wyższa od $3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{min}$ [10]. Efektywność odmetanowania zależy od schematu rozmieszczenia otworów drenażowych, odległości między nimi, parametrów otworów (długość i średnica), czasu trwania odgazowania oraz zdolności filtracyjnych pokładu.

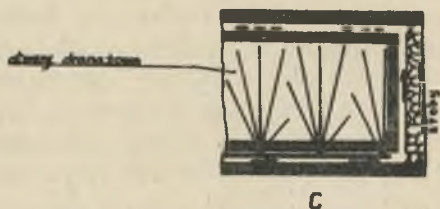
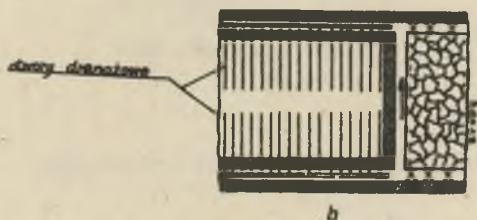
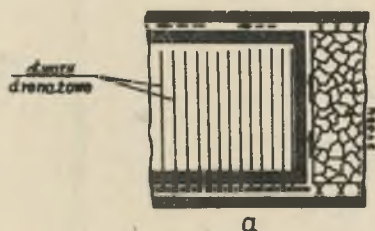
Wtłaczanie wody otworami z powierzchni. Metoda ta opracowana w MGI jest z powodzeniem stosowana w przypadku pojedynczych pokładów o znacznej miąższości, zalegających na głębokości do 1000 m (rys. 4) [4]. Stosuje się ją aktualnie między innymi w kopalniach: im. A.A. Skocznińskiego oraz im. IX Pięciolatki. Warunkiem skuteczności stosowania tej metody jest, aby ciśnienie wtłaczania wody (P_w) było większe od ciśnienia geostatycznego ($\gamma \cdot H$) [4].

Eksploatację w pokładzie prowadzi się po upływie około 1 miesiąca od daty wtłaczania wody. W wyniku wtłaczania wody w pokładzie (a także w skałach otaczających) tworzy się sieć spękań, co powoduje odprężenie się i

Jeden z otworów stanowi otwór kontrolny, w którym mierzy się ciśnienie gazu; odmetanowanie przerywa się w przypadku, gdy ciśnienie gazu spadnie poniżej 10 at ($9,81 \cdot 10^2 \text{ KPa}$) [10].

Ad c) Stosowany w przypadku prowadzenia robót przygotowawczych w silnie metanowym pokładzie węgla. Odgazowanie prowadzi się za pomocą otworów długości około 10 m i średnicy 42 - 50 mm [10]. Otwory wierci się w ociosach i czole drążonego przodka z nachyleniem 30° do osi wyrobiska. Hermetyzuje się pierwsze 1,5 m otworów. Depresja winna być większa od 50 mm Hg.

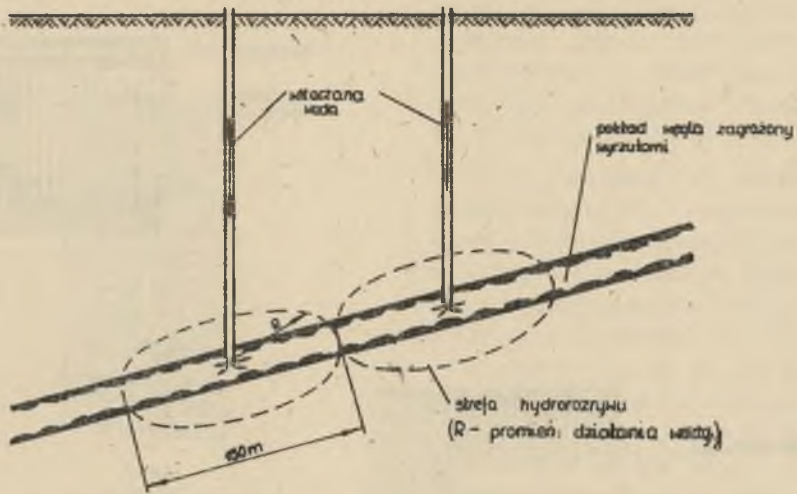
Ad d) Jest najczęściej stosowanym sposobem odmetanowania w



Rys. 3. Różne warianty degazacji eksploatowanego pokładu długimi otworami prowadzonymi z chodników przyścianowych:

a) otworami równoległymi do postępu ściany (długość ściany < 250 m), b) otworami równoległymi do postępu ściany (długość ściany > 250 m), c) otworami wachlarzowymi

odgazowanie pokładu, a więc obniżenie predyspozycji wyrzutowych, polepsza się także warunki urabialności węgla.



Rys. 4. Schemat stosowanej metody wtlaczania wody z powierzchni

3. SPOSOBY LOKALNE ZWALCZANIA WYRZUTÓW

Spośród wszystkich stosowanych aktywnych metod zwalczania wyrzutów o zasięgu lokalnym, najczęściej w górnictwie radzieckim stosowana jest metoda wtlaczania wody w calinę węglową wyrzutowego pokładu. Wtlaczanie wody odbywa się krótkimi (prostopadle do postępu ściany), względnie długimi (równolegle do postępu ściany) otworami o średnicy 42 mm. W wyniku nawilżania pod ciśnieniem pokładów węgla uzyskuje się przede wszystkim odgazowanie calizny węglowej, a także jej częściowe odprężenie, polepszenie warunków urabialności i zmniejszenie zapylenia. Duża skuteczność odgazowania jest związana głównie z charakterem gazu biorącego udział w procesach wyrzutu. W kopalniach węgla ZSRR zagrożonych wyrzutami występuje wyłącznie metan, który w stosunku do CO_2 posiada znacznie mniejszą gęstość ($\zeta_{\text{CH}_4} = 0,72 \text{ g/l}$, $\zeta_{\text{CO}_2} = 1,98 \text{ g/l}$) i ciężar właściwy, jak również mniejszą lepkość, co związane jest z wyższą zdolnością filtracji CH_4 w stosunku do CO_2 . Ujemną stroną metod wtlaczania wody jest duża pracochłonność robót. Innymi sposobami aktywnego zwalczania wyrzutów są: zwiercanie calizny pokładu otworami wielkośrednicowymi (250 - 300 mm), zwiercanie pokładu węgla otworami 500 - 700 mm w przodkach węglowo-kamiennych), torpedowanie górotworu ładunkami MW oraz wykonywanie szczelin odprężających. Poniżej przedstawiono w zarysie każdą z ww. metod aktywnego zwalczania wyrzutów.

Wtlaczanie wody krótkimi otworami. Metodę tę stosuje się tak w wyrobiskach eksploatacyjnych jak i przygotowawczych, z wyłączeniem wyrobisk prowadzonych po wznosie o nachyleniu większym od 25° [5]. Ciśnienie wtlaczania wody (P_{\max}) oraz tzw. ciśnienie krytyczne wtlaczania (P_k) wyznacza się z zależności:

$$P_{\max} = (0,8 - 2) \gamma \cdot H + P_c \quad (\text{KPa}) \quad (11)$$

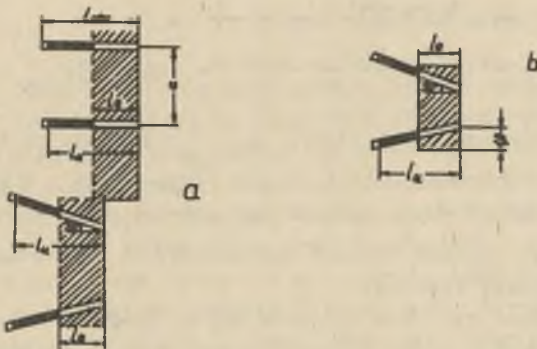
$$P_k = 30 + P_c \quad (\text{KPa}) \quad (12)$$

gdzie:

γH - składowa pionowa naprężenia pierwotnego (KPa),

P_c - straty hydrostatyczne na drodze między agregatem wtlaczania wody a otworem (KPa).

W praktyce ciśnienie wtlaczania wody wynosi 80 - 220 at (7,86 - 21,782 MPa). W przypadku stosowania tej metody w wyrobiskach ścianowych wierci się otwory prostopadle do czoła ściany w odległości 4 - 6 m od siebie (w narożach ściany pod kątem około 30° do osi wyrobiska). Długość otworów winna być większa o 0,5 m od głębokości uszczelniania otworów, czyli winna wynosić 2,5 - 4 m [5]. Uszczelniania dokonuje się za pomocą hydrozaworu GZ - 3. W przypadku stosowania tej metody w wyrobiskach przygotowawczych ilość otworów określa się w zależności od szerokości (s) drażnionego przodka i tak, gdy $s \geq 2,5$ m, wtlaczanie wody odbywa się przez co najmniej 2 otwory, gdy $s < 2,5$ m, wtlaczania dokonuje się przez 1 otwór wiercony w środkowej części przodka [5]. Długość otworów jest taka sama jak w wyrobiskach ścianowych. Otwory powinno wykonywać się w odległości minimum 1 m od ociosu wyrobiska. Schemat stosowania tej metody podano na rys.5.



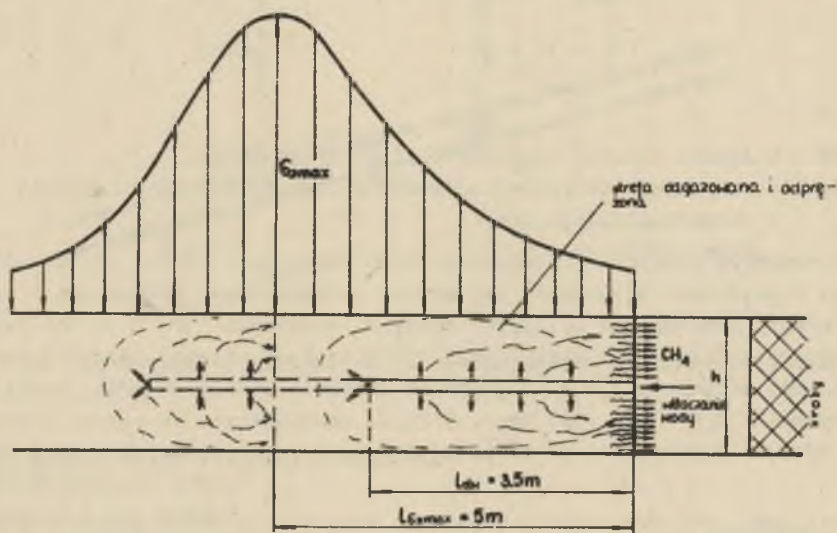
Rys. 5. Schemat stosowania metody wtlaczania wody krótkimi otworami: a) - wyrobiska eksploatacyjne, b) wyrobiska przygotowawcze

l_{otw} - długość otworu, l_u - głębokość uszczelniania, l_e - głębokość eksploatacji, a - odległość między otworami

W wyrobiskach przygotowawczych ilość otworów określa się w zależności od szerokości (s) drażnionego przodka i tak, gdy $s \geq 2,5$ m, wtlaczanie wody odbywa się przez co najmniej 2 otwory, gdy $s < 2,5$ m, wtlaczania dokonuje się przez 1 otwór wiercony w środkowej części przodka [5]. Długość otworów jest taka sama jak w wyrobiskach ścianowych. Otwory powinno wykonywać się w odległości minimum 1 m od ociosu wyrobiska. Schemat stosowania tej metody podano na rys.5.

Przyjmuje się, że wtlaczanie wody jest prawidłowe, gdy ilość wtlaczanej wody wynosi 40 l/m^3 calizny, co w praktyce oznacza około 2 m^3 wody na 1 otwór [9]. Zasadą wtlaczania jest, aby długość otworu (l_{otw}) była mniej-

szu od odległości między czołem ściany a strefą maksymalnych naprężeń ($\sigma_{z_{max}}$) [1]. Optymalną efektywność stosowania tej metody osiąga się w przypadku, gdy wtlacza się wodę na odległość 1 - 1,5 m od strefy $\sigma_{z_{max}}$ [1]. Przykładowo, w przypadku gdy strefa $\sigma_{z_{max}}$ występuje na odległości 5m od czoła ściany, długość otworu winna wynosić 3,5 - 4 m (rys. 6). Wtlacza-



Rys. 6. Schemat stosowanej metody krótkich otworów, $l_{otw} < \sigma_{z_{max}}$

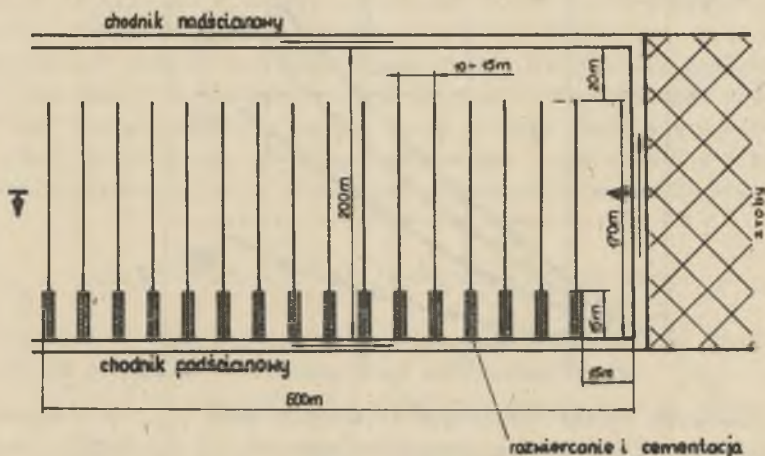
nie wody w odcinku między czołem ściany a strefą $\sigma_{z_{max}}$ powoduje rozluźnienie calizny węglowej i jej odgazowanie. Wtlaczanie wody poza strefę $\sigma_{z_{max}}$ sprawia, że woda nie jest w stanie przeniknąć strefy maksymalnych naprężeń (bardzo mała przepuszczalność węgla w tej strefie), a tym samym nie ma skutku odgazowania calizny pokładu.

Odległość strefy maksymalnych naprężeń wyznacza się w praktyce stosując metodę gazodynamiczną - pomiar wypływu gazu mierzony co 0,5 m w otworze w połączeniu z równolegle prowadzonym pomiarem wychodu zwiercin [1]. Prace związane z wtlaczaniem wody prowadzone są zwykle na zmianie nocnej; w czasie wtlaczania wszystkie inne prace w obrębie ściany są wstrzymane (ze względu na wymogi bezpieczeństwa). Czas potrzebny na wykonanie jednego otworu wraz z podaniem wody wynosi około 30-90 minut. Wtlaczanie wody przerywa się w przypadku, gdy otworem kontrolnym zaczyna wyciekać woda lub gdy wystąpi spadek ciśnienia wtlaczania do wielkości P_k .

Należy dodać, że oprócz omówionej powyżej metody (zwanej gidrootżimem) stosowana bywa również metoda hydrospulchniania (gidrorychlienija), w której parametry wtlaczania są inne, np. długość otworów w ścianach sięga

6-10 m [5], w chodnikach do 13 m. Metodę tę stosuje się w przypadku pokładów o małej lub średniej miąższości, w strefach o obniżonym ciśnieniu górotworu [5].

Wtlaczanie wody długimi otworami. Metoda nawilżania pokładów długimi otworami polega na wtlaczaniu wody w otwory o średnicy 42 mm, wykonywane równoległe do postępu ściany (rys. 7).



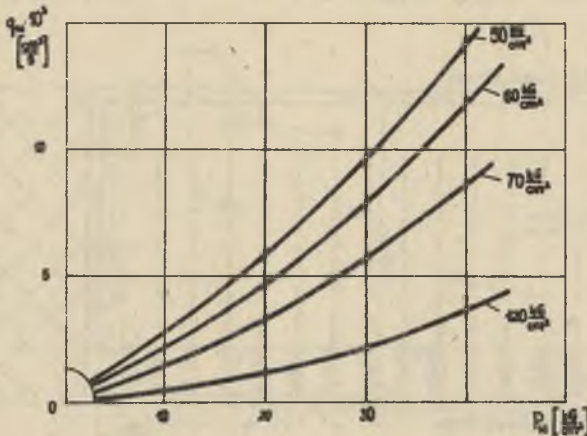
Rys. 7. Schemat wtlaczania wody długimi otworami

Długość otworów uzależniona jest od długości ściany (zostawia się 20-30 metrowy pas węgla celem zabezpieczenia przed przerwaniem się wody). Wiercenie otworów odbywa się w świeżym prądzie powietrza (zwykle w chodniku podścianowym). W przypadku, gdy kąt nachylenia ściany jest mniejszy od 20° oraz wentylacja schodząca, otwory wierci się z chodnika nadścianowego. Przy równoległym prowadzeniu ścian, przedzielonych chodnikiem pośrednim, prace dotyczące wykonywania nawilżania prowadzi się z tego chodnika, wykonując równoległe nawilżanie po wzniosie (ściana górna) i po upadzie (ściana dolna). Prace związane z nawilżaniem pokładu są tak zsynchronizowane z pracami w przodku ściany, by eksploatacja objęła swym zasięgiem strefę nawodnioną danego otworu po upływie 5-25 dni.

Technologia wykonywania otworów nawadniających jest następująca: po odwierceniu otworu na żądaną długość rozwierca się pierwsze 15 m otworu do średnicy 110 mm. Następnie wkłada się metalową rurkę służącą do wtlaczania wody, rozwierconą część otworu uszczelnia się specjalnym korkiem uszczelniającym, po czym dokonuje się hermetyzacji rozwierconej części otworu za pomocą mleczka cementowego. Gdy ciśnienie wtlaczania roztworu cementu wynosi 3 - 4 at (294 - 392 Pa), nawilżanie pokładu można rozpocząć po upływie 24 godzin od chwili cementyzacji. Ciśnienie wtlaczania wody (P_w) wyznacza się z następującej zależności [4]:

$$0,075 \cdot \gamma \cdot H > P_w > (1,2 - 1,5) \cdot P_g \quad (13)$$

gdzie: P_g - ciśnienie gazu w pokładzie (KPa).



Rys. 8. Zależność między ciśnieniem wtlaczania wody (P_w) a przepuszczalnością węgla dla wody (q_w)

Wielkość ciśnienia wtlaczania wody ma istotne znaczenie na przepuszczalność węgla dla wody (rys. 8). Należy podkreślić, że dotychczas nie określono charakteru przepływu (laminarny czy burzliwy) wody pod ciśnieniem w caliznie węglowej [4]. Przyjmuje się, że nawilżanie jest prawidłowe, gdy ilość wtlaczanej wody do otworu wynosi około 25 l/m^3 calizny węglowej.

W przypadku stosowania tej metody w wyrobiskach przygotowawczych wierci się 2 względnie 3 otwory (w zależności od miąższości pokładu) o średnicy 42 mm i długości do 120 m, uszczelniane na 10 m. Przy stosowaniu dwóch otworów jeden stanowi otwór kontrolny, przy 3 otworach kontrolny jest otwór środkowy. Nawilżanie przerywa się w przypadku, gdy: otworem kontrolnym wycieka woda, względnie nastąpiło przekroczenie w przodku chodnika 2% CH_4 . W czasie wiercenia otworów pod uwagę bierze się również ilość wycho-
du miazki węglowej; nawilżanie można stosować gdy ilość zwiercin nie przekracza 10 - 15 kg/1 m otworu.

Metoda mikrokapilarnego nawilżania. Jedną z metod walki z wyrzutami węgla i gazów jest metoda mikrokapilarnego nawilżania pokładów węgla, która stanowi odmianę metody wtlaczania wody długimi otworami. Zasadnicza różnica między tymi metodami jest w czasie wtlaczania. Przy stosowaniu metody mikrokapilarnego nawilżania czas wtlaczania wody wynosi 20 - 25 dni. Według Miedwiediewa [7] około 60% gazu w pokładzie znajduje się w mikropro-

rach (10^{-6} - 10^{-7} cm), 30% w makroporach (10^{-5} - 10^{-4} cm) i tylko około 10% gazu występuje w szczelinach.

Doświadczalnie ustalono [1], że woda wypełnia szczeliny w pokładzie przy wtłaczaniu przez okres 1 godziny, makropory przy wtłaczaniu przez okres około 5 dni, natomiast przenika do mikropor przy nieprzerwanym wtłaczaniu przez okres około 20 - 25 dni. Tak długi czas nawilżania pokładu sprawia, że woda nie tylko wypycha gaz wolny ze szczelin (odgazowanie), ale również izoluje gaz w makro- i mikroporach (siły mikrokapilarne). Przy czym należy zaznaczyć, że nie wszystkie węgle są zdolne do przyjmowania wody w porach. W węglach nie przyjmujących wody stosuje się nawilżanie z dodatkiem preparatów chemicznych - PAW (powierzchnyjnie aktywny wieszczystwa). Ilość preparatu, który należy dodać do wody określa tzw. efektywny dodatek (C_3), który zależy od wilgotności węgla i gazonośności pokładu.

Ciśnienie wtłaczania wody (P_{m_n}) przy tej metodzie wyznacza się z warunkiem [1]:

$$35 \text{ at} (34,3 \cdot 10^2 \text{ KPa}) < P_{m_n} < 0,1 \cdot \gamma \cdot H \text{ (KPa)} \quad (14)$$

Dla przykładu w czasie stosowania tej metody w kopalni im. Mienzińskiego w pokł. 1N parametry wtłaczania wody były następujące: $P_{m_n} = 150 \text{ at}$, ($147,15 \cdot 10^2 \text{ KPa}$), $C = 0,01\%$, przy wydajności pompy $Q_p = 90 \text{ l/min}$.

Zwalczanie wyrzutów i gazu przy otwieraniu pokładu węgla przekopem.

W przypadku otwierania pokładu zagrożonego wyrzutami istotną rzeczą jest określenie minimalnej odległości (l min), na jaką można zbliżyć się do pokładu węgla pędzonym przekopem. Wartość l min jest funkcją wielu parametrów, a głównie: głębokości eksploatacji (H), stanu naprężeń w pokładzie (σ), przekroju wyrobiska (S), ciśnienia gazu w pokładzie (p), miąższości otwieranego pokładu (h), kąta nachylenia pokładu (α) oraz własności fizyko-mechanicznych otaczających skał (E - moduł sprężystości, R_r , c - mechaniczna wytrzymałość skał), tzn.:

$$l \text{ min} = f (H, \sigma, S, p, h, \alpha, E, R_r, c) \text{ (m)} \quad (15)$$

Na podstawie analizy około 120 przypadków otwierania pokładów, przeprowadzonych eksperymentów oraz wykorzystania mechaniki ośrodka sprężystego, teorii korelacji i analizy regresji dla kopalń Zagłębia Donieckiego ustalono równanie postaci [3]:

$$l \text{ min} = K (1,3 + 0,1 \cdot S + 0,02 p) \text{ (m)} \quad (16)$$

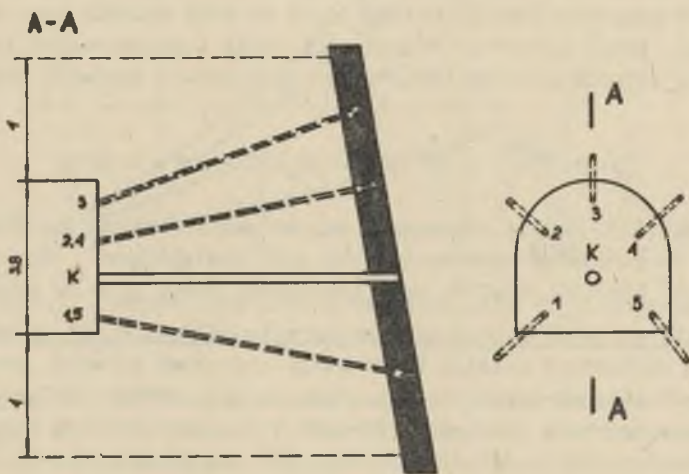
gdzie:

k - współczynnik uwzględniający stan naprężeń w pokładzie, głębokość zalegania pokładu oraz anizotropowość skał otaczających: dla kopalń donieckich $k = 1,1$, - 1,4

S - przekrój poprzeczny drażonego przekopu (m^2),
 p - ciśnienie gazu w otwieranym pokładzie węgla (kPa).

Przy otwieraniu pokładów węgla stosuje się zasadniczo 2 sposoby przeciwdziałania zaistnieniu wyrzutów:

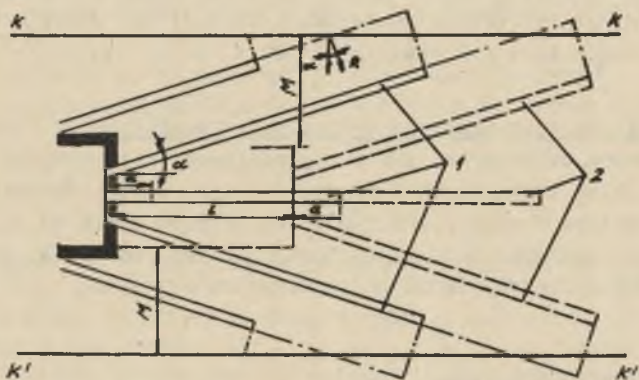
- właczanie wody otworami z czoła drażonego przekopu do pokładu (rys.9),
- udostępnianie pokładu za pomocą "Karkazu" [9]; sposób ten polega na wzmocnieniu przekroju wyrobiska stalowymi prętami (rurkami) o średnicy $\phi 30$ mm umieszczonymi w otworach o $\phi 42$ mm, które są następnie cementowane [6,9].



Rys. 9. Sposób nawilżania wyrzutowego pokładu z przekopu (1-5 otwory nawadniające, K - otwór kompensacyjny)

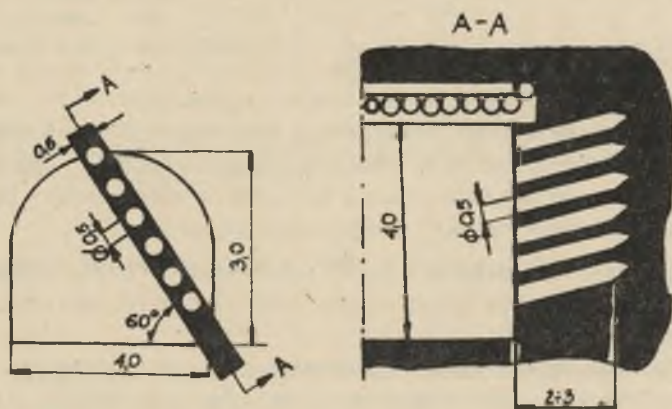
Zwiercanie pokładu otworami wielkośrednicowymi. Metodę tę stosuje się w nieodprężonych pokładach zagrożonych wyrzutami w celu odprężenia i odgazowania calizny węglowej. Stosuje się ją głównie w pokładach stromych, przy zastosowaniu schodowego systemu eksploatacji. Piętra górne ściany zwierca się otworami prostokątnymi do postępu frontu, piętra dolne otworami równoległymi do postępu frontu z chodników podścianowych.

Parametry otworów (średnica, długość i odległość między otworami) zależą w głównej mierze od parametrów mechanicznej wytrzymałości pokładu (kohezji i kąta tarcia wewnętrznego) [2]. Średnica otworów odprężających wynosi 80 - 250 mm [5], natomiast ich długość w przypadku ścian sięga 5 - 8 m a w przypadku chodników 10 - 18 m. Schemat stosowania tej metody w wyrobiskach chodnikowych przedstawia rys. 10. W przodkach węglowo-kamiennych stosuje się również zwiercanie pokładu otworami o średnicy 500-700mm i długości 2 - 3 m (rys. 11).



Rys. 10. Schemat stosowania otworów odprężających wielkośrednicowych w wyrobiskach przygotowawczych:

1 - otwory pierwszej serii, 2 - otwory następnej serii, a - długość pozostawionego otworu w caliznie, α - kąt odchylenia skrajnych otworów od osi wyrobiska, R - promień wpływu otworu na górotwór, KK, K K' - granica strefy bezpiecznej, M - wysokość strefy zmniejszonego potencjału wyrzutowego



Rys. 11. Prowadzenie chodnika z wykorzystaniem metody zwiercania pokładu węgla

Wykonywanie szczelin odprężających. Polega na podcinaniu calizny węglowej na całej długości ściany za pomocą stalowej piły uzbrojonej na połowie swojego obwodu w stalowe koronki z zębami, rozmieszczonymi co 1m. Podcinania ściany dokonuje się w spagu; wysokość szczeliny 5 cm, głębokość szczeliny do 10 m. Do wykonywania szczelin używa się kołowrotu umieszczo-

nego w chodniku nadścianowym [9]. W wyrobiskach przygotowawczych stosuje się wykonywanie szczelin odprężających na styku węgla z ociosami wyrobiska za pomocą wiertarek (wręby konturowe); stosuje się również hydrauliczne wymywanie węgla wodą pod ciśnieniem 120 - 150 at (11,77 - 14,71 MPa) [6].

Torpedowanie calizny węglowej (strzelanie kamufletowe). Stosowane jest tak w wyrobiskach ścianowych, jak i w chodnikach. Torpedowanie calizny odbywa się za pomocą ładunków MW w ilości 2-3 kg/1 otwór. Średnice otworów strzałowych wynoszą w praktyce 42 mm a ich długość około 10 m. Celem tej metody jest rozluźnienie calizny węglowej bez jej urobienia. Aktualnie w kopalniach ZSRR odchodzi się od tej metody.

4. SPOSOBY PASYWNE ZWALCZANIA WYRZUTÓW

W zagrożonych wyrzutami kopalniach węgla ZSRR stosuje się 2 sposoby pasywnego zwalczania zagrożeń wyrzutowych. Sposób pierwszy polega na umyślnym wywoływaniu wyrzutów poprzez stosowanie strzelania prowokującego (wstrząsowego) za pomocą zwiększonej dawki MW (50-100% ładunki większe w stosunku do strzelania urabiającego), drugim sposobem jest stosowanie tam z lin stalowych ustawianych w wyrobiskach przygotowawczych, w celu hamowania wyrzutu (ograniczenia jego skutków).

5. WNIOSKI KOŃCOWE

W artykule przeanalizowano wszystkie aktualnie stosowane sposoby zwalczania zagrożeń wyrzutowych w kopalniach węgla kamiennego ZSRR. Porównując poszczególne sposoby zwalczania wyrzutów w radzieckich kopalniach i kopalniach DZPW można wysunąć następujące wnioski:

1. Tak w górnictwie radzieckim jak i dolnośląskim podstawowym sposobem zwalczania zagrożenia wyrzutowego jest odprężanie pokładów chronionych pokładami chroniącymi.
2. Drugim powszechnie stosowanym sposobem zwalczania wyrzutów w kopalniach radzieckich jest wtłaczanie wody w pokład. Sposób ten należy w szerszym, aniżeli dotychczas stopniu stosować w dolnośląskich kopalniach zagrożonych wyrzutami węgla i gazu.
3. W przypadku stosowania metod wtłaczania wody należy przeanalizować możliwość zastosowania metody mikrokapilarnego nawilżania pokładów.
4. Stosowaną powszechnie w radzieckich kopalniach metodę depresyjnego odgazowania pokładów węgla należy w szerszym niż obecnie zakresie zastosować w kopalniach dolnośląskich.
5. W górnictwie obu krajów stosuje się jako środek profilaktyki przeciwwyrzutowej zwiercanie pokładu węgla w kopalniach radzieckich otworami

wielkośrednicowymi ($\varnothing 80 - 250$ mm), natomiast w górnictwie dolnośląskim otworami małosrednicowymi ($\varnothing 42$ mm) z ewentualnym rozwiercaniem otworu do $\varnothing 115$ m.

6. Należy przeanalizować możliwość opracowania dla kopalń dolnośląskich metody szczelin odprężających pokłady węgla zagrożone wyrzutami.

LITERATURA

- [1] ARTAMONOW W.N. i inni: Osobiennosti mikrokapilarnowo uwlażnienija w szachtach. Izdatielstwo "Niedra", Moskwa 1978.
- [2] CHODOT W.W.: Wniezapnyje wybrosy uгля i gaza. Wyd. GN-TIL Moskwa 1961.
- [3] CHORUNŻYJ J.T., KUPIN N.W.: Wskrytije ugodnych płastow podwrierżiennych wniezapnym wybrosam uгля i gaza w Cienralnom Rajonie Donbassa. Ugol Ukrainy, Nr 2, 1969.
- [4] CZERNOW O.I., ROZANCEW J.S.: Podgotowka szachtnych poliej z gazowobroscopasnymi płastami. Izd. "Niedra", Moskwa 1975.
- [5] Instrukcija po bezopasnomu wiedieniju gornych rabot na płastach skłonnnych k wniezapnym wybrosam uгля, porody i gaza. Izd. "Niedra", Moskwa 1977.
- [6] KOZŁOWSKI B.: Wyrzuty gazów i skał w górnictwie węglowym ZSRR. Bezpieczeństwo w górnictwie, Nr 2, 1977.
- [7] MIEDWIEDIEW B.I.: Nagnitanije wody w ugodnyje płasty. Izd. "Niedra", Moskwa 1968.
- [8] NIKOLIN W.I.: Razrabotka wybrosopasnych płastew na gubokich szachtach Donbassa. Izd. "Niedra", Donieck 1976.
- [9] OSTROWSKI S.M., PIETRENKO J.W.: Borba s wniezapnymi wybrosami uгля i gaza w szachtach. Izd. "Niedra", Moskwa 1968.
- [10] Rukowodstwo po diegazacji ugodnych szacht. Izd. "Niedra", Moskwa 1975.
- [11] ŚWIDZIŃSKI A.: Występowanie zjawisk wyrzutów węgla, gazów i skał w górnictwie węglowym ZSRR. Referat na Seminarium w IMG, PAN. Kraków, 1.XII.1977 r. (niepublikowane).

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ВЫБРОСАМИ УГЛЕЙ И ГАЗОВ В ШАХТАХ СССР

Резюме

В статье приводятся методы борьбы с внезапными выбросами углей и газов применяемые в опасных в выбросы угольных шахтах СССР. Очень часто применяемым способом борьбы с опасностями выбросами является разгрузка подзащитных пластов защитным пластом, очень широко применяется тоже нагнетание воды в горной массив, дегазацию угольных пластов, а также разбуривание пласта отверстиями большого диаметра и камуфлетовое взрывание. Рассматривается в общих чертах метод микрокапиллярного увлажнения угольных пластов опасные в выбросы, который разработали научные работники Кафедры вентиляции шахт Донецкого политехнического института.

THE METHODS TO PREVENT COAL AND GAS OUTBURSTS AT COALLIERIES IN THE USSR

S u m m a r y:

The paper deals with the methods of preventing sudden outbursts of coal and gas which are applied in the USSR's particularly risky coalieries. The most frequent method applied is stress relieving the protective seams with a protecting one. Quite often pumping water into coal seam, methane drainage, drilling big diameter holes and camuflet blasting are used. The method of microcapillar melting of coal seams that are potentially risk has been outlined. The method was developed at The Chair of Coal Ventilation in The Donetsk Polytecnic, USSR.