

Bolesław KOZŁOWSKI

PRÓBA OBJAŚNIENIA MECHANIZMU WYRZUTÓW GAZÓW I WĘGLA

Streszczenie. W pracy przedstawiono nowy pogląd na mechanizm wyrzutu gazowo-skalnego. Zagrożenie wyrzutowe porównano do stanu występującego w zamkniętym zbiorniku wypełnionym sypkim materiałem (silosu). Parcie materiału na ściankę zbiornika może spowodować jej zniszczenie i przedarcie się materiału z silosu na zewnątrz. Ściankę porównano do strefy odprężonej, oddzielającej w górotworze strefę potencjalnie niosącą wyrzut do wyrobiska górniczego. Przeanalizowano skuteczność stosowanych metod prognozy wyrzutowości oraz aktywnych metod zwalczania zagrożeń wyrzutowych - z punktu widzenia przedstawionego mechanizmu.

1. Wprowadzenie

Zagrożenie wyrzutami gazów i skał - w tym węgla i gazu (CO_2 lub CH_4 lub mieszaniny tych gazów) jak również skały płonej i gazu (CO_2), występujące w dolnośląskich kopalniach węgla kamiennego, stanowi podobnie jak w innych górnictwach światowych - poważny problem technologiczny i naukowy. Samo zjawisko wyrzutu gazów i skał jest wystarczająco ważne i skomplikowane, aby usiłowano je wielokrotnie i w różny sposób zinterpretować i wyjaśnić. Różnicę zdań utrzymują się także obecnie. Znajomość mechanizmu wyrzutu ma istotne znaczenie zarówno dla doboru metod prognozy tego zagrożenia jak i dla aktywnego jej obniżania.

Autor przyjmuje następujący tok postępowania:

- 1) ustalenie - w oparciu o dotychczasową praktykę walki z wyrzutami - niedyskusyjnych prawidłowości w przebiegu wyrzutów mogących stanowić platformę pod ukształtowanie teoretycznego modelu zjawiska, w pełni uwzględniającego powyższe prawidłowości,
- 2) podjęcie próby przedstawienia nowej hipotezy i jej teoretycznego rozwinięcia,
- 3) przeanalizowanie metod i środków aktywnego zwalczania i prognozy, dla dokonania ich wstępnej selekcji z uwzględnieniem wyprowadzonego teoretycznego modelu zjawiska,
- 4) wysunięcie propozycji odnośnie do ukształtowania prac nad nowymi metodami i środkami aktywnego zwalczania oraz prognozy wyrzutów gazów i skał.

W pracy omówiony zostanie mechanizm wyrzutów gazów i węgla z pominięciem wyrzutów skały płonej.

2. Prawidłowości występujące przy wyrzutach gazów i węgla

Stwierdza się występowanie następujących prawidłowości w zjawisku wyrzutów węgla i gazów:

1. Wyrzuty gazów i skał mają miejsce wyłącznie w złożu silnie nasyconym gazem.
2. Szczególnie niebezpiecznymi strefami podwyższonego zagrożenia wyrzutowego są partie zaburzone, przyuskokowe, zcienienia i wykliniwania pokładu.
3. Objawami wejścia w strefę podwyższonego zagrożenia wyrzutowego są: zwiększenie szczelinowatości pokładu, obniżenie twardości węgla, nasilenie takich zjawisk jak: silne wyfukiwanie miazgi węglowej i gazu przy wierceniu otworów, zakleszczenie wiertła, zjawiska akustyczne występujące w górotworze z nasilającą się częstotliwością i intensywnością, zwiększenie ciśnienia gazu w otworze badawczym, wielkości wypływu i desorpcji.
4. Istnieje zależność między zagrożeniem wyrzutowym a głębokością prowadzenia robót górniczych.
5. Notuje się zjawisko regularnego powtarzania się wyrzutów w niektórych wyrobiskach, przede wszystkim chodnikowych. Oprócz nich ("wyrzuty skupione") występują także wyrzuty nieregularne ("rozproszone").
6. Masy wyrzutowe charakteryzują się dużym stopniem rozdrobnienia węgla, przy czym zaznacza się wyraźną różnicę między znacznie większymi frakcjami węgla wypchniętych z ociosu a drobnym miazgą pochodzącą z głębszych partii kawern.
7. W górnictwie ZSRR szczególną rolę przywiązuje się do korelacji pomiędzy zagrożeniem wyrzutowym i stopniem uwęglenia pokładu - a ściślej - % części lotnych (v^b), którym charakteryzuje się pokład. Badania przeprowadzone w Polsce nie zaprzeczają wynikom radzieckim.
8. Powszechnie stosowane metody prognozy zagrożenia, oparte na pomiarach ciśnienia gazu i wielkości desorpcji (a więc tylko parametru gazowego), są w niepokojącym stopniu zawodne. Obserwuje się zjawisko poprawy wyników uzyskiwanych tymi metodami przy przesunięciu pomiarów w głębsze partie pokładu.
9. Najskuteczniejszą, wielokrotnie sprawdzoną metodą obniżenia zagrożenia wyrzutowego jest odprężanie pokładu przez podbieranie lub nadbieranie go sąsiednim pokładem. Oczywiście jako pierwszy powinien być wybierany w wiążce pokładów pokład o najmniejszych predyspozycjach wyrzutowych.

10. Zmniejszenie prędkości postępu wyrobisk umożliwia w określonych warunkach uniknięcie wyrzutu gazów i skał. Niskie postępy stanowią więc ekonomicznie niewątpliwie kłopotliwy, ale zadawalająco skuteczny sposób obniżania zagrożenia wyrzutowego.
11. Zmniejszenie częstotliwości wyrzutów uzyskuje się w rezultacie stosowania strzelania odprężającego (kamufletowego) długimi otworami oraz stosowania "rozwiercania" górotworu siecią otworów małośrednicowych (\varnothing 42 mm).
12. W górnictwie ZSRR jako podstawową metodę zwalczania zagrożenia wyrzutowego (w warunkach złóż nasyconych metanem) stosuje się odmetanowanie złoża, w tym także odmetanowanie wyprzedzające samego pokładu eksploatowanego.
13. Stosowane w górnictwie metody ograniczenia zasięgu wyrzutów i ich rozmiaru, przy pomocy odpowiednio wytrzymałych zapór ustawianych w wyrobiskach w bezpośredniej bliskości chronionego przodku, powodują (tzw. "wyrzuty tłumione") wyraźne zmniejszenie wielkości wyrzutu przy zwiększeniu ich częstotliwości.
14. Tzw. "wyrzuty prowokowane" (kontrolowane) można z pewną regularnością wywoływać w rezultacie strzelania prowokującego zwiększonymi ładunkami MW.
15. Przy wyrzutach CO_2 i węgla ilość gazów wydzielonych w przeliczeniu na masę wyrzutową jest kilkakrotnie większa niż zawartość gazów w tonie węgla znajdującego się w złożu (gazonośność złożowa).
16. Nasylenie węgla gazem pociąga za sobą zmniejszenie jego wytrzymałości (a więc i zwiększenie predyspozycji wyrzutowych), odciągnięcie gazu - zwiększenie.
17. Czasokres trwania wyrzutu jest bardzo zróżnicowany.

W dalszej części artykułu, powołując się na wyżej podane prawidłowości występujące w zjawisku wyrzutów gazu i węgla, podawać się będzie - dla oszczędności miejsca - tylko numer kolejny "prawidłowości".

3. Mechanizm wyrzutu węgla i gazu

3.1. Złoże węglowe zagrożone wyrzutami posiada pewne specjalne predyspozycje naturalne (1,2,3,4,5,7,15), na które nie mamy żadnego wpływu. Predyspozycje te w warunkach kopalń dolnośląskich zostały wytworzone w rezultacie trzeciorzędowej fazy działalności wulkanicznej w Sudetach. W głębi skorupy ziemskiej powstały strefy akumulacji dwutlenku węgla, z których - poprzez układ strukturalny tektoniki rejonu, obejmujący system stref zaburzonych, rowów tektonicznych, uskoków (2) - gaz przedostawał się do pokładów węgla, nasycając je.

Było to więc okres swoistej "sorpcji tektonicznej", przypominającej nasy-

canie próbek węgla w laboratorium, gdzie rolę pompy nasycającej sorbent, przyjmował na siebie głębinowy zbiornik CO₂, zaś przewodami doprowadzającymi gaz były strefy uskoków i pakietów skał o podwyższonej przepuszczalności. Proces przebiegał więc nierównomiernie, strefowo (5). Natomiast horyzontalne ruchy tektoniczne deformowały pierwotny charakter złoża węglowego. Jako ich naturalna konsekwencja wystąpił proces molotyvizacji węgla, obniżania związłości pokładów na dużych obszarach i prześrzennego ukształtowania złoża wyrzutowego. Z rozważań tych wynika, że złożo wyrzutowe jest naturalną konsekwencją procesów akumulowania w nim dużych ilości gazu, wpływów tektonicznych, zakłóceń w zaleganiu i warunków fizykochemicznych węgla pokładów, warunków ciśnieniowych górotworu itp. Predyspozycja wyrzutowa "zakodowana" jest więc w górotworze; droga do określenia wielkości zagrożenia prowadzi poprzez działalność górniczą. Przy czym prognoza obszaru powinna uwzględniać przy wstępnej ocenie stopnia zagrożenia wyrzutowego takie parametry, jak: warunki tektoniczne (2), tendencje gazonośności (1,2,15), zaprojektowaną głębokość eksploatacji (4), warunki petrograficzne węgla (3), charakter występującego zagrożenia (5).

3.2. Podjęcie działalności górniczej w złożu wyrzutowym powoduje istotne zmiany w stanie równowagi wytworzonej w górotworze.

Naturalna tendencja górotworu do likwidowania wszelkich pustek w przypadku złoża wyrzutowego przekształca się w wystąpienie zjawiska parcia masy wyrzutowej niesionej gazem na ścianę górniczego wyrobiska. Wyrzut zaczyna się w chwili, gdy odprężona i odgazowana strefa przyociosowa, która sama stanowi obszar pozbawiony już predyspozycji wyrzutowej, jest zbyt wąska i słaba na powstrzymanie przemieszczania gazu i masy wyrzutowej. Strefa ta, tworząca "barierę przeciwwyrzutową", zostaje zmiążdżona i wypchnięta do wyrobiska, w rezultacie przemiany zakumulowanej w ognisku wyrzutu energii potencjalnej w energię kinetyczną, niosącą wyrzut i przemieszczającą masę ogniska wyrzutu wraz z węglem (6) strefy przyociosowej - w przestrzennie ukształtowany tor wyrzutu. Wydaje się przy tym logiczne przyjąć założenie, że czynnikami powodującymi zastąpienie struktury porowatego szkieletu nasyconego silnie gazem przez sypki miąż ogiska wyrzutu jest nacisk górotworu (4), ciśnienie pochodzenia tektonicznego (2), oraz specyficzne warunki petrograficzne (3,7). Natomiast czynnikiem powodującym transfer masy wyrzutowej jest ciśnienie gazu (1).

Procesowi przemiany węgla strefy ogniska wyrzutu w miąż towarzyszy wydzielenie części metanu sorbowanego w metan wolny - zwiększa się tym samym potencjał nośny wyrzutu.

Należy podkreślić, że w procesie wyrzutu obok gazu zawartego w obszarze ogniska wyrzutowego bierze udział także gaz z partii sąsiednich pokładów (15). Powoduje to odgazowanie węgla w ścianach kawerny a tym samym - zwiększenie jego twardości i wytrzymałości (16).

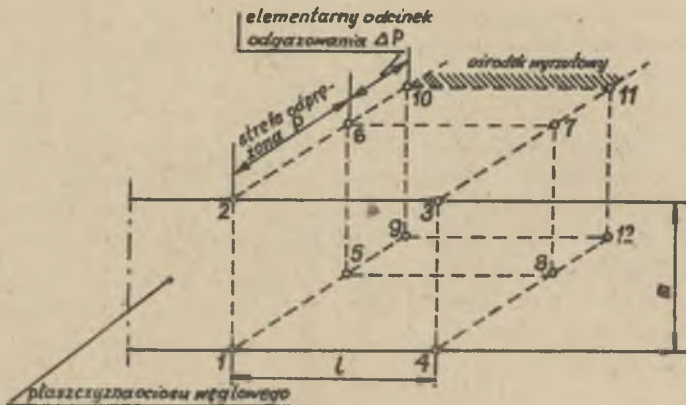
Zjawisko wyrzutu można zilustrować następującym uproszczonym przykładem:

Dany jest przestrzenny ośrodek wyrzutowy (rys. 1). Pojemność tego ośrodka, rozumiana także jako potencjał wyrzutowy, zmniejsza się w czasie (10) na skutek wolno przebiegającego drenażu. Równocześnie cały ośrodek poddany jest nieregularnemu oddziaływaniu otaczającego go górotworu (4), okresowo aktywizującemu lub flegmatyzującemu potencjał wyrzutowy. Strefę ośrodka wyrzutu, zaczynającą się płaszczyzną 5-6-7-8 i ciągnącą się w głąb górotworu, oddziela od płaszczyzny ociosu węglowego 1-2-3-4 - strefa odprężona (graniastoszup 1-2-3-4-5-6). Trzeba przy tym z naciskiem podkreślić, że w rzeczywistości nie można mówić o regularnej geometrycznej strefie ośrodka wyrzutu. Świadczy o tym kształt kawern powyrzutowych (rys. 2). Odgazowanie ośrodka wyrzutu w jednostce czasu t zmniejsza jego potencjał - równocześnie powodując przesunięcie strefy odprężonej w głąb górotworu o elementarny odcinek odgazowania Δp . Zastępując oznaczenie potencjału ośrodka wyrzutowego przez jego pojemność V można określić następująco wpływ odgazowania na zmniejszenie się potencjału ośrodka wyrzutowego i jego ukształtowanie się (V_k) po czasie t_1

$$V_k = V - \int_0^{t_1} \ln \Delta p \, dt \quad (1)$$

przy równoczesnym zwiększaniu się zasięgu strefy odprężonej w czasie t_1

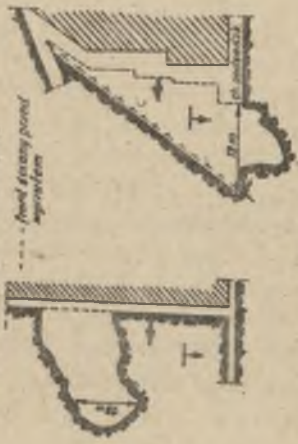
$$SO_k = SO + \Delta p t_1 \quad (2)$$



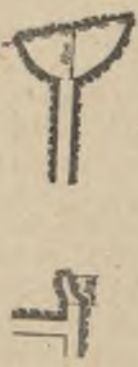
Rys. 1. Wpływ odgazowania na kształtowanie się strefy odprężonej i ośrodka wyrzutu

ГОРНИЧЬО КАРНІ НАС ПІЛ

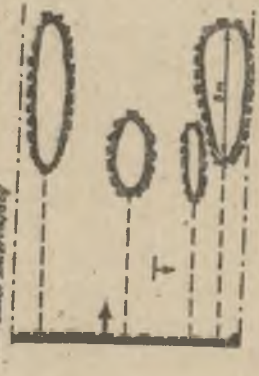
a) виробства сімента, виграшу CO₂



b) виробства цукринкового, виграшу CO₂



настро. димарого в діаметрі в напрямку змінюваності
----- одягу, нагріваючий

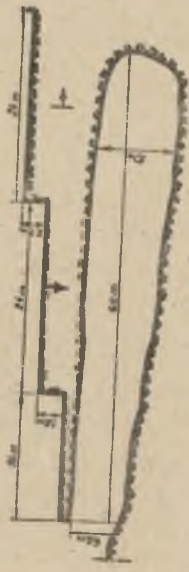


c) уловтепленіє повітряна зривітким, виграш CO₂

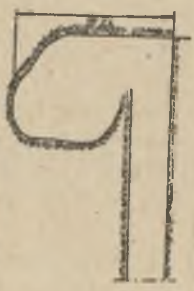


ГОРНИЧЬО ЗСРР

a) виробства сімента, виграш вугля і CO₂



b) горнічво солне (наварна сірчанова)



ГОРНИЧЬО КАРНІ

виробства цукринкового, виграш CO₂
наварна сірчанова



Рис. 2. Приклады каверн повырзутowych

gdzie:

V_k - potencjał strefy wyrzutowej po czasie t_1 ,

l - szerokość strefy wyrzutowej,

m - grubość warstwy wyrzutowej (przyjmować w przybliżeniu grubość pokładu),

Δp - elementarny odcinek odgazowania strefy wyrzutowej w jednostce czasu t ,

SO_k - szerokość strefy odprężonej po czasie t_1 .

Zwiększenie buforowej strefy odprężonej z SO do SO_k powoduje równoczesne zwiększenie twardości i wytrzymałości węgla (pozbawionego gazu) w odcinku Δp . Odległość ośrodka wyrzutu od obnażonej calizny będzie się regularnie, aczkolwiek nieznacznie zwiększała. Zjawisko odsuwania się ośrodka wyrzutu od zatrzymanego przodka zmniejsza występującą możliwość wyrzutu. Jest to całkowicie zgodne z obserwacjami dołowymi (10). Natomiast prowadzenie przodka oznacza przybliżenie do ośrodka wyrzutu a tym samym wzrost zagrożenia. Optymalnym rozwiązaniem jest takie założenie postępu p w czasie t_1 , aby odpowiadał on dokładnie prędkości odgazowania strefy wyrzutowej. Przy czym:

- przy $p < pt_1$ (3)
nie zachodzi możliwość wyrzutu,

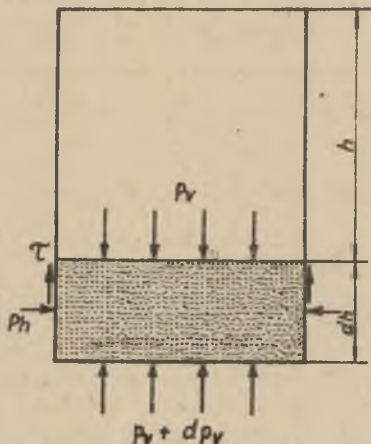
- przy $p > pt_1$ (4)
należy liczyć się z możliwością wyrzutu.

Ośrodek wyrzutu można przedstawić jako podziemny zbiornik (silos) węgla, silnie nasyconego gazem, oddzielonego od wyrobiska górniczego strefą odprężoną, pozbawioną predyspozycji wyrzutowych (ścianki silosu).

Wielkość parcia wywieranego na strefę buforową obliczyć można przy przyjęciu modelu silosu. Ziarno (miak węglowy w rozpatrywanym przypadku) wypełniając silos wywiera parcie pionowe na dno zbiornika, czyli spąg (p_v) oraz parcie poziome (p_h) na ścianki, czyli przyociosową strefę oddzielającą ośrodek wyrzutu od wyrobiska. Parcie wywierane na ścianki (p_h) powoduje powstawanie na nich siły tarcia, zmniejszając parcie na dno. Warunek równowagi warstwy miadu węglowego na głębokości h , ograniczonej dwoma równoległymi płaszczyznami (rys. 3) odległymi od siebie o dh zapisać można następująco:

$$\Sigma Y = 0 \quad (5)$$

$$F(p_v + dp_v) = Fp_v + \tau Fdh - \tau Vdh \quad (6)$$



Rys. 3. Rozkład sił parcia

czyli

$$F dp_v + \tau V dh = \gamma F dh \quad (7)$$

Po obustronnym podzieleniu przez $\frac{1}{F dh}$ otrzymujemy:

$$\frac{dp_v}{dh} + \frac{\tau V}{F} = \gamma, \quad (8)$$

gdzie:

- F - powierzchnia przekroju warstwy,
- U - obwód przekroju warstwy,
- γ - ciężar właściwy węgla w warstwie,
- τ - siła tarcia na otwodzie.

Siła tarcia:

$$\tau = P_h \cdot u_1 \quad (9)$$

gdzie:

- u_1 - współczynnik tarcia między ścianką a sypkim węglem w warstwie dh,
- P_h - parcie poziome = $K \cdot P_v$,

gdzie:

K - stosunek między parciem pionowym a poziomym.

W różnych metodach obliczania parcia na ścianki silosów współczynnik ten jest odmiennie traktowany. Np. w metodzie Jansena zakłada się stały stosunek między parciem pionowym a poziomym, opierając się na badaniach modelowych (drewniane silosy) przyjmuje $K = 0,6 - 0,7$. Według Pleissnera (pszenica w komorach żelbetowych) $K = 0,3 - 0,35$. Koenen uzależnił stosunek $K = \frac{p_h}{p_v}$ od tarcia wewnętrznego materiału sypkiego w silosie - analogicznie jak w teorii parcia ziemi Coulomba.

Przyjmował, że:

$$K = (1 - \sin\varphi) (1 + \sin\varphi) \quad (10)$$

Według Gaguota stosunek parcia poziomego do pionowego określony jest współczynnikiem:

$$K = \frac{6 \operatorname{tg}^2\varphi \cos^4\varphi}{(1-3\eta) (1+\eta)^3 - (1-3\sin\varphi) (1+\sin\varphi)^3} \quad (11)$$

gdzie:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\cos^2\varphi}{\cos^2\varphi}} \quad \text{zaś } \operatorname{tg}\varphi = \mu_1$$

Podstawiając równanie (9) do (8) po przekształceniach otrzymujemy:

$$dh = \frac{dp_v}{\gamma - \frac{p_h \mu_1 V}{F}} = \frac{dp_v}{\gamma - \frac{k p_v \mu_1 V}{F}} \quad (12)$$

Całkując obustronnie otrzymujemy:

$$\int dh = \int \frac{dp_v}{\gamma - \frac{k p_v \mu_1 V}{F}} \quad (13)$$

Całkę prawostronną rozwiązujemy po elementarnym przekształceniu i postawieniu:

$$t = 1 - \frac{K \mu_1 V p_v}{\gamma F}$$

wówczas

$$dt = - \frac{K \mu_1 V}{\gamma F} dp_v$$

Całka przybiera postać:

$$- \frac{1}{\gamma} \int \frac{dt}{\frac{K \mu_1 V}{\gamma F} \cdot t} = \frac{-F}{K \mu_1 V} \log \left| 1 - \frac{K \mu_1 V}{F \gamma} p_v \right| + C$$

Z warunków brzegowych $h = 0$, $p_v = 0$ otrzymujemy dla równania (13) stałą $C = 0$

$$h = - \frac{F}{K \mu_1 V} \log \left| 1 - \frac{K \mu_1 V}{F \gamma} p_v \right| \quad (14)$$

Równanie (14) rozwiązane dla p_v daje postać:

$$\frac{-hK\mu_1 V}{F} = \log \left| 1 - \frac{K\mu_1 V}{F\gamma} p_v \right| \quad (15)$$

stąd:

$$e^{-\frac{hK\mu_1 V}{F}} = \left| 1 - \frac{K\mu_1 V}{F\gamma} p_v \right| \quad (16)$$

Po elementarnych przekształceniach otrzymujemy wzór na parcie pionowe:

$$p_v = \frac{F\gamma}{K\mu_1 V} \left(1 - e^{-\frac{hK\mu_1 V}{F\gamma}} \right) \quad (17)$$

oraz wzór na parcie poziome:

$$p_h = \frac{F\gamma}{K\mu_1 V} \left(1 - e^{-\frac{hK\mu_1 V}{F\gamma}} \right) \quad (18)$$

Na strefę odprężoną, oddzielającą wyrobisko górnicze od ośrodka wyrzutu, oddziałuje siła statyczna P, usiłująca zniszczyć przeszkodę przytrzymującą wyrzut. Siła ta stanowi sumę sił parcia poziomego (F_h), działających w zbiorze dowolnym D. Zbiór ten zawarty jest w prostokącie (rys.

1) 9-10-11-12, ograniczonym współrzędnymi:

na osi x: 0 do l

na osi y: h do h+m

Siła P stanowi więc całkę podwójną w zbiorze D i można ją oznaczyć jako:

$$P = \iint_D \frac{F_h}{k_{11} V} (1 - e^{-h k_{11} V P^{-1}}) dh dl \quad (19)$$

Przyjmując, że zbiór D ograniczony jest brzegiem o długości d.

Siła P wywołuje w strefie odprężonej stan naprężeń ścinających. Naprężenia ścinające (τ), które wystąpią w rozpatrywanej strefie, będą wynosiły:

$$\tau = \frac{\iint_D \frac{F_h}{k_{11} V} (1 - e^{-h k_{11} V P^{-1}}) dh dl}{d \cdot p} \quad (20)$$

Można przy tym przyjąć, że $\Delta p = 0$, ponieważ wyrzut może zajść bezpośrednio po obnażeniu ociosu przy braku odgazowania z Δp .

Jeżeli będą one większe od krytycznych wytrzymałości węgla na ścianie, nastąpi przesunięcie części ociosu do wyrobiska i zacznie się wyrzut. Wydaje się jednak, że w praktyce będziemy mieli do czynienia z ciałem niejednorodnym, a brzeg przebiegał będzie w płaszczyznach kontaktu: węgiel-węgiel, węgiel - skała stropowa, węgiel - skała spągowa. Będzie to miało miejsce wówczas, gdy wyrzut zachodzi na całą grubość pokładu. W takim przypadku (z uwagi na różną wytrzymałość miejsc kontaktujących wzdłuż brzegu) wyrzut rozpocznie się wzdłuż szczeliny powstającej na najsłabszym "szwie" kontaktu. Jej propagacja, występująca już w warunkach dynamicznych obciążeń, a więc przy sile P zwielokrotnionej poprzez współczynnik dynamiczny $m_1 > 1$, m oznacza nasilenie wyrzutu. Mamy więc do czynienia z procesem zachodzącym z różną szybkością (17) a nie jednoczesnym rozkładowaniem naprężeń, zbliżonym w charakterze do tąpnięcia. Łatwo przy tym zrozumieć, dlaczego do wyrzutów dochodzi najłatwiej w strefach zaburzonych o obniżonej wytrzymałości węgla (2).

Naprężenia występujące w strefie oddzielającej ośrodek wyrzutu od wyrobiska górniczego mogą mieć również charakter czystego zginania. Przy przyjęciu takiego układu można strefę traktować jako belkę zginaną o długości l (rys. 1), tj. odpowiadającej kontaktowi z ośrodkiem wyrzutowym, wysokości odpowiadającej zasięgowi strefy ($P + \Delta p$) i szerokości równej

grubości pokładu m . Charakter przechodzenia takiej "belki" w ocios nie kontaktujący już z ośrodkiem wyrzutowym wskazuje na układ odpowiadający obciążeniom statycznym występującym w belce obustronnie utwierdzonej, obciążonej siłą skupioną P_1 . W przedstawionym stanie sprawy siła zginająca, działająca w połowie strefy oddzielającej ("belki"), wyraża się wzorem:

$$P_1 = \int_0^l \int_h^{h+m} \frac{F \lambda}{K \mu_1 V_0} \left(1 - e^{-h K \mu_1 V F^{-1}} \right) dl dh \quad (21)$$

Natomiast naprężenia zginające "belki" (σ_z) wyniosą:

$$\sigma_z = \frac{M}{W} = \frac{3P_1 l}{2mp}$$

gdzie:

$$M - \text{moment zginający} = \frac{P_1 l}{8} ,$$

W - wskaźnik zginania dla przekroju prostokątnego.

$$W \text{ w rozpatrywanym przypadku } W = \frac{mp^3}{12} .$$

Przy przekroczeniu naprężeń dopuszczalnych na zginanie dla węgla, nastąpi pęknięcie ociosu w jego środkowej części (miejsce przyłożenia siły P_1) i rozpoczęcie proces dynamicznego wyrzutu, w którym siła P_1 zostanie odpowiednio zwielokrotniona przez współczynnik dynamiczny m_1 . Ten rodzaj zniszczenia struktury strefy oddzielającej będzie sprzyjał wyrzutom o bardziej szybkim, prawie natychmiastowym przebiegu. Przypuszczenie takie opieram na wymiarach (na całą grubość pokładu) powstającej szczeliny, umożliwiającą znacznie szybsze, niż przy poprzednim wariantcie - obciążeniach i powstawaniu szczeliny tylko na kontakcie najsłabiej zespolonych skał - rozkładowania energii wyrzutowej górotworu. Ponadto wdzieranie się mas wyrzutowych początkowo poprzez szczelinę a następnie poszerzaniem do obszaru D włokiem wydaje się być czymś w rodzaju w naturalny sposób hamowanego wyrzutu, a więc - słabszego o mniejszym zasięgu, mniejszym kroku wyrzutu ale większej częstotliwości (13).

4. Analiza stosowanych metod prognozowania i zwalczania zagrożeń wyrzutowych

4.1. Założony model wyrzutu dostatecznie dobrze tłumaczy istotę zjawisk zachodzących przy wyrzutach. Równocześnie pozwala na sformułowanie następujących uwag odnośnie do metod prognozy zagrożenia wyrzutowego:

Możliwa jest kontrola zagrożenia wyrzutowego w 3 ośrodkach:

- w samym wyrobisku górniczym, poprzez prowadzenie obserwacji zachowania się górotworu (skuteczności takich obserwacji nie należy lekceważyć) oraz zmian w koncentracji gazu w wolnych przekrojach,
- w górotworze w przestrzeni pomiędzy ociosem i ośrodkiem wyrzutowym, czyli w strefie odprężonej,
- w samym ośrodku wyrzutu.

Przeanalizujmy stosowane aktualnie metody oceny zagrożenia wyrzutowego w aspekcie wyżej przytoczonego podziału. Obserwacja górotworu i pomiary koncentracji gazu w wolnych przekrojach (a przede wszystkim pomiar automatyczny i ciągły) stanowi ważny i niekwestionowany element systemu kontroli. Obsypywanie się ociosu, trzaski dochodzące z górotworu, intensywne wydzielanie się gazu (3) są pochodnymi narastającego w górotworze zagrożenia i jako takie są odpowiednio uwzględnione.

Należy liczyć się z tym, że aktualnie obowiązująca prognoza (pomiar ciśnienia i desorpcji gazu w otworach 3 m długości) prowadzona jest w górotworze przed ośrodkiem wyrzutu.

Zawodność stosowanych metod prognozy (8) wskazuje na brak korelacji między "parametrami granicznymi" ciśnienia i desorpcji gazu w krótkich otworach badawczych a faktycznym wzrostem predyspozycji wyrzutowych w ośrodku wyrzutu. Należy wydłużyć otwory badawcze tak, aby sięgały do obrzeża strefy wyrzutu.

Nie należy przy tym utożsamiać każdego punktu obszaru poza strefę odprężoną z ośrodkiem wyrzutu. Ustalić występowanie ośrodka wyrzutu może jedynie prognoza opierająca się na pomiarze właściwości nieodprężonej partii pokładu węgla, ponieważ ośrodek wyrzutu może być tylko tam zlokalizowany.

Autor reprezentuje przy tym pogląd, że optymalnie charakteryzującym przyjęty model zagrożenia wyrzutowego jest pomiar intensywności wpływu gazu - jako naturalnego parametru "niosącego" wyrzut (1,15). Pomiar innych parametrów jest z natury rzeczy pomiarem pośrednim, obciążonym dodatkowymi błędami.

Np. pomiar desorpcji gazu określa predyspozycje dynamiczno-gazowe sztucznie (przez wiercenie) zmiażdżonej masy węglowej, uzyskiwane w partii zwiercin z nieokreślonej głębokości otworu, a więc, nawet przy odpowiednio długich otworach, wychodzących poza strefę odprężoną, nie można założyć, że pobrane do desorbometru zwierciny pochodzą z ośrodka wyrzutu. Przy

czym w nawiązaniu do uwag poczynionych w rozdziale 2.1. za bardziej odpowiedzialnie od "prognozy wyrzutowości" przy pomiarach mających na celu ścisłą lokalizację ośrodka wyrzutu uważać należy określenie - "kontrola bieżąca zagrożenia wyrzutowego".

Prognoza bowiem jest z natury rzeczy oceną ogólną, powinna więc uwzględniać predyspozycje naturalne złoża (1,2,3,4,5,7,15) dla wskazania stref zagrożonych, natomiast kontrola bieżąca powinna umożliwić wykrycie konkretnego ośrodka wyrzutu.

Równocześnie trudno nie zwrócić uwagi na fakt, że przy pomiarze np. intensywności wypływu gazu zmniejszanie się rejestrowanego wypływu świadczy o wejściu w strefę odprężoną (zagróżoną wyrzutem). Wynika z tego, że podstawowym zadaniem kontroli bieżącej powinno być ustalenie długości strefy odprężonej od ociosu a nie oparcie oceny sytuacji o rejestrację wartości "krytycznych" (np. ciśnienia lub desorpcji), ustalonych faktycznie w sposób umowny.

4.2. Istnieją 2 podstawowe kierunki aktywnego obniżania zagrożenia wyrzutowego:

- odsunięcie ośrodka wyrzutu od ociosu wyrobiska górniczego i zmniejszenie jego potencjału gazowego,
- zwiększenie wytrzymałości strefy oddzielającej ośrodek wyrzutu (strefy odprężonej - rys. 1) od wyrobiska górniczego.

Poza marginesowymi próbami ze wzmocnieniem wytrzymałości strefy odprężonej poprzez wprowadzenie do niej odpowiednich roztworów substancji chemicznych (np. szkła wodnego, wodorotlenku sodu i alfenolu) wszystkie inne metody stosowane w przemyśle górniczym należą do grupy pierwszej. W tabelicy 1 zestawiono metody aktywne stosowane obecnie w PW z zaznaczeniem ich oddziaływania na ognisko wyrzutu z jednej oraz na strefę odprężoną oddzielającą je od ociosów wyrobisk - z drugiej strony. Przepisy wymieniają następujące metody aktywnego obniżania zagrożeń wyrzutowych:

" ... strzelanie wstrząsowo-urabiające, strzelanie odprężające, odprężanie pokładu przez zwiercanie otworami małośrednicowymi, odgazowanie otworami drenażowymi".

Analiza skuteczności powyższych metod, oparta o przedstawiony model wyrzutowy, prowadzi do następujących wniosków:

Skuteczne będą wszystkie metody obniżające potencjał gazowy ogniska wyrzutu. Odprowadzenie części gazu musi oddziaływać flegmatyzująco na predyspozycje wyrzutowe a przy osiągnięciu pewnego poziomu odgazowania - powodować nieodwracalne pozbawienie pokładu cech wyrzutowych. Strzelanie wstrząsowo-urabiające powoduje obniżenie potencjału gazowego, niemniej istota tej metody sprowadza się do rozładowania narastającego zagrożenia poprzez wywołanie wstrząsu górotworu, mogącego w rezultacie doprowadzić

do kontrolowanego wyrzutu gazowo-węglowego.

Przy dalszym zwiększeniu ilości MW w otworach przechodzi się do strzelania prowokującego, zadaniem którego jest wyrzut kontrolowany (14).

Metoda strzelania odprężającego "kamufletowego" - odsuwa ognisko wyrzutu, odciąga z niego gaz (11), powoduje jednakże równocześnie przejściowy wzrost predyspozycji wyrzutowych.

Metoda rozwiercania pokładów (11) przy założonym, docelowym odgazowaniu ogniska wyrzutu obciążona jest koniecznością prowadzenia sieci głębokich otworów. Pociąga to za sobą podwyższone ryzyko prowokowania niekontrolowanego wyrzutu poprzez przejścia "mini-wyrzutu kontrolowanego" w duży wyrzut niekontrolowany pod obecność ludzi w przodku.

Także wprowadzenie odgazowania górotworu otworami drenażowymi, którego efekt w założeniu jest podobny (odciągnięcie gazu), powoduje przejściowy wzrost zagrożenia wyrzutowego, występujący przy wykonywaniu wierceń w górotworze. Należy przy tym podkreślić potencjalnie wyższy stopień zagrożenia przy stosowaniu wierceń drenażowych, wyprzedzających w samym pokładzie (poprzez strefę odprężoną), w stosunku do klasycznego odgazowania górotworu realizowanego systemem otworów drenażowych stropowych i spągowych. Nawadnianie pokładu pod wysokim ciśnieniem oddziałuje docelowo na ognisko wyrzutu - odgazowująco (odprowadza część gazu powstałymi w wyniku działania ciśnienia wody szczelinami). Jednakże w czasie samego wiercenia otworów nawadniających, szczególnie zaś w czasie nawadniania i bezpośrednio po nim, dynamiczne obciążenie calizny górotworu powoduje wzrost możliwości wyrzutu.

Należy przy tym zwrócić uwagę, że wszelkie operacje obniżania potencjału gazowego, realizowane poprzez przechodzenie przez strefę odprężoną otworami, zmniejszy oczywiście jej wytrzymałość. Za szczególnie skuteczną należy uznać metodę odprężania pokładów wyrzutowych przez prowadzenie eksploatacji wyprzedzającej w pokładzie chroniącym (9).

Na podkreślenie zasługuje przy tym fakt niewystępowania przy niej okresowego wzrostu zagrożenia - nieodłączenie związanego w warunkach pokładów wyrzutowych z stosowaniem każdej innej metody zwalczania zagrożenia.

5. Zakończenie

W pracy opisano mechanizm wyrzutu węgla i gazu, który zadawalająco tłumaczy prawidłowości stwierdzone przy badaniu zagrożeń wyrzutowych. Przyjęcie podanego modelu wyrzutu pociąga za sobą określone ukierunkowanie prognoz zagrożeń wyrzutowych i aktywnego zwalczania (obniżania) tych zagrożeń. Przeanalizowanie stanu sprawy na odcinku prognozowania i aktywnego zwalczania zagrożeń wyrzutowych prowadzi do następujących stwierdzeń:

1. W zakresie bieżącej kontroli zagrożeń wyrzutowych (określonej jako "prognoza zagrożenia wyrzutowego") należy orientować się przede wszystkim na pomiar wypływu gazu z głębokich otworów dla ustalenia głębokości strefy nieodprężonej od ociosu wyrobiska. Ośrodek wyrzutu usytuowany może być tylko w tej strefie.
2. W zakresie aktywnego obniżania zagrożenia wyrzutowego stosując metody zmniejszania potencjału gazowego należy zwracać baczna uwagę na pośrednie ich oddziaływanie na strefę oddzielającą ognisko wyrzutu od ociosu. Nadmierne osłabienie tej strefy może spowodować wyrzut niekontrolowany pod nieobecność ludzi w wyrobisku górniczym. Za najbardziej efektywną i bezpieczną metodę zmniejszania zagrożenia wyrzutowego uważać należy wybieranie wyprzedzające pokładów chronionych oraz odgazowanie złoża, prowadzone metodą klasyczną otworów drenażowych.

LITERATURA

- [1] Zarządzenie Nr 12 Ministra Górnictwa z dnia 1.VII.1977 r., znak DGV-2/4178/77 w sprawie szczegółowych przepisów bezpiecznego prowadzenia ruchu w zakładach górniczych Dolnośląskiego ZPW. eksploatujących pokłady zagrożone wyrzutami gazów i skał.

ПОЛНТИИ ВЫЯСНЕНИЯ МЕХАНИЗМА ВЫБРОСА ГАЗА И УГЛЯ

Резюме:

В статье представлена новая точка зрения на механизм выбросов газа и породы. Опасность выброса сравнивается с состоянием, наступающим в закрытом сборнике наполненном сыпучим материалом /сислосом/. Давление материала на стенки сборника может разрушить оболочку и вызвать проникновение материала наружу. Стенку сравнивается с разупрочняющей зоной, отделяющей в горном массиве горную выработку от зоны потенциально подверженной выбросу. Проведен анализ надежности применяемых методов прогноза выброса, а также активных методов борьбы с опасностью выброса - с точки зрения вышеуказанного механизма.

AN ATTEMPT OF EXPLAINING THE MECHANISM OF GASEOUS
AND COAL SQUEALERS

S u m m a r y

A new view has been presented on gaseous and coal squealers. It has been compared to the state in a closed vessel filled with loose material. Pressures on the vessel walls may cause their damage and a resulting material breakthrough may ensue. The wall has been compared to a relieved area in the orogen dividing the area potentially endangered by squealers. Prognosticating efficiencies along with active prevention techniques have been analysed.

Niektóre aktywne metody obniżania zagrożenia wyrzutowego i ich oddziaływanie na ośrodek wyrzutu i strefę odprężoną oddzielającą go od ośrodku wyrobiska

L.p.	Nazwa metody	Oddziaływanie na:		Uwagi
		Ośrodek wyrzutu	Strefę odprężoną	
1.	Strzelanie wtrząsowo-urabiające	Częściowe odgazowanie, oddziaływanie natychmiastowe	Oslabienie przez wykonanie w niej otworów strzałowych i ich odpalenie	Prawdopodobieństwo kontrolowanego wyrzutu pod nieobecność załogi MNW
2.	Strzelanie odprężające (kamufletowe)	Odgazowanie i odprężenie, przesunięcie ośrodka w głąb. Oddziaływanie natychmiastowe	Oslabienie przez wykonywanie w niej długich otworów strzałowych	Możliwość kontrolowanego wyrzutu pod nieobecność załogi MNW
3.	Rozwiercanie pokładu	Odgazowanie i odprężenie, przesunięcie ośrodka w głąb	Oslabienie przez wykonywanie w niej długich otworów rozwiercających	MNW
4.	Odgazowanie otworami drenazowymi	j.w.	Oslabienie przez wykonywanie w niej długich otworów odgazowujących	MNW
	a) wyprzedzające			
	b) stropowymi i spągowymi	Odgazowanie i odprężenie pokładów chronionych silniejszą zagrożonych wyrzutami, osłabienie ich ośrodków wyrzutu	b.w.	MNWS oraz MNW przy dowiercaniu aż do pokładów. Konieczność stosowania płowic przeciwwyrzutowych
5.	Nawadnienie pokładu pod wysokim ciśnieniem wody	Odgazowanie i odsunięcie ośrodka wyrzutu	Oslabienie przez wykonywanie długich otworów nawadniających	MNW, MNWW
6.	Eksploatacja wyprzedzająca	Równomierne odgazowanie i odprężenie pokładów najbardziej zagrożonych wyrzutami	Oslabienie przez wykonywanie długich otworów nawadniających	-

Legenda: MNW - możliwość niekontrolowanego wyrzutu w czasie prowadzenia wiercenia
 MNWS - możliwość niekontrolowanych wyrzutów skalnych z otworów stropowych lub spągowych
 MNWW - możliwość niekontrolowanego wyrzutu w czasie nawadniania
 b.w. - bez wpływu