

Tadeusz Krzoska

GLÓWNE TENDENCJE W ROZMIESZCZENIU POTENCJALNEGO ZAGROŻENIA  
WYRZUTAMI CO<sub>2</sub>, WĘGLA I SKAŁ  
ORAZ PODSTAWOWE WARUNKI JEGO KSZTAŁTOWANIA SIĘ  
W ZAGŁĘBIU WAŁBRZYSKIM

Streszczenie. W niniejszym opracowaniu scharakteryzowane zostały czynniki naturalne, a przede wszystkim geologiczne, które wywarły wpływ na ukształtowanie się potencjalnego zagrożenia wyrzutami CO<sub>2</sub>, węgla i skał w Zagłębiu Wałbrzyskim. Za najważniejsze w tym względzie uznano niektóre deformacje tektoniczne, tak tensyjne, jak i kompresyjne, które stworzyły możliwości i warunki oraz wyznaczyły kierunki, wielkość i zasięg zasilania górotworu w CO<sub>2</sub>, określiły warunki jego występowania i koncentracji w górotworze, a ponadto determinują zachowanie się górotworu, a szczególnie pokładów węgla i występującego w nich gazu, w warunkach prowadzonej działalności górniczej. Na podstawie rozpoznania roli różnych czynników naturalnych, w kształtowaniu potencjalnego zagrożenia wyrzutowego, zdefiniowano podstawowe warunki określające to zagrożenie i wyznaczono - wynikające z nich - główne tendencje w zakresie jego rozmieszczenia i rozprzestrzenienia w obrębie opisywanego Zagłębia. Powyższe ustalenia są istotne dla określenia warunków racjonalnej i zarazem bezpiecznej eksploatacji węgla w tym zagłębiu.

Wstęp

Bardzo nierównomierne rozmieszczenie dotychczasowych wyrzutów gazu, węgla i skał oraz duże przestrzenne zróżnicowanie siły i częstotliwości ich występowania w Zagłębiu Wałbrzyskim (rys. 1, 2, tabl. 1) wskazują, iż niebezpieczeństwo tworzenia się wyrzutów w poszczególnych jego obszarach kształtuje się bardzo różnie i nie obejmuje całego Zagłębia.

Zadaniem niniejszego opracowania jest wskazanie przyczyn tego stanu i wyznaczenie na tej podstawie głównych tendencji w rozmieszczeniu potencjalnego zagrożenia wyrzutami oraz określenie podstawowych warunków jego kształtowania się w opisywanym zagłębiu, a w konsekwencji ustalenie szeregu istotnych elementów prognozowania tego zagrożenia, co ma niewątpliwie duże znaczenie dla praktyki górniczej w tym zagłębiu.

Na podstawie aktualnego stanu wiedzy o zjawiskach wyrzutów gazu, węgla i skał można stwierdzić, iż na ich powstanie i przebieg wpływ ma duża liczba różnych czynników naturalnych i górniczych, które odgrywają niejednakową rolę w procesie wyrzutu [3-6, 14, 15, 23, 24]. Najważniejszym jednak czynnikiem jest gaz [4, 14, 15, 24], przy czym stopień zagrożenia wyrzutami jest funkcją ilości zasorbowanego gazu [22].

W Zagłębiu Wałbrzyskim, jak ogólnie wiadomo, niebezpieczeństwo tworzenia się wyrzutów przy prowadzeniu robót górniczych genetycznie związane jest przede wszystkim z występowaniem  $\text{CO}_2$  w utworach karbonu produktywnego, zwłaszcza w pokładach węgla. Niebezpieczeństwo to określone jest przez całokształt - zdeterminowanych przez czynniki naturalne - stosunków i warunków rozmieszczenia, występowania i koncentracji  $\text{CO}_2$  w górotworze nie-naruszonym robotami górniczymi. One składają się na potencjalne zagrożenie wyrzutami  $\text{CO}_2$ , oznaczające taki pierwotnie, naturalnie ukształtowany stan stosunków i warunków w górotworze, że - w następstwie oddziaływania na górotwór określonych czynników wtórnych, związanych z prowadzoną w nim działalnością górniczą - może dochodzić do wyrzutów. Stan ten nazwany został przez autora umownie pierwotnym zagrożeniem wyrzutowym [12].

Mając powyższe na uwadze, w niniejszym opracowaniu zagadnienie zagrożeń wyrzutami rozpatruje się w aspekcie rozmieszczenia i rozprzestrzenienia oraz warunków występowania i koncentracji  $\text{CO}_2$  w obrębie Zagłębia Wałbrzyskiego, określonych tu w oparciu o szczegółowe rozpoznanie stosunków i warunków rozmieszczenia i występowania wyrzutów i innych przejawów gazu oraz odpowiednio statystycznie opracowane dane - z ponad 6000 analiz - dotyczące procentowego udziału  $\text{CO}_2$  w próbach gazów z przedwiertów w pokładach węgla.

W tym zakresie wykorzystane zostały dane i materiały z kopalń i innych źródeł [8, 13] oraz z badań i obserwacji autora [9, 10] i innych badaczy poruszonych tu zagadnień [1, 2, 4, 7, 16, 18, 20].

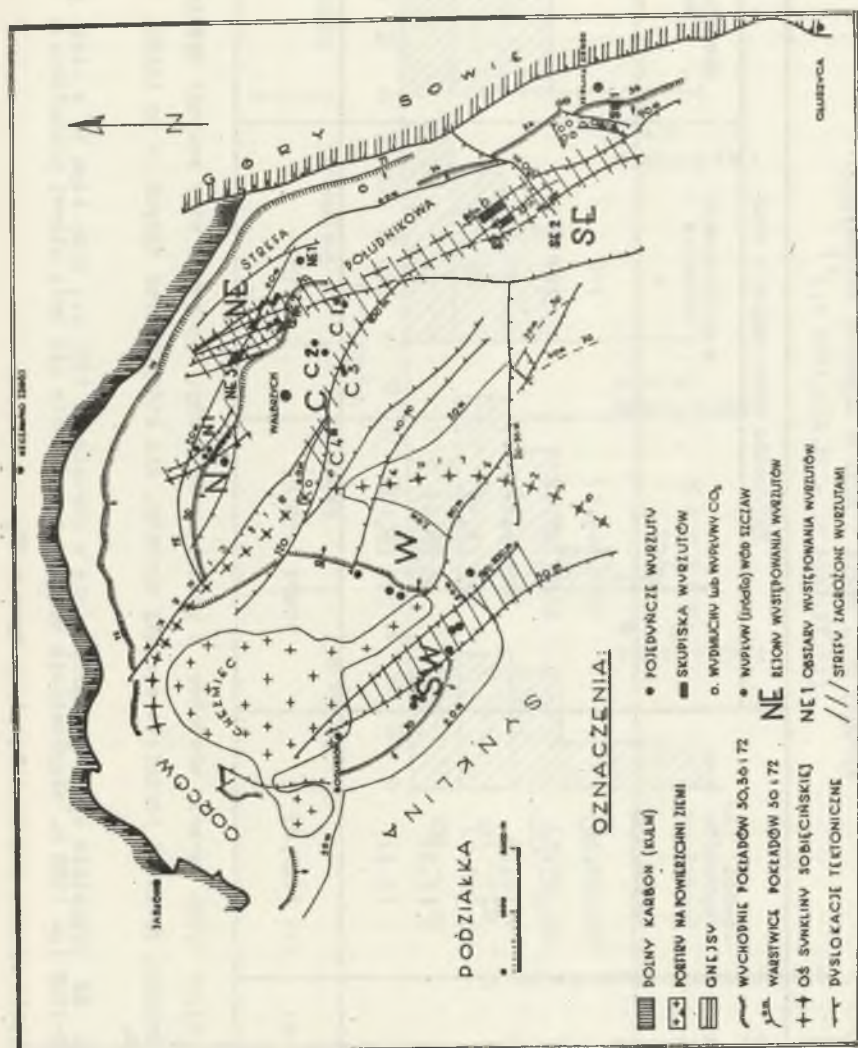
#### Rozmieszczenie i charakterystyka ilościowa wyrzutów (tabl. 1, rys. 1, 2)

W zachodniej części Zagłębia Wałbrzyskiego, obejmującej zachodnie skrzydło synkliny sobięcińskiej i synklinę Gorców, zanotowano dotychczas jedynie 10 pojedynczych wyrzutów, w rejonach W i SW (tabl. 1, rys. 1). W rejonie W jeden z nich był wyrzutem  $\text{CH}_4$  [8], a odnośnie pozostałych wyrzutów w tym rejonie nie ma pewności, iż były wyrzutami  $\text{CO}_2$  [2, 9]. Przypuszczalnie były to także wyrzuty  $\text{CH}_4$  lub mieszaniny  $\text{CH}_4$  i  $\text{CO}_2$ , z przewagą tego pierwszego.

Wszystkie pozostałe wyrzuty (tabl. 1) i inne przejawy  $\text{CO}_2$  stwierdzone zostały we wschodniej części Zagłębia, w obrębie północno-wschodniego skrzydła synkliny sobięcińskiej (rys. 1), gdzie tworzyły przeważnie mniejsze lub większe skupiska, rzadziej zaś pojedyncze, odosobnione wystąpienia. Koncentrowały się one zwłaszcza w zewnętrznej, brzeżnej strefie wymienio-nego skrzydła, obejmującej rejony N, NE i SE oraz wschodnią część rejonu C, tj. obszar C 1. W strefie tej zanotowano łącznie 147 (84,5%)<sup>1)</sup> wyrzutów i 9912 t (94,6%)<sup>2)</sup> wyrzuconej w nich masy węgla i skał, czyli średnio 76 t w jednym wyrzucie.

<sup>1)</sup> 174 wyrzuty = 100,0% (tabl. 1).

<sup>2)</sup> 10487 t = 100,0% (tabl. 1).



Rys. 1. Schematyczny plan strukturalny Zagłębia Wałbrzyskiego z rozmieszczeniem wyrzutów i innych przejawów CO<sub>2</sub>

Tablica 1

Wyrzuty CO<sub>2</sub>, węgla i skał w Zagłębiu Wałbrzyskim  
(19.IX.1894 r. - 31.XII.1967 r.)<sup>1)</sup>

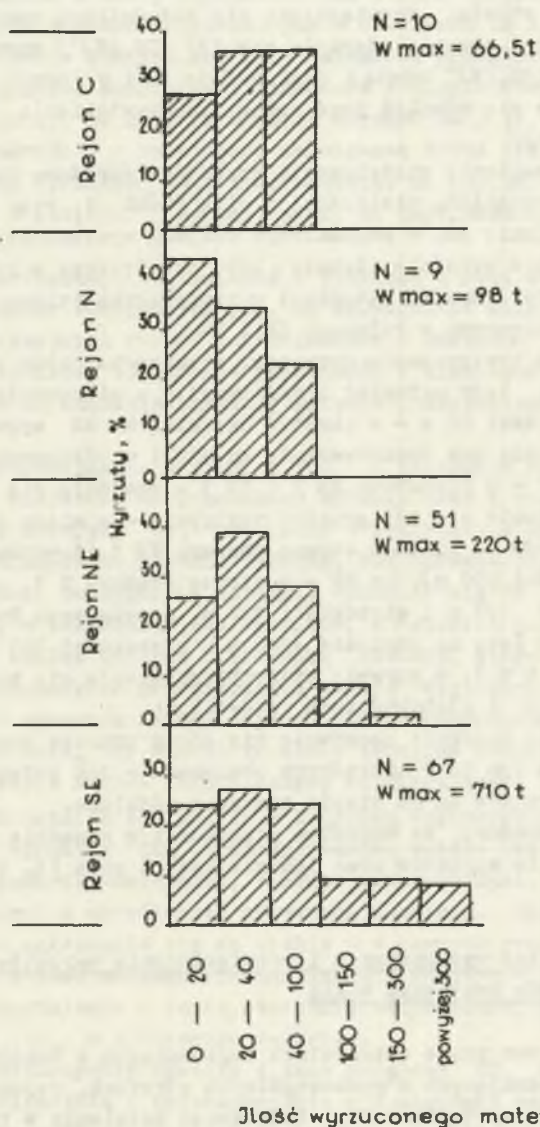
Rejony wyrzutów	Liczba wyrzutów (%)	Wyrzucona masa węgla i skał			średnio w jednym wyrzucie t <sup>2)</sup>
		o g ł ę c m t(%)	w największym wyrzucie t		
SE	68 (39,1) <sup>3)</sup>	6720 (64,1)	710	100	
NE	66 (37,8)	2740 (26,1)	220	54	
N	9 (5,3)	322 (3,1)	98	36	
C	21 (12,1)	345 (3,3)	66,5	35	
W	4 (2,3) <sup>4)</sup>	90 (0,9)	54	45	
SW	6 (3,4)	270 (2,6)	270	270	
R a z e m:	174 (100,0)	10487 (100,0)	710	75	

1) W tabeli ujęto tylko wyrzuty właściwe, a pominięto wydmychy, wypływy i inne postacie wydzielania gazu CO<sub>2</sub>.

2) Przy obliczaniu średniej pominięte zostały wyrzuty, dla których brak danych co do ilości wyrzuconego materiału.

3) W rejonie SE wszystkie wyrzuty zdarzyły się w okresie do 1928 r., przy czym 67 z nich przypadło na lata 1912-1928 (po 1928 r. eksploatacja węgla w tym rejonie nie była więcej prowadzona).

4) W tej liczbie mieści jeden niewątpliwy wyrzut CH<sub>4</sub>.



Rys. 2. Diagramy procentowego rozkładu wyrzutów CO<sub>2</sub>, węgla i skał ze względu na ilość wyrzuconego materiału, w północno-wschodnim skrzydle synkliny sobięcińskiej

N - liczba wyrzutów, W<sub>max</sub> - ilość materiału wyrzucona w największym wyrzucie

Poza kilkoma wyjątkami, obszary występowania wyrzutów usytuowane są w przybliżeniu wzdłuż linii o kierunku NNW-SSE i układają się w długą lecz niezbyt szeroką strefę, rozciągającą się południkowo pomiędzy obszarami SE 1 a NE 3. W jej obrębie zdarzyło się 137 (78,6%)<sup>1)</sup> wyrzutów, które wyrzuciły 9515 t (90,7%)<sup>2)</sup> węgla i skał, co daje 79 t w jednym wyrzucie. W strefie tej skupiały się również inne zewnętrzne wystąpienia CO<sub>2</sub>, jak wydmychy i wypływy itp.

Największe nasilenie występowania wyrzutów - wyrażone największą częstotliwością ich wystąpień, wielkością i siłą (tabl. 1, rys. 2) - stwierdzone zostało w rejonie SE, w południowym odcinku wymienionej strefy. Stosunkowo znaczne - choć wyraźnie słabsze - było ono jeszcze w rejonie NE, w północnym odcinku tej strefy. Natomiast w pozostałych rejonach ustępowało ono zdecydowanie notowanemu w rejonach SE i NE.

Górna granica występowania wyrzutów, wyznaczona przez pierwsze od góry ich wystąpienia, leży najwyżej i najpłycej - a mianowicie na poziomie +370 m i głębokości 80 m - w obrębie najdalej ku SE wysuniętego obszaru SE 1. Stamtąd opada ona konsekwentnie ku NNW i w północnym odcinku "strefy południkowej" - w obszarach NE 2 i NE 3 - znajduje się około 340 m niżej. Dalsze obniżanie się tej granicy następuje - w miarę oddalania się od wymienionej strefy - ku E - w stronę obszaru NE 1 (1 wyrzut na poziomie -30 m i głębokości 500 m), ku NW - w stronę obszaru N 1, gdzie położona jest na poziomie -27 m i głębokości 487 m, a zwłaszcza ku W - tj. od obszaru C 1, gdzie leży na poziomie +240 m i głębokości 281 m, w kierunku obszarów C 2, C 3 i C 4, w obrębie których kształtuje się na poziomach od -210 m do -295 m i głębokościach 640-765 m.

W przybliżeniu podobnie zachowuje się górna granica koncentracji wystąpień wyrzutów, z tym że w niektórych obszarach - jak zwłaszcza w SE 3 i N 1 - obydwie granice są od siebie znacznie oddalone.

Jak ogólnie wiadomo, ze wzrostem głębokości w zasadzie rośnie tam nasilenie występowania wyrzutów oraz ich wielkość i siła [4, 5, 17, 21, 23, 24].

#### Warunki geologiczne występowania i rozmieszczenia wyrzutów i innych przejawów dwutlenku węgla

Określone są one przez całokształt regionalnych i lokalnych stosunków geologicznych, panujących w poszczególnych strefach, rejonach, obszarach, a także miejscach wystąpień CO<sub>2</sub>. Podstawowe ustalenia w tym zakresie - dokonane zwłaszcza w obrębie "strefy południkowej" - przedstawione są poniżej.

Wyrzuty CO<sub>2</sub> tworzyły się niemal wyłącznie w partiach pokładów węgla mniej lub bardziej tektonicznie zaburzonych - często silnie sfałdowanych, a także zdyslokowanych lub w inny sposób zdeformowanych - gdzie węgiel był mocno zgnieciony, sprasowany, spękany, skruszony i rozdrobniony, a nawet

rozarty, jakby zmylonityzowany. Stosunki takie szczególnie mocno wyrażone były w obszarach o dużej częstotliwości i sile wyrzutów, w których te ostatnie tworzyły znaczne skupiska, jak w obszarach SE 3, NE 2 i NE 3. Bardzo silne deformacje stwierdzane były zwłaszcza w pokładach węgla leżących pomiędzy grubymi kompleksami piskowców i zlepieńców, jak między innymi w pokładach 27, 36 i 37 w obrębie obszaru SE 3 [1, 2], w którym - co warto tu podkreślić - zanotowano największą dotąd liczbę, częstotliwość i siłę wystąpień wyrzutów  $\text{CO}_2$ , a mianowicie: 58 (33,3%)<sup>1)</sup> wyrzutów, które wyrzuciły 4662 t (44,4%)<sup>2)</sup> węgla i skał, co daje średnio 80 t w jednym wyrzucie.

Wymienione deformacje tektoniczne i zjawiska z nimi związane miały niewątpliwie charakter kompresyjny [9]. Do szczególnie silnego zdeformowania - wskutek kompresyjnych ruchów tektonicznych - pokładów węgla zalegających w obrębie grubych kompleksów piaskowców i zlepieńców przyczyniło się to, że skały te są znacznie bardziej sztywne i mechanicznie odporne od węgla [9].

Przestrzenne powiązanie wystąpień  $\text{CO}_2$  z tektoniką znalazło wyraz również w tym, że wszystkie dotychczasowe wyrzuty oraz w znacznej większości także pozostałe przejawy  $\text{CO}_2$  wystąpiły w sąsiedziwie uskoków, przeważnie o kierunkach od NW-SE do głównie NNW-SSE, rozlokowane wzdłuż nich na ogół wyraźnie strefowo. Szczególnie dobitnie wyraziło się to w rozmieszczeniu wystąpień  $\text{CO}_2$ , a zwłaszcza jego wyrzutów, w "strefie południkowej", rozciągającej się wzdłuż uskoków o kierunku NNW-SSE, które układają się w długą, prawie południkowo przebiegającą strefę dyslokacyjną (rys. 1). Wymienione uskoki wykazują różne, często znaczne rozprzestrzenienie i rozmiary. Mają one mniej lub więcej wyraźnie tensyjny charakter, a więc powstały w następstwie ruchów tektonicznych rozciągających [9, 10, 11].

Z powyższych ustaleń wynika, iż w Zagłębiu Wałbrzyskim występowanie i rozmieszczenie wyrzutów  $\text{CO}_2$  wykazuje bardzo ścisłe przestrzenne powiązanie z deformacjami tektonicznymi, zarówno kompresyjnymi, jak i tensyjnymi, współwystępującymi w określonych obszarach Zagłębia. Występowanie obok siebie, a nawet nakładanie się na siebie - w pewnych granicach - obydwu typów deformacji jest szczególnie znamienne i istotną - ze względu na rozpatrywane tu zagadnienie - cechą struktury tektonicznej obszarów występowania wyrzutów  $\text{CO}_2$  w opisywanym zagłębiu.

W Zagłębiu Wałbrzyskim wyrzuty i inne przejawy  $\text{CO}_2$  notowane były - z różną częstotliwością i intensywnością - w utworach wszystkich reprezentowanych tam ogniw stratygraficznych karbonu produktywnego, z tym że koncentrowały się one w dolnych odcinkach warstw wałbrzyskich i żaclerskich, co nie miało jednak żadnego przyczynowego związku z ich przynależnością stratygraficzną. Zdecydował o tym przede wszystkim fakt, iż w strefach koncentracji  $\text{CO}_2$ , w tych właśnie seriach warstw - ze względu na ich węgloność i dostępność dla eksploatacji oraz rozprzestrzenienie w obrębie

wymienionych stref - skupiała się działalność górnicza, w następstwie której dochodziło tam do różnych wystąpień  $\text{CO}_2$ .

Wyrzuty  $\text{CO}_2$  tworzyły się wyłącznie w pokładach węgla, natomiast pozostałe przejawy tego gazu występowały licznie także poza nimi - zwłaszcza w porowatych i silnie spękanych piaskowcach i zlepieńcach. Ogólnie biorąc, wyrzuty i inne wystąpienia  $\text{CO}_2$  notowane były zarówno w obrębie kompleksów piaskowcowo-zlepieńcowych, jak i mułowcowo-iłwcowych i w zasadzie nie stwierdzono bezpośrednich, istotnych powiązań pomiędzy typem wykształcenia litologicznego poszczególnych serii warstw a częstotliwością i intensywnością wystąpień  $\text{CO}_2$ , poza omówionym już pośrednim wpływem piaskowców i zlepieńców na powstanie deformacji kompresyjnych, a przez to na kształtowanie się warunków sprzyjających tworzeniu się wyrzutów.

W różnych rejonach i obszarach Zagłębia Wałbrzyskiego wystąpienia  $\text{CO}_2$  zdarzały się w tych samych lub w różnych poziomach stratygraficznych, w podobnych lub w odmiennych warunkach litologicznych, ograniczone w swoim rozprzestrzenieniu niemal wyłącznie do stref wyznaczonych występowaniem wymienionych poprzednio typów deformacji tektonicznych, poza którymi - niezależnie od istniejących stosunków litostratygraficznych - w zasadzie nie występowały.

Niektóre wystąpienia  $\text{CO}_2$ , w tym także jego wyrzuty, zanotowane zostały w obrębie lub w bezpośrednim sąsiedztwie młodowaryscyjskich intruzji magmowych, głównie porfirowych oraz tzw. "rygli porfirowych i węglowych". Liczba takich wystąpień  $\text{CO}_2$  była jednak niewielka, a przy tym wszystkie one zdarzyły się w miejscach, gdzie jednocześnie silnie wyrażone były wpływy przedstawionych poprzednio ruchów tektonicznych i skały wulkaniczne były spękane a nawet zdyslokowane, zaś górotwór w ich otoczeniu, a zwłaszcza zalegające w nim pokłady węgla były mocno tektonicznie zdeformowane. Z drugiej strony rozmieszczenie ogromnej większości wystąpień  $\text{CO}_2$  nie pokrywało się wcale z rozprzestrzenieniem wulkanitów w opisywanym zagłębiu. Na znacznych jego obszarach, gdzie licznie i silnie reprezentowane są różne utwory wulkaniczne, wystąpienia  $\text{CO}_2$  nie były w ogóle notowane.

#### Podstawowe przesłanki geologiczne rozmieszczenia i występowania dwutlenku węgla

Przytoczone poprzednio ustalenia rysują przybliżony, uproszczony obraz rozmieszczenia i występowania dwutlenku węgla w Zagłębiu Wałbrzyskim [9, 10]. Wskazują one przede wszystkim na bardzo nierównomierne i wybitnie strefowe rozmieszczenie  $\text{CO}_2$  w tym zagłębiu. Na podstawie usytuowania obszarów występowania wyrzutów i innych przejawów gazu można tam mianowicie wyróżnić cztery strefy o znacznie podwyższonych - w porównaniu do pozostałych obszarów Zagłębia - koncentracjach  $\text{CO}_2$  (rys. 1). Te ostatnie w różnych strefach kształtują się niejednakowo i są również w obrębie poszcze-



gólnych stref mocno zróżnicowane. Najwyższe koncentracje  $\text{CO}_2$  występują w "strefie południkowej", przy czym w jej południowym odcinku są one wyraźnie wyższe, aniżeli w odcinku północnym. W dwu dalszych strefach, zlokalizowanych w synklinie sobięcińskiej, koncentracje  $\text{CO}_2$  są znacznie niższe i w miarę oddalania się od "strefy południkowej" bardzo szybko i znacznie maleją. Ta ostatnia tendencja zaznaczona jest także na całym pozostałym obszarze tej synkliny, choć występują tam - oczywiście poza obrębem wymienionych stref - tylko małe ilości  $\text{CO}_2$ . Zmniejszając się one szczególnie wyraźnie w kierunkach NW i W, tak że w zachodnim skrzydle synkliny metan dominuje już zdecydowanie nad niewielkimi ilościami dwutlenku węgla. W najbardziej zachodniej części Zagłębia Wałbrzyskiego - w synklinie Gorców - poza wąską strefą koncentracji  $\text{CO}_2$ , obejmującą rejon SW, dwutlenek węgla w ogóle nie występuje.

Takie rozmieszczenie  $\text{CO}_2$  może być objaśnione tym, że doprowadzany był on do Zagłębia z południowego wschodu i rozprzestrzeniał się w jego obrębie, ogólnie biorąc, w kierunkach N, NW i W [9-12]. Pierwotne źródła  $\text{CO}_2$ , związane - zgodnie z powszechnie panującym poglądem - z głębokimi ogniskami młodotrzeciorzędowego wulkanizmu sudeckiego, można, zdaniem autora [9-12], zlokalizować w obszarze położonym pomiędzy Zagłębiami: Wałbrzyskim a Noworudzkim, zapewne w rejonie Głuszycy (rys. 1), gdzie krzyżują się bezpośrednio przedłużenia dyslokacji tektonicznych z którymi związane są znaczne koncentracje  $\text{CO}_2$  w obydwu zagłębieniach.

Warunki geologiczne występowania wyrzutów i innych przejawów  $\text{CO}_2$  wskazują, iż jego występowanie w Zagłębiu Wałbrzyskim nie jest związane z określonym poziomem stratygraficznym [5, 9, 10, 11, 13, 17, 18, 20], jak również nie ma związku z zalegającymi tam młodowaryscyjskimi wulkanitami [4, 9, 10, 11], a wykazuje ograniczone i tylko pośrednie powiązanie z wykształceniem litologicznym utworów budujących górotwór [5, 7, 9, 13, 17, 18, 20].

Istnieje natomiast bezpośrednie, przyczynowe - genetyczne powiązanie regionalnego i lokalnego rozmieszczenia, występowania i koncentracji  $\text{CO}_2$  w opisywanym zagłębiu z określonymi strukturami tektonicznymi typu tensyjnego i kompresyjnego [9]. Znajduje to wyraz przede wszystkim we wspomnianym, wybitnie strefowym rozmieszczeniu  $\text{CO}_2$ , związanym z dyslokacjami tensyjnymi, głównie o kierunkach od NNW-SSE do NW-SE (rys. 1) oraz w tym, że w strefach tych szczególnie wysokie koncentracje gazu, zwłaszcza w pokładach węgla, występują w partiach górotworu, w których silnie wyrażone są deformacje kompresyjne.

Te ostatnie powstały zapewne głównie w wyniku późnowaryscyjskich ruchów tektonicznych. Natomiast deformacje tensyjne, w obecnej swej postaci, wydają się być strukturami powaryscyjskimi - przypuszczalnie saksońskimi, uformowanymi jednak na późnowaryscyjskich założeniach tektonicznych [9, 10, 11]. Oznacza to, że powstały one lub odnowione zostały w okresie niemal bezpośrednio poprzedzającym młodotrzeciorzędową działalność wulkaniczną w Sudetach i na ich przedpolu, z którą wiąże się powszechnie genezę  $\text{CO}_2$ ,

występującego w karbonie produktywnym Zagłębia Wałbrzyskiego, a także Noworudzkiego.

Znaczenie tektoniki w procesie kształtowania warunków występowania  $\text{CO}_2$  i tworzenia się jego wyrzutów nie ulega wątpliwości i jest przeważnie mocno podkreślane [1-13, 16-18, 20, 22-24]. Jej rola w tym względzie bywa jednak przez różnych badaczy tego zagadnienia różnie interpretowana. Na podstawie badań przeprowadzonych przez autora, główne kierunki oddziaływania tektoniki w podanym zakresie można scharakteryzować w dużym skrócie następująco:

W świetle przedstawionych powyżej stwierdzeń i ustaleń - szczególnie co do rozmieszczenia stref koncentracji  $\text{CO}_2$ , ich usytuowania względem wskazanych poprzednio tensyjnych dyslokacji tektonicznych, przebiegu tych ostatnich, jak również co do lokalizacji pierwotnych źródeł  $\text{CO}_2$  oraz kierunków jego doprowadzania i migracji - szczególną rolę i funkcję wymienionych dyslokacji tektonicznych, w określeniu warunków występowania  $\text{CO}_2$  w Zagłębiu Wałbrzyskim, tłumaczyć należy przede wszystkim tym, iż stanowiły one drogi doprowadzenia gazu do - i główne drogi jego migracji w obrębie Zagłębia. Odnosi to do wszystkich dyslokacji tensyjnych, z którymi związana była tam bezpośrednio lub pośrednio ogromna większość wyrzutów i innych wystąpień  $\text{CO}_2$ , a w szczególności do tych, wzdłuż których rozciąga się "strefa południkowa" (rys. 1) [9-12]. Natomiast nie potwierdza się pogląd S. Bubnoffa [1, 2] - akceptowany w części lub w całości przez niektórych autorów [7, 13, 16, 17] - że drogami doprowadzania gazu były głównie lub wyłącznie żyły porfirowe.

Drugorzędnymi drogami migracji  $\text{CO}_2$  - drogami jego rozprowadzania w górotworze - mogły być zarówno dyslokacje tektoniczne, jak również porowate i spękane, przepuszczalne dla gazu skały karbońskie oraz także wulkanity [1, 2, 9-13, 16, 17].

Z kolei, szczególnie wysokie koncentracje  $\text{CO}_2$  i dużą skłonność węgla do wyrzutów, w partiach pokładów silnie kompresyjnie zdeformowanych, objaśnić można tym, że deformacje tego typu odegrały zasadniczą rolę w ukształtowaniu określonych zdolności i warunków sorpcji i desorpcji  $\text{CO}_2$  przez węgiel, jak również determinują zachowanie się węgla i występującego w nim gazu w górotworze naruszonym robotami górnictwymi. Te cechy węgla zależą bowiem w sposób istotny od jego struktury i właściwości fizykomechanicznych, które w poważnym stopniu określone zostały przez silne zaburzenia tektoniczne w pokładach węgla [1-5, 7, 9, 18-20, 22-24], mające przeważnie charakter właśnie deformacji kompresyjnych [9].

Przedstawione powyżej aspekty wpływów tektoniki górotworu zadecydowały zatem o rozmieszczeniu i rozprzestrzenieniu  $\text{CO}_2$  oraz o możliwościach i warunkach jego występowania i koncentracji w utworach karbonu produktywnego Zagłębia Wałbrzyskiego.

Podstawowe warunki określające potencjalne zagrożenie wyrzutami CO<sub>2</sub>, węgla i skał oraz główne tendencje w jego rozmieszczeniu w obrębie Zagłębia Wałbrzyskiego

Na podstawie poprzednich stwierdzeń i ustaleń można przyjąć, iż decydującą rolę w ukształtowaniu potencjalnego zagrożenia wyrzutami CO<sub>2</sub>, węgla i skał w opisywanym zagłębiu odegrała budowa geologiczna, a w szczególności tektonika górotworu. Znaczenie tektoniki w tym względzie - poza omówionymi już zasadniczymi wpływami - ma związek również z jej oddziaływaniem na zachowanie się górotworu, a zwłaszcza pokładów węgla oraz występującego w nich gazu, w warunkach działalności górniczej - wobec związanych z nią czynników i wywołanych przez nie zjawisk, które mogą mieć wpływ na przygotowanie i powstanie wyrzutu [3-6, 18-20, 23, 24].

Biorąc powyższe pod uwagę można wskazać podstawowe warunki określające tam potencjalne zagrożenie wyrzutowe. Są to w szczególności:

- 1) usytuowanie i odległość obszaru względem pierwotnych źródeł CO<sub>2</sub>,
- 2) występowanie odpowiednio wykształconych, rozwiniętych i rozprzestrzenionych - zorientowanych w kierunku obszaru pierwotnych źródeł CO<sub>2</sub> i mających z nim bezpośrednie lub pośrednie połączenie - dyslokacji tektonicznych, tensyjnych, które spełniały funkcję dróg doprowadzenia gazu do - i głównych dróg jego migracji w obrębie Zagłębia,
- 3) występowanie odpowiednio wykształconych, rozwiniętych i rozprzestrzenionych - posiadających przestrzenne powiązanie z wymienionymi powyżej dyslokacjami tensyjnymi - elementów budowy geologicznej górotworu, jak dyslokacji tektonicznych, silnie porowatych lub spękanych skał karbońskich (zwłaszcza piaskowców i zlepieńców), spękanych wulkanitów itp., które stanowiły drugorzędne drogi migracji CO<sub>2</sub> - drogi jego rozprowadzania w górotworze,
- 4) położenie i odległość obszaru w stosunku do dróg doprowadzenia oraz głównych i drugorzędnych dróg migracji CO<sub>2</sub>,
- 5) stopień i zasięg tektonicznego, kompresyjnego zdeformowania pokładów węgla i związanego z tym strukturalnego i mechanicznego zaburzenia lub zniszczenia budowy węgla,
- 6) głębokość zalegania w górotworze.

Warunki te określają główne tendencje w zakresie regionalnego rozmieszczenia i rozprzestrzenienia, jak również lokalnego zróżnicowania zasięgu i stopnia pierwotnego zagrożenia wyrzutami CO<sub>2</sub>, węgla i skał w Zagłębiu Wałbrzyskim. Tendencje te, ogólnie biorąc, przedstawiają się następująco:

Potencjalnie najbardziej zagrożone wyrzutami są strefy usytuowane wzdłuż dyslokacji tektonicznych, tensyjnych, które stanowiły drogi doprowadzania i główne drogi migracji CO<sub>2</sub> w Zagłębiu. W miarę oddalania się od nich zagrożenie to wyraźnie i szybko maleje, toteż szerokość wymienionych stref,

określona przez zasięg zagrożenia w kierunku poprzecznym do ich osi, na ogół nie jest duża, choć w różnych strefach kształtuje się różnie i zmienia. Zależy ona od szerokości rozprzestrzenienia i stopnia wykształcenia głównych, a także drugorzędnych dróg migracji  $\text{CO}_2$  w Zagłębiu.

W poszczególnych strefach zagrożenie wyrzutami zmniejsza się generalnie z południowego wschodu w kierunkach N, NW i W, to jest w miarę oddalania się od obszaru domniemanego występowania pierwotnych źródeł  $\text{CO}_2$  i w podanych kierunkach schodzi na coraz większe głębokości, gdyż w następstwie zmniejszania się koncentracji  $\text{CO}_2$  w górotworze zagrożenie wyrzutowe - w świetle wyników badań J. Tarnowskiego [21, 24] - w coraz większym stopniu związane jest z rosnącym wraz z głębokością ciśnieniem górotworu.

Potencjalne zagrożenie wyrzutowe, w wymienionych strefach, pozostaje w ścisłym związku z jednoczesnym występowaniem tam, zwłaszcza w pokładach węgla, deformacji tektonicznych, kompresyjnych, które szczególnie silnie rozwinięte są w obrębie pokładów leżących pośród grubych kompleksów piaskowcowo-zlepieńcowych. Stopień zagrożenia kształtuje się w tych strefach odpowiednio przede wszystkim do stopnia kompresyjnego zdeformowania pokładów węgla. Mniejsze lub większe znaczenie w tym zakresie ma także występowanie silnie porowatych lub spękanych, przepuszczalnych dla gazu skał karbońskich i wulkanitów oraz stopień tektonicznego zdyslokowania górotworu.

Zagrożenie wyrzutami wykazuje również pionowe zróżnicowanie w górotworze, związane między innymi z głębokością zalegania pokładów węgla. Występująca w tym względzie, mniej lub bardziej wyraźnie zaznaczona tendencja wyraża się w tym, że w danym obszarze - przy podobnych innych warunkach występowania  $\text{CO}_2$  i tworzenia się jego wyrzutów - zagrożenie nimi, ogólnie biorąc, rośnie ze wzrostem głębokości.

Na podstawie przedstawionych powyżej warunków i tendencji wyróżnić można w obrębie Zagłębia Wałbrzyskiego cztery - zaznaczone na rysunku 1 - stosunkowo wąskie strefy potencjalnie najbardziej zagrożone wyrzutami  $\text{CO}_2$ , węgla i skał [12]. Pokrywają się one z wydzielonymi poprzednio strefami koncentracji  $\text{CO}_2$ .

Największe zagrożenie wyrzutami występuje w "strefie południkowej", z tym że maleje ono w jej obrębie w kierunku z SSE ku NNW. W dwóch dalszych strefach, stanowiących jakby odgałęzienia wymienionej strefy, zagrożenie zmniejsza się wyraźnie od tej ostatniej ku NW i W. We wszystkich trzech strefach schodzi ono, w podanych kierunkach, na coraz większe głębokości. Strefy te zlokalizowane są we wschodniej części Zagłębia, w obrębie synkliny sobięcińskiej. Czwarta strefa zagrożona wyrzutami  $\text{CO}_2$  usytuowana jest w zachodniej części Zagłębia, w obszarze na S od góry Chłemiec i nie ma połączenia z pozostałymi trzema strefami. W jej obrębie zagrożenie wyrzutowe maleje zapewne również z SE ku NW [9, 12].

W poszczególnych strefach występuje mniejsze lub większe, lokalne zróżnicowanie zasięgu i stopnia potencjalnego zagrożenia wyrzutami  $\text{CO}_2$  - w za-

leżności od wymienionych poprzednio warunków - zgodnie z określonymi przez nie tendencjami [12]. Poza obrębem wymienionych stref, na przeważającym obszarze Zagłębia zagrożenie to jest zapewne słabo zaznaczone lub nawet wcale nie występuje. Ogólnie biorąc, maleje ono bowiem gwałtownie w miarę oddalania się od tych stref, szczególnie w kierunku zachodnim [12]. Nie można jednak wykluczyć możliwości tworzenia się pojedynczych wyrzutów poza tymi strefami, zwłaszcza w obszarach do nich przylegających i na bardzo dużych - wzrastających ku W i przekraczających aktualną dolną granicę eksploatacji - głębokościach [12].

Powyższe ustalenia stanowią informacje i wskazówki dla praktyki górniczej w Zagłębiu Wałbrzyskim, istotne dla określenia - odpowiednio do stanu potencjalnego zagrożenia wyrzutowego - warunków racjonalnej i zarazem bezpiecznej eksploatacji węgla. Wskazują one bowiem ogólne zasady przewidywania tego zagrożenia i wyznaczania obszarów jego występowania w Zagłębiu. Przedstawione poprzednio tendencje, w zakresie kształtowania się tam wymienionego zagrożenia, i określające je warunki mogą stanowić przesłanki regionalnych i lokalnych prognoz w tym względzie, opracowanych w oparciu o szczegółowe badania ilościowe zjawiska występowania  $CO_2$  i związanego z tym zagrożenia, zgodnie z zasadami i kryteriami zaproponowanymi przez J. Tarnowskiego [21, 24].

### Wnioski

Z przedstawionych powyżej stwierdzeń i ustaleń wynika, iż potencjalne zagrożenie wyrzutami  $CO_2$ , węgla i skał w Zagłębiu Wałbrzyskim ukształtowane zostało przede wszystkim przez czynniki geologiczne, a zwłaszcza tektoniczne, które

- stworzyły możliwości i warunki zasilania górotworu w  $CO_2$ ,
- wyznaczyły kierunki, wielkość i zasięg tego zasilania,
- określiły warunki występowania i koncentracji  $CO_2$  w górotworze nie naruszonym robotami górniczymi,
- determinują zachowanie się górotworu, a szczególnie pokładów węgla i występującego w nich gazu, w warunkach prowadzonej działalności górniczej.

Przez to zadecydowały one o określonym rozmieszczeniu, rozprzestrzenieniu i stopniu potencjalnego zagrożenia wyrzutowego w opisywanym zagłębiu.

W tym zakresie decydującą rolę odegrały deformacje tektoniczne, tensyjne i kompresyjne. Toteż z największym zagrożeniem należy liczyć się w strefach Zagłębia, w których silnie wyrażone są obydwa typy deformacji tektonicznych.

Istnieją podstawy do wydzielenia tam czterech takich stref. W poszczególnych strefach zagrożenie to jest jednak mocno zróżnicowane w zależności od:

- odległości i usytuowania danego obszaru względem pierwotnych źródeł CO<sub>2</sub> i dróg jego doprowadzania do Zagłębia,
- kierunku, zasięgu i stopnia rozwoju głównych i drugorzędnych dróg migracji gazu oraz położenia obszaru w stosunku do tych dróg,
- stopnia i zasięgu tektonicznego "spreparowania" węgla,
- głębokości zalegania pokładów węgla.

W miarę oddalania się od wymienionych stref, szczególnie w kierunku zachodnim, zagrożenie wyrzutami szybko i wyraźnie maleje i na przeważającym obszarze Zagłębia jest słabo zaznaczone lub wcale nie występuje.

Znajomość przedstawionych w opracowaniu tendencji, w zakresie kształtowania się potencjalnych zagrożeń wyrzutowych w Zagłębiu Wałbrzyskim oraz określających je warunków, stwarza racjonalną podstawę dla ogólnego i szczegółowego prognozowania wymienionych zagrożeń i obszarów ich występowania zarówno w skali Zagłębia, jak i poszczególnych jego rejonów. Ma to istotne znaczenie dla praktyki górniczej w tym zagłębiu.

#### LITERATURA

1. Bubnoff S.: Die Tektonik am Nordostrande des Niederschlesischen Kohlenbeckens und ihr Zusammenhang mit den Kohlensäureausbrüchen in den Flözen. Z.B.H.S. 1924, Bd. 72.
2. Bubnoff S.: Geologische Verhältnisse der durch Kohlensäureausbrüche heimgesuchten Gruben. Z.B.H.S. 1927, Bd. 75.
3. Cis J.: Wyrzuty gazowo-skalne w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Materiały z prac Komisji DŚ.Z.P.W. dla spraw zagrożeń związanych z wyrzutami gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego, zeszyt 2. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1965.
4. Cis J.: Wyrzuty gazów i skał w Dolnośląskim Zagłębiu Węgla Kamiennego. Katowice 1971, Wydawnictwo "Śląsk".
5. Cis J., Suchodolski Z.: Zagadnienie wyrzutów gazów i skał w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Przegląd Górniczy 1964, nr 12.
6. Cis J., Suchodolski Z.: Niektóre kierunki badań nad zagadnieniem wyrzutów gazów i skał w kopalniach dolnośląskich. Przegląd Górniczy 1967, nr 5.
7. Hamberger K.: Występowanie gazów w polu kopalni Bolesław Chrobry. Prace Głównego Instytutu Górniczego, seria A, 1962, komunikat nr 300 A.
8. Jaros Z.: Ewidencja wyrzutów gazów i skał w dolnośląskich kopalniach węgla kamiennego (ciąg dalszy). Materiały z prac Komisji DŚ. ZPW dla spraw zagrożeń związanych z wyrzutami gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego, zeszyt 3. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1969.
9. Krzoska T.: Drogi i kierunki doprowadzenia i migracji dwutlenku węgla w utworach karbońskich niecki sobięcińskiej w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Praca doktorska, Gliwice 1965, Biblioteka Główna Pol. Śl.

10. Krzoska T.: Występowanie dwutlenku węgla w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Materiały z konferencji nauk.-techn. pt.: Badania naukowo-techniczne mineralnych surowców karbonu Zagłębia Górno- i Dolnośląskiego oraz ich praktyczne wyniki. Katowice 1969.
11. Krzoska T.: Kierunki i drogi doprowadzenia i migracji dwutlenku węgla w utworach górnokarbońskich w Zagłębiu Wałbrzyskim. Sprawozdania z posiedzeń Komisji Naukowych Oddziału PAN w Krakowie, 1969, t. XIII, z. 2.
12. Krzoska T.: Warunki doprowadzenia i migracji dwutlenku węgla a potencjalne zagrożenie wyrzutami CO<sub>2</sub>, węgla i skał w Zagłębiu Wałbrzyskim. Przegląd Górniczy 1970, nr 12.
13. Kruk F., Swoboda A., Suchodolski Z., Tomkowski W.: Ewidencja wyrzutów gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Materiały z prac Komisji Dś. ZPW dla spraw CO<sub>2</sub>, zeszyt 1. Wydawnictwa Górniczo-Hutnicze, Katowice 1963.
14. Poborski Cz.: Wyrzuty CO<sub>2</sub> i skał w kopalniach węgla kamiennego. Przegląd Górniczy 1957, nr 12.
15. Poborski Cz.: Metoda badania zachowania się gazu w caliźnie węglowej w pobliżu wyrobisk górniczych. Przegląd Górniczy 1962, nr 1.
16. Suchodolski Z.: Warunki geologiczne występowania dwutlenku węgla w Wałbrzyskim Rejonie Węglowym. Prace Głównego Instytutu Górniczego, seria A, 1957, komunikat nr 191.
17. Suchodolski Z.: Charakterystyka budowy geologicznej Wałbrzyskiego Rejonu Węglowego. Przegląd Górniczy 1962, nr 7-8.
18. Suchodolski Z.: Związek między strefami zaburzonymi w pokładach węgla a występowaniem wyrzutów CO<sub>2</sub> i skał w rejonie wałbrzyskim. Archiwum Górniczego 1966, t. XI, z. 4.
19. Suchodolski Z.: Wpływ struktury i zwięzłości węgla oraz ciśnienia górotworu na zagrożenie wyrzutami CO<sub>2</sub> i skał w rejonie wałbrzyskim. Archiwum Górniczego 1967, t. XII, z. 2.
20. Suchodolski Z.: Warunki geologiczne występowania wyrzutów gazów i skał w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Materiały z konferencji nauk.-techn. pt.: Badania naukowo-techniczne mineralnych surowców karbonu Zagłębia Górno- i Dolnośląskiego oraz ich praktyczne wyniki. Katowice 1969.
21. Tarnowski J.: Podstawy statystycznej metody opracowania prognozy strat zagrożonych wyrzutami w pokładach węgla. Przegląd Górniczy 1966, nr 6.
22. Tarnowski J.: Wpływ ilości gazu zasorbowanego przez węgiel na szybkość desorpcji. Materiały z prac Komisji Dś. ZPW dla spraw zagrożeń związanych z wyrzutami gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego, zeszyt 3, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1969.
23. Tarnowski J.: Wnioski wynikające z masowych pomiarów ciśnień gazu metodą desorbometryczną dla badania zagrożenia wyrzutami węgla i gazu. Archiwum Górniczego 1970, t. XV, z. 4.
24. Tarnowski J.: Obecny stan wiedzy o mechanice wyrzutu gazu i skał i wynikające z niego podstawy, zasady i metody prognozowania. Przegląd Górniczy 1971, nr 11.

ГЛАВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАСПОЛОЖЕНИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ВЫБРОСОВ  $CO_2$ , УГЛЯ И ПОРОД, А ТАКЖЕ ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ ЕЁ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В ВАЛБЖИХСКОМ БАССЕЙНЕ

Р е з ю м е

В настоящей обработке дана характеристика природных факторов, прежде всего, геологических, которые повлияли на формообразование потенциальной опасности выбросов  $CO_2$ , угля и пород в Валбжихском бассейне. Самыми важными в этом отношении признаны некоторые тектонические нарушения, как деформации на растяжение, так и деформации на сжатие, которые создали возможности и условия, а также определили направления, величину и предел питания горных пород  $CO_2$ , определили условия его нахождения и концентрации в горных породах, а кроме того обуславливают поведение горных пород, в особенности, пластов угля и находящегося в них газа в условиях проводимой горной деятельности. На основе обследования роли разных природных факторов, участвующих в формообразовании потенциальной опасности выбросов, выражено мнение относительно основных условий, определяющих эту опасность и установлены - вытекающие из них - главные тенденции в пределе её расположения и распространения в описанном бассейне. Выше указанные установления являются существенными для определения условий рациональной и одновременно безопасной эксплуатации угля в этом бассейне.

GENERAL TRENDS IN THE DISTRIBUTION OF POTENTIAL DANGER OF OUTBURSTS OF  $CO_2$ , COAL AND ROCKS, AND THE FUNDAMENTAL CONDITIONS OF THE FORMATION OF THIS IMPENDENCY IN THE WAŁBRZYCH COAL DISTRICT

S u m m a r y

The present paper discusses the natural factors, particularly the geological ones, that influence the formation of potential danger of outbursts of  $CO_2$ , coal and rocks in the coal district of Wałbrzych. The most important in this respect are considered to be some tectonic deformations, both tensional and compressive; they have given rise to such possibilities and conditions and delimited the direction, force and range of enriching the orogen with  $CO_2$ , determining the conditions of its occurrence and concentration in the orogen, as well as the behaviour of the orogen, particularly of coal seams and of the gases to be found therein, while mining activities are being carried on. Basing on the recognition of the part played by various natural factors in the formation of potential danger of outbursts, there have been defined the fundamental conditions which determine this impendency; there have also been marked out the ensuing main trends in its distribution and its expansion in the aforesaid coal basin. All this is of essential importance for the determination of the conditions for a rational and safe exploitation of the coal deposits in this district.