ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: GÓRNICTWO z. 88 Nr kol. 571

Bernard DRZĘŹLA, Henryk BADURA
Brunon SOSNA

BADANIA NAD ZMIANAMI METANONOŚNOŚCI W STREFIE PRZYPRZODKOWEJ WYROBISK PRZYGOTOWAWCZYCH

Streszczenie. W artykule omówiono prawidłowości odgazowania sześciometrowej strefy wokół wyrobiska korytarzowego. Oparto się na badaniach przeprowadzonych w KWK "Jastrzębie", polegających na określeniu rozkładu metanonośności metodą desorbometryczną. Podano ogólne równanie opisujące zmianę metanonośności maksymalnej, stwierdzonej w odległości do sześciu metrów od ociosu. Wykazano różnice pomiędzy odgazowaniem ociosu oraz dalszych partii pokładu.

Do opisu krzywej cechowania zaproponowano wielomian drugiego stopnia oraz wyznaczono współczynniki wielomianu.

1. Wstęp

Czynnikiem, na podstawie którego można przewidywać metanowość wyrobisk dołowych w rozbudowywanych czy nowo budowanych kopalniach węgla kamiennego, jest znajomość geometrycznej metanonośności złoża.

Na geometryczną metanonośności złoża składają się [4]:

- rozkład ciśnienia gazu w przestrzeni złoża,
- zmienność własności sorpcyjnych skał,
- zmienność porowatości skał,
- rozkład ciśnień górotworu,
- rozkład wilgotności skał,
- rozkład temperatury skał.

Powiązanie wzajemne wszystkich tych czynników stanowi o metanonośności złoża.

Jak z powyższego wyszczególnienia wynika, określenie metanonośności złoża poprzez oznaczenie poszczególnych składników wyjściowych jest trudne i kryje w sobie możliwość popełnienia dużego błędu.

Celem niniejszej pracy było wykazanie zmian metanonośności i ciśnienia gazu w pokładzie w pobliżu prowadzonego wyrobiska korytarzowego, w oparciu o metodę desorbometryczną, opracowaną przez J. Tarnowskiego.

2. Sposób wykonania pomiarów

Pomiary metanonośności przeprowadzono w kopalni "Jastrzębie" w pokładzie 409/2. Pokład ten posiada węgiel błyszczący z wkładkami węgla matowego o średnim zawilgoceniu około 3%.

Pomiary wykonywane były metodą desorbometryczną, której specyfika została opisana w pracach [4, 5].

W wyrobisku objętym pomiarami zakładano punkty pomiarowe wraz z postępem przodka w ten sposób, że pierwszy otwór wiercony był tuż przy czole przodka, zaś następne były wykonywane w tym samym punkcie po upływie 7 dni.

Ze względów technicznych w jednym punkcie pomiarowym wykonano cztery badania. Wiercenie wykonywano do głębokości 6 m w ociosie. Próbki zwiercin pobierano kolejno co 1 m lub co 1,5 m, w zależności od warunków panujących w miejscu wiercenia.

Z próbek pobranych na poszczególnych głębokościach otworu odsiewano frakcję 0,5-1 mm, którą umieszczano w naczyńku desorbometru i mierzono ilość wydzielanego gazu. Frakcję powyżej 1 mm wykorzystano jako próbę do badań laboratoryjnych.

W laboratorium próby węgla, na których przeprowadzono pomiary desorbometryczne, ważono z dokładnością do 0,01 g oraz określano zawartości popiołu, wilgoci i części lotnych. Pobrane resztki frakcji 0,5-1 mm umieszczano w naczyniach sorpcyjnych i nasycano metanem w czasie 24 godzin, co wystarcza do osiągnięcia ciśnienia równowagi sorpcyjnej, po czym spuszczano gaz, a próbki umieszczano ponownie w desorbometrze, celem przeprowadzenia pomiaru ilości wydzielanego metanu.

3. Opracowanie wyników pomiarów

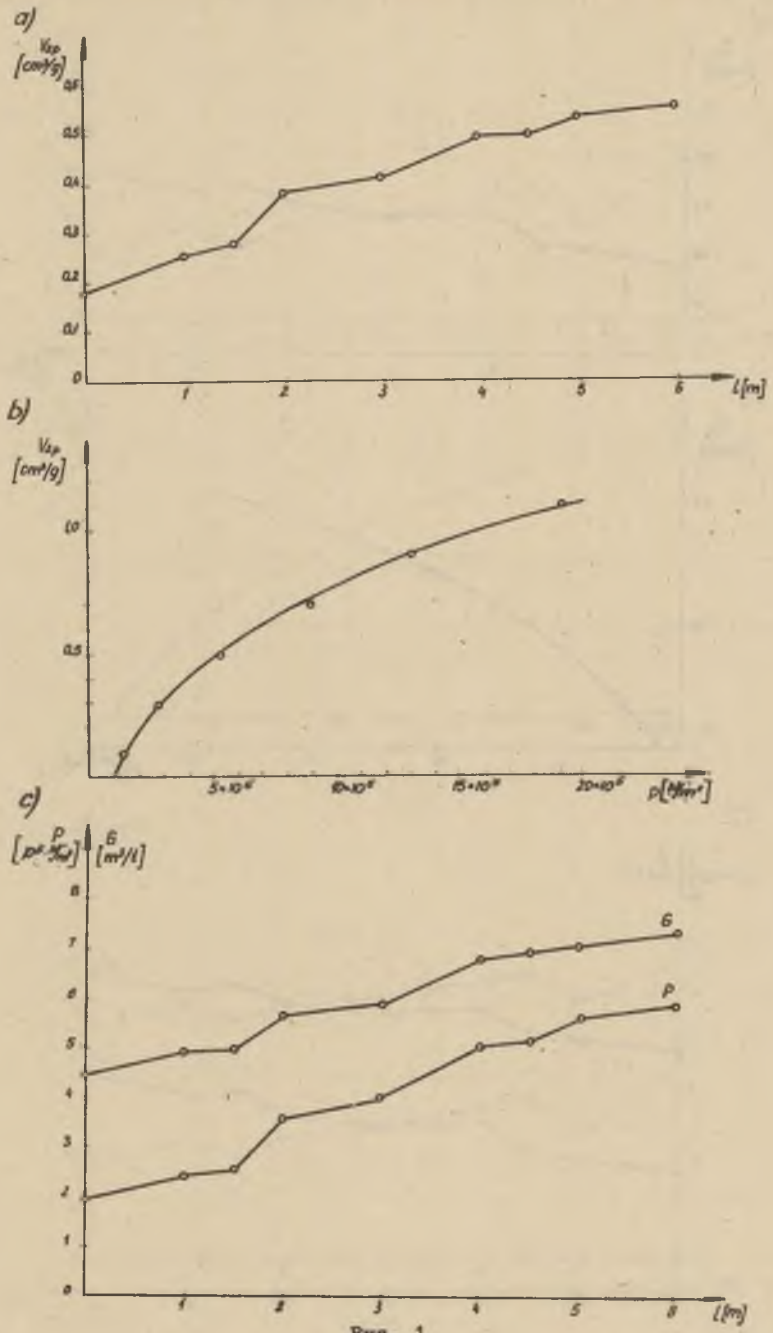
Opracowanie wyników pomiarów dołowych i laboratoryjnych polegało na przeliczeniu ilości wydzielonego metanu na 1 g czystej substancji węglowej według wzoru [4]

$$V_{2p} = V_2 \cdot \frac{100}{(100-W_p) \cdot m} \qquad (1)$$

gdzie:

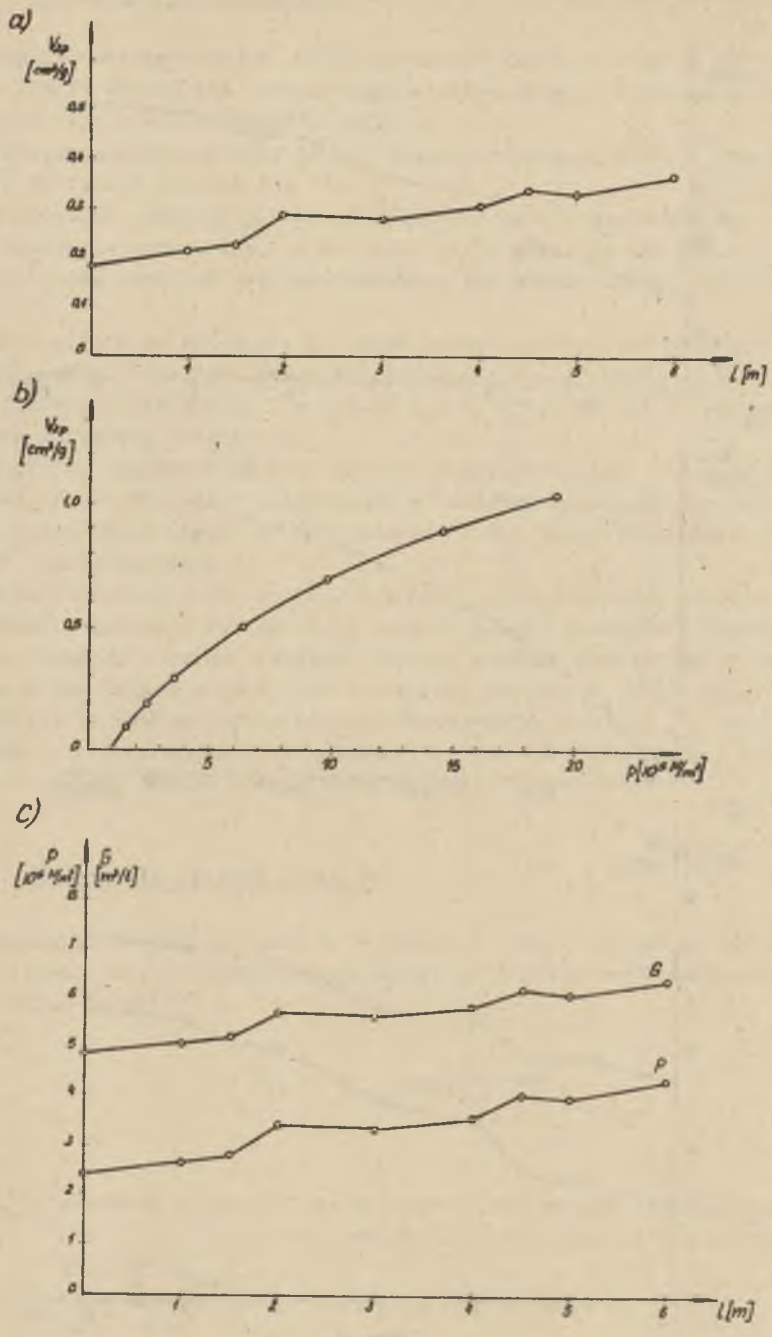
V_{2p} - wskaźnik desorpcji, oznaczający ilość metanu wydzielonego w czasie t = 8 min w przeliczeniu na 1 gram czystej substancji węglowej, cm^3/g_{csw},

V_2 - ilość metanu wydzielonego z próbki o masie m w czasie t = 8 min, cm^3,



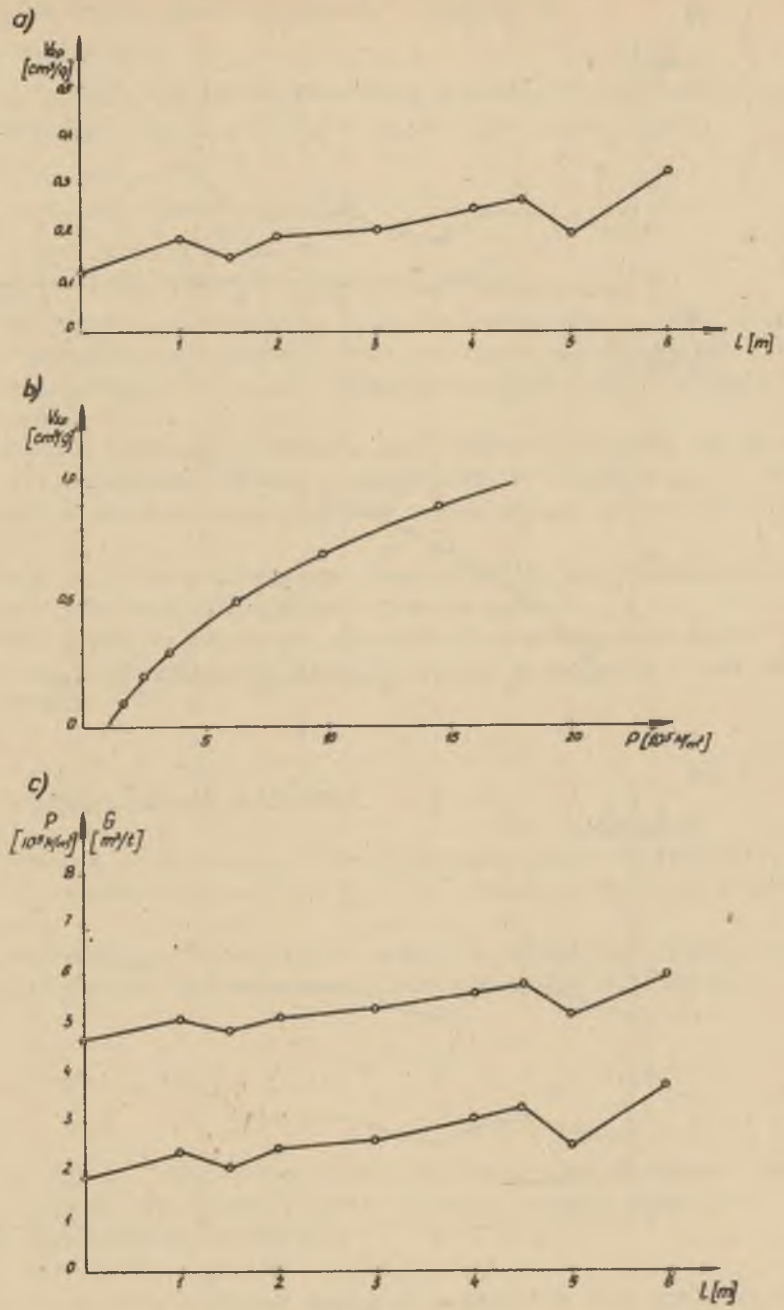
Rys. 1

a) Wartości wskaźnika desorpcji, b) Krzywa cechowania, c) Metanonośność i ciśnienie gazu dla czasu t = 0 dni od momentu odsłonięcia calizny



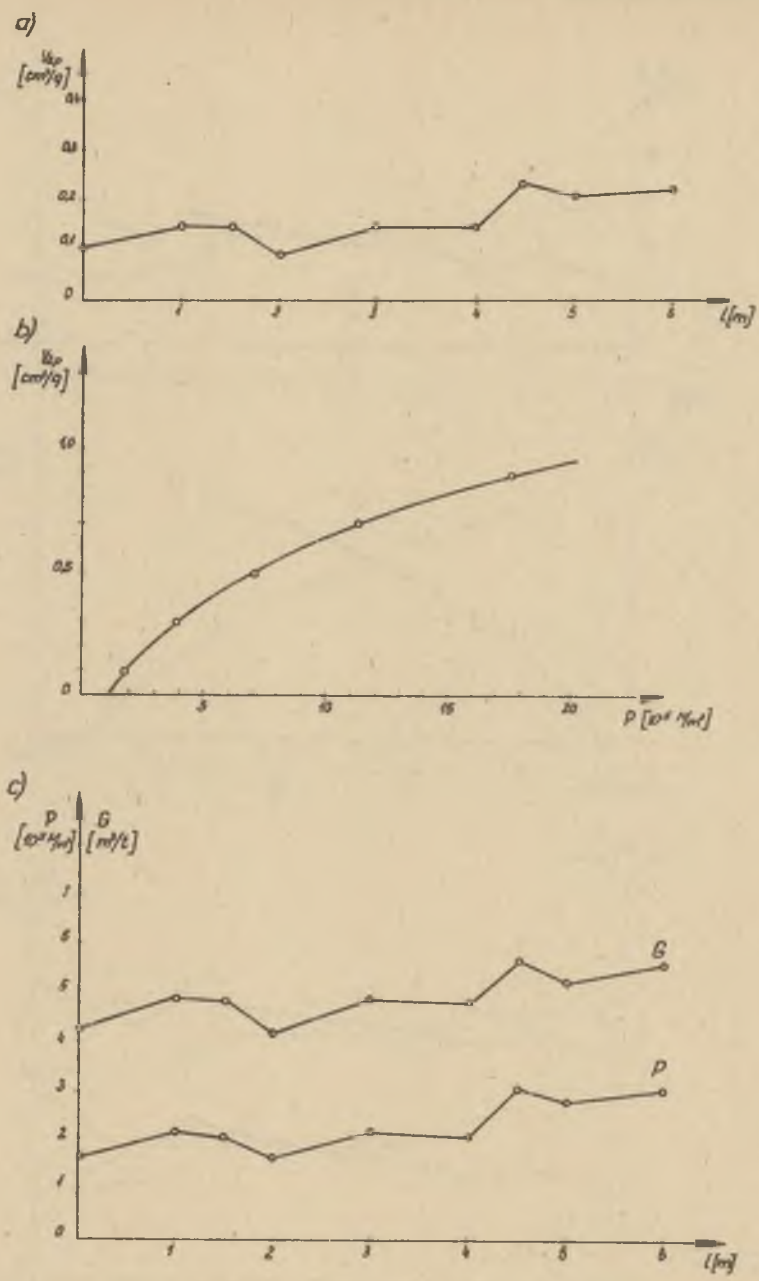
Rys. 2

a) Wartości wskaźnika desorpcji, b) Krzywa cechowania, c) Metanonośność i ciśnienie gazu dla czasu t = 7 dni od momentu odsłonięcia calizny



Rys. 3

a) Wartości wskaźnika desorpcji, b) Krzywa cechowania, c) Metanonośność i ciśnienie gazu dla czasu t = 14 dni od momentu odsłonięcia calizny



Rys. 4

a) Wartości wskaźnika desorpcji, b) Krzywa cechowania, c) Metanonośność i ciśnienie gazu dla czasu t = 21 dni od momentu odsłonięcia calizny

W_p - sumaryczna zawartość popiołu i wilgoci, %,

m - masa próbki, g.

Z uzyskanych w ten sposób wskaźników desorpcji V_{2p} sporządzono wykresy zależności $V_{2p} = V_{2p}(l)$ oraz $V_{2p} = V_{2p}(P)$ (rys. 1a-4a; 1b-4b), gdzie:

V_{2p} - wskaźnik desorpcji, cm^3/g,

l - odległość od ociosu, m,

P - ciśnienie równowagi sorpcyjnej, N/m^2.

Wykres P = P(l) otrzymuje się z krzywej cechowania $V_{2p} = V_{2p}(P)$, natomiast wykres metanonośności G = G(l) sporządza się na podstawie nomogramu, uwzględniającego ciśnienie równowagi sorpcyjnej oraz zawartość części lotnych [6].

Stosunkowo duży rozrzut wyników poszczególnych pomiarów, jak można sądzić, jest spowodowany błędami przypadkowymi. W związku z tym dokonano uśrednień, w wyniku których otrzymano cztery wykresy jak na rys. 1c do 4c.

Wykresy te zostały sporządzone niezależnie dla poszczególnych pomiarów, wykonanych w jednakowej odległości od czoła przodka.

Ogółem uśredniono 32 pomiary wykonane w 8 punktach pomiarowych w pokładzie 409/2. Uśrednieniom podlegały również sporządzone krzywe cechowania.

4. Charakter krzywej cechowania

Otrzymane w wyniku oznaczeń laboratoryjnych przebiegi zależności $V_{2p} = V_{2p}(P)$, przedstawione na rys. 1b do 4b, posiadają charakter funkcji potęgowych.

Krzywe cechowania sporządzone w oparciu o obliczeniową zawartość metanu w węglu zostały opisane przez J. Tarnowskiego [4] zależnością

$$P = P_o + bV_p^n \qquad (2)$$

gdzie:

$p_o = 9{,}81 \cdot 10^4\ N/m^2$ (1 at) - ciśnienie gazu w próbce węgla, powyżej którego stwierdzono dynamiczny wypływ metanu z próbki (tak zwane ciśnienie przeciwstawne),

n - bezwymiarowy wykładnik potęgowy,

b - współczynnik, którego wielkość zależy od V_p oraz wykładnika potęgowego n;

$$V_p = V_1 \frac{(t_2 - 2)\, t_2}{2t_2 - 8}$$

w tym:

V_p - obliczeniowa zawartość metanu w węglu, cm^3/g,

V_1 - ilość gazu mierzonego desorbometrem w czasie pierwszych dwóch minut pomiaru, cm^3,

t_2 - czas wydzielania podwójnej ilości V_1.

Obliczony przez J. Tarnowskiego wykładnik potęgowy n mieści się w granicach od 0,4-0,8 dla zmiany zawartości części lotnych w węglu w przedziale 20-30%. Badania wykazały, że wartości V_p są wyższe od V_{2p} [5]. Tym samym wykładnik n krzywych cechowania V_{2p} powinien być mniejszy od wartości przytoczonych wyżej.

Można jednak zauważyć, że dla wartości n mieszczącej się w przedziale od 0-1 przebieg funkcji powinien posiadać odmienny charakter. Traktując P jako funkcję V_{2p} wyrażoną wzorem (2) dla $n < 1$ krzywa powinna być skierowana wypukłością w kierunku osi P, podczas gdy wyniki pomiarów dają krzywą wklęsłą. Z tej przyczyny oraz dla uproszczenia procesu obliczeń uśrednione krzywe cechowania opisano wzorem

$$P = a V_{2p}^2 + c V_{2p} + p_o \qquad (3)$$

gdzie:

V_{2p} - wskaźnik desorpcji, cm^3/g,

p_o - $9{,}81 \cdot 10^4$ N/m^2 (1at) - ciśnienie przeciwstawne,

a, c, - współczynniki.

Równanie (3) przedstawia parabolę przechodzącą przez punkt o współrzędnych $(0, p_o)$.

Wartość ciśnienia przeciwstawnego p_o przyjęto równą $9{,}81 \cdot 10^4$ N/m^2 (1 at).

Wartości współczynników a oraz c, a tym samym kształt krzywej cechowania przy jednakowej metodyce oznaczeń zależy między innymi od:

- własności sorpcyjnych węgla,
- stopnia zniszczenia struktury węgla,
- wilgotności próbki,
- temperatury pomiaru.

Wartości współczynników a i c obliczono metodą najmniejszych kwadratów i przedstawiono w tablicy 1.

Małe wartości względnych odchyleń standardowych (tablica 1) świadczą o możliwości opisania krzywych cechowania wzorem (3) co najmniej do wysokości ciśnienia równowagi sorpcyjnej $P = 19{,}6 \cdot 10^5$ N/m^2 (20 at).

Tablica 1

Wartość współczynników uśrednionych krzywych cechowania

Czas odsłonięcia calizny t (doba)	Wartości współczynników		Resztkowe odchylenie standardowe	Współczynnik korelacji
	a	c		
0	11,750	3,200	0,242	0,9245
7	10,600	5,660	0,086	0,9865
14	10,205	5,685	0,130	0,9456
21	10,481	6,610	0,540	0,8741

Równanie to, w myśl założeń autorów, powinno umożliwić dalsze uproszczenie metody desorbometrycznej i znaczne skrócenie czasu otrzymania wyników. Większa ilość serii pomiarowych, przeprowadzonych w różnych pokładach, stworzy możliwość uzależnienia wartości współczynników a i c od fizykochemicznych własności węgla. Odpadnie wtedy konieczność nasycania próbek węgla w naczyniach sorpcyjnych, co stanowi dotychczas najbardziej kłopotliwy i czasochłonny fragment pomiaru metodą desorbometryczną.

5. Kinetyka zmian metanonośności

W celu ustalenia kinetyki zmian metanonośności wzdłuż osi wyrobiska sporządzono wykres obrazujący metanonośność jako funkcję czasu, który upłynął od momentu odsłonięcia ociosu do momentu pomiaru.

W oznaczeniach ruchowych przyjmuje się, że metanonośność jest równa maksymalnej stwierdzonej, niezależnie od tego, na jakiej głębokości otworu ją pomierzono.

Dlatego do opisania zależności G = G(t) posłużono się uśrednionymi maksymalnymi wartościami metanonośności, wziętymi z oznaczeń dotyczących tego samego czasu odsłonięcia ociosu. Przebieg tej krzywej nie zależy w sposób bezpośredni od postępu przodka.

Z wykresu (rys. 5) widać, że zależność G = G(t) można opisać równaniem funkcji wykładniczej typu

$$G = G_1 \cdot e^{-kt} + G_2 \qquad (4)$$

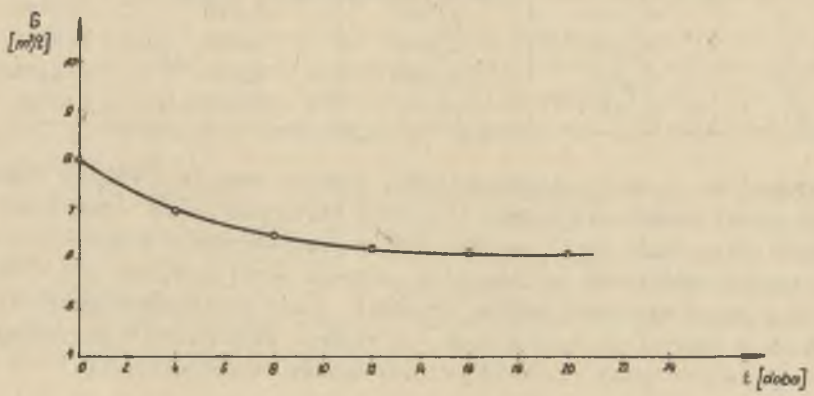
gdzie:

G_1 - stała, m^3CH_4/t_{csw},

G_2 - stała wartość metanonośności, do której dąży maksymalna ilość metanu w sześciometrowej strefie przyociosowej, m^3CH_4/t_{csw},

$G_1 + G_2 = G_{max}$ - uśredniona metanonośność maksymalna stwierdzona pomiarami wykonanymi w sąsiedztwie przodka, m^3CH_4/t_{csw},

k - stała, 1/doba,
t - czas, doba.



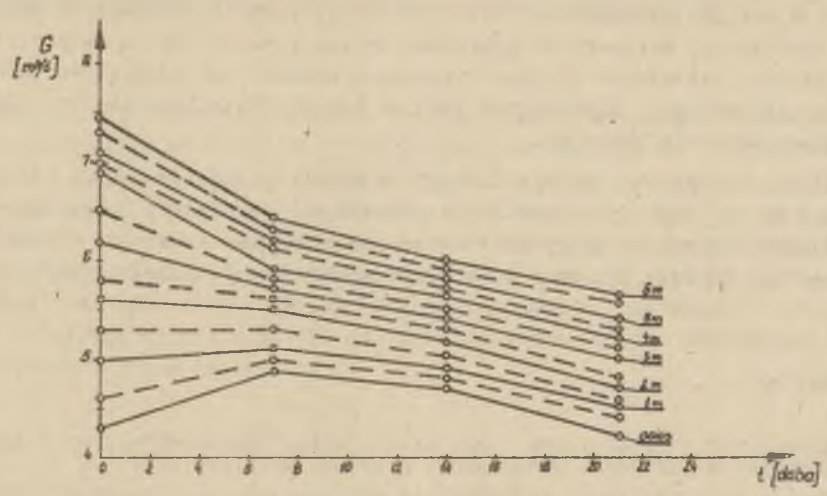
Rys. 5. Zmiana metanonośności maksymalnej w zależności od czasu odsłonięcia całizny

Dla przytoczonego przypadku wartości współczynników wynoszą odpowiednio: $k = 0{,}164$ doba^{-1}, $G_1 = 1{,}91$ m^3CH_4/t_{csw}, $G_2 = 6{,}02$ m^3CH_4/t_{csw}. Metanonośność maksymalna $G_{max} = 7{,}93$ m^3CH_4/t_{csw}.

Wartość współczynnika G_2 może być traktowana jako stała, do której dąży asymptotycznie funkcja (4), jedynie dla przedziału czasu, którego dotyczyły wykonywane badania. Istnieją przesłanki [6] wskazujące, że po dostatecznie długim czasie odgazowania zawartość metanu w pokładzie zmniejsza się do wartości około 2,5 - 3,0 m^3CH_4/t_{csw} przy ciśnieniu równowagi sorpcyjnej $9{,}81 \cdot 10^4$ N/m^2 (1 at).

Kształtowanie się ostatecznej maksymalnej metanonośności na poziomie wyższym od poprzednio przytoczonego posiada swoje uzasadnienie w tym, że ostateczne ciśnienie metanu w głębi ociosu jest, jak na to wskazują obserwacje [1], wyższe niż $9{,}81 \cdot 10^4$ N/m^2 (1 at).

Na rys. 6 przedstawiono zmianę metanonośności w czasie w różnych odległościach od ociosu. Rysunek ten sporządzono w oparciu o wykresy 1c, 2c, 3c, 4c. Uwidaczniają się na nim różnice w procesie odgazowania węgla na ociosie (i w jego pobliżu) oraz w dalszej jego partii. Od momentu strzelania od czasu wykonania pomiaru w nowo odsłoniętej powierzchni następuje silne odgazowanie węgla na ociosie i w jego pobliżu. Następnie notuje się tam wzrost metanonośności. Jest on zależny od czasu odsłonięcia i odległości od ociosu. Największy jest na ociosie i stopniowo maleje, by na głębokości 1,5 m w ociosie przyjąć praktycznie wartość równą zeru. Przedstawione zjawisko zachodzi w ciągu siedmiu dni. W miarę upływu czasu zauważa się zmniejszanie metanonośności.



Rys. 6. Metanonośność w zależności od czasu odsłonięcia calizny i odległości od ociosu

Inny charakter posiada zjawisko odgazowania w odległości większej od 1,5 m od ociosu. Od rozpoczęcia pomiarów do ich zakończenia (21 dni) notuje się stały spadek metanonośności.

Wzrost metanonośności w partii sąsiadującej z wyrobiskiem może być spowodowany wpływem zmiany temperatury i wilgotności węgla na jego zdolności sorpcyjne. Stwierdzono bowiem, że zmniejszenie temperatury i wilgotności powoduje wzrost adsorpcji metanu przez węgiel [2, 3].

Jeżeli przyjąć, że ciśnienie metanu w węglu stale się zmniejsza, a zdolność sorpcyjna węgla rośnie, to może zaistnieć fakt, że ilość zaadsorbowanego metanu przy mniejszym jego ciśnieniu będzie większa niż przy początkowym, wyższym.

Innym wyjaśnieniem zauważonego zjawiska jest wpływ wymienionych czynników na oznaczenie metanonośności metodą sorpcyjną. Wpływ ten nie został uwzględniony w metodzie podanej przez J. Tarnowskiego.

6. Wnioski

1. Ze względu na to, że podane przez J. Tarnowskiego równanie (1) dla n w granicach od 0,4 do 0,8 nie odzwierciedla przebiegu krzywej początkowej zawartości gazu w węglu, dla przypadków omówionych w niniejszej pracy, krzywa cechowania opisana została ogólnym równaniem (2). Wartości współczynników a i c podano w tablicy 1.
2. Zależność metanonośności od czasu posiada charakter funkcji wykładniczej o równaniu (3), odpowiadający badanemu przedziałowi czasu. Prze-

dział ten jest stosunkowo krótki (21 dni), jednakże, sądząc z charakteru krzywej, najbardziej gwałtowne zmiany metanonośności mają miejsce w okresie pierwszych 12 dni. Ponieważ w okresie tym następuje największe odgazowanie, dlatego też jest to przedział najbardziej istotny z punktu widzenia ruchowego.

3. Zmiana charakteru odgazowania węgla w partii przyociosowej i dalszej jego części może być spowodowana wpływem wilgotności i temperatury na zdolność sorpcyjną węgla lub na wartość wskaźnika desorpcji. Szczegółowe wyjaśnienie zjawiska można uzyskać dopiero po dalszych badaniach.

LITERATURA

[1] Ajruni A.T.: Metoda określania skuteczności odgazowania przy drążeniu wyrobisk w pokładach metanowych. Przegląd Górniczy 1975, nr 3.

[2] Chodot W.W.: Wlijanie włażnośti na mietanonosnost iskopajemych ugliej Izw. AN CCCP OTN N° 12, 1952.

[3] Chodot W.W.: Zawisimost mietanonosnosti iskopajemych ugliej ot tłempieratury gornych porod OTN N° 3, 1952.

[4] Tarnowski J.: Desorbometryczna metoda pomiaru ciśnień gazu w pokładzie węgla. Zeszyty Problemowe Górnictwa 1966, t. 4, z. 2.

[5] Tarnowski J.: Desorbometryczne metody pomiaru ciśnień gazu w pokładzie węgla. Przegląd Górniczy 1968, nr 11.

[6] Tarnowski J.: Możliwość oceny gazonośności węgla z jej oznaczeń na ociosie wyrobisk. Prace GIG, Komunikat nr 570, Katowice 1972 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕН МЕТАНОНОСНОСТИ В ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Р е з ю м е

В статье обсуждены принципы дегазации 6-метровой зоны штрековой выработки принимая во внимание исследования проведены в шахте "Ястжембе" заключающие определение распределения метаноностости десорбометрическим методом.

Создана общая формула описующая смену максимальной метаноностости измеренной в расстоянии 6 метров от бока выработки.

Обнаружены разницы между дегазацию бока выработки, как и дальнейших части пласта.

Для определения характеризирующей кривой предложен многочлен второй степени как и обозначены его коэффициенты.

GAS PRESENCE INTENSITY IN THE VICINITY OF DEVELOPMENT HEADINGS

S u m m a r y

The article presents degassing regularities in a six-metre area around a galley heading as based on investigation carried out at "Jastrzebie" colliery whereupon gaseity distribution is to be determined according to the desorbmetric method. A general equation has been given and it describes changes in maximum gaseity as stated within six metres from the side wall. Degassing differences between the side wall and further parts of the bed have been stated. Using of a multinomial of the second order has been suggested to describe the calibrating curve and the multinomial coefficients have been determined.