

Kazimierz CHMURA
Krystian PROBIERZ

WŁASNOŚCI AKUSTYCZNE I ELEKTRYCZNE WĘGLI Z NIEKTÓRYCH KOPALNÍ ROW

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań niektórych własności elektrycznych i akustycznych węgla z obszaru ROW-u. Podano wartości liczbowe tych własności, związki funkcyjne oraz wyprowadzono wnioski co do zmienności węgla w aspekcie przenikliwości dielektrycznej propagacji fali ultradźwiękowej na tle charakteru petrograficznego węgla pochodzących z 12 kopalń ROW-u.

1. WSTĘP

Analiza własności akustycznych i elektrycznych węgla kamiennych, zróżnicowanych pod względem petrograficznym wskazuje, że istnieją współzależności między charakterem petrograficznym, a własnościami elektrycznymi i akustycznymi. Analizowano węgle z 12 czynnych kopalń ROW-u. Próbkę węgla pobrano na różnych głębokościach (od 250 m do 900 m) i reprezentują one prawie wszystkie typy technologiczne węgla (od 31 do 36). Właściwości elektryczne węgla sprowadzono do określenia właściwej oporności elektrycznej i względnej przenikalności dielektrycznej, natomiast własności akustyczne ograniczono do wyznaczenia prędkości propagacji podłużnej fali ultradźwiękowej oraz jej tłumienia. Przed przystąpieniem do pomiarów wymienionych uprzednio własności węgla zbadano w pierwszej kolejności ich skład petrograficzny, a to przede wszystkim dla znalezienia związku między stopniem przemiany strukturalnej materiału fitogenicznego i wpływu tych przemian na własności elektryczne i akustyczne.

Oznaczenia ilościowego składu petrograficznego węgla przeprowadzono na zgładach ziarnowych za pomocą mikroskopu w świetle odbitym, przy obiektywie suchym. Na podstawie tych badań wydzielono następujące grupy macerałów:

- wityrynit (kolinit, telinit, wirodetrynit)
- egzynit (sporynit, kutynit, rezynit)
- inertynit (fuzynit, semifuzynit, mikrynit, makrynit, sklerotynit).

Oznaczono również ilościowy udział substancji mineralnej w badanych węglach.

Pomiar elektrycznej oporności właściwej został przeprowadzony za pomocą kompensatora elektronicznego typ Teralin III Statron produkcji NRD. Kompensatorem tym dokonano pomiarów oporności w granicach od 10^5 do $10^{12} \Omega$.

Oporność właściwą wyliczono z zależności:

$$Q_w = R \cdot \frac{A}{l}, \Omega m,$$

gdzie:

- Q_w - oporność właściwa, Ωm ,
- R - oporność próbki, Ω ,
- A - pole powierzchni próbki, m^2 ,
- l - grubość próbki, m .

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że pomiar bardzo dużych oporności, a takie posiadają węgle, jest czynnością trudną i złożoną. Istnieje niewiele metod pomiarów tak dużych rezystancji. Wydaje się, że metoda kompensacyjna jest dość dogodna, a wykorzystany do pomiarów kompensator jest przyrządem o wystarczającej obecnie dokładności. Błąd pomiarowy nie przekracza tutaj 5%, co przy opornościach próbek rzędu 10^7 - 10^{12} m daje na razie zadowalającą dokładność. Na wynik pomiaru w głównej mierze wpływa fakt niemożliwości idealnego przygotowania badanej próbki do tego typu pomiarów. Cechy, które utrudniają właściwy pomiar, to między innymi spękania przy wycinaniu i szlifowaniu próbek węgla, ich przetłuszczenie oraz nierównoległość powierzchni wyciętych próbek.

Dla właściwego pomiaru grubości próbki wykorzystano śrubę mikrometryczną, ustalając średnią grubość próbki, gdyż wydaje się, że średnia arytmetyczna jest najbardziej prawdopodobną wartością. Drugim problemem utrudniającym otrzymywanie dokładnych wyników, jest pomiar właściwej powierzchni próbki. W badaniach naszych wykorzystano metodę planimetryczną, w wyniku której wyznaczono średnią arytmetyczną powierzchnię.

Pomiarów względnej przenikalności dielektrycznej próbek węgla dokonano za pomocą miernika dobroci (Q - meter) typu BP 4090 Tesla, który to okazał się bardzo przydatnym i dokładnym urządzeniem. Próby zastosowania innych przyrządów oraz innych metod pomiarowych okazały się zbyt skomplikowane, a otrzymane wyniki obciążone były nie mniejszym błędem. Jediną wadą miernika BP 4090 było ograniczenie grubości mierzonych próbek do 4,3 mm, dlatego w prezentowanych wynikach pomiarów (tablica 1) pewne próbki nie posiadają zmierzonego ϵ_r (ze względu na niemożliwość wycięcia odpowiedniej grubości próbki). Wyniki pomiarów zamieszczone w tablicy 1 są obciążone błędem nie większym od $\pm 4\%$. Częstotliwość stosowana przy pomiarze ϵ_r wynosiła od 45-100 MHz. Miernik dobroci (Q-meter) do badań przenikalności dielektrycznej sproszkowanego węgla karagandyjskich stosował m.in. M.P. Tonkonogow (1975).

Dalszymi badaniami tych samych próbek były badania akustyczne. Zestaw przyrządów przedstawiony na rys. 1 był podstawowym stanowiskiem do pomiaru prędkości podłużnej fali ultradźwiękowej i jej tłumienia w węglach. Tak sporządzony układ pozwolił na określenie nam prędkości fali ultradźwiękowej z dokładnością do 0,1 m/s, a tłumienia do 0,5 $\frac{dB}{cm}$.

Tablica 1

WŁASNOŚCI ELEKTRYCZNE I AKUSTYCZNE WĘGLI

Ip.	Nazwa kopalni	Głę- bokość pobran- ia próbki	Numer pokrzy- du	Skład petrograficzny %					Własności elektryczne				Własności akustyczne				
				Wi- try- nit	Iner- tynit synit	Subst. mi- ne- ral- na	przenikli- wość elektr.,	oporność właściwa, Ωm		prędkość fali vp sek		tłumienie fali $\frac{dB}{\alpha, cm}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	II	I	II	I	II	I	II
1	ANNA	495,0 545,0 635,0 655,0	722 630 629/1 708	52,03 53,35 87,77 78,96	40,22 33,85 10,06 18,17	6,85 8,29 1,10 2,00	0,83 4,52 1,06 0,87	4,25 5,10 7,20 5,50	- 2,45 - 4,60	11	12	2,77 2,78 2,50 2,50	- 2,46 - 2,70	3,0 5,0 2,5 6,5	15	16	- 14,0 - 4,0
2	EURYNIA	588,0 713,0 713,0	361/1 406/3 407/2-3	58,79 63,54 63,15	31,52 27,54 29,56	8,82 8,10 6,27	0,88 0,83 1,02	- 3,00 -	- - -	10 ¹¹	10 ¹⁰ 10 ¹⁰ 10 ¹⁰	2,37 2,87 3,75	2,02 3,29 3,14	42,0 8,5 4,4	15	16	48,0 23,0 29,5
3	CHWAŁOWICE	290,0 300,0 300,0 310,0 340,0 381,0	360/1 354b 357 351/2 403/1 401/1	73,11 65,56 67,06 73,02 87,47 65,23	23,27 31,84 30,65 23,75 11,13 29,76	3,14 2,30 0,95 3,21 1,34 4,39	0,47 0,29 1,32 0,02 0,05 0,61	- 4,92 5,10 -	5,98 -	10 ¹¹ 10 ¹¹ 10 ¹² 10 ¹¹ 10 ¹¹ 10 ¹⁰	2,9 2,6 4,2 6,5 6,2 3,1	2,81 2,90 2,65 3,42 3,33 4,35	2,53 3,12 2,07 3,21 2,70 2,88	18,0 15,5 23,0 40,0 8,5 3,5	15	16	34,0 12,0 17,0 7,7 42,0 7,5
4	DEBIENSKO	310,0 310,0 410,0 410,0 600,0	326,5 341a 325 326/1 354	81,84 65,49 93,58 81,69 63,05	15,60 22,81 4,98 14,61 26,34	1,89 10,26 0,70 3,21 9,66	0,64 1,40 0,73 0,48 0,96	7,00 2,20 5,00 2,10 4,00	3,50 2,60 3,20 3,50 -	10 ¹⁰ 10 ¹⁰ 10 ¹¹ 10 ¹⁰ -	1,2 7,8 8,0 2,0 1,8	3,00 2,60 2,70 2,77 2,64	2,45 - 2,80 2,47 2,50	3,5 7,3 8,0 16,5 9,0	15	16	11,0 - 15,0 8,0 17,5

cd. tablicy 1

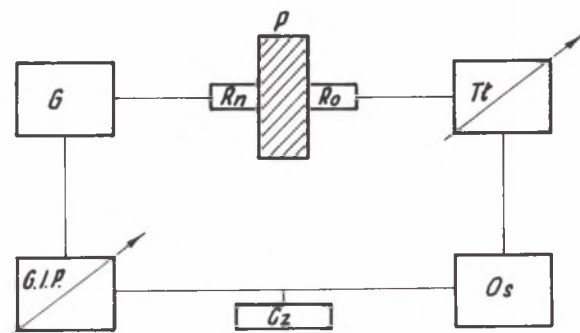
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	JANKOWICE	250,0 250,0 400,0 400,0 400,0	362 405/2 501/1 502/1 610	50,09 40,33 35,12 55,21 43,08	33,92 35,23 55,86 30,53 47,82	15,57 23,77 8,39 13,46 8,60	0,42 0,67 0,62 0,80 0,50	8,41 - 2,40 5,50 -	- - 5,10 4,60 -	$3,9 \cdot 10^9$ $7,4 \cdot 10^{11}$ $1,4 \cdot 10^{12}$ $7,0 \cdot 10^{10}$ -	- - $8,5 \cdot 10^{10}$ $2,1 \cdot 10^{11}$ $2,1 \cdot 10^{10}$	3,07 2,61 4,66 2,91 3,12	3,25 - 2,50 3,66 2,77	7,5 5,5 2,5 6,0 28,0	4,0 - 9,5 4,5 16,0
6	JASTRZĘBIE	380,0 500,0	409/4 510/2	85,85 80,69	11,36 15,58	2,01 2,51	0,76 1,20	8,00 5,70	3,70 3,30	$6,0 \cdot 10^{10}$ $1,4 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{11}$ $9,7 \cdot 10^{10}$	2,10 2,00	2,37 2,50	21,0 75,0	8,0 17,0
7	MANIFEST LIPOWY	700,0 705,0	403/1 406/1	92,55 93,43	6,75 5,82	0,50 0,34	0,17 0,41	6,50 4,30	3,40 4,70	$1,0 \cdot 10^{11}$ $7,6 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^{11}$ $8,2 \cdot 10^9$	2,57 2,70	2,30 2,56	30,0 23,0	42,0 25,0
8	MARCEL	400,0 500,0 600,0 800,0 900,0 900,0	711 624 626 708a 703 704	55,02 59,02 57,14 55,36 52,04 62,19	33,98 34,02 32,71 36,49 40,81 30,25	10,37 5,83 8,77 7,28 6,22 6,12	0,63 1,14 1,38 0,87 0,93 1,42	4,70 - 5,00 3,60 - 7,80	- - 3,50 2,50 - -	$2,8 \cdot 10^9$ $6,0 \cdot 10^{10}$ $5,0 \cdot 10^{11}$ $5,0 \cdot 10^9$ $1,1 \cdot 10^9$ $5,0 \cdot 10^{11}$	$1,8 \cdot 10^9$ - $8,5 \cdot 10^{10}$ $5,0 \cdot 10^9$ $2,3 \cdot 10^8$ -	4,00 2,50 2,66 3,81 2,89 3,44	3,84 - 3,63 2,50 2,78 3,00	12,5 60,0 40,0 3,5 14,5 9,5	4,0 - 10,0 3,0 50,0 26,0
9	MOSZCZENICA	354,0 354,0 360,0 360,0	417/1a 417/1b 418a 502/1	65,04 56,01 47,63 49,58	26,58 31,24 30,31 45,75	4,88 9,34 19,46 3,60	3,50 3,42 2,60 1,07	8,00 6,10 6,00 -	6,60 2,30 -	$1,0 \cdot 10^{12}$ $7,0 \cdot 10^{10}$ $1,2 \cdot 10^{10}$ $2,6 \cdot 10^{11}$	$3,0 \cdot 10^{12}$ $1,6 \cdot 10^{11}$ $1,3 \cdot 10^{11}$ $3,2 \cdot 10^{11}$	2,70 2,10 2,33 2,51	2,15 1,95 2,38 2,63	9,0 8,0 17,0 9,0	48,0 78,0 12,0 30,0
10	PIERWSZY MAJA (1-Maja)	340,0 430,0 490,0	625 624 707	81,59 89,01 55,84	14,60 9,02 35,79	2,54 1,21 7,28	1,26 0,75 1,08	7,60 8,30 3,20	5,50 8,50 2,90	$4,5 \cdot 10^{10}$ $2,0 \cdot 10^{10}$ $1,3 \cdot 10^{10}$	$1,8 \cdot 10^{10}$ $2,0 \cdot 10^{10}$ $3,5 \cdot 10^{10}$	2,67 3,28 2,33	2,10 - 2,65	25,0 12,0 8,5	52,0 - 7,5

cd. tablicy 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11	RYDUZYTOWY	290,0	608	83,17	13,80	2,36	0,65	-	-	$5,0 \cdot 10^{11}$	$6,6 \cdot 10^{10}$	3,38	3,15	4,5	26,0
		447,0	615/1-2	68,59	25,86	4,44	1,10	-	3,50	$1,7 \cdot 10^{11}$	$6,0 \cdot 10^{10}$	3,90	4,40	7,5	10,0
		449,0	630/1-2	77,34	18,25	7,73	0,67	2,40	-	$5,0 \cdot 10^{13}$	-	3,62	2,63	3,0	1,0
		476,0	613/3	46,94	40,65	11,45	0,90	-	-	-	$4,0 \cdot 10^{12}$	2,56	2,23	24,0	25,5
		536,0	616/2	79,21	17,56	2,61	0,62	-	3,40	$1,7 \cdot 10^{10}$	$3,7 \cdot 10^{11}$	3,21	3,15	4,5	5,5
		546,0	629/1	84,31	11,60	3,00	1,08	-	3,18	$2,6 \cdot 10^{11}$	$9,5 \cdot 10^{10}$	5,62	3,20	1,0	3,0
		551,0	626	73,01	18,62	7,79	0,57	4,27	-	$1,5 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^{11}$	2,28	3,07	3,0	2,0
		569,0	620	79,63	16,02	3,36	1,09	-	-	$6,0 \cdot 10^{10}$	$5,8 \cdot 10^{10}$	3,13	2,84	4,0	8,0
		679,0	624	74,86	19,93	4,13	1,07	2,80	5,70	$8,7 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^{10}$	4,03	3,25	3,0	7,5
12	RYMER	430,0	623	41,11	38,66	12,76	7,66	4,10	-	$1,7 \cdot 10^8$	-	3,33	-	10,0	-
		430,0	624	58,03	35,86	5,16	0,96	8,20	-	$5,0 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^9$	4,33	2,52	5,0	6,2
		430,0	718	55,71	32,56	10,61	1,12	4,68	3,40	$2,6 \cdot 10^{11}$	-	3,03	3,91	1,5	2,5
		630,0	711a	64,87	26,80	7,86	0,47	4,10	2,80	$5,0 \cdot 10^9$	$6,0 \cdot 10^{10}$	4,70	3,75	-	9,0

I - próbki wycięto prostopadle do uwarstwienia.

II - próbki wycięto równolegle do uwarstwienia.



Rys. 1. Schemat zestawu urządzeń do pomiarów akustycznych węgla
 G - generator impulsów, R_n , R_o - przetworniki, P - badana próbka, T_t - tłumik regulowany, O_s - oscyloskop, C_z - czasomierz cyfrowy, $G.I.P.$ - generator impulsów prostokątnych
 Uwaga: powierzchnię styku przetworników i próbki posmarowano parafiną techniczną

Wszystkie pomiary przeprowadzono na próbkach węgla o grubości 1,5-4,0 mm, wyciętych diamentową piłą tarczową. Wycięto je zarówno prostopadle jak i równoległe do uwarstwienia.

W trakcie wykonywania badań zdecydowano się na przeprowadzenie pomiarów wszystkich parametrów ultradźwiękowych, (tj. prędkości propagacji i tłumienia fali ultradźwiękowej), dla naświetlenia związku między własnościami petrograficznymi i elektrycznymi. Dało nam to w bardzo dużym przybliżeniu wiarygodność związków przyczynowych między nimi oraz wyeliminowano w ten sposób błędy losowe i osobowe. Wyeliminowano również rozbieżności wynikające z tego, że różne próbki pobrane z tych samych pokładów ujawniały czasami makroskopowo odmienne cechy i odmienne wartości mierzonych własności.

Wszystkie pomiary własności elektrycznych i akustycznych przeprowadzono w temperaturze 20°C.

2. WPŁYW PRZEMIAN PETROGRAFICZNYCH I STRUKTURALNYCH NA WŁASNOŚCI ELEKTRYCZNE WĘGLI ROW-u

Badane węgle wykazują zmienne wartości właściwej oporności elektrycznej. Związane to jest z budową petrograficzną i ze stopniem metamorfozy składników budujących węgle, a szczególnie ich orientacją w przestrzeni. W związku z tym węgle badano prostopadle i równoległe do uwarstwienia. W tabelicy 2 przedstawiono średnie wartości właściwej oporności elektrycznej dla wybranych kopalń. Z tabelicy tej wynika, że węgle wykazują właściwą oporność elektryczną od $1,2 \cdot 10^{10} \Omega m$ do $10,2 \cdot 10^{12} \Omega m$. Zróżnicowanie to związane jest ze stopniem uwęglenia materiału fitogenicznego. Badania nasze potwierdziły, że procesy uwęglenia wpływają na wartość właściwej oporności węgla. Typy technologiczne o wysokim uwęgleniu ujawniają oporność o jeden rząd niższą, co wskazywałoby iż węgle zostały przegrupowane z wielocząsteczkowych na małowcząsteczkowe polimery. W miarę wzrostu stopnia

Tablica 2

ŚREDNIE WARTOŚCI WŁAŚCIWEJ OPORNOŚCI ELEKTRYCZNEJ

Kopalnia i głębokość pobrania próbek	Właściwa oporność elektryczna, Ω m średnie wartości		
	orientacja prostopadła	orientacja równoległa	anizotropowość
ANNA 495-680 m	$6,3 \cdot 10^{11}$	$10,2 \cdot 10^{12}$	96,0
BORYNIA 588-713 m	$1,2 \cdot 10^{11}$	$2,0 \cdot 10^{10}$	10,0
CHWAŁOWICE 290-381 m	$2,1 \cdot 10^{12}$	$3,4 \cdot 10^{11}$	17,6
DEBIŃSKO 310-600 m	$2,5 \cdot 10^{11}$	$6,5 \cdot 10^{11}$	4,0
JANKOWICE 250-400 m	$4,7 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^{11}$	3,5
JASTRZĘBIE 380-500 m	$3,7 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^{11}$	13,3
MANIFEST LIPCOWY 700-705 m	$8,8 \cdot 10^{10}$	$5,9 \cdot 10^{11}$	52,0
MARCEL 400-900 m	$9,6 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^{10}$	7,3
MOSZCZENICA 354-360 m	$2,8 \cdot 10^{10}$	$7,3 \cdot 10^{11}$	4,5
1-MAJA 340-490 m	$2,6 \cdot 10^{10}$	$2,4 \cdot 10^{10}$	0,2
RYDUŁTOWY 290-679 m	$6,3 \cdot 10^{12}$	$6,7 \cdot 10^{11}$	56,3
RYMER 430-630 m	$1,2 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^{11}$	9,8

uwęglenia, struktura węgla zostaje bardziej uporządkowana. Wiadomo bowiem, że antracyt jest półprzewodnikiem i wykazuje wartości właściwej oporności rzędu od 10^2 do $10^3 \Omega$ m, a grafit jest przewodnikiem elektrycznym, przeto więc prawdopodobnie w miarę wzrostu stopnia uwęglenia następuje porządkowanie atomów C z utworzeniem siatki grafitoidalnej, co z kolei wywołuje wzrost przewodności elektrycznej (D.W. van Krevelen, J. Schuyer 1959).

Oprócz już opisanych w dużym skrócie czynników, niemały wpływ na elektryczne własności węgla wywiera ich struktura, tekstura i charakter wykształcenia macerałów oraz ich przestrzenne rozmieszczenie. Wpływ rodzaju i ilość substancji mineralnej oraz form morfologicznych poszczególnych macerałów na właściwą oporność elektryczną oraz względną przenikliwość elektryczną jest wyraźny. W tablicy 3 przedstawione zostały wartości stałej dielektrycznej zbadanej dla węgla z niektórych kopalń ROW.

Tablica 3

ŚREDNIE WARTOŚCI WZGLĘDNEJ PRZENIKLIWOŚCI DIELEKTRYCZNEJ

Kopalnie	Względna przenikliwość dielektryczna, ϵ_r		
	orientacja prostopadła do uwarstwienia	orientacja równoległa do uwarstwienia	anizotropowość
Anna	4,94	3,74	1,20 (24,0%)
Borynia	3,65	4,10	0,45 (12,0%)
Chwałowice	5,00	5,98	0,98 (20,0%)
Dębieńsko	4,80	3,50	1,30 (27,0%)
Jankowice	5,40	4,90	0,50 (9,0%)
Jastrzębie	6,90	3,50	3,40 (49,0%)
Manifest Lipcowy	5,40	4,10	1,30 (24,0%)
Marcel	5,30	3,00	2,30 (43,0%)
Moszczenica	6,40	5,30	1,10 (17,0%)
1-Maja	6,40	5,60	0,80 (13,0%)
Rydułtowy	3,20	3,90	0,70 (22,0%)
Rymer	4,99	3,50	1,49 (30,0%)

Jak wynika z tablicy, liczba stałej dielektrycznej węgla waha się od 3,20 do 6,90 przy orientacji prostopadłej, natomiast w orientacji równoległej od 3,00 do 5,98. Jak wynika z pomiarów, istnieje dla węgla dość wyraźna anizotropowość tej własności. Aby ustalić od czego zależy wartość ϵ_r przeprowadzono korelację między ilością macerałów grupy wityrynytu, a względną przenikalnością elektryczną. Stwierdzono, że istnieje pewna prostoliniowa zależność funkcyjna, a liczby korelacji r i regresji a wynoszą:

$$r = 0,208,$$

$$a = 1,63.$$

Równanie prostej regresji ma postać:

$$y_w = 1,63 x_{\epsilon_r} + 59,04$$

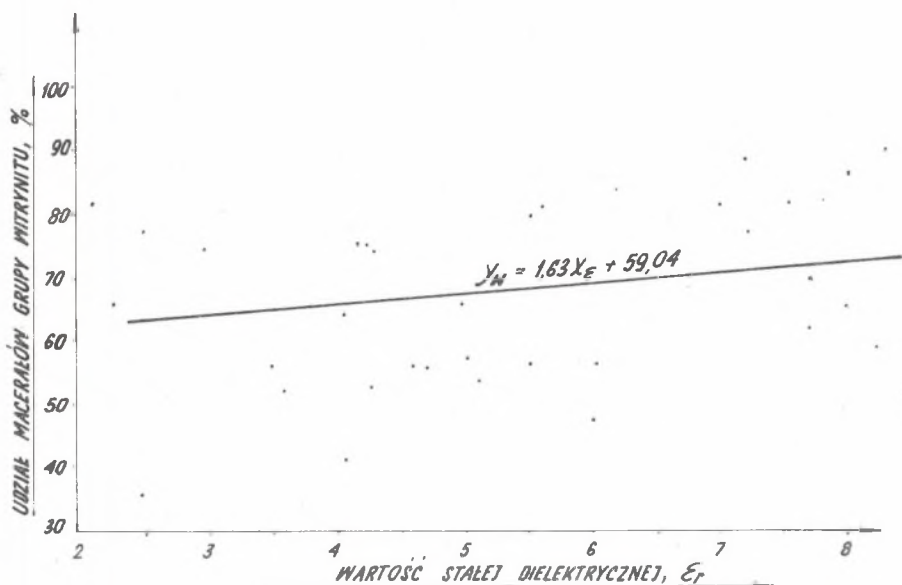
Na rys. 2 przedstawiono przebieg tej prostej, z której można wywnioskować, że w miarę wzrostu udziału procentowego macerałów grupy wityrynytu wzrasta wartość stałej dielektrycznej badanych węgla. Przeprowadzono również korelację między zawartością substancji mineralnej, a stałą dielektryczną. Liczby korelacji r i regresji a wynoszą:

$$r = 0,18,$$

$$a = 0,095,$$

natomiast równanie regresji ma postać:

$$y_M = 0,1 x_{\epsilon_r} + 0,61.$$

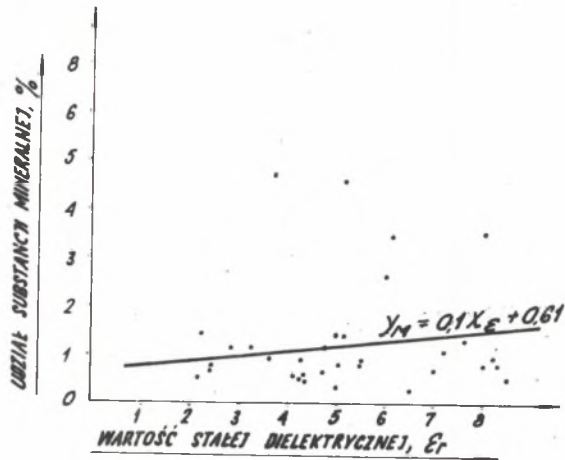


Rys. 2. Zależność stałej dielektrycznej od ilości witrynitów w węglach ROW

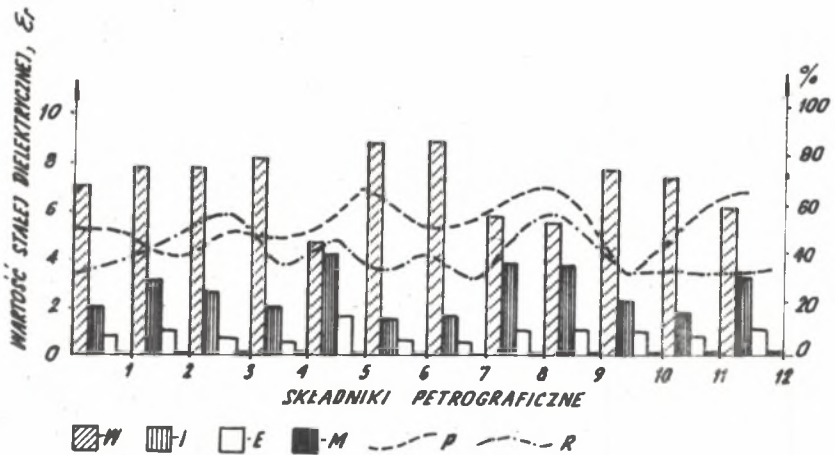
Z przebiegu tej prostej (rys. 3) można wywnioskować, że stała dielektryczna zależy od zawartości substancji mineralnej, a jej wartość liczbowo-wa wzrasta w miarę zwiększonego udziału substancji.

Rys. 4 (diagram) przedstawia zależność składu petrograficznego węgla poszczególnych kopalń od stałej dielektrycznej. Z diagramu tego wynika, że skład petrograficzny może wpływać na wartość stałej dielektrycznej, jak i na jej anizotropowość.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że zależność stałej dielektrycznej od ilości witrynitów w próbkach zarówno w kierunku prostopadłym, jak i równoległym od uwarstwienia jest na ogół niska. Przyczyną tej niskiej korelacji stałej dielektrycznej z ilością witrynitów w omawianych węglach może być fakt, że nie wzięto pod uwagę zawartości wilgoci w badanych węglach. Wpływ wilgoci na wartość ϵ_r zauważono m.in. w pracach (D.W. van Krevelen, J. Schuyer 1959, M.P. Tonkonogow 1975). Jest też prawdopodobne, że zależność ta może mieć charakter krzywoliniowy. Wydaje się, że wartość stałej dielektrycznej w głównej mierze zależy od procentowego udziału pierwiastka C. Ze względu na zawartość pierwiastka C, który w tym przypadku jest



Rys. 3. Zależność stałej dielektrycznej od zawartości substancji mineralnej w węglach ROW



Rys. 4. Diagram składu petrograficznego i anizotropowości stałej dielektrycznej węgla ROW

1 - Anna, 2 - Borynia, 3 - Chwałowice, 4 - Dębieńsko, 5 - Jankowice, 6 - Jastrzębie, 7 - Manifest Lipcowy, 8 - Marcel, 9 - Moszczenica, 10 - 1-Maja, 11 - Ryduktowy, 12 - Rymer, W - wityrynit, J - inertynit, E - egzynit, M - substancja mineralna, P - prostopadła orientacja próbki, R - równoległa orientacja próbki.

miarą uwęglenia, stała dielektryczna powinna zależeć od tej właściwości (uwęglenia). Węgłe wyżej uwęglone powinny charakteryzować się wyższymi wartościami ϵ_r .

3. WPŁYW PRZEMIAN PETROGRAFICZNYCH WĘGLI NA ICH WŁASNOŚCI AKUSTYCZNE

Materiał fitogeniczny przewodzi fale ultradźwiękowe w różny sposób. Fakt, że różne skały przewodzą fale ultradźwiękowe w różny sposób, wykorzystano te właściwości do badań akustycznych węgla. Zaprezentowane uprzednio stanowisko do pomiarów prędkości fali ultradźwiękowej nie różni się zasadniczo od innych używanych do pomiarów prędkości propagacji fali ultradźwiękowej w skałach (F.X. Cannaday, G.M. Leo 1966, R. Thill, I.R. Mc Williams, T.R. Bur 1968).

Tablica 4

ŚREDNIE WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW AKUSTYCZNYCH WĘGLI
W ODNIESIENIU DO ILOŚCI WITRYNITU I SUBSTANCJI MINERALNEJ

Kopalnia	Składniki petrograficzne %		Własności akustyczne			
			prędkość fali $V_p, \frac{m}{sek} \cdot 10^3$		tłumienie fali $\alpha, \frac{dB}{cm}$	
	Witrynit	Subst. mineralna	I	II	I	II
Anna	69,85	1,75	2,75	2,56	4,90	8,8
Borynia	61,63	0,90	3,15	2,95	21,2	32,6
Chwałowice	72,80	0,55	3,24	2,75	12,1	20,0
Dębieńsko	77,24	0,84	2,73	2,51	24,8	12,5
Jankowice	44,77	0,60	3,23	3,00	10,4	7,8
Jastrzębie	83,27	1,00	2,05	2,44	48,0	12,5
Manifest Lipcowy	84,95	0,48	2,64	2,43	26,5	33,5
Marcel	55,72	1,11	3,22	3,15	23,3	18,6
Moszczenica	54,57	2,63	2,41	2,29	9,3	36,6
Rydułtowy	69,12	0,58	3,53	3,10	6,1	9,8
Rymer	58,63	1,87	3,77	3,33	6,4	9,9

Średnie wartości prędkości fali podłużnej i tłumienia fali w nawiązaniu do zawartości witrynit i substancji mineralnej przedstawiono w tablicy 4. Z zestawienia tego wynika, że węgle o zawartości witrynit powyżej 80% cechują się mniej więcej stałą wartością rozchodzenia się fali ultradźwiękowej. Utrzymuje się ona dla kierunku prostopadłego od 2,05 do 2,64 m/s 10^3 , równoległego od 2,43 do 2,44 m/s 10^3 . Tłumienie fali ultradźwiękowej przy tej zawartości witrynit ujawnia się od 26,50 do 48,0 dB/cm, dla równoległego od 12,5 do 33,5 dB/cm.

Zależność między prędkością fali podłużnej, a zawartością witrynit ujęto korelacją. Wyprowadzone w tym względzie liczby korelacji i regresji

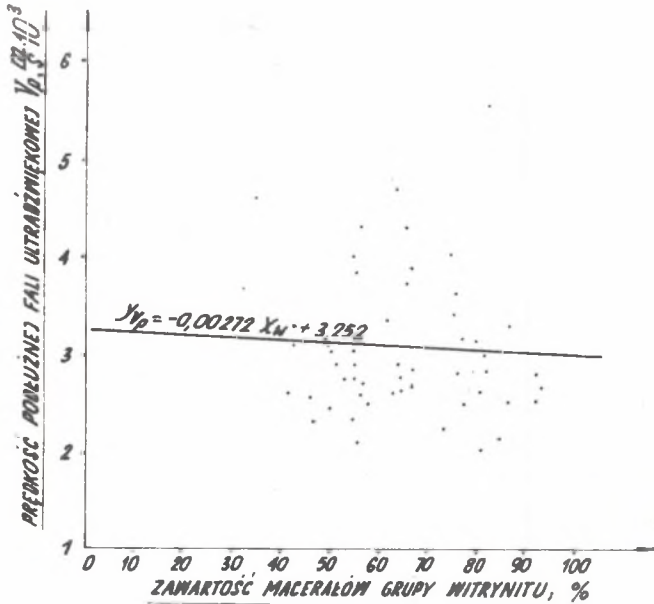
przedstawiają się następująco:

$$r = 0,178$$

$$a = - 0,00272$$

natomiast równanie prostej regresji ma postać:

$$y_{V_p} = - 0,00272 x_W + 3,252.$$



Rys. 5. Zależność prędkości fali ultradźwiękowej od ilościowego udziału wityrnytu w węglach ROW

Dla zobrazowania prostej regresji wykonano diagram (rys. 5), z którego wynika, że istnieje niezbyt wyraźna korelacja między tymi cechami.

Niemniej jednak, sytuacja punktów pomiarowych tych dwóch cech mogłaby wskazywać, że istnieje tutaj korelacja krzywoliniowa. Niskie są również w tym przypadku wyliczone wartości testu Fischera $-0,77$, co mogłoby potwierdzić istnienie korelacji krzywoliniowej z określonymi przedziałami istotności korelacji.

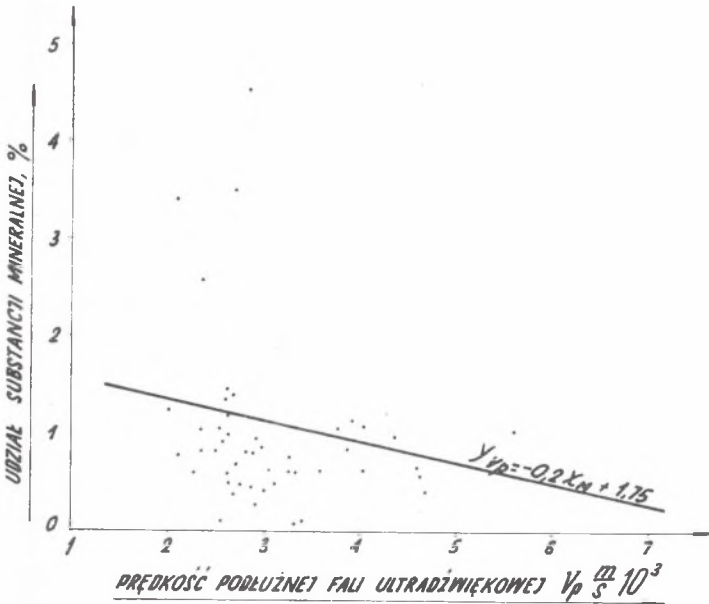
Przy bliższym badaniu związku funkcyjnego między składem petrograficznym, a prędkością przechodzenia fali ultradźwiękowej, wyprowadzono korelację między ilością substancji mineralnej, a prędkością fali. Zależność tę przedstawiono na rys. 6. Wyliczone liczby korelacji przedstawiają się następująco:

$$r = -0,12,$$

$$a = -0,20,$$

równanie prostej regresji ma postać

$$y_M = -0,20 x_{V_p} + 1,75.$$



Rys. 6. Zależność prędkości fali ultradźwiękowej od ilości substancji mineralnej w węglach ROW

Z równania tego wynika, że korelacja jest ujemna co świadczy o tym, że ze wzrostem ilości substancji mineralnej maleje prędkość rozchodzenia się fali. Zależność ta wydaje się być prawdziwa, ponieważ prędkość rozchodzenia się fali ultradźwiękowej w węglach jest niska, a tłumienie duże. Zatem, jeżeli jest dużo substancji mineralnej to prędkość fali ultradźwiękowej w węglach wzrasta.

Zależność tę potwierdzają współczynniki tłumienia fali. Wyprowadzona korelacja między tłumieniem fali ultradźwiękowej, a zawartością substancji mineralnej posiada następujące liczby korelacji i regresji:

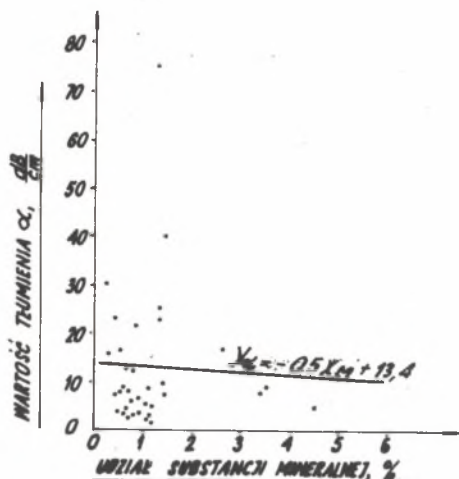
$$r = -0,05,$$

$$a = -0,50,$$

równanie ma postać:

$$y_{\alpha} = -0,50 x_M + 13,4.$$

Zależność tę przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Zależność wielkości tłumienia fali ultradźwiękowej od ilości substancji mineralnej w węglach ROW

Badania wykazały, że akustyczne własności węgla zależą od struktury, tekstury i budowy wewnętrznej poszczególnych macerałów budujących analizowane węgle. W badaniach tych stwierdzono, że węgle o znikomej zawartości wityryny przewodzą fale ultradźwiękowe znacznie różnicowanie niż węgle bogate w ten składnik. Poszczególne składniki petrograficzne, budujące węgle wywierają wpływ na własności sprężyste i w różny sposób oddziałują, zależnie od kierunku i siły przechodzenia fali ultradźwiękowej.

Przy wyjaśnieniu związku między budową petrograficzną węgla, a prędkością przejścia fali ultradźwiękowej nie można

zapomnieć o innych czynnikach wpływających na rozchodzenie się fali w materiale fitogenicznym.

Istotny wpływ na prędkość przejścia fali mogą mieć np. spękania i mikroszczeliny w węglu. Wyjaśnienie zachodzących tu związków jest zadaniem niełatwym, a przytoczone dane mogą być uznane za pierwszą analizę węgla ROW-u w tym zakresie.

4. WNIOSKI

1. Własności akustyczne i elektryczne węgla zależne są od stopnia uwęglenia.
2. Można zauważyć związek między elektryczną opornością właściwą, a składem petrograficznym i stopniem uwęglenia.
3. Względna przenikalność dielektryczna uzależniona jest zarówno od procentowej zawartości poszczególnych grup macerałów, jak i od zawartości substancji mineralnej.
4. Istotnym czynnikiem, od którego zależy prędkość propagacji fali ultradźwiękowej i jej tłumienie, jest skład petrograficzny węgla. Z wartości prędkości fali i jej tłumienia można w zasadzie wysnuć wnioski co do udziału substancji mineralnej.

5. Wstępne badania własności elektrycznych i akustycznych węgla pozwalają założyć, że przy szerszych i bardziej kompleksowych badaniach można będzie znaleźć właściwą zależność między własnościami elektrycznymi i akustycznymi, a technologicznym typem węgla i ich składem petrograficznym.

LITERATURA

- [1] Cannaday F.X., Leo G.M.: Piezoelectric pulsing equipment for sonic velocity measurements in rock samples from laboratory size to mine pillars. United States Departments of the Interior, Pittsburgh 1966.
- [2] Chmura K.: Własności fizykotermiczne skał niektórych polskich Zagłębi Górniczych. Wyd. Śląsk, Katowice, 1971.
- [3] Filipczyński L., Pawłowski Z., Wehr J.: Ultradźwiękowe metody badań materiałów. Warszawa 1963.
- [4] Krevelen van D.W., Schuyer J.: Węgiel. Chemia węgla i jego struktura. Państw. Wyd. Nauk. Warszawa 1959.
- [5] Thill R., Mc Williams J.R., Bur T.R.: An acoustical bench for an ultrasonic pulse system. United States Departments of the Interior, Pittsburgh 1968.
- [6] Tonkonogow M.P.: Dielektrическая релаксация электрических пробой и возбуждение горных пород. Изд. Недра, Москва 1975.

АКУСТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕЙ
ИЗ НЕКОТОРЫХ ШАХТ РЫБНИЦКОГО УГОЛЬНОГО РАЙОНА (ГУР)

Резюме

В статье представлены результаты исследований некоторых акустических и электрических свойств углей из ГУР. Поданы численные значения этих свойств и функциональное соотношение, а также сделаны выводы относительно вариантности углей в аспекте диэлектрической проницаемости распространения ультразвуковой волны на основе петрографического характера углей, взятых из 12 шахт Рыбницкого угольного района.

ACOUSTIC AND ELASTIC PROPERTIES OF COALS
FROM SOME ROW COLLIERIES

S u m m a r y

In the paper the results of investigations of some electric and acoustic coal properties from the ROW coal-basin have been presented.

The number values of these properties, and their functional relations were given, and conclusions were drawn concerning variability of coals under aspect of dielectric penetrating power of ultrasound wave propagation against the background of petrographic characteristics of coals coming from 12 coal-mines in the ROW coal-basin.