

Teresa ADAMCZAK-BIAŁY

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI OTWOROWEJ

CEL WYKONANYCH BADAŃ

Przedstawiony opis pomiarów w zakresie geofizyki otworowej i ich wyników wykonano na podstawie „Dokumentacji geologicznej wynikowej otworu strukturalno-parametrycznego Goczałkowice IG-1” (Kotas, Rózkowski, 1973a) oraz zbiorów scyfrowanych danych pomiarowych znajdujących się w zasobach Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG).

Badania geofizyczne w otworze Goczałkowice IG 1 zrealizowano w okresie od 7.12.1970 r. do 17.03.1972 r. Wykonawcą pomiarów był Dział Geofizyki Przedsiębiorstwa Geologicznego w Katowicach. Pomiary akustyczne w dniu

10.03.1972 r. przeprowadziło Przedsiębiorstwo Geofizyki Górnictwa Naftowego (PGGN) z Torunia. Grupa pomiarowa PGGN z Torunia wykonała również badania jakości zacementowania rur metodą akustyczną.

Celem badań geofizycznych wykonanych w otworze Goczałkowice IG 1 było:

- określenie stanu technicznego otworu,
- określenie litologii przewierconych utworów,
- wydzielenie warstw o właściwościach kolektorskich,
- ocena jakościowa i ilościowa poziomów o właściwościach zbiornikowych.

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Pomiary geofizyki otworowej zrealizowano w interwale głęb. 0,0–3352,0 m w postaci dziewięciu odcinków pomiarowych. Ze względu na częste awarie wiertnicze w latach 70. XX w. pomiary wykonywano w odcinkach nie dłuższych niż 300–400 m. Czas realizacji badań geofizycznych w otworze, w zależności od głębokości badanego odcinka profilu (a także od liczby i charakteru awarii technicznych), wynosił od kilkunastu do kilkudziesięciu godzin.

Badania przeprowadzono przy użyciu aparatury analogowej produkcji radzieckiej typu AKS/L64. Profilowanie akustyczne zrealizowano za pomocą sondy ŁAK-2. Pomiary radiometryczne wykonano niekalibrowaną, dwukanałową sondą SP-62 produkcji radzieckiej. Umożliwiała ona równoczesną realizację pomiaru metodą PG (profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma) oraz PNG (profilowanie gamma z wychwytu radiacyjnego neutronów termicznych). Profilowania radiometryczne wykonywano sondami o swobodnym, niecentralizowanym położeniu w przekroju otworu wiertniczego.

W zakres prac w otworze wiertniczym Goczałkowice IG 1 weszły badania stanu technicznego otworu (PK – profilo-

wanie krzywizny otworu, PŚr – profilowanie średnicy) oraz badania wykonane metodami:

- radiometrycznymi (PG – profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma, PNG – profilowanie neutron-gamma, PGG – profilowanie gamma-gamma gęstościowe),
- elektrometrycznymi (PO – profilowanie oporności, mPO – mikroprofilowanie oporności, POst – profilowanie oporności sterowane, PS – profilowanie potencjałów naturalnych),
- akustycznymi (PA – profilowanie akustyczne, PAc – profilowanie cementomierzem akustycznym),
- termometrycznymi (PT – profilowanie temperatury przy nieustalonej równowadze termicznej, PTu – profilowanie temperaturowe przy ustalonej równowadze termicznej, BHT – pomiar temperatury na dnie otworu).

W tabeli 15 zaprezentowano dokładne interwały głębokościowe wykonanych profilowań geofizyki otworowej (wg spisu wykonanych badań z dokumentacji wynikowej [Kotas, Rózkowski, 1973a] i informacji zamieszczonych na

stronie CBDG) wraz z datą ich wykonania oraz głębokością i średnicą otworu podczas realizacji pomiarów. Pogrubioną czcionką oznaczono profilowania, które są dostępne w CBDG w wersji cyfrowej, pozostałe – w Narodowym Archiwum Geologicznym PIG-PIB jedynie w formie papierowej.

Ograniczony asortyment badań geofizycznych wykonanych w otworze Goczałkowice IG 1 oraz ich jakość zdecydowanie odbiegają od obecnie realizowanych zestawów po-

miarów geofizyki wiertniczej i standardu ich jakości. Badania realizowane w latach 70. XX w., a także istniejące w tym czasie możliwości sprzętowe, umożliwiały rozpoznanie profilu wiercenia jedynie w ograniczonym zakresie. Dotyczy to zwłaszcza pomiarów radiometrycznych, które miały fundamentalne znaczenie dla rozpoznania profilu litologicznego oraz do oceny właściwości petrofizycznych skał przewierconego ośrodka.

Tabela 15

Wykaz badań geofizyki otworowej wykonanych w otworze wiertniczym Goczałkowice IG 1

List of well logs from the Goczałkowice IG 1 borehole

Data badań Date of measurement	Rodzaj pomiaru (skrót) Type of measurement (abbreviated)	Interwał głębokościowy pomiaru [m] Depth interval		Głębokość otworu podczas wykonywania pomiarów [m] Borehole depth during measurements	Średnica otworu [mm] Caliper
		od from	do to		
1	2	3	4	5	6
7–8.12.1970	PK	0,00	612,00	612,80	308,00
	PŚr	76,00	602,00		
	PG	2,00	607,00		
	PNG	3,50	607,00		
	PGG	380,50	608,00		
	PO (B2.5A0.25B)	84,00	607,00		
	PO (B1.0A0.1M)	380,00	608,00		
	PO (M2.5A0.25B)	83,50	607,00		
	PS	95,50	604,00		
	gradPS	380,50	608,00		
	PT	3,00	604,00		
	BHT				
30–31.12.1970 i 2–3.01.1971	PK	606,00	1149,00	1168,00	308,00
	PŚr	96,00	1150,00		
	PŚr	565,00	1149,00		
	PG	565,00	1150,00		
	PNG	570,50	1149,00		
	PGG	782,00	1150,00		
	POpl	564,00	944,00		
	SO (5 x PO)	571,00	944,00		
	PO (M2.5A0.25B)	96,00	1146,00		
	PO (B2.5A0.25M)	571,50	1149,00		
	PO (B1.0A0.1M)	569,00	1163,00		
	mPO	570,00	930,00		
	PS	96,00	1150,00		
	PS	570,00	1149,00		
	gradPS	565,00	1163,00		

Tabela 15 cd.

1	2	3	4	5	6
4–8.02.1971	PK	1143,00	1498,00	1499,30	308,00
	PŚr	96,00	1493,00		
	PŚr	1102,50	1486,50		
	PG	1064,50	1499,00		
	PNG	1120,50	1496,00		
	PGG	1102,00	1494,00		
	POpl	1130,00	1457,00		
	SO (5 x PO)	1121,00	1492,00		
	PO (B2.5A0.25M)	1121,00	1494,00		
	POst	1120,00	1491,00		
	mPO	1120,00	1492,00		
	gradPS	1059,00	1493,00		
	PT	39,00	1500,00		
	BHT				
22–23.03.1971	PK	1492,00	1815,00	1818,00	216,00
	PŚr	1475,50	1806,00		
	PG	1444,50	1815,00		
	PNG	1446,00	1818,50		
	POpl	1492,00	1816,00		
	SO (5 x PO)	1491,00	1814,00		
	PO (B2.5A0.25M)	1463,00	1815,00		
	POst	1455,50	1816,00		
	PS	1491,00	1813,00		
	PT	1476,50	1809,00		
	PS	1491,00	1816,00		
	BHT				
26–28.04.1971	PK	1800,00	2124,00	2128,10	216,00
	PŚr	1491,00	2125,00		
	PŚr	1779,50	2125,00		
	PG	1780,00	2125,00		
	PNG	1779,50	2125,00		
	POpl	1737,50	2121,00		
	SO (5 x PO)	1752,00	2123,00		
	PO (B2.5A0.25M)	1781,00	2129,00		
	POst	1779,00	2126,00		
	mPO	1780,00	2125,00		
	PS	1779,50	2127,00		
	PT	1780,00	2127,00		
	BHT				

Tabela 15 cd.

1	2	3	4	5	6
24–27.05.1971	PK	2118,00	2432,00	2433,00	216,00
	PŚr	1491,00	2427,00		
	PŚr	2076,00	2426,00		
	PG	2090,50	2429,00		
	PNG	2091,00	2429,00		
	POpl	2092,00	2427,00		
	SO (6 x PO)	1491,00	2425,00		
	SO (6 x PO)	2090,50	2428,00		
	PO (B2.5A0.25M)	1491,00	2425,00		
	PO (B2.5A0.25M)	2092,00	2429,00		
	mPO	2095,00	2427,00		
	PS	1491,00	2427,00		
	PS	2092,00	2425,00		
	BHT				
6-9.07.1971	PK	2426,00	2747,00	2749,00	216,00
	PŚr	1491,00	2745,00		
	PŚr	2393,50	2744,00		
	PG	2390,50	2746,00		
	PNG	2391,00	2746,50		
	POpl	2397,00	2736,50		
	PO (B2.5A0.25M)	2391,00	2747,00		
	SO (6 x PO)	1491,00	2745,00		
	SO (6 x PO)	2391,00	2742,00		
	mPO	2390,00	2744,00		
	BHT				
	12-15.10.1971	PK	2738,00		
PŚr		1491,00	3035,00		
PŚr		2711,00	3034,50		
PG		2711,00	3038,50		
PNG		2710,00	3039,00		
POpl		2713,00	3039,00		
SO (6 x PO)		2710,00	3044,00		
PO (B2.5A0.25M)		2711,50	3044,50		
mPO		2715,00	3033,00		
PS		2711,00	3031,00		
BHT					
7–17.03.1972	PK	3034,00	3352,00	3353,50	216,00
	PŚr	1491,00	3348,00		
	PŚr	3001,00	3349,00		

Tabela 15 cd.

1	2	3	4	5	6
cd. 7–17.03.1972	PG	2996,00	3352,00	cd. 3353,50	cd. 216,00
	PNG	2996,00	3354,50		
	POpl	3006,00	3349,00		
	PO (B2.5A0.25M)	3001,50	3348,00		
	SO (6 x PO)	1491,00	3352,00		
	SO (6 x PO)	3001,00	3350,00		
	PS	1491,00	3330,00		
	PS	2996,00	3328,00		
	mPO	3000,00	3352,00		
	PA	1480,00	3353,00		
	PTu	3,00	3060,50		
	BHT				
12.05.1972	PAC	1000,00	3090,00	3353,00	–

PK – profilowanie krzywizny otworu, PŚr – profilowanie średnicy otworu, PG – profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma, PNG – profilowanie neutron-gamma, PGG – profilowanie gamma-gamma gęstościowe, POpl – profilowanie oporności płuczki, PO – profilowanie oporności, SO – sondowanie oporności, POst – sterowane profilowanie oporności, mPO – mikroprofilowanie oporności, PS – profilowanie potencjałów naturalnych, PA – profilowanie akustyczne, PAC – profilowanie cementomierzem akustycznym, PT – profilowanie temperatury w warunkach niestabilizowanych, PTu – profilowanie temperatury w ustalonych warunkach termicznych, BHT – pomiar temperatury maksymalnej. Pogrubiono czcionkę w przypadku profilowań dostępnych w formie cyfrowej.

PK – deviation log, PŚr – caliper, PG – gamma ray log, PNG – neutron-gamma ray log, PGG – density log, POpl – mud resistivity log, PO – conventional electrical log, SO – set of resistivity measurement, POst – laterolog, mPO – micro resistivity log, PS – spontaneous potential log, PA – sonic log, PAC – cement bond log, PT – temperature log in unstable conditions, PTu – temperature log in stable conditions, BHT – temperature measurement by a maximum thermometer. The font has been bolded in the case of digitalized curves.

DIGITALIZACJA I NORMALIZACJA PROFILOWAŃ GEOFIZYCZNYCH

Rezultaty pomiarów geofizyki otworowej zarejestrowano w formie analogowej w podstawowej skali głębokościowej 1:500. Badania dla celów złożowych oraz sterowane profilowanie oporności i mikroprofilowanie oporności zarejestrowano w skali 1:200, a pomiary detalizacyjne – w skali 1:50.

Część badań, obejmujących pomiary radiometryczne, wybrane elektrometryczne i techniczne, w późniejszych latach zdigitalizowano. Rezultaty cyfrowania danych pomiarowych zapisane w plikach w formacie LAS (Log ASCII Standard) znajdują się w CBDG (nr identyfikacyjny otworu Goczałkowice IG 1 w CBDG to 110742).

W ramach prac interpretacyjnych przeprowadzonych w PIG-PIB w latach 90. XX w., a związanych z wprowadzeniem wyników badań geofizyki otworowej do CBDG, pomiary radiometryczne, tj. profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG) oraz profilowanie neutron-gamma (PNG), unormowano oraz połączono w obrębie

całego profilu otworu Goczałkowice IG 1. Zastosowana metodyka normowania, standaryzacji profilowań radiometrycznych została opisana w pracach Szewczyka, 1998, 2000. W Centralnej Bazie Danych Geologicznych zamieszczono zarówno źródłowe nieprzetworzone profilowania geofizyki otworowej uzyskane w trakcie badań odcinkowych, jak i dane unormowane i połączone dla całego profilu badanego otworu (ang. *composite logs*).

Znormalizowane i połączone wyniki profilowania gamma oraz profilowania neutron-gamma dla całego profilu otworu Goczałkowice IG 1 przedstawiono na [figurze 31](#). Zaprezentowano na niej również zgeneralizowany profil stratygraficzny oraz profilowanie średnicy otworu wiertniczego z oznaczonymi za pomocą strzałek głębokościami łączenia poszczególnych odcinków badań. Na figurze zamieszczono także jedno z profilowań elektrometrycznych, tj. profilowanie oporności wykonane sondą EN10 (B2.5A0.25M).

OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

W trakcie wykonywania wiercenia oraz po jego zakończeniu Przedsiębiorstwo Geologiczne w Katowicach przeprowadziło prace interpretacyjne uzyskanych wyników pomiarów. Na tej podstawie w 1973 r. Przedsiębiorstwo wykonało „Dokumentację końcową badań geofizycznych – odwiert Goczałkowice IG-1”, która została włączona do

„Dokumentacji geologicznej wynikowej otworu strukturalno-parametrycznego Goczałkowice IG-1” (Kotas, Rózkowski, 1973a) opracowanej w istniejącej wówczas Pracowni Geologii Złóż oraz Samodzielnej Pracowni Hydrogeologii Oddziału Górnośląskiego Instytutu Geologicznego w Sosnowcu.

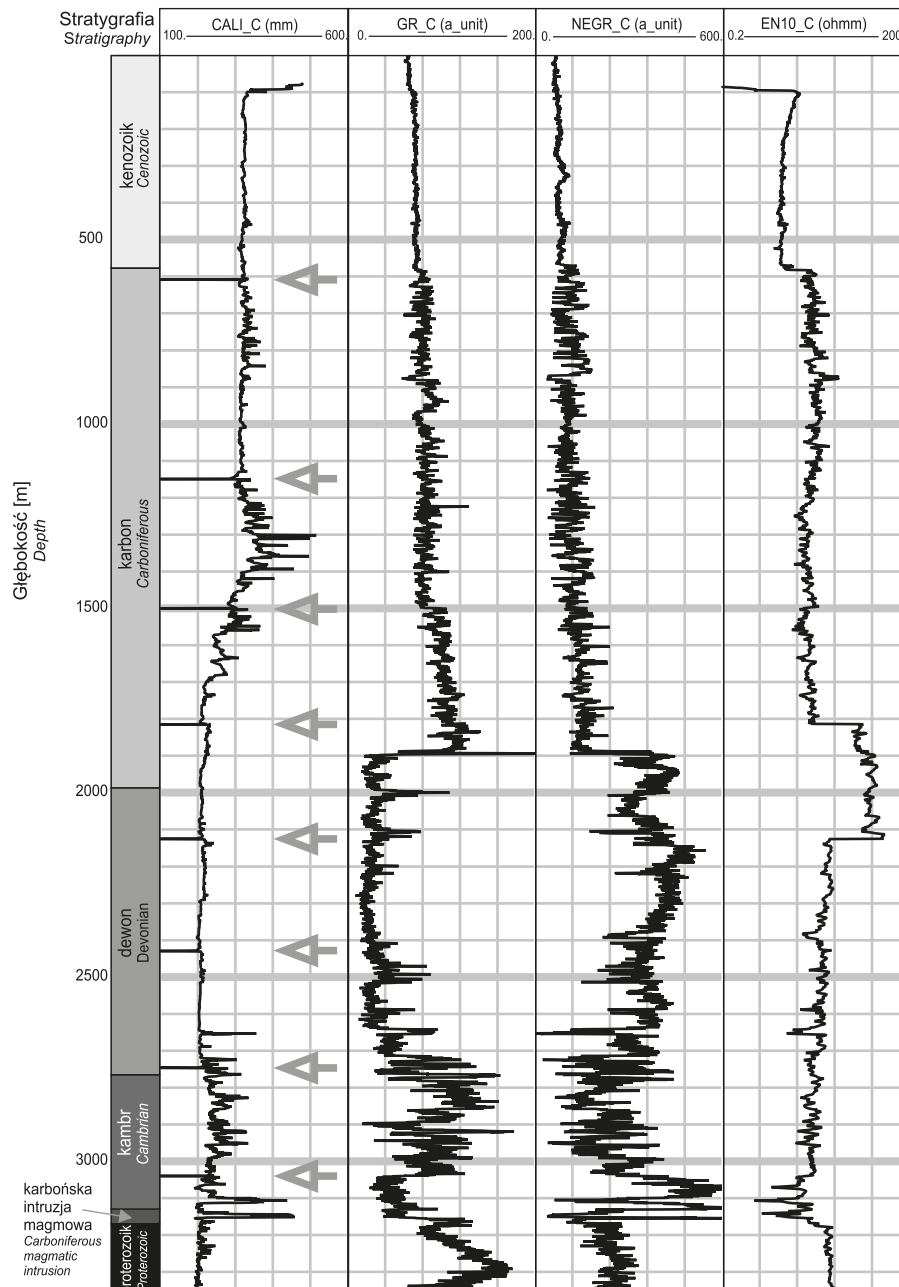


Fig. 31. Prezentacja profilowania średnicy (CALI_C) (strzałkami zaznaczono miejsca połączeń odcinków pomiarowych), unormowanego profilowania gamma (GR_C), profilowania neutron-gamma (NEGR_C) oraz profilowania oporności o krótkim zasięgu radialnym (EN10_C)

Display of caliper log (CALI_C) (arrows indicate connection points between individual log runs), normalized natural gamma ray log (GR_C), neutron-gamma ray log (NEGR_C) and conventional gradient resistivity log (shallow) (EN10_C)

STAN TECHNICZNY OTWORU

Stan techniczny otworu określono na podstawie wyników profilowania średnicy otworu (PŚr), pomiarów jego krzywizny (PK) oraz profilowania akustycznego (PAc) (ocena jakości zacementowania rur).

W pierwszym odcinku pomiarowym, do głęb. ok. 600 m, przy średnicy nominalnej wynoszącej 308 mm, średnica rzeczywista otworu oscyluje wokół średnicy nominalnej.

W drugim odcinku badań, w interwale głęb. 600–1210 m, średnica mierzy ok. 330 mm. Jedynie dla kilku warstw iłowców z tego interwału głębokości krzywa PŚr rejestruje wartości do 410 mm.

W trzecim odcinku pomiarowym, również wierconym narzędziami o średnicy nominalnej równej 308 mm, w przedziale głęb. 1210–1400 m, zarejestrowano zwiększenie średnicy do 370 mm (miejscami do 560 mm). Zmniejszenie średnicy obserwuje się na odcinku głęb. 1400–1491 m.

W czwartym odcinku badań, w interwale głęb. 1491–1560 m, występuje znaczne skawernowanie otworu i przy średnicy nominalnej 216 mm krzywa PŚr rejestruje wartości ok. 305 mm. Poniżej głęb. 1560 m średnica rzeczywista wynosi ok. 250 mm i jest zwiększona jedynie w iłowcach.

W kolejnych odcinkach pomiarowych, wierconych narzędziami o średnicy nominalnej równej 216 mm, w przedziale głęb. 1780–2651 m rejestruje się średnicę zbliżoną do nominalnej. Na odcinkach: 2651–2655 m średnica osiąga wartość do 350 mm, 2720–2767 m – ok. 300 mm, 2767–2818 m – ok. 240 mm, 2816–2860 m – ok. 275 mm, 2860–2882 m – ok. 235 mm, 2882–2950 m – ok. 290 mm. Znacz-

ne powiększenie średnicy do ok. 375 mm obserwuje się na krzywej PŚr w interwale głęb. 2950–2955 m. Na odcinku 2955–3100 m zarejestrowano średnicę ok. 240 mm. Poniżej obserwuje się średnicę zbliżoną do nominalnej (216 mm). Jedynie w interwale głęb. 3137,5–3152,5 m na krzywej PŚr obserwuje się powiększenie średnicy do 440 mm.

Pomiary krzywizny otworu (PK) zrealizowano jako jedną z metod badawczych podczas wykonywania odcinkowych badań geofizycznych. Krok pomiarowy profilowania krzywizny otworu wynosił 25 m.

Na odcinku od powierzchni ziemi do głęb. 100 m otwór jest pionowy, skrzywienie wynosi 0°. Średni kąt skrzywienia w głębszych interwałach pomiarowych określono następująco:

- 100–400 m, kąt skrzywienia 1° pod azymutem 320°,
- 400–600 m, kąt skrzywienia 1°30' pod azymutem 325°,
- 600–625 m, kąt skrzywienia 0°45' pod azymutem 175°,
- 625–800 m, kąt skrzywienia 1°30' pod azymutem 225°,
- 800–1100 m, kąt skrzywienia 2°30' pod azymutem 225°,
- 1100–1200 m, kąt skrzywienia 4° pod azymutem 190°,
- 1200–1500 m, kąt skrzywienia 3° pod azymutem 192°,
- 1500–1800 m, kąt skrzywienia 4° pod azymutem 170°,
- 1800–1875 m, kąt skrzywienia 5° pod azymutem 175°,
- 1875–1945 m, kąt skrzywienia 4°30' pod azymutem 175°,
- 1945–2200 m, kąt skrzywienia 3° pod azymutem 175°,
- poniżej głęb. 2200 m, kąt skrzywienia 2° pod azymutem 180°.

Całkowite odejście spągu otworu od pionu wynosi 120,5 m pod azymutem 186°.

OCENA POZIOMÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH ZBIORNIKOWYCH

W dokumentacji wynikowej otworu Goczałkowice IG 1 (Kotas, Rózkowski, 1973a) dostępne są rezultaty interpretacji jakościowej i ilościowej przewierconych utworów. Prace interpretacyjne pomiarów geofizyki otworowej umożliwiły ocenę właściwości zbiornikowych utworów karbonu, dewonu i kambru obecnych w profilu otworu.

Korzystnymi wartościami porowatości charakteryzują się piaskowce występujące w stropie karbonu (westfal A, głęb. 582,5–714,8 m). Określone dla nich wartości porowatości wynoszą 16–20%. W trakcie prac interpretacyjnych uznano jednak, że horyzont ten jest zawodniony, a tym samym nieperspektywny pod względem możliwości akumulacji węglowodorów. Podobną ocenę właściwości zbiornikowych uzyskano dla poziomu piaskowców wydzielonego na głęb. 1421,0–1430,5 m w obrębie utworów serpuchołu (głęb. 880,8–1563,0 m). Określona dla nich średnia

porowatość wynosi 9,5%, ale horyzont z nimi związany uznano za zawodniony.

W obrębie zwięzłych skał węglanowych dewonu górnego zidentyfikowano poziom o interesujących właściwościach kolektorskich w przedziale głęb. 2021,5–2063,5 m. Porowatość określona dla utworów z tego interwału głębokościowego jest rzędu 5%. Podobnymi wartościami porowatości (rzędu 5–8%) charakteryzują się piaskowce i zlepieńce dewonu dolnego (głęb. 2724,0–2765,0 m) i kambru (głęb. 2765,0–3129,2 m). Pozytywne dla możliwości występowania nagromadzeń węglowodorów wskazania wyników interpretacji badań geofizyki otworowej nie zostały jednak potwierdzone wykonanymi opróbowaniami tych poziomów. Dlatego też skały nawiercone w otworze Goczałkowice IG 1 uznano za nieperspektywne dla możliwości akumulacji węglowodorów.