

*Jan Macuda\*, Ludwik Zawisza\**

## WYSTĘPOWANIE METANU W POKŁADACH WĘGLA BRUNATNEGO

---

### 1. Wstęp

Znaczna część naturalnych procesów chemicznych w skorupie ziemskiej zachodzi z wydzieleniem się gazów. Procesy powstawania w skorupie ziemskiej węgla i ropy naftowej zachodziły lokalnie i wymagały dla swej realizacji specyficznych warunków.

Rodzaj, ilość i skład gazów powstających w procesie uwęglenia zależał od szeregu czynników, w szczególności od: typu genetycznego substancji wyjściowej, sposobu i warunków jej nagromadzenia, temperatury, ciśnienia oraz czasu geologicznego.

Gazoność pokładów węgla zależy od [1, 3]:

- ciśnienia złożowego gazu,
- składu gazu,
- składu petrograficznego i stopnia uwęglenia węgla,
- zawartości wody,
- temperatury złożowej.

Istotną rolę odgrywają w konkretnych przypadkach warunki geologiczne, a w szczególności grubość i szczelność nadkładu spoczywającego na karbonie produktywnym oraz występowanie uskoków.

### 2. Metodyka wykonania badań laboratoryjnych próbek węgla na zawartość metanu

Dla określenia metaności aktualnie eksploatowanych węgla brunatnych w kopalniach węgla brunatnego „Bełchatów”, „Adamów”, „Turów” i „Konin” do badań laboratoryjnych pobrano dwadzieścia próbek węgla, po pięć z każdej z kopalń [7].

---

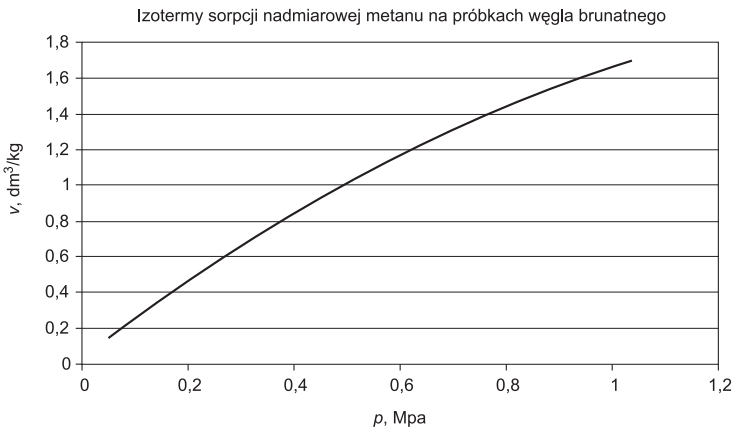
\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Miejsca poboru próbek węgla zostały dobrane w taki sposób, aby odzwierciedlały występujące różnice w ich wykształceniu petrograficznym.

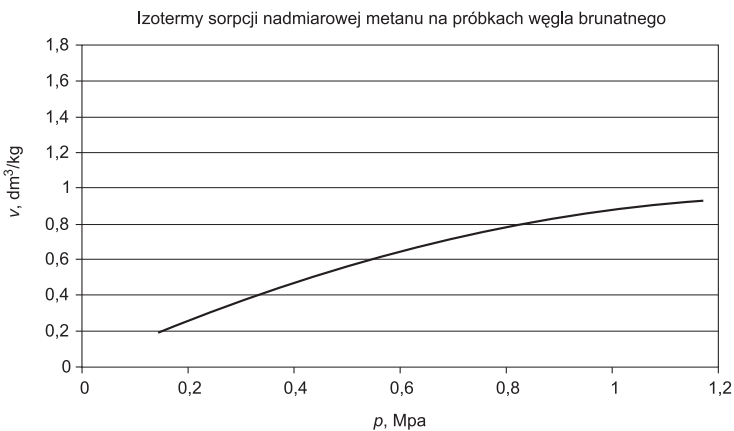
Pobrane do badań próbki węgla były transportowane bezpośrednio do specjalistycznego laboratorium Wydziału Paliw i Energii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, w którym przeprowadzono badania metanojemności.

W oparciu o specjalnie do tego celu opracowaną metodykę badań oraz przy wykorzystaniu specjalistycznej aparatury wykonał zespół prof. A. Nodzeńskiego badania sorpcji i desorpcji gazów (par) przy podwyższonych ciśnieniach, z jednoczesnym pomiarem zmian temperatury badanej próbki węgla [4, 7].

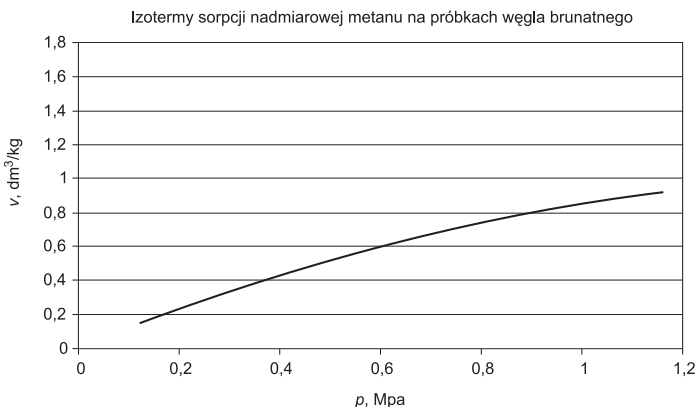
Na rysunkach 1–4 przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań dla poszczególnych kopalń przedstawiających zależność sorpcji metanu od ciśnienia, która pozwalała na ocenę potencjalnej pojemności magazynowej dla metanu.



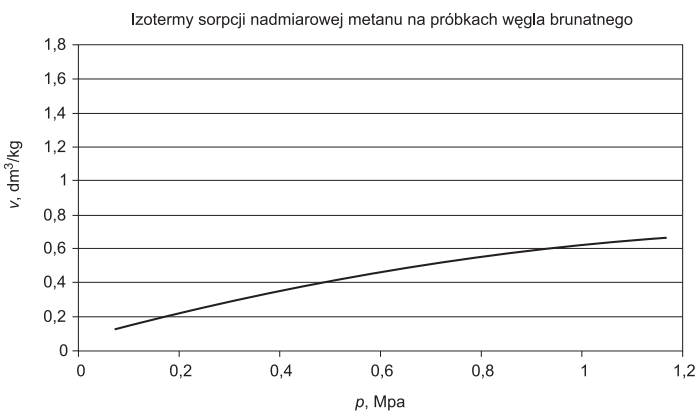
**Rys. 1.** Zależność sorpcji metanu od ciśnienia — KWB „Bełchatów”



**Rys. 2.** Zależność sorpcji metanu od ciśnienia — KWB „Adamów”



**Rys. 3.** Zależność sorpcji metanu od ciśnienia — KWB „Turów”



**Rys. 4.** Zależność sorpcji metanu od ciśnienia — KWB „Konin”

### 3. Obliczenie zasobów metanu w analizowanych złożach węgla brunatnego

Zastosowana w pracy metodyka obliczania zasobów metanu w węglu brunatnym opiera się na następującym wzorze:

$$Q_{mi} = w_T \times (\bar{G}_i - \bar{G}_r) \times \sum_{i=1}^n Q_{w_i} \times w_{i_1} \times w_{i_2} \quad (1)$$

gdzie:

- $Q_m$  — zasoby metanu sorbowanego,  $m^3$ ;
- $w_T$  — współczynnik przeliczeniowy objętości gazu w warunkach standardowych ( $20^\circ C$ ;  $0,101$  MPa) na warunki normalne ( $0^\circ C$ ;  $0,101$  MPa);
- $\bar{G}$  — średnia metanonośność całkowita (rzeczywista),  $m^3/Mg$  c.s.w.;
- $\bar{G}_r$  — metanonośność reszkowa,  $m^3/Mg$  c.s.w.;

- $i$  — oznaczenie poziomu obliczeniowego;
- $Q_w$  — zasoby geologiczne węgla w obrębie okonturowanej strefy złożowej;
- $w_1$  — współczynnik zwiększający z tytułu nieudokumentowanych pokładów węgla;
- $w_2$  — współczynnik zmniejszający z tytułu zawilgocenia i zapozielenia węgla.

Metanonośność potencjalna  $G_p$  jest to całkowita, maksymalna objętość metanu, która może znajdować się w węglu w danych warunkach ciśnienia i temperatury. Metanonośność potencjalną można wyznaczyć, dla określonych warunków złożowych, z krzywych sorpcji metanu w funkcji ciśnienia (rys. 1–4). Na wielkość metanonośności potencjalnej ma wpływ stopień przeobrażenia (uwęglenia) substancji węglowej oraz struktura przestrzeni porowej w węglu.

Metanonośność rzeczywista  $G$  jest to objętość metanu, która znajduje się w określonym pokładzie węgla, w określonych warunkach ciśnienia i temperatury, przy uwzględnieniu desorpcji. Wartość metanonośności rzeczywistej jest zdecydowanie niższa od wartości metanonośności potencjalnej.

Najistotniejszymi czynnikami mającymi wpływ na wielkość (spadek) metanonośności rzeczywistej są:

- miąższość i litologia (szczelność) skał występujących nad serią węglonośną,
- stopień przeobrażenia substancji węglowej,
- zmienność litologiczna serii węglonośnej,
- tektonika uskokowa występująca w obrębie serii złożowej,
- odwodnienie serii złożowej,
- odprężenie złoża w wyniku eksploatacji.

Metanonośność rzeczywistą można obliczyć na podstawie metanonośności potencjalnej za pomocą wzoru

$$G = k \times G_p \quad (2)$$

gdzie:

- $G_p$  — metanonośność potencjalna,  $\text{m}^3/\text{Mg}$  c.s.w.;
- $G$  — metanonośność rzeczywista (całkowita),  $\text{m}^3/\text{Mg}$  c.s.w.;
- $k$  — współczynnik proporcjonalności, który może być wyznaczany eksperymentalnie dla danego złoża, w ułamku jednośc.

W celu obliczenia zasobów metanu sorbowanego w węglu brunatnym niezbędne jest również określenie tzw. metanonośności resztkowej określającej niedesorbowalną część metanonośności. Metanonośność resztkowa  $G_r$  jest to objętość metanu, która pozostała w zde-sorbowanej próbce węgla w warunkach normalnych ( $p = 0,101$  MPa), zatem to ilość gazu całkowitego, która nie może być w sposób efektywny odzyskana. Metanonośność resztkową można wyznaczyć z krzywej sorpcji metanu w funkcji ciśnienia (rys. 1–4), przyjmując ciśnienie równe  $p = 0,101$  MPa (dla warunków normalnych).

Współczynnik  $w_2$  przyjęto w oparciu o dane literaturowe w wartości  $w_2 = 0,82$ , natomiast współczynnik  $w_1$  przyjęto równy 1. Współczynniki przyjęte do obliczeń oraz wyliczone zasoby metanu w pokładach węgla brunatnego zestawiono w tabeli 1 [7].

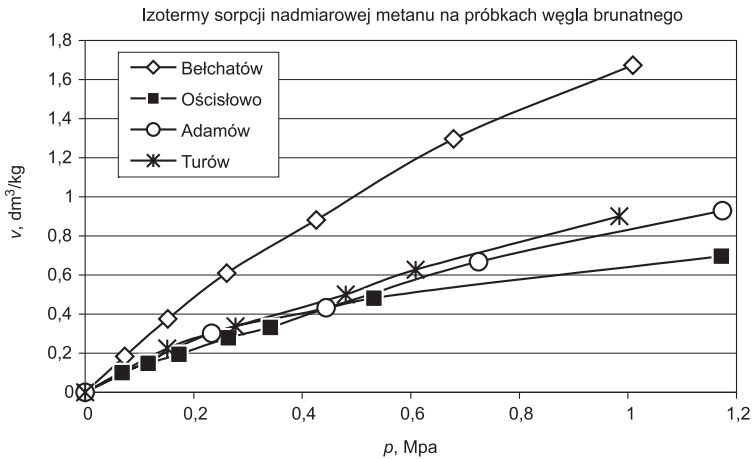
TABELA 1  
Zestawienie wyliczonych zasobów metanu w pokładach węgla brunatnego KWB „Bełchatów”, KWB „Adamów”,  
KWB „Turów” i KWB „Konin” — wg stanu na 31.12.2005 r. [7]

Złoże	Średnia głębokość zalegania złoża, m	Metanonośność potencjalna $G_p$ , m <sup>3</sup> /Mg c.s.w.	Metanonośność całkowita (rzeczywista), $G$ , m <sup>3</sup> /Mg c.s.w.	Metanonośność resztkowa $G_r$ , m <sup>3</sup> /Mg c.s.w.	Zasoby przemysłowe węgla $Q_{pr}$ , mln Mg	$w_1$	$w_2$	Zasoby metanu $Q_{em}$ , mln m <sup>3</sup>
KWB „Bełchatów”	150	2,110	0,633	0,26	963,9	1,0	0,82	294,82
KWB „Adamów”	45	0,510	0,102	0,10	61,9	1,0	0,82	0,10
KWB „Turów”	90	0,601	0,120	0,11	442,6	1,0	0,82	3,63
KWB „Konin”	55	0,440	0,088	0,08	80,3	1,0	0,82	0,53

#### 4. Wytypowanie obiektów złożowych do dalszych badań z punktu widzenia możliwości akumulacji metanu

W oparciu o przeprowadzone w pracy badania dotyczące emisji metanu do atmosfery, określenia metanopojemności próbek węgla w funkcji ciśnienia, ocenę metanonośności potencjalnej, rzeczywistej i resztkowej oraz ocenę zasobów metanu w pokładach węgla brunatnego zostały wytypowane obiekty do dalszych badań.

Spośród czterech analizowanych złóż najwyższą metanopojemnością charakteryzuje się złóż węgla brunatnego w KWB „Bełchatów”. Pozostałe cztery złoża (KWB „Adamów”, KWB „Turów”, KWB „Konin”) posiadają zdecydowanie niższą metanopojemność potencjalną (rys. 5).



**Rys. 5.** Porównanie potencjalnej metanopojemności węgla brunatnego w funkcji ciśnienia dla czterech kopalń węgla brunatnego: KWB „Bełchatów”, KWB „Adamów”, KWB „Turów” i KWB „Konin” (Ościsłowo)

Dla porównania, średnia wartość sorpcji węgla przy ciśnieniu 1,0 MPa i temperaturze 25°C w kopalni „Bełchatów” wynosi około 1,7 dm<sup>3</sup>/kg, w kopalni „Adamów” — 0,84 dm<sup>3</sup>/kg, w kopalni „Turów” — 0,86 dm<sup>3</sup>/kg i w kopalni „Konin” — 0,61 dm<sup>3</sup>/kg.

Zasoby metanu występującego w pokładach węgla brunatnego analizowanych kopalń cechują się dużą zmiennością.

Zdecydowanie największe zasoby metanu występują w KWB „Bełchatów” i wynoszą około 294,82 mln m<sup>3</sup>. Obliczone zasoby metanu w KWB „Adamów” wynoszą zaledwie 0,10 mln m<sup>3</sup>, zasoby metanu KWB „Turów” wynoszą 3,63 mln m<sup>3</sup>, natomiast zasoby w KWB „Konin” są równe 0,53 mln m<sup>3</sup> (tab. 1).

Zdecydowanie największą metanonośność węgla eksploatowanych w złożu KWB „Bełchatów” potwierdzają również badania stężenia metanu w powietrzu wypływającym z od-

wiertów hydrogeologicznych, obserwacyjnych i technicznych, zlokalizowanych w rejonie pola Bełchatów i Szczerców [5, 6].

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, do dalszych badań powinno być wytypowane złoża KWB „Bełchatów” (pole Bełchatów i Szczerców).

Zdaniem Autorów szczegółowe badania metanonośności węgla brunatnych należałoby przeprowadzić również dla złoża Legnica, które w perspektywie najbliższych 15 lat jest przewidziane do eksploatacji [2].

## 5. Podsumowanie i wnioski

- 1) W pracy przedstawiono wyniki badań występowania metanu sorbowanego w pokładach węgla brunatnego, w rejonach największych, udokumentowanych złóż węgla brunatnego na obszarze Polski wraz z określeniem jego koncentracji w przeliczeniu na tonę czystej substancji węglowej.
- 2) Węgłe brunatne, eksploatowane w analizowanych kopalniach, w znacznym stopniu różnią się między sobą wielkością metanonośności. Najwyższą metanopojemnością charakteryzuje się złożo węgla brunatnego w KWB „Bełchatów”. Pozostałe cztery złoża (KWB „Adamów”, KWB „Turów”, KWB „Konin”) posiadają zdecydowanie niższą metanopojemność potencjalną. Dla porównania, średnia wartość sorpcji węgla przy ciśnieniu 1,0 MPa i temperaturze 25°C w kopalni „Bełchatów” wynosi około 1,7 dm<sup>3</sup>/kg, w kopalni „Adamów” — 0,84 dm<sup>3</sup>/kg, w kopalni „Turów” — 0,86 dm<sup>3</sup>/kg i w kopalni „Konin” — 0,61 dm<sup>3</sup>/kg.
- 3) Największą metanonośność węgla eksploatowanych w złożu KWB „Bełchatów”, w porównaniu z innymi kopalniami węgla brunatnego potwierdzają również badania stężenia metanu w powietrzu wypływającym z odwiertów hydrogeologicznych, obserwacyjnych i technicznych, zlokalizowanych w rejonie pola Bełchatów i Szczerców.
- 4) Zdecydowanie największe zasoby metanu występują w KWB „Bełchatów” i wynoszą około 294,82 mln m<sup>3</sup>. Obliczone zasoby metanu w KWB „Adamów” wynoszą zaledwie 0,101 mln m<sup>3</sup>, zasoby metanu KWB „Turów” wynoszą 3,63 mln m<sup>3</sup>, natomiast zasoby w KWB „Konin” są równe 0,527 mln m<sup>3</sup>.
- 5) Zdaniem Autorów szczegółowe badania metanonośności węgla brunatnych należałoby przeprowadzić również dla złoża Legnica, które w perspektywie najbliższych 15 lat jest przewidziane do eksploatacji.

## LITERATURA

- [1] *Borowski J.*: Badanie gazonośności pokładów węglowych z zastosowaniem nowych metod. Prace Gł. Inst. Górn., 645. Katowice 1975
- [2] *Kasztelewicz Z.*: Polskie Górnictwo węgla brunatnego. Bełchatów 2004
- [3] *Kotarba M.J., Rice D.D.*: Composition and origin of coalbed gases in Lower Silesian Basins, northwestern Poland. *Appl. Geochem.* 16, 2002
- [4] *Nodzeński A.*: Wysokociśnieniowa desorpcja dwutlenku węgla z węgla kamiennych w aspekcie procesu uwalniania gazu z pokładu węglowego. ZN AGH Nr 1383, *Chemia* z. 17., Kraków 1990, 1–107

- [5] *Zawisza L. i in.*: Uwarunkowania i zagrożenia w trakcie wykonywania robót wiertniczych i eksploatacji przy występowaniu gazów. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica, Kraków 2002
- [6] *Zawisza L. i in.*: Monitoring gazów wybuchowych i szkodliwych w warunkach KWB „Bełchatów”. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica. Kraków 2003
- [7] *Zawisza L. i in.*: Ocena występowania metanu w pokładach węgla brunatnego oraz możliwości jego przemysłowego wykorzystania. Praca wykonana na zamówienie Ministerstwa Środowiska. Kraków 2006