

**Jan Macuda\*, Ludwik Zawisza\***

**BADANIA GLEB I GRUNTÓW  
W REJONIE INSTALACJI UZDATNIANIA GAZU ZIEMNEGO  
ZANIECZYSZCZONEGO RTĘCIĄ\*\***

**1. WSTĘP**

Podczas eksploatacji złóż gazu ziemnego występują różnorodne zagrożenia dla środowiska gruntowego zarówno w bezpośrednim sąsiedztwie odwiertów eksploatacyjnych jak i w rejonie instalacji do separacji i oczyszczania węglowodorów. Wynikają one głównie z możliwości wystąpienia awarii instalacji technologicznych związanych z osuszaniem, odsiarczaniem i oczyszczaniem gazu ziemnego oraz rozszczelnieniem zbiorników magazynowych płynnej siarki, wód złożowych, zbiorników metanolu i glikolu.

Zanieczyszczenie gleb i gruntów może być również spowodowane przedostaniem się do środowiska ścieków i odpadów zawierających substancje ropopochodne, detergenty, chlorki oraz substancje toksyczne występujące w eksploatowanych węglowodorach.

Znacznie poważniejsze w skutkach mogą być zanieczyszczenia środowiska w przypadku wystąpienia erupcji gazu ziemnego zanieczyszczonego rtęcią i siarkowodorem. Podobne skutki mogą powodować awarie gazociągów kopalnianych, które pracują pod wysokim ciśnieniem, a przepływający w nich gaz ziemny z ww. zanieczyszczeniami posiada silne właściwości korozyjne.

Konieczność usuwania z eksploatowanego gazu ziemnego zanieczyszczeń w postaci rtęci i siarkowodoru wynika również z ich wysokiej toksyczności w stosunku do organizmów żywych i wielu elementów środowiska naturalnego [1, 8].

**2. CHARAKTERYSTYKA ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO PAPROĆ**

Złoże gazu ziemnego Paproć znajduje się w północnej części obszaru przedsudeckiego na północnym skłonie wału wolsztyńskiego. Gaz zakumulowany jest w utworach czerwonego spągowca i karbonu tworząc dwa oddzielne złoża [2, 3].

---

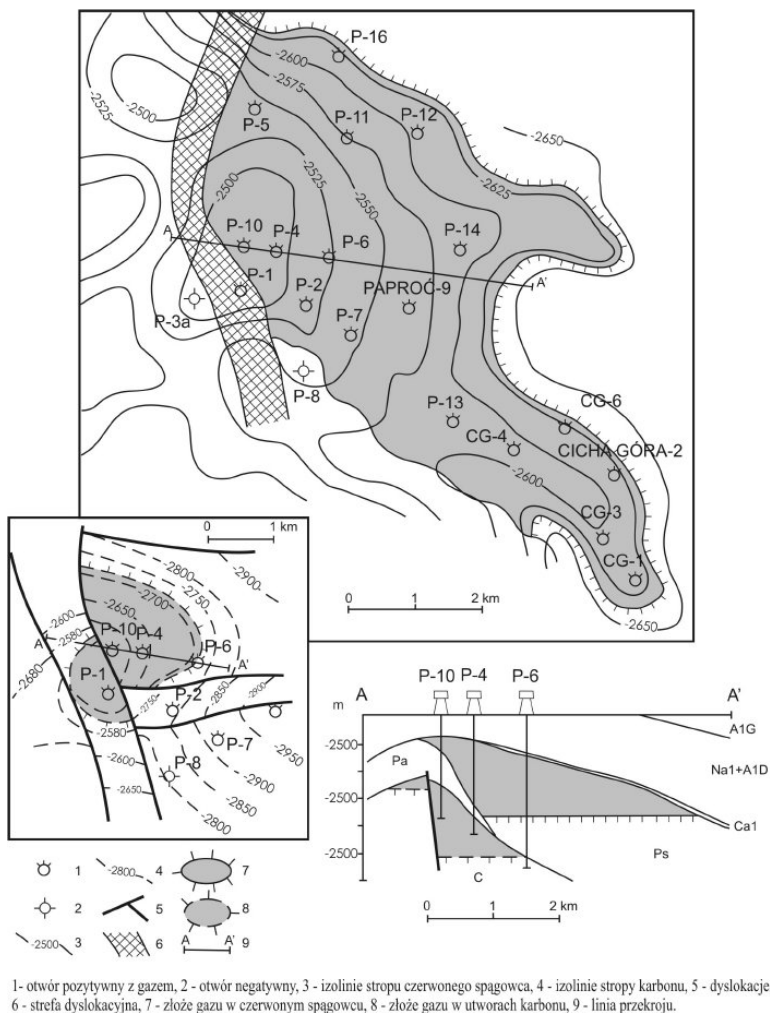
\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Praca wykonana w ramach badań własnych i statutowych

## Złoże gazu ziemnego w utworach karbonu

Złoże to zakumulowane jest w szczytowej partii karbonu w obrębie której występują pakiety piaskowców drobno i średnio ziarnistych o dobrych własnościach kolektorskich, przewarstwionych iłwami. Miąższość skał zbiornikowych nasyconych gazem zawiera się w przedziale od 2 do 22 m, a głębokość zalegania wody podścielającej wynosi 2717 m. Średnia porowatość omawianych utworów wynosi 7,24%, przepuszczalność 5,81 mdcy, a pierwotne ciśnienie złożowe 29,659 MPa.

Serię ekranującą złożo od góry tworzą głównie skały wylewne oraz nieprzepuszczalne utwory osadowe autunu. Złoże to ma charakter wielowarstwowy. Na obecnym etapie rozpoznania geologicznego jest to element o dość skomplikowanej morfologii. Jego kulminacja znajduje się w rejonie odwiertów Paproć-1 i Paproć-10 (rys. 1).



Rys. 1. Złoże gazu ziemnego Paproć, wg [2]

### **Złoże gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca**

Złoże gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca jest typu litologicznego, związane ze stwierdzonym wyklinowaniem się serii osadowych na skłonie istniejącego w permie wału wolsztyńskiego (rys. 1). Granice złoża w płaszczyźnie poziomej w części północnej, wschodniej i południowo wschodniej wyznacza izolinia przyjętego poziomu wody podścielającej z powierzchnią spągu cechsztynu, zachodnią granicę złoża stanowi granica wyklinowania się serii piaszczysto-zlepieńcowej czerwonego spągowca, natomiast południowo-zachodnią granicą jest zanik własności zbiornikowych piaskowców.

W wyniku realizacji kolejnych otworów (Paproć-13) stwierdzono przedłużenie się struktury w kierunku miejscowości Cicha Góra. Potwierdzeniem tego faktu jest zaleganie wody podścielającej na tym samym poziomie (2630 m) oraz jednakowe ciśnienie złożowe. Serię gazonośną stanowi kompleks piaszczysto-zlepieńcowy saksonu i stropowej partii autunu. Gaz zakumulowany jest w porowatych i przepuszczalnych piaskowcach usytuowanych między nieprzepuszczalnymi zlepieńcami. Maksymalną miąższość serii gazonośnej stwierdzono w odwiercie Paproć-9 (61 m), a najmniejszą w odwiercie Paproć-4 (4 m). Wykształcenie serii gazonośnej jest zróżnicowane. Są to piaskowce szare, szarzielone, drobno, średnio i gruboziarniste o teksturze bezładnej, niekiedy warstwowane, składające się głównie z ziaren kwarcowych, między którymi stwierdza się występowanie ziaren skał wulkanicznych, skaleni i węglanów o spoiwie ilasto węglowym [2, 3]. Średnia porowatość omawianych utworów wynosi 8,44%, przepuszczalność 20,372 mdcy, a pierwotne ciśnienie złożowe 29,48 MPa. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę eksploatowanego gazu ziemnego ze złoża Paproć.

### **3. METODYKA BADAŃ I WYNIKI**

Dla oceny wpływu instalacji technologicznych Kopalni Gazu Ziemnego Paproć na stan środowiska gruntowego wytypowano do badań miejsca znajdujące się w obrębie Ośrodka Grupowego Paproć. Próbki gleb i gruntów pobrano w miejscach potencjalnie najbardziej narażonych na zanieczyszczenia tj. w najbliższym sąsiedztwie:

- a) instalacji odrętciania gazu ziemnego,
- b) magazynowania odpadów z procesu usuwania par rtęci,
- c) instalacji do separacji wody złożowej,
- d) zbiornika wody złożowej,
- e) węzłów redukcyjno-pomiarowych,
- f) terenu poza ośrodkiem technologicznym.

Dla ustalenia tła geochemicznego pobrano również próbki gleby poza Ośrodkiem Grupowym Paproć.

Ze względu na rodzaj prowadzonej działalności przemysłowej do oznaczenia w próbkach gleb i gruntów wytypowano substancje, które mogą potencjalnie powodować zanieczyszczenie środowiska gruntowego tj.:

- chlorki,
- węglowodory,

- reduktory organiczne,
- metanol,
- substancje nieorganiczne,
- metale ciężkie.

Dla oceny stanu środowiska gruntowego w obrębie instalacji technologicznych Ośrodka Grupowego Paproć pobrano 10 próbek gleb i gruntów z głębokości 0,3 m i 1,0 m p.p.t., specjalistycznym próbnikiem wg procedury zawartej w literaturze [1, 4, 5, 7]. Po ich wysuszeniu, oddzieleniu szkieletu, przetarciu w młynie agatowym i spaleniu materii organicznej w temp. 450 °C trawiono na gorąco w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego (3:2). Następnie po odparowaniu próbki rozpuszczono w 1% roztworze HCl. Zawartość węglowodorów w badanych gruntach oznaczono metodą chromatografii cieczowej (HPLC – *High-Pressure Liquid Chromatography*), a metali ciężkich techniką ASA (Atomowej Spektrometrii Absorpcyjnej) [1, 8]. Wyniki badań laboratoryjnych próbek gleb i gruntów przedstawiono w tabelach 2 i 3.

**Tabela 1**

Charakterystyka eksploatowanego gazu ziemnego [3]

Lp.	Skład jakościowy gazu	Wielkość [%]
1	CH <sub>4</sub>	69,0133
2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,253
3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0685
4	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0061
5	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0142
6	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0142
7	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,027
8	N <sub>2</sub>	29,4777
9	CO <sub>2</sub>	0,0594
10	H <sub>2</sub> S	–
11	H <sub>2</sub>	0,1584
12	Suma węglowodorów	70,3045
13	Zawartość węglowodorów C <sub>3</sub> + (% obj)	0,0954
14	Hg (µg/m <sup>3</sup> n)	200
15	Wartość opałowa dolna (MJ/m <sup>3</sup> n)	25,6300
16	liczba Wobbego (MJ/m <sup>3</sup> n)	34,3600
17	Gęstość gazu względna (g/m <sup>3</sup> n)	883,4979

**Tabela 2**

Zestawienie wyników badań chemicznych gleb pobranych na terenie Ośrodka Grupowego Paproc.  
Głębokość poboru próbek 0,0–0,3 m

Lp.	Oznaczenie	Nr pobranej próbki gleby							Wartość dopuszczalna dla terenów upraw rolniczych Głęb. 0,0–0,3 m
		I	II	III	IV	Wartość dopuszczalna dla terenów przemysłowych Głęb. 0,0–2,0 m	V		
		Koncentracja [mg/kg s.m.]							
1	pH	7,6	7,6	7,5	7,4	–	6,2	–	
2	Chlorki	74,9	68,4	54,4	61,2	–	14	–	
3	Chrom	21,3	29,1	24,7	38,5	<b>500</b>	17,9	<b>150</b>	
4	Cynk	62,7	55,8	76,4	71,3	<b>1000</b>	43,7	<b>300</b>	
5	Miedź	15,4	12,9	18,3	23,7	<b>600</b>	15,4	<b>150</b>	
6	Kadm	0,5	0,5	0,9	0,8	<b>15</b>	0,3	<b>4</b>	
7	Ołów	43,6	51,3	56,4	47,2	<b>600</b>	12,1	<b>100</b>	
8	Rtęć	1,08	0,52	0,41	0,62	<b>30</b>	0,01	<b>2</b>	
9	Nikiel	7,5	8,6	9,4	7,9	<b>300</b>	4,3	<b>100</b>	
10	Metanol	3,2	2,7	3,9	2,5	–	–	–	
11	olej mineralny C <sub>12</sub> -C <sub>35</sub>	137,9	151,2	127,7	191,6	<b>3000</b>	17,9	<b>50</b>	

**Tabela 3**

Zestawienie wyników badań chemicznych gruntów pobranych na terenie Ośrodka Grupowego Paproc. Głębokość poboru próbek 0,8–1,0 m

Lp.	Oznaczenie	Nr pobranej próbki gleby							V	Wartość dopuszczalna dla terenów upraw rolniczych Głęb. 0,3–15,0
		I	II	III	IV	Wartość dopuszczalna dla terenów przemysłowych głęb. 0,0–2,0 m				
		Koncentracja [mg/kg s.m.]								
1	pH	7,3	7,5	7,9	6,8	–	–	6,3	–	
2	Chlorki	51,5	43,7	56,1	61,4	–	–	12,6	–	
3	Chrom	13,3	15,4	12,3	11,8	<b>500</b>		9,5	<b>150</b>	
4	Cynk	45,8	39,7	51,9	49,5	<b>1000</b>		28,8	<b>350</b>	
5	Miedź	10,7	10,1	13,3	15,2	<b>600</b>		8,1	<b>100</b>	
6	Kadm	0,5	0,5	0,4	0,5	<b>15</b>		0,4	<b>5</b>	
7	Ołów	40,6	29,1	28,3	44,6	<b>600</b>		9,8	<b>100</b>	
8	Rtęć	0,76	0,61	0,62	0,53	<b>30</b>		0,03	<b>3</b>	
9	Nikiel	6,2	6,6	7,2	8,1	<b>300</b>		4,2	<b>50</b>	
10	Metanol	2,3	1,7	1,9	3,3	–		–	–	
11	Oil mineralny C <sub>12</sub> -C <sub>35</sub>	141,8	138,7	132,1	146,3	<b>3000</b>		21,4	<b>200</b>	

#### 4. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy wyników przedstawionych w tabelach 2 i 3 można stwierdzić, że gleba oraz grunt do głębokości 1,0 m terenie Ośrodka Grupowego Paproć, nie są zanieczyszczone chlorkami, metalami ciężkimi i węglowodarami ponad standardy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby i standardów jakości ziemi [6]. Można wręcz stwierdzić, że oznaczone w próbkach gleb i gruntów koncentracje badanych substancji są niskie i tylko nieznacznie przekraczają koncentracje oznaczone w próbkach gleb i gruntów pobranych z punktów zlokalizowanych poza ww. Ośrodkiem Grupowym Paproć (tło geochemiczne).

Próbki gleb i gruntów, badane na zawartość metanolu również nie wykazały istotnych koncentracji z punktu widzenia zanieczyszczenia środowiska.

#### LITERATURA

- [1] Macuda J., Macuda Ł., Macuda M., Rogowska-Kwas R.: *Zanieczyszczenie środowiska gruntowego substancjami ropopochodnymi na terenach rafineryjnych*. Geomatics and Environmental Engineering, vol. 1, no. 2, 2007
- [2] Karnkowski P.: *Złóża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce T 1 Niż Polski*. Wyd. „GEOS” AGH, Kraków 1993
- [3] Kotarba M., Piela J., Żołnierczuk T.: *Geneza gazu ziemnego akumulowanego w permsko-karbońskich pułapkach litologicznych złoża Paproć w świetle badań izotopowych*. Przegląd Geologiczny, nr 4, 1992
- [4] PN-R-04031. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Pobieranie próbek
- [5] PN-ISO 10381-1-2: 2007: *Jakość gleby – Pobieranie próbek – Część 2: Zasady dotyczące technik pobierania*
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. 2002 nr 165 poz. 1359)
- [7] Zawisza L., Macuda J. i in.: *Ocena zagrożeń dla środowiska naturalnego występujących przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu oraz podczas eksploatacji złóż węglowodorów*. Raport końcowy, WVNIG AGH, Kraków 2007 (praca niepublikowana)
- [8] Zawisza L., Macuda J., Nagy S.: *Protection of urbanized mining areas in the mine's closing processes*. Polish Journal of Environmental Studies, vol. 15, no. 15C, 2006