

Stanisław KOWALIK, Maria GAJDOWSKA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## UTYLIZACJA METANU Z KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO REDUKCJĄ ZAGROŻEŃ DLA ŚRODOWISKA NATURALNEGO

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono zagadnienie utylizacji metanu z kopalń węgla kamiennego jako sposób ograniczenia emisji metanu do atmosfery. Przedstawiono genezę występowania metanu jako gazu kopalnianego oraz zasoby metanu. Omówiono sposób ochrony środowiska przez wykorzystanie metanu z kopalń węgla kamiennego, a także ekologiczne i społeczne aspekty zagospodarowania gazu metanowego.

## COAL MINE METHANE UTILIZATION AS A MEANS OF REDUCING DANGERS TO THE NATURAL ENVIRONMENT

**Summary.** The work presents the issue of coal mine methane utilization as a means of limiting the methane emission to the atmosphere. There has been presented the genesis of methane presence as a mine gas, methane resources. Moreover, the work shows ways of protecting environment by using coal mine methane as well as its ecological and social aspects.

### 1. Wstęp

Metan ( $\text{CH}_4$ ) to najprostszy nasycony węglowodór alifatyczny, bezbarwny, palny gaz, bez smaku i zapachu; z powietrzem lub tlenem tworzy mieszaniny wybuchowe. Jest składnikiem gazu ziemnego, gazu węglowego, wchodzi w skład gazów występujących w kopalniach węgla [1].

Metan towarzyszący pokładom węgla powstał w wyniku procesu uwęglania substancji roślinnej. Istotną rolę w procesie uwęglania odegrały ruchy górotwórcze i ciśnienie tektoniczne, obniżanie i podnoszenie łądów, powodujące zmiany ciśnienia i temperatury w nagromadzonym materiale roślinnym.

W procesie uwęglania rozróżnia się dwa zasadnicze stadia:

- stadium diagenety – obejmujące biochemiczne procesy przeobrażenia substancji roślinnej w torf, a następnie w węgiel brunatny;
- stadium metamorfizmu, w którym dalsze przeobrażenie węgla brunatnego w węgiel kamienny i antracyt następuje pod wpływem czynników geologicznych, do których zalicza się: wysoką temperaturę złoża, wysokie ciśnienie i długi czas trwania procesu [2].

Metan tworzył się zarówno w pierwszym, jak i w drugim stadium uwęglania, przy czym w każdym z nich w skutek działania innych mechanizmów. W stadium diagenety dominowała fermentacja metanowa i rozkład anaerobowy substancji roślinnej. Procesy zachodzące w stadium metamorfizmu nie są dokładnie znane, istotną rolę odgrywały tu jednak procesy termochemiczne uzależnione od ciśnienia, temperatury i czasu [8].

Dotychczas przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że metan związany ze złożami węgla występuje w dwóch zasadniczych formach jako:

- metan sorbowany, związany fizykochemicznie z substancją węglową,
- metan wolny, występujący w porach i szczelinach skał płonnych oraz pokładów węgla [7].

Stopień koncentracji metanu zależy od grubości i szczelności nadkładu spoczywającego na karbonie produktywnym – im grubszy i mniej przepuszczalny nadkład, tym silniejsza metanowość występującego pod nim złoża [3].

Metan zakumulowany w złożach węgla kamiennego możliwy jest do pozyskania z trzech źródeł:

- bieżącej eksploatacji kopalń,
- kopalni, w których zaprzestano wydobywania,
- dziewiczych pokładów węgla kamiennego [8].

Wraz z rozwojem przemysłu węglowego w Polsce wzrastała liczba kopalń eksploatujących pokłady metanowe.

## **2. Zasoby metanu**

W eksploatowanych kopalniach metan wydzielają się pod wpływem prowadzenia robót górniczych, wskutek odprężenia pokładów węgla. Całkowitą ilość gazu rozdzielić można na cztery części:

- metan wydzielający się z pokładu do wyrobiska i odprowadzany z powietrzem wentylacyjnym (źródło szkodliwej emisji),

- metan odprowadzany systemami odmetanowania (możliwy do energetycznego wykorzystania),
- metan adsorbowany w porach węgla wydobywanego na powierzchnię (wydzielający się w dalszych fazach obróbki i będący źródłem szkodliwej emisji),
- metan pozostający w złożu [8].

W Polsce metan pokładów węgla (CBM) występuje głównie w złożach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – stopień rozpoznawania zasobów i stan zagospodarowania, a także wielkość wydobycia zestawiono w tabelicy poniżej [6].

Tabela 1

Zasoby metanu pokładów węgla (CBM) [6]

Wyszczególnienie	Zasoby wydobywalne		Zasoby przemysłowe	Emisja z wentylacją	Wydobycie
	bilansowe	pozabilansowe			
mln m <sup>3</sup>					
Złóża udokumentowane ogółem (48 złóż)	85 860,41	22 642,95	3 486,37	169,78	272,70
- w tym złoża w obszarach eksploatowanych (29 złóż)	25 895,25	1 847,72	2 316,83	169,78	272,69
- w tym złoża w pokładach poza zasięgiem eksploatacji (19 złóż)	58 965,16	20 795,23	1 169,54	-	0,01

### 3. Ochrona środowiska naturalnego przez wykorzystanie metanu z pokładów węgla

Metan i dwutlenek węgla to gazy cieplarniane w Polsce, które stanowią 93% sumarycznej emisji gazów cieplarnianych wyrażonej w ekwiwalencie CO<sub>2</sub>. Źródła emisji tych gazów są przeróżne, jednak można temu przeciwdziałać. Metan pochodzący z pokładów węgla można wykorzystać gospodarczo do produkcji energii, a co za tym idzie zmniejszyć jego emisję do atmosfery.

Metan jest gazem cieplarnianym skuteczniejszym niż dwutlenek węgla. Zmniejszenie emisji metanu o 1 tonę daje taki sam efekt, co uniknięcie emisji 21 ton dwutlenku węgla. Efektywne zmniejszenie emisji, jeśli utlenimy metan do dwutlenku węgla zamiast uwalniać go do atmosfery, w przeliczeniu na dwutlenek węgla wynosi 18,25 t CO<sub>2</sub>/t CH<sub>4</sub>. Oprócz tego

należy uwzględnić zysk przez zastąpienie metanem innych paliw pierwotnych do produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Całkowity efekt w aspekcie zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych dla układu kogeneracyjnego o mocy np. 1 MW<sub>el</sub> zasilanego gazem kopalnianym podaje dla warunków niemieckich tabela poniżej.

Tabela 2

Obniżenie emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na dwutlenek węgla dla układu kogeneracyjnego o mocy 1 MW<sub>el</sub> zasilanego gazem kopalnianym [8]

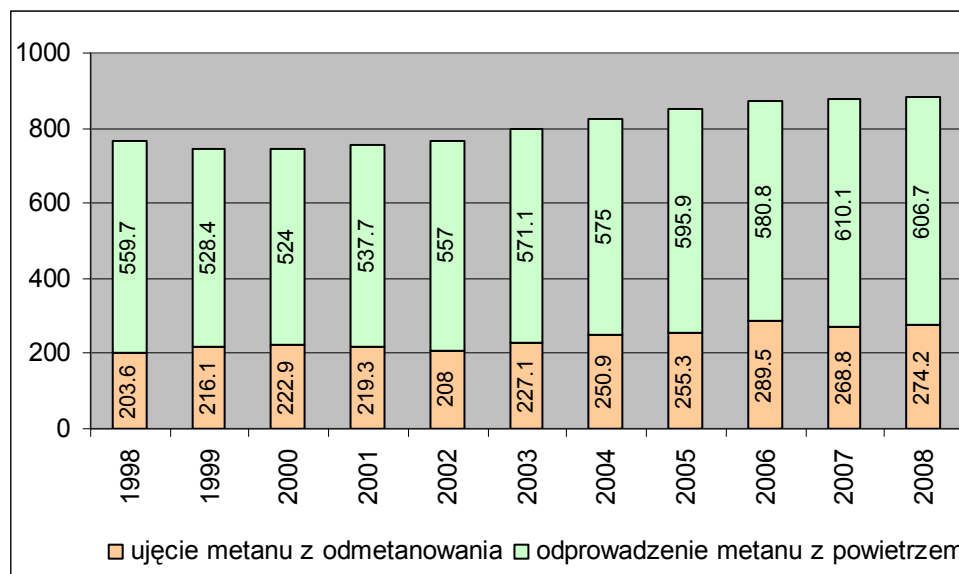
Spalanie metanu		
Ilość metanu [t]	Obniżenie emisji [t CO <sub>2</sub> eq]	Udział [%]
1,558	29,217	80,8
Produkcja energii elektrycznej		
Prąd elektryczny [kWh]	Obniżenie emisji [t CO <sub>2</sub> eq]	Udział [%]
8 000 000	5440	15,1
Produkcja ciepła		
Ilość ciepła [kWh]	Obniżenie emisji [t CO <sub>2</sub> eq]	Udział [%]
4 000 000	1484	4,1
Odciążenie środowiska naturalnego [t CO <sub>2</sub> eq ]		
36,140		

Ograniczenie emisji metanu może być sposobem na poprawę bilansu gazów cieplarnianych.

#### 4. Możliwości utylizacji metanu

W kopalniach węgla kamiennego w Polsce metanowość bezwzględna systematycznie rośnie, mimo zmniejszania się liczby kopalń oraz wydobywania.

Na rysunku 1 przedstawiona została metanowość wentylacyjna z odmetanowania oraz metanowość bezwzględna polskich kopalń w latach 1998 – 2008 i, jak widać na wykresie, roczne zasoby metanu w powietrzu wentylacyjnym zwiększają się.



Rys. 1. Metanowość kopalń węgla kamiennego w latach 1998 – 2008 [6]

Fig. 1. Methane emission of coal mines in 1998 – 2008

W naszym kraju następuje stopniowy rozwój odmetanowania podziemnego i gospodarczego wykorzystania ujętego metanu w instalacjach energetyczno-ciepłowniczych.

Metan emitowany w kopalni może stać się atrakcyjny ekonomicznie ze względu na uzyskiwany efekt środowiskowy (ograniczenie emisji metanu, uwolnienie dodatkowych limitów emisji dwutlenku węgla), niski koszt jego pozyskiwania (jako ubocznego bądź wręcz odpadowego produktu wydobywania węgla kamiennego) oraz efekty gospodarki skojarzonej [9].

Aspektami przemawiającymi za stosowaniem odmetanowania są:

1. Aspekty bezpieczeństwa – metan jest ujmowany do szczególnych rurociągów, co powoduje zmniejszenie jego emisji do powietrza wentylacyjnego, czyli obniżenie zagrożenia metanowego.
2. Aspekty ekologiczne:
  - ochrona środowiska – zmniejszenie emisji metanu do atmosfery (gaz cieplarniany),
  - emisja gazów – energia ze spalania metanu jest „czystsza” niż np. ze spalania węgla brunatnego i kamiennego.
3. Aspekty ekonomiczne:
  - ujęcie metanu pozwala na sprzedaż dwóch nośników energii (metan i węgiel),
  - możliwość zwiększenia popytu robót w postępie robót w pokładach silnie metanowych.

Do aspektów przemawiających za wykorzystaniem metanu z powietrza wentylacyjnego można zaliczyć:

1. Aspekty ekologiczne:
  - ochrona środowiska – zmniejszenie emisji metanu do atmosfery (gaz cieplarniany),

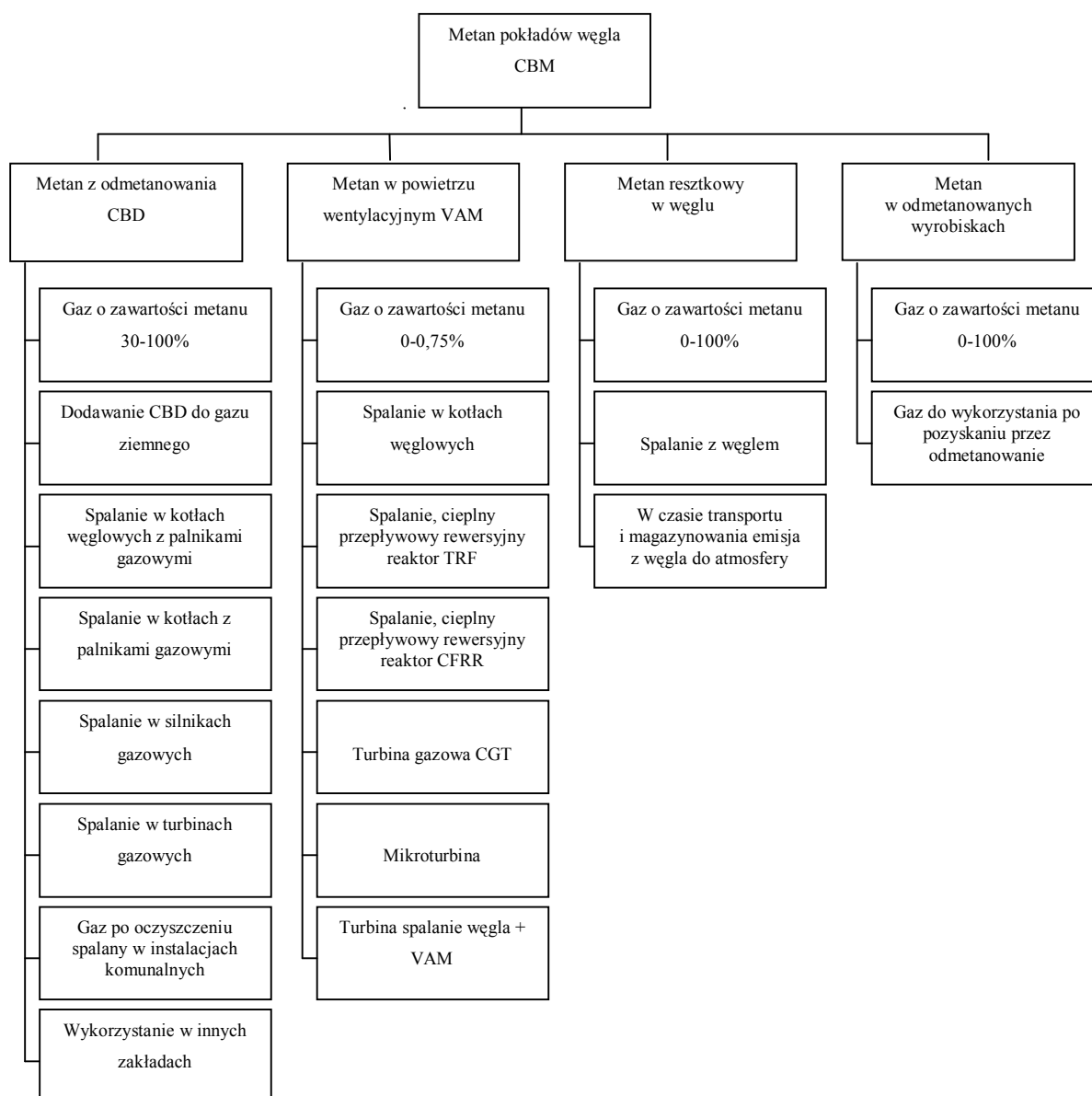
– emisja gazów – energia ze spalania jest „czystsza” niż np. ze spalania węgla kamiennego i brunatnego.

## 2. Aspekty ekonomiczne:

– ujęcie metanu pozwala na sprzedaż dwóch nośników energii (metan i węgiel) [10].

Wciąż dużym problemem, nie tylko polskim, ale również i światowym, są utylizacja i gospodarcze wykorzystanie metanu z powietrza wentylacyjnego (MWENT) kopalń.

Główne kierunki wykorzystania metanu z kopalń węgla kamiennego przedstawia rysunek poniżej.



Rys. 2. Główne kierunki wykorzystania metanu z kopalń węgla kamiennego [5]  
Fig. 2. Main directions of using methane from coal mines [5]

Według polskich przepisów zawartość metanu w powietrzu w szybach wentylacyjnych nie może przekraczać 0,75%. Środkiem umożliwiającym ograniczanie i regulowanie zawartości metanu w powietrzu w wyrobiskach górniczych jest doprowadzanie odpowiednio dużych strumieni powietrza. Liczne prace badawcze prowadzone na świecie doprowadziły do opracowania wielu technologii i urządzeń pozwalających przeprowadzić proces spalania metanu o niskiej koncentracji.

Spalanie płomieniowe metanu jest znacznie bardziej przyjaznym dla środowiska sposobem pozyskania energii niż spalanie innych kopaln. Mieszaniny bogate w metan można spalać w tych samych urządzeniach, pozyskując energię zarówno z biogazu, jak i gazu ziemnego, jednak energię pozyskaną z biogazu można sprzedać obecnie za cenę około trzy razy wyższą od energii z węgla, co nie wynika z kosztów pozyskania tej energii [9].

Do podstawowych urządzeń instalacji umożliwiającej utylizację metanu z powietrza wentylacyjnego podziemnych kopalń węgla kamiennego zaliczamy:

- urządzenia do pobierania gazów MWENT (powietrze i metan) z szybu wentylacyjnego kopalni,
- urządzenia do transportu MWENT do reaktorów spalających metan,
- reaktory spalające metan z MWENT i wytwarzające spaliny zawierające dwutlenek węgla oraz energię cieplną,
- wymienniki ciepła gaz-woda, umożliwiające wykorzystanie energii cieplnej dla celów energetycznych, np. ogrzewanie lub produkcja energii elektrycznej,
- kominy odprowadzające spaliny do atmosfery [6].

Na świecie prowadzone są prace badawczo-rozwojowe, których celem jest stworzenie opłacalnych technologii utylizacji metanu z powietrza wentylacyjnego kopalń węgla kamiennego.

Wśród ważniejszych technologii wykorzystujących metan z powietrza wentylacyjnego (VAM – Ventilation Air Methane) można wymienić:

- termiczny rewersyjny reaktor przepływowy (FTRR),
- katalityczny przepływowy reaktor rewersyjny (CFRR),
- koncentrator metanu,
- turbiny gazowe (CGT i CCGT),
- mikroturbiny,
- turbiny hybrydowe.

Większość z tych metod wymaga mieszanki o zawartości metanu w powietrzu na poziomie 1%. W przypadku turbin i mikroturbin zawartość ta powinna być na poziomie 1,5%.

Ciągle prowadzone są jednak prace, które mają na celu obniżenie tego progu (polskie przepisy wymagają, aby zawartość metanu w powietrzu wentylacyjnym nie przekraczała 0,75%) [10].

## 5. Podsumowanie

W Polsce dalszy postęp w zakresie utylizacji metanu z pokładów węgla kopalń i ograniczenia emisji metanu do atmosfery jest możliwy do osiągnięcia pod warunkiem rozwiązania następujących problemów:

- intensyfikacji stosowania odmetanowania pokładów węgla w podziemnych kopalniach węgla kamiennego,
- inwestycji w zakresie pełnego gospodarczego wykorzystania metanu jako paliwa niskometanowego w instalacjach ciepłowniczo-energetycznych,
- retencyjnego magazynowania metanu z odmetanowania w podziemnych i powierzchniowych zbiornikach gazu, w celu zapewnienia stabilnego ilościowo-jakościowo paliwa niskometanowego dla instalacji ciepłowniczo-energetycznych,
- utylizacji metanu z powietrza wentylacyjnego kopalń,
- stosowania technologii oczyszczania z powietrza gazów ujmowanych przez odmetanowanie, w celu zwiększenia zawartości metanu w paliwie,
- prawnego uznania metanu jako paliwa ze źródeł odnawialnych energii (ZOE) – podobnie jak uczyniły to inne państwa [5].

W rządowym projekcie ustaw „Prawo energetyczne” już znalazły się zapisy mające wspomóc wykorzystywanie w celach energetycznych metanu wychwytywanego w kopalniach węgla kamiennego. W nowelizacji „Prawa energetycznego” zaproponowano zmiany wprowadzające jednostkową opłatę zastępczą (Ozm), mającą na celu wsparcie energii elektrycznej wytwarzanej w wysokosprawnej kogeneracji w źródłach spalających paliwa gazowe, w postaci metanu uwalnianego i ujmowanego przy dołowych robotach górniczych w czynnych, likwidowanych i zlikwidowanych kopalniach węgla kamiennego [11].

W interesie gospodarki narodowej leży zwiększenie ilości zagospodarowania metanu z pokładów węgla, które przyczyniłoby się do zwiększenia bezpieczeństwa prowadzenia robót górniczych, zmniejszenia emisji tego gazu do atmosfery, a co za tym idzie ograniczenia następstw efektu cieplarnianego.



## BIBLIOGRAFIA

1. Cierpisz S., Miśkiewicz K., Musiał K., Wojacek A.: Systemy gazometryczne w górnictwie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
2. Frączek R.: Zwalczanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
3. Kozłowski B.: Gazy kopalniane – kontrola, prognoza, zwalczanie. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Kraków 1982.
4. Nawrat S., Gatnar K.: Ocena stanu i możliwości utylizacji metanu z powietrza wentylacyjnego podziemnych kopalń węgla kamiennego. „Polityka energetyczna”, tom 11, zeszyt 2, 2008.
5. Nawrat S., Gatnar K.: Wykorzystanie metanu z pokładów węgla w Polsce – stan i perspektywy. XXVI Seminarium „Zagrożenia i korzyści występowania metanu w pokładach węgla – teoria i praktyka”, SITG, Rybnik 2009.
6. Nawrat S., Napieraj S.: Utylizacja metanu z kopalń węgla kamiennego w Polsce. „Wiadomości Górnicze”, nr 10/2009.
7. Roszkowski J., Szlązak N.: Wybrane problemy odmetanowania kopalń węgla kamiennego. Nauka i Technika Górnicza, Kraków 1999.
8. Skorek J., Kalina J., Bachhaus C., Mroz A.: Możliwości wykorzystania metanu z pokładów węgla w niemieckich i polskich kopalniach. Materiały konferencji „Energie odnawialne w Niemczech i w Polsce”, Łódź 2004.
9. Stasińska B.: Ograniczenie emisji metanu z kopalń węglowych poprzez katalityczne oczyszczanie powietrza wentylacyjnego. „Polityka energetyczna”, tom 12, zeszyt 2/1, 2009.
10. Szlązak N., Korzec M.: Ujęcie i możliwości wykorzystania metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego. XXVI Seminarium „Zagrożenia i korzyści występowania metanu w pokładach węgla – teoria i praktyka”, SITG, Rybnik 2009.
11. [http://gazownictwo.wnp.pl/bedzie-wsparcie-dla-wykorzystywania-metanu-z-kopaln-wegla,84793\\_1\\_0\\_0.html](http://gazownictwo.wnp.pl/bedzie-wsparcie-dla-wykorzystywania-metanu-z-kopaln-wegla,84793_1_0_0.html)

Recenzent: Dr hab. inż. Stanisław Nawrat, prof. nzw. AGH

**Abstract**

Methane and carbon dioxide are greenhouse gases in Poland, which are 93% of summary greenhouse gases' emission expressed in CO<sub>2</sub> equivalent. However, methane is a much more effective greenhouse gas than carbon dioxide, but we can prevent its effects. In Poland, despite the fact that the number of mines and the amount of output are diminishing, the absolute methane emission is getting bigger and bigger. According to Polish law the amount of methane in the air in ventilation shafts cannot be higher than 0.75%. Numerous worldwide research resulted in creating many technologies and devices which enable to burn low concentration methane. The content of this work depicts ways of utilizing coal mine methane as a way of protecting the atmosphere. The genesis of methane resources as a mine gas has been also presented, as well as main directions of utilizing methane and the ecological and social aspects of recycling the methane gas.