

Janusz Nowak*

STRATEGICZNE KIERUNKI ROZWOJU TECHNOLOGII GÓRNICZYCH WĘGLA BRUNATNEGO

1. Wstęp

Przyjęty przez Radę Ministrów w styczniu 2005 r. dokument pt. *Polityka energetyczna Polski do 2025 roku* był krytykowany od momentu ogłoszenia. Pojawiające się zmiany w cenach nośników energii oraz sytuacja polityczna wokół dostaw gazu i ropy spowodowały, że zachwiana została nie tylko polityka energetyczna Polski ale i innych krajów UE. Było to powodem pojawienia się szeregu inicjatyw zmierzających do ustabilizowania sytuacji i poprawienia bezpieczeństwa energetycznego. Tym samym wzrosło znaczenie występujących w krajach europejskich własnych źródeł energii.

Stan energetyki w Polsce jest taki, że wymaga dodatkowych 20 mld zł na inwestycje odtworzeniowe mocy wytwórczych, tj. zastąpienie starych, zużytych bloków nowymi jednostkami. Kolejne 10 mld zł powinno zostać przeznaczone na inwestycje w sektorach dystrybucji i przesyłu.

Energetyka oparta na węglu brunatnym również wymaga restrukturyzacji i inwestycji. Powszechnie wiadomo, że po 2025 roku kończą się zasoby węgla brunatnego w wielu obecnie działających kopalniach. Systematycznie rosną wymagania w zakresie zapewnienia dostaw energii, związane są one z koniecznością nowych inwestycji, o których należy myśleć już dzisiaj i podejmować zdecydowane kroki w tym kierunku. Narastające jednocześnie wymogi środowiskowe związane z polityką ekologiczną UE wymuszają na krajowej energetyce stosowanie kosztownych a zarazem zaawansowanych technologii ograniczających zanieczyszczenie środowiska, w tym ograniczających radykalnie emisję ditlenku węgla.

W zaistniałej sytuacji najwyższy czas na podjęcie szeregu decyzji, a także opracowanie programów restrukturyzacyjnych i określenia innowacyjnych strategii rozwoju energetyki

* KGHM Cuprum sp. z o.o. — Centrum Badawczo-Rozwojowe

** Praca wykonana w ramach środków przeznaczonych na naukę w latach 2005–2007

opartej na własnych zasobach kopalin energetycznych. Niezwykle pomocnym jest w tym dynamiczny rozwój nauki i techniki w ramach tzw. czystych technologii węglowych. Znaczenie problemu jest tym istotniejsze, że postępująca urbanizacja coraz bardziej ogranicza dostęp do kopalin energetycznych możliwych do pozyskania przy zastosowaniu aktualnych technologii górniczych. Wymogiem czasów współczesnych staje się ochrona złóż w ramach planów zagospodarowania przestrzennego dla zabezpieczenia dostaw paliw dla elektrowni.

2. Kierunki rozwoju technologii górniczych w świecie

W świecie od długiego czasu obserwuje się dynamiczny rozwój wiedzy stosowanej związanej z górnictwem oraz technologiami z nim związanymi, głównie energetycznymi. Wzajemne przenikanie technologii, zmiana granic dzielących energetykę i górnictwo tradycyjne, podejście rynkowe do aplikowanych rozwiązań technologicznych wymuszają kompleksowe podejście do wprowadzanych nowych rozwiązań naukowych stosowanych w praktyce.

Dlatego też w górnictwie należy wprowadzić zintegrowane podejście, które można określić pojęciem „ciągu technologicznego zintegrowanego”, są to wszystkie działania na węglu od złoża do produktu końcowego. Produktem może być sam węgiel, energia elektryczna, paliwa ciekłe bądź wodór. Tylko takie ujęcie pozwoli na właściwe podejście do górnictwa, gdyż źródłem energii w wymienionych postaciach jest zawsze węgiel.

Zasoby światowe węgla są tak duże, że przewyższają one wszystkie inne zasoby surowców energetycznych i mogą być wykorzystywane przez kilkadziesiąt pokoleń, zanim nie zostaną wynalezione inne nośniki energii. W ostatnich kilkunastu latach szczególnie dynamicznie rozwinęły się technologie węglowe w USA, rozpowszechniające się obecnie w innych krajach, szczególnie w tych dynamicznie rozwijających się gospodarczo. Postęp technologiczny wspierany był przez szereg programów rządowych i fundacji, w tym działań na rzecz czystych technologii węglowych (*clean coal*).

W zakresie rozwoju w UE zmiany w polityce energetycznej nastąpiły stosunkowo niedawno, co widać w preferowanych programach badawczych oraz narzucanych normach emisji. Po początkowej fazie związanej z propagowaniem tzw. energii odnawialnej, dopiero w 7. Programie Ramowym UE znalazła się tematyka związana z węglem i energią. Węgiel został doceniony jako rodzime źródło energii, realnie występujące w krajach UE, w przeciwieństwie do występujących w ograniczonej ilości krajów — słońca, wody, wiatrów.

Preferowane kierunki rozwoju górnictwa dotyczą:

- szeroko rozumianej karbochemii, wytwarzania nowych produktów na bazie wydobytego węgla, biotechnologii;
- energetyki węglowej niskoemisyjnej, ze szczególnym naciskiem na ograniczenie emisji CO₂ (IGCC — *Integrated Gasification Combined Cycle*, powiązania z energetyką jądrową);
- podziemnej konwersji węgla w inne nośniki energii.

W dwóch pierwszych grupach podstawą jest przetwarzanie wydobytego węgla, a zatem rola górnictwa w zasadzie pozostaje niezmienną. Rozwój związany jest z wytwarzaniem nowych produktów lub wykorzystaniem węgla dla produkcji energii w technologiach o większej sprawności, bardziej czystych w sensie ekologicznym, produkcja nowego typu nośników energii — paliw ciekłych i wodoru. Rozwój w tym przypadku polega głównie na nowych technologiach, lub doskonaleniu istniejących, przetwarzania węgla po wydobyciu.

Grupa trzecia dotyczy biotechnologii podziemnej (BUCC — *Biotechnology Underground Coal Conversion*) i zgazowania podziemnego (UCG — *Underground Coal Gasification*). Pomimo wrażenia, że są to technologie obce górnictwu, zauważyć trzeba, że w całości rozwiązań technicznych nowy element, implementowany z biotechnologii czy karbochemii, stanowi około 10% ciągu technologicznego. Pozostałe 90% to tradycyjne rozwiązania i problemy występujące w górnictwie, niemniej jest to istotny element nadający górnictwu nową jakość. Często taki rozwój wiąże się ze wzrostem roli innych działów górniczych i koniecznością doskonalenia dotychczasowych rozwiązań, jak np. automatyzacji, sterowania, wentylacji, geotechnicznych rozwiązań dla ochrony powierzchni, technologii podszadania wyrobisk, monitoringu procesu produkcji i środowiska.

BUCC na obecny stan wiedzy jest mało rozwinięta, występuje szereg wątpliwości co do możliwości utrzymania stabilności procesu, wydajności w kontekście występujących pod ziemią warunków, zachowania wymagań ochrony środowiska, głównie zaś ochrony powierzchni ziemi. Ta technologia w ujęciu biotechnologii podziemnej wymaga wielu studiów i badań. Wyniki badań laboratoryjnych lub prowadzonych na powierzchni z pewnością nie mogą być przeniesione bezpośrednio na skalę techniczną przetwarzania w złożu.

UCG jest technologią znaną. Próby i badania nad nią trwały od kilkudziesięciu lat, a jej początki sięgają XIX wieku. Jej rozwój zawdzięczać należy postępowi technicznemu w wielu innych dziedzinach nauki, jak: karbochemia, nowe materiały, informatyka, automatyzacja, energetyka, a także wiertnictwo, które jest tradycyjnym elementem górnictwa.

Największe doświadczenia związane z tą technologią mieli naukowcy i inżynierowie rosyjscy. Przeprowadzono tam wiele udanych i nieudanych prób [2–4]. Najważniejsze jest jednak to, że w mieście Angren (Uzbekistan) od prawie 50 lat pracuje z powodzeniem elektrownia bazująca na gazie wytworzonym ze zgazowanego pod ziemią węgla, i to węgla brunatnego, o nieco lepszych parametrach energetycznych niż węgiel bełchatowski. Na bazie doświadczeń rosyjskich w okresie ostatnich lat rozwinęło się w USA i w świecie wiele firm, które za podstawę rozwiązań przyjęły te stosowane w Angren, po ich uprzednim unowocześnieniu.

Taki też obiekt energetyczny, na wskroś nowoczesny, znajdują się w Chinchilla [5, 6] w Australii. Stosowane są tam obecnie najnowsze rozwiązania w technologii UCG a także IGCC. Taki układ zintegrowany charakteryzuje się niezwykłą sprawnością w porównaniu do stosowanych aktualnie w kraju technologii, niezawodnością, prowadzony proces jest w pełni sterowalny nie zagraża środowisku.

Również w Europie prowadzone były liczne eksperymenty. Wspomnieć można takie kraje jak Belgia, Francja, Hiszpania, Niemcy. W dokumentacjach z badań odnaleźć można nawet odnotowany udział w tych eksperymentach polskich instytutów: 1950–51 udział w pro-

jeckie belgijskim Bois la Damm, w 1991 r. projekt instalacji pilotowej w Polsce o przerobie 200 Mg węgla na dobę (GIG i Separator) [1].

Obecnie w Europie nie pracuje obiekt energetyczny w oparciu o technologię UCG, a samo rozwiązanie budzi wiele zastrzeżeń górników. Zastrzeżenia te budowane są na bazie negatywnych doświadczeń eksperymentów sprzed lat, a często niechęcią do wprowadzania nowych rozwiązań.

Postęp w zakresie nowych kierunków badań dotyczy tzw. technologii czystego węgla. Mówi się o nich, najczęściej mając na uwadze węgiel ogólnie, nie wyszczególniając tutaj węgla brunatnego. Kierunek rozwiązań współczesnych dotyczy również węgla niższych jakościowo, a więc brunatnych, bitumicznych, lignitów. Pamiętać należy, że z przyczyn naturalnych nie wszystkie rozwiązania technologiczne omawiane w ramach czystych technologii dotyczą węgla o niższych parametrach. Urządzenia ciągu technologicznego, podczas dalszego przetwarzania, mają określone wymagane parametry wejściowe. Syngaz, produkt gazyfikacji węgla, musi charakteryzować się wymaganym stopniem czystości i kaloryczności. W aspekcie przetwarzania na paliwa płynne musi również posiadać właściwości wymagane dla dalszego, efektywnego ich przetwarzania. Technologie stosowane w przetwarzaniu wysokoenergetycznego węgla kamiennego nie zawsze sprawdzą się w efektywnym przetwarzaniu węgla brunatnego, o znacznie niższej wartości energetycznej i innym składzie chemicznym. Sprawność przetwarzania może być w tym przypadku znacznie niższa. Teoretycznie lub w skali laboratoryjnej efekty mogą być pozytywne. W skali technicznej może być wymagane uzupełnienie układu przerobczego o nowe elementy dla osiągnięcia produktu o wymaganych parametrach energetycznych, co spowoduje, że technologia taka nie będzie atrakcyjna ekonomicznie.

3. Perspektywiczne technologie dla polskiego węgla brunatnego

W Polsce dotychczas najbardziej efektywne wydobywanie odbywało się metodą odkrywkową. Koszt pozyskania węgla w taki sposób był najniższy, a uzyskane przez lata doświadczenia pokazały, że jest to jedno z bezpieczniejszych stosowanych rozwiązań w górnictwie. Prawie całość wydobytego węgla brunatnego zasila elektrownie i tym samym ok. 36% produkcji krajowej energii elektrycznej pochodzi z tego źródła.

Jego główne mankamenty to:

- wysoka emisyjność w dalszym przetwarzaniu np. w energię elektryczną, gdzie stosowane są tradycyjne metody spalania;
- wieloletnie, degradujące wpływy na powierzchnię ziemi;
- mała elastyczność jeśli chodzi o dywersyfikację ingerencji w środowisko, szczególnie w przypadku kopalń głębokich.

Metody odkrywkowe należy ocenić jako preferowane i możliwe do perspektywicznych zastosowań w przypadkach małych, niezbyt głębokich odkrywek oraz dużych złóż o niezbyt zabudowanej powierzchni nad nimi.

W wielu jednak przypadkach, a dotyczy to znacznych zasobów w Europie i Polsce, technologia ta będzie napotykała na ogromne opory lokalnych władz i społeczności, szczególnie na obszarach wysoko zurbanizowanych.

Jej dalsze zastosowanie w dużym stopniu jest uwarunkowane opinią mieszkańców terenów, gdzie znajduje się złożo, oraz narzuconymi wymaganiami ekologicznymi, które systematycznie zaostrzane, rodzą obecnie znaczne zagrożenia dla polskiej energetyki. Wspomnieć tu można konieczność ograniczenia emisji CO₂ o 20% w niezwykle krótkim czasie oraz systematycznie narastające problemy ze składowaniem odpadów.

Przy powyższych ograniczeniach dla stosowania technologii odkrywkowej interesujące wydają się nowe propozycje związane ze stosowaniem podziemnego zgazowania. Dotychczas uzyskane wyniki produkcyjne w znanych obiektach energetycznych wskazują, że właśnie ta technologia stwarza niezwykle korzystne możliwości, w szczególności w obszarach zurbanizowanych.

Dla stosowania samego procesu UCG warunki złożowe przedstawiono w tabeli 1 [3].

TABELA 1
Wymagania dla zastosowania technologii UCG

Parametr	Minimalne wymagania
Klasa węgla	Węgiel bitumiczny lub niższej klasy
Grubość pokładu węgla	> 0,5 m grubości, najlepiej powyżej 1,5 m
Głębokość pokładu	12 m, ale preferowane głębiej niż 150 m
Dostępność miejsca	Umożliwiająca: prowadzenie wierceń większej średnicy, możliwość monitoringu, rozprowadzenia rurociągów
Poziom wód gruntowych	Pokład węgla musi być poniżej poziomu wód gruntowych
Wody	Poziom wodonośny nie powinien być źródłem lokalnych zasobów wody pitnej

Jak wynika z właściwości materiałowych złóż węgla brunatnych, prowadzenie w nich procesu podziemnego zgazowania jest łatwiejsze z uwagi na jego większą porowatość i wilgotność w stosunku do węgla kamiennego. Węgiel brunatny występuje na mniejszych głębokościach, co ułatwia prowadzenie wierceń, często kierunkowych, wymaganych dla procesu efektywnej eksploatacji. W Polsce znajduje się wiele małych, ale i strategicznych złóż, spełniających wymagania zawarte w tabeli 1.

Konieczność dokonania nowych inwestycji w energetyce, w tym opartej na węglu brunatnym, wymaga zastosowania nowych rozwiązań przetwórczych oraz ograniczających oddziaływanie na środowisko.

Właściwości węgla brunatnych oraz dotychczasowe doświadczenia z zastosowaniem czystych technologii węglowych wskazują [2, 3, 7], że nadal powinny być stosowane przede

wszystkim do celów energetycznych. W kontekście właściwości węgla kamiennego (tab. 2), ten ostatni, wzorem innych krajów (RPA — technologia SASOL, Chiny i in.) powinien być przetwarzany w inne nośniki energii jako bardziej kaloryczny i zbadany poprzez liczne praktyczne zastosowania.

TABELA 2
Kaloryczność węgla

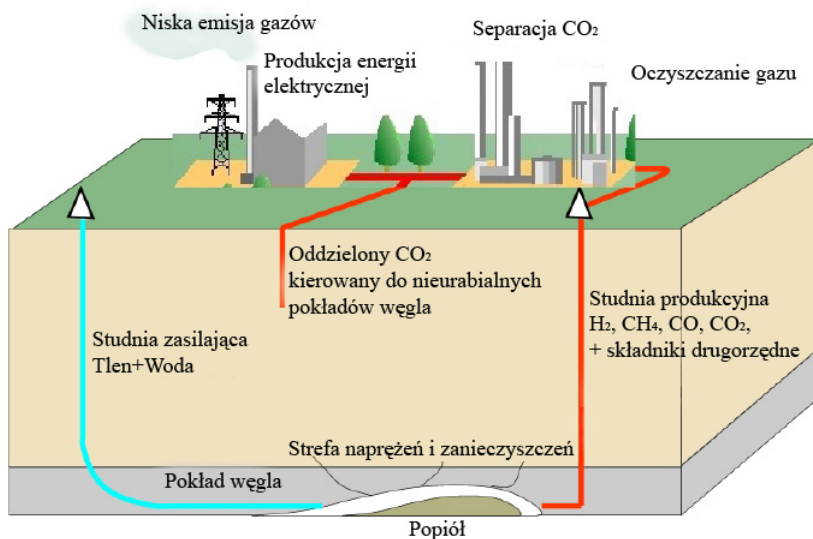
Rodzaj	Wartość opałowa, MJ/kg
Czysty pierwiastek węgla	ok. 33,2
Węgiel kamienny	16,7÷29,3
Węgiel brunatny	4,2÷12,5
Węgiel bełchatowski	średnio 8,9 (4,2÷10,0)
Węgla legnickie — perspektywiczne:	
— Pole Wschód	8,9
— Pole Zachód	9,8
— Pole Północ	9,1
— Ruja	9,5
— Ścinawa	10,0

W znanej z wysokiej sprawności technologii bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa stałego IGCC węgiel ulega zamianie na wysokokaloryczny gaz syntezowy (syngaz). Wymaga on oczyszczenia (znanych jest kilka efektywnych sposobów oczyszczania) przed skierowaniem do spalania w turbinie gazowej. Część ciepła spalin wylotowych z turbiny zostaje wykorzystana do wytwarzania pary w kotle odzysknicowym. Z kolei para napędza turbinę parową z generatorem. Blok pracujący w technologii IGCC ma podobną budowę do szeroko rozpowszechnionych na świecie, typowych bloków gazowo-parowych na bazie gazu ziemnego. Buduje się je również w Polsce. Zasadnicza różnica tkwi jedynie w występowaniu rozbudowanego układu wytwarzania gazu syntezowego z paliwa stałego. W przypadku podziemnej gazyfikacji węgla reaktor podziemny staje się początkowym członem produkcji syngazu. Pozostała część technologii IGCC pozostaje bez zmian.

Zatem technologia IGCC składa się z trzech oddzielnych procesów:

- 1) zgazowanie paliwa po dostarczeniu utleniacza (powietrze, tlen, para wodna),
- 2) oczyszczanie gazu syntezowego,
- 3) spalanie gazu syntezowego w turbinie gazowej.

Zintegrowany układ UCG-IGCC pokazano na rysunku 1. Z wykorzystaniem UCG początkowy stopień przetwarzania zachodzi w złożu. Jest to w sumie siedem procesów chemicznych o zróżnicowanej kinetyce zależnej od warunków złożowych i produkcyjnych.



Rys. 1. Ogólny schemat procesu zgazowania podziemnego, produkcji energii elektrycznej oraz gospodarki CO₂

Turbina gazowa do zastosowań energetycznych jest urządzeniem najnowszej generacji. Przykładem może być turbina produkcji General Electric, gdzie temperatura spalin na wlocie do turbiny wynosi 1430°C, stopień sprężania — 23:1, sprężanie 18-sto stopniowe. Układ gazowo-parowy z tą turbiną może osiągnąć sprawność elektryczną 60% i moc 520 MW. Jest kilka firm produkujących takie urządzenia o zbliżonych parametrach technicznych.

Technologia ta ma duże znaczenie ekologiczne. Syngaz oczyszczany jest przed procesem spalania, co jest bardziej skuteczne jak stosowane w technologiach dotychczasowych — oczyszczanie spalin.

Inne zalety takiego bloku energetycznego to:

- mała emisja szkodliwych zanieczyszczeń,
- brak odpadów paleniskowych pochodzących z procesu spalania,
- krótki czas rozruchu,
- możliwość uzyskania dużych zmian obciążenia w krótkim czasie,
- małe zapotrzebowanie wody chłodzącej i innych mediów roboczych.

Dla poprawy opłacalności tego procesu z wytworzonego syngazu, jeszcze przed podaniem do turbiny, separuje się wodór i siarkę. Pierwiastki te wykorzystuje się następnie do produkcji poszukiwanych związków chemicznych, takich jak m.in. nawozy sztuczne, amoniak czy metanol. Usunięcie wodoru i siarki ze strumienia syngazu obniża jego wartość opałową, niemniej nowe produkty są atrakcyjne na rynku i mogą nawet poprawić opłacalność procesu.

Syngaz może być również przetwarzany w olej napędowy lub wodór. Są to jednak nowe procesy technologiczne i wymagają oddzielnych instalacji. W przypadku węgla brunatnego są to technologie o dalekiej perspektywie wykorzystania i na obecny stan wiedzy nie do końca uzasadnione ekonomicznie.

Wiele publikacji wydanych przez Ergo Exergy [5, 6] wskazuje, że zakłady IGCC oparte na technologii UCG charakteryzują się znacznie niższymi kosztami inwestycyjnymi oraz mają niższe koszty operacyjne.

Dodatkową, niezwykle istotną zaletą systemu zintegrowanego UCG-IGCC jest fakt mniejszej o 25% emisji ditlenku węgla w stosunku do tradycyjnego spalania. Dlatego też taka technologia pozwoli na spełnienie wymagań UE w zakresie ograniczenia emisji CO₂. Istnieją dalsze możliwości wykorzystania tego gazu w ramach stosowania takiego sposobu zagospodarowania węgla brunatnego. Wymagają one jednak dalszych badań aplikacyjnych.

Największe zagrożenia występujące podczas stosowania technologii UCG to:

- osiadania powierzchni terenu,
- zagrożenia dla wód podziemnych.

Istnieją sprawdzone metody zapobiegania tym zagrożeniom, co znalazło potwierdzenie w licznych pracach badawczych i monitorujących przebieg tych procesów.

Analizując dotychczasowe efekty prób i zastosowań podziemnego zgazowania węgla brunatnego, stwierdza się, że jest to technologia zaawansowana i możliwa do zastosowania w warunkach krajowych, szczególnie w terenie zurbanizowanym. Ponadto istnieją możliwości jej rozwoju i produkcji, w dalszej perspektywie, nowych nośników energii na bazie syngazu, a także wytwarzania produktów nieenergetycznych.

Do zalet zintegrowanych instalacji energetycznych bazującej na podziemnym zgazowaniu [8] węgla można zaliczyć:

- praktycznie nieograniczone zasoby węgla, nadające się do komercyjnego wykorzystania, brak konieczności dostaw wody i węgla;
- technologia UCG umożliwia wykorzystanie ogromnych zasobów węgla, zapewniając jednocześnie regularne dostawy gazu;
- podziemne generowanie gazu w większości przypadków odbywa się systemem kilku osobnych reaktorów, gaz pochodzący z poszczególnych reaktorów jest mieszany, co przekłada się na jego stabilną jakość;
- popioły, żużle i produkty odpadowe pozostają w podziemnych wyrobiskach;
- wody podziemne docierające do generatora gazu tworzą swoisty płaszcz parowy, redukując straty ciepła do akceptowalnego poziomu;
- proces gazyfikacji prowadzony jest w sposób w pełni kontrolowany, zredukowana jest tym samym aktywność chemiczna składowanych odpadów, co wpływa na obniżenie poziomu zanieczyszczeń;
- o 25% mniejsza jest emisja CO₂ w stosunku do tradycyjnych węglowych.

W odróżnieniu od konwencjonalnych metod gazyfikacji, UCG jest nie tylko metodą przetwarzania, jest także innowacyjną technologią górniczą umożliwiającą podziemną eksploatację węgla. Technologia UCG może być stosowana w związku z tym jako alternatywna metoda eksploatacji pokładów węgla nie nadających się do eksploatacji konwencjonalnymi metodami bądź o szczególnych wymaganiach środowiskowych.

W pracy [8] stwierdzono, że technologia UCG spełnia wymagania wynikające z trudnych warunków geosozologicznych złóż legnickich.

4. Przykłady dotychczasowych zastosowań technologii rozwijających się

Dotychczasowe testowe zastosowania technologii UCG odbywały się z zastosowaniem różnych czynników utleniających: powietrze, tlen, para wodna. Z uwagi na zróżnicowane warunki geologiczne i złożowe trudno jest stwierdzić, które utleniacze są najefektywniejsze. Z uwagi jednak na znaczną wilgotność węgla brunatnego w złożu nie do uniknięcia jest przyjęcie, że przemiany wewnątrzłożowe będą odbywać się w warunkach powietrzno-wodnych, gdzie woda będzie w postaci pary z uwagi na wysoką temperaturę procesu.

4.1. Próby UCG na węglu brunatnym

Testy technologii UCG prowadzono przez lata, również w złożach węgla brunatnego. Należą do nich próby o lokalizacji:

- Podmoskownaja, prowadzona w latach 1946–1963, w złożu węgla brunatnego o pokładach 0,9÷4,6 m, zasoby zostały wyczerpane w 1963 r.;
- Lichanskaja, węgiel bitumiczny, o miąższości 0,4÷0,8 m, produkcja gazu (1963 r.) — 220 mln m³;
- Južno–Ołbinskaja, węgiel bitumiczny o miąższości 1,3÷3,9 m, testy od 1955 r., w 1963 r. wyprodukowano 290 mln m³ gazu;
- Szatskaja, lignity, pokłady 0,3÷2,7 m, testy w latach 1963–66;
- Angrenskaja, lignity, pokłady 4÷20 m, produkcja energii elektrycznej 1000 MW.

Najcenniejsze doświadczenia uzyskano w dwóch znanych obiektach, gdzie produkuje się energię elektryczną na bazie syngazu z podziemnego zgazowania złóż. Są to: zakład energetyczny w Angren (Uzbekistan) oraz Chinchilla (Australia). W pierwszym przypadku zgazowywano pod ziemią węgiel brunatny, natomiast w drugim — węgiel kamienny, ale jest to przykład zintegrowanego systemu UCG i IGCC.

4.2. Angren – Uzbekistan

Funkcjonujący w Angren [7] od 1961 r. zakład energetyczny na bazie podziemnego zgazowania węgla brunatnego jest najpotężniejszym obiektem przemysłowym tego typu,

nie mającym odpowiednika w świecie. Ponad 40 lat doświadczeń wskazuje, że metoda UCG pozwala uzyskać gaz energetyczny na skalę przemysłową i zapewnia nieprzerwane dostawy do odbiorcy.

Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że:

- koszty inwestycyjne budowy podziemnych zakładów gazyfikacji węgla są 2,5 razy niższe od kosztów udostępnienia wyrobisk i odkrywek;
- zdolność produkcyjna jest taka sama jak w kopalniach odkrywkowych i 4-krotnie wyższa niż w wyrobiskach podziemnych, podczas gdy koszt produktu finalnego jest taki sam jak w odkrywce i 1,5 do 2 razy niższy niż przy eksploatacji podziemnej;
- proces eksploatacji może być całkowicie zmechanizowany i automatycznie kontrolowany;
- nie ma problemu składowania odpadów;
- koszty rekultywacji gruntów są pięciokrotnie niższe niż w przypadku konwencjonalnych metod eksploatacji węgla;
- metoda UCG pozwala pozyskać złoża węgla nie nadające się do wydobywania metodą odkrywkową lub podziemną, co pozwala na pełniejsze wykorzystanie zasobów.

Pokłady węgla w Angren o miąższości 2÷15 m występują na głębokości 130÷250 m. Kaloryczność węgla mieści się w przedziale 2800÷3200 kcal/kg. Kaloryczność uzyskanego syngazu wynosi 800÷1000 kcal/m³. Podziemne straty węgla wahają się od 5 do 18%. Z 1 kg węgla uzyskuje się 1,8÷2,2 m³ gazu. Główne składniki syngazu to: azot, wodór, dwutlenek węgla, tlenek węgla i metan.

4.3. Chinchilla — Australia

Całość instalacji [5, 6] obejmowała 9 odwiertów o głębokości około 140 m, którymi odprowadzano produkty zgazowania pokładu węgla o 10-metrowej miąższości. Początkowo produkowano energię elektryczną na bazie syngazu. Po 28 miesięcznym działaniu zgazyfikowano około 32 tys. Mg węgla i osiągnięto 100% wydajności, wytwarzano 80 tys. Nm³/h syngazu o kaloryczności 5,0 MJ/m³, przy ciśnieniu 10 barów i temperaturze 300°C.

W czasie produkcji z zastosowaniem układu UCG-IGCC uzyskano emisję CO₂ o 25% niższą niż w najlepszych tradycyjnych elektrowniach opalanych węglem.

Początkowo była to elektrownia IGCC o mocy 70 MW, następnie została rozbudowana. Dane ujawnione przez Ergo Exergy wskazują, że zakłady IGCC oparte na technologii UCG są znacznie tańsze do wybudowania i mają mniejsze koszty operacyjne. Całkowite koszty elektrowni 177 MW wynoszą 600 USD/kW, a zakład 280 MW około 450 USD/kW. Koszty operacyjne energii elektrycznej są szacowane na około 12 USD/MWh.

Zgodnie z projektem zakład Chinchilla miał zostać rozbudowany do ok. 400 MW mocy i wyposażony w najnowocześniejsze turbiny gazowe o dużej sprawności. Przewiduje się rozbudowę projektu, łącznie z budową instalacji do produkcji paliw płynnych.

5. Podsumowanie

Postęp techniczny oraz zabezpieczenie dostaw energii ma duże znaczenie dla rozwoju gospodarki. Innowacyjne technologie skłaniają do zmiany podejścia do własnych nośników energii, głównie wykorzystania węgla, w tym brunatnego. Mogą one być skuteczniej i w pełniejszym zakresie wykorzystane przy spełnieniu jednocześnie wymagań ochrony środowiska i założeń polityki energetycznej i ekologicznej UE.

Przykładem takich technologii są metody podziemnego zgazowania węgla w złożu. Są to technologie elastyczne, umożliwiają pozyskanie zasobów niedostępnych do wydobycia z zastosowaniem dotychczasowych technologii. Z uwagi na to, że mogą pracować w układach zintegrowanych, łączących proces zgazowania z produkcją energii elektrycznej w urządzeniach o wysokiej sprawności, stanowią szansę dla rozwoju technologii wykorzystania węgla brunatnego przy zachowaniu ostrych wymagań ochrony środowiska. Koszty stosowania takich technologii są konkurencyjne z tradycyjnymi. Z uwagi na parametry jakościowe węgla brunatnych w stosunku do węgla kamiennych oraz metody produkcji paliw płynnych wydaje się bardziej uzasadniony wzrost produkcji energii elektrycznej na bazie węgla brunatnego przy wykorzystaniu większej ilości węgla kamiennego do produkcji paliw silnikowych.

Wymaga to przeprowadzenia prognoz i bilansu energetycznego długookresowego na kolejne lata oraz uściślenia polityki energetycznej Polski dla zapewnienia zwiększonego udziału własnych surowców energetycznych i podniesienia poziomu bezpieczeństwa energetycznego.

Przedstawione technologie przetwarzania węgla są rozwojowe i stwarzają możliwości dalszego postępu w gospodarce energetycznej z uwzględnieniem paliw przyszłości.

6. Wnioski

- 1) Dla zapewnienia możliwości wykorzystania krajowych zasobów energetycznych niezbędne jest podjęcie działań na rzecz prawnej ochrony obszarów występowania złóż, w szczególności w ramach planów zagospodarowania przestrzennego.
- 2) Polityka energetyczna Polski winna być ponownie opracowana z uwzględnieniem rosnących potrzeb społeczeństwa, na miarę wymagań prorozwojowych wynikłych z przynależności do Unii Europejskiej.
- 3) Rozwiązania w ramach czystych technologii węglowych winny znaleźć swoje należne miejsce w długofalowym rozwoju energetyki opartej na surowcach krajowych.
- 4) Doświadczenia innych krajów w stosowaniu podziemnego zgazowania węgla wskazują, że jest to technologia alternatywna dla obecnie stosowanych, która umożliwia pozyskanie zasobów w trudnych warunkach złożowych i geosozologicznych.

- 5) Technologia podziemnego zgazowania węgla jest atrakcyjna ekonomicznie i ekologicznie, a tym samym powinna zostać możliwie szybko wdrożona w kraju. Okres inwestycyjny w ich przypadku może być znacznie skrócony w stosunku do obecnie stosowanych sposobów wykorzystania węgla brunatnego.
- 6) Technologia UCG pozwala na zagospodarowanie znacznych ilości ditlenku węgla (25% w stosunku do obecnie stosowanych w energetyce) i ma szansę na jego zwiększenie.

LITERATURA

- [1] *Dubiński J., Czaplicka K., Stańczyk K., Świądrowski J.*: Produkcja paliw ciekłych i gazowych z węgla — szanse i perspektywy. Materiały Konferencyjne, Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2007
- [2] *Creedy D.P., Gamer K., Holloway, Jones N., Ren T.X.*: Review of underground coal gasification technological advancements, Report No. COAL R211, DTI/Pub URN 01/1041, Crown Copyright 2001
- [3] *Burton E., Friedmann J., Upadhy R.*: Best Practices in Underground Coal Gasification, Lawrence Livermore National Laboratory, University of California, 2006
- [4] *Walker L.*: Underground Coal Gasification: A Clean Coal Technology Ready for Development, Mining
- [5] *Walker L.K., Blinderman M.S., Brun K.*: An IGCC Project at Chinchilla, Australia, Based on Underground Coal Gasification (UCG), Gasification Technologies Conference, San Francisco, USA, Oct. 8–10 2001
- [6] *Blinderman M.S., Jones R.M.*: The Chinchilla IGCC Project to Date: Underground Coal Gasification and Environment, Gasification Technologies Conference, San Francisco, USA, Oct. 27–30, 2002
- [7] *Nowak J.*: ANGREN — Zakład Energetyczny, podziemne zgazowanie (UCG) węgla brunatnego. KGHM Cuprum sp. z o.o. — Centrum Badawczo Rozwojowe, Wrocław 2007r. (praca nie publikowane)
- [8] *Kudelko J., Nowak J.*: Geosozologiczne uwarunkowania dla strategii i wyboru technologii zagospodarowania złóż węgla brunatnego rejonu legnickiego”. CUPRUM, Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud, Wrocław 2007 (w druku)