

Biowęgiel - powrót do przeszłości, szansa dla przyszłości

Autor: prof. dr hab. inż. Zbigniew Bis

(„Czysta Energia” - 6/2012)

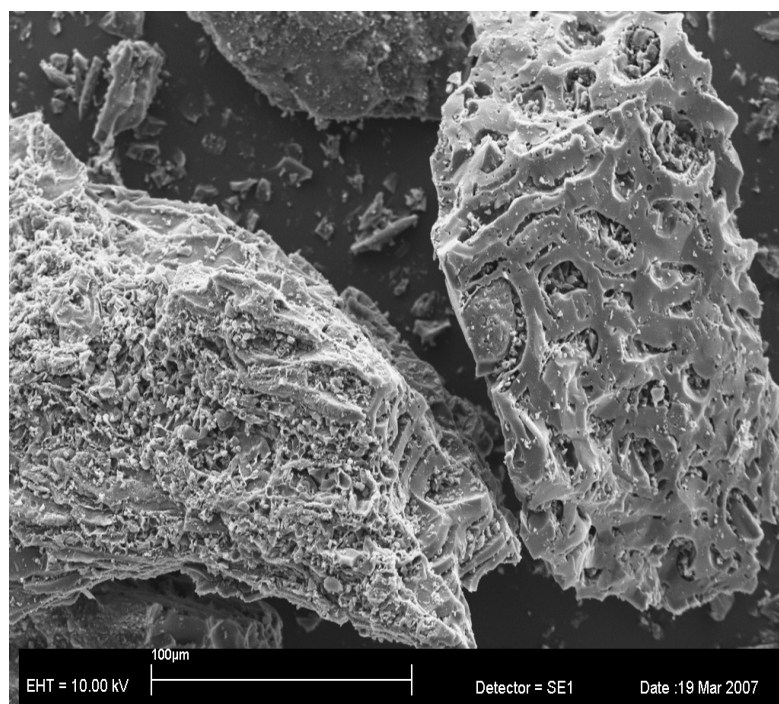
Źródła naukowe, zajmujące się analizą globalnego bilansu węgla w przyrodzie, donoszą, że mamy do czynienia z ogromnym niezbilansowaniem pomiędzy emisją C do atmosfery a jego przyswajaniem przez wszystkie możliwe źródła na ziemi.

Niezbilansowanie to prowadzi do nieustannego wzrostu stężenia CO₂, jako ekwiwalentu C w atmosferze z szybkością rzędu 4,1 mld Mg/rok. Taka skala dysproporcji w emisji i pochłanianiu węgla winna skłaniać decydentów do nadania najwyższego priorytetu pracom nad rozwojem nowych metod przechowywania pierwiastka C w stabilnej formie poza atmosferą Ziemi przez długi czas, innych niż tradycyjne CCS (Carbon Capture and Storage – w skrócie wychwytywanie CO₂ ze spalin i deponowanie go głęboko pod ziemią).

Ostatecznie idea zrównoważonego rozwoju powinna stanowić dla społeczności świata alternatywną metodę ograniczenia emisji węgla do atmosfery. W tym kontekście warto zwrócić uwagę na intensywnie rozwijaną od dłuższego czasu na świecie inicjatywę sekwestracji CO₂ w ziemi, przy wykorzystaniu biowęgla. Szeroko zakrojonym działaniom w tym zakresie patronuje International Biochar Initiative (IBI) (www.biochar-international.org). IBI jest organizacją typu non-profit, wspierającą naukowców, polityków, rolników, ogrodników oraz wytwórców i twórców technologii pracujących nad zrównoważonym wytwarzaniem i stosowaniem biowęgla.

Definicja i zastosowanie biowęgla

Biowęgiel jest materiałem podobnym do powszechnie znanego węgla drzewnego, otrzymywanym w procesie termolizy (proces podobny do suchej destylacji) biomasy różnego pochodzenia. Biowęgiel nie tylko ma ujednorodniony skład chemiczny względem wyjściowego surowca, lecz przede wszystkim posiada mocno rozwiniętą wewnętrzną strukturę porów, co wyraźnie widać na rysunku. Oprócz znanych powszechnie właściwości i zastosowań węgla drzewnego, biowęgiel na dużą skalę wykorzystywany jest w energetyce jako paliwo odnawialne, a ostatnio rozpatrywany jako potencjalnie znaczące źródło długookresowego przechowywania pierwiastka C w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Zainteresowanie biowęglem jako sposobem sekwestracji CO₂ wynika ze studiów ziemi z okolic Amazonki, w efekcie których wykryto występowanie w wielu miejscach tzw. *terra preta do Indio* – czarnej ziemi Indian.



Ziarno biowęgla w dużym powiększeniu

Jest to gleba, która najprawdopodobniej powstawała dzięki celowym i systematycznym wysiłkom człowieka. Jej właściwości mocno kontrastują z właściwościami pozostałych, ubogich gleb amazońskich – jest bardzo żyzna. Ponieważ główny składnik *terra preta* stanowi węgiel, wprowadzenie opartych na niej agrokultur na szerszą skalę może w znaczący sposób przyczynić się do powstrzymania efektu cieplarnianego przez sekwestrację CO₂ w glebie. Okazuje się, że prekolumbijski model prowadzenia agrokultury, organizacji społeczności i relacji pomiędzy człowiekiem a jego środowiskiem może służyć utrzymaniu bioróżnorodności i powstrzymaniu degradacji środowiska naturalnego, a także wspomóc wysiłki na rzecz ograniczenia skutków innych globalnych zagrożeń współczesności, których reperkusje mogą być w przyszłości trudne do zniwelowania. W rezultacie na świecie podejmowane są liczne projekty angażujące nie tylko społeczności akademickie, ale także przedsiębiorców, organizacje pozarządowe i społeczności lokalne. Przedsięwzięcia dotyczą zwłaszcza wybranych aspektów możliwych zastosowań bazowego składnika *terra preta*: węgla drzewnego czy też jego odpowiednika, produkowanego współcześnie dzięki termolizie biomasy – biowęgla.

Sekwestracja – lepsze rozwiązanie

Aktualnie biomasa jest masowo wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej i ciepła pod hasłem ograniczania emisji CO₂. Tak naprawdę liczy się tylko produkcja elektryczności, gdyż preferują ją specjalne certyfikaty. Różnica pomiędzy ograniczeniem emisji CO₂ w efekcie produkcji bioenergii a sekwestracją CO₂ przez biowęgiel może być wykazana poprzez wpływ obu metod na zawartość węgla w atmosferze. W obu przypadkach węgiel zawarty w biomase wyjściowej został „wchłonięty” z atmosfery i zakłada się, że dalszy wzrost (uprawa) biomasy zastąpi tą, która została zebrana. W przypadku produkcji bioenergii węgiel jest „wypuszczony” z powrotem do powietrza, i tu także zakłada się, że jego adekwatna ilość zawarta w paliwach

kopalnych nie musi opuszczać zasobów ziemi (zmniejsza się zużycie paliw kopalnych). Te ostatnie dwie wielkości nie są identyczne, ponieważ różne paliwa i różne technologie przetwarzania zawartej w nich energii emitują rozmaite ilości węgla podczas produkcji tej samej ilości energii. Podobnie różne technologie produkcji energii elektrycznej z biomasy cechują się mocno zróżnicowaną sprawnością. Dlatego też w wielu przypadkach jakaś (sucha albo wilgotna) biomasa może być traktowana raczej jako dodatkowy zapas niż równoważne zastąpienie produkcji energii elektrycznej, a tym samym także emisji CO₂ z paliw kopalnych.

Prostota sekwestracji poprzez biowęgiel

Sekwestracja CO₂ poprzez biowęgiel jest znacznie prostsza: ilość węgla „wyekstrahowana” z biomasy jest równa ilości sekwestrowanej tak długo, jak długo węgiel ten będzie trzymany w glebie.

Do celów energetycznych stosowana jest głównie biomasa odpadowa. Nowe zasoby biomasy pozyskiwane z upraw roślin energetycznych mają większy potencjał energetyczny, ale póki co są droższe. W przeciwieństwie do systemów przetwarzających energię słońca, wiatru i hydro, nowoczesne systemy przetwarzania energii biomasy mają tę przewagę, że mogą być umieszczane w miejscach, gdzie faktycznie hoduje się rośliny i zwierzęta. Ta jedna z najważniejszych cech energii biomasy wyróżnia się spośród innych systemów energii odnawialnej również tym, że stwarza warunki prawdziwego zrównoważonego rozwoju regionów. Spośród wszystkich źródeł energii odnawialnej, biomasa jest jedynym, które może być użyte bez jakiegokolwiek systemu magazynowania energii. Wykorzystanie biomasy może realnie pomóc zmniejszyć globalny efekt cieplarniany, powodowany przez elektrownie spalające paliwa kopalne. Rośliny używają i akumulują CO₂, gdy rosną. Dwutlenek węgla zmagazynowany w roślinach wydzielany jest wtedy, kiedy te są spalane lub rozkładają się (gniją). Nowe rośliny uprawiane na miejscu wcześniej zebranych mogą pochłaniać CO₂ wydzielone podczas spalania ich poprzedników tylko wtedy, gdy procesy te realizowane są w bezpośrednim sąsiedztwie upraw. Jedynie taki sposób energetycznego użytkowania biomasy, połączonego z jej odtwarzaniem przez nowe uprawy, pomaga zamykać cykl CO₂ w przyrodzie. Jeżeli zbiory nie są odnawiane przez kolejne cykle upraw lub gdy biomasa z tych upraw wywożona jest do odległych elektrowni, wtedy spalana biomasa wyemituje dwutlenek węgla, który przyczyni się do wzrostu globalnego ocieplenia tak samo jak ten pochodzący ze spalania paliw kopalnych.

Technologie wykorzystania i koszty produkcji energii elektrycznej oraz ciepła z biomasy zależą od jakości surowców, kosztów transportu, dostępności oraz wielkości siłowni. Niewątpliwie kluczowe jest również rozwiązanie konstrukcyjne układu przetwarzania biomasy. Należy oczekiwać, że w tym zakresie układy kogeneracyjne lub lepiej poligeneracyjne (produkcja biowęgla, ciepła i elektryczności) będą skupiały największą uwagę inwestorów.

Wizja zielonej energii bez wsparcia

Z całą pewnością w perspektywie ograniczenia lub wyeliminowania finansowego wsparcia produkcji „zielonej energii” (bioenergii), dążenie do zwiększania stopnia wykorzystania biomasy będzie stymulowało rozwój i poszukiwanie nowych rozwiązań układów energetycznej konwersji energii chemicznej biomasy.

W szczególności rozwijane powinny być układy skojarzone cechujące się większą doskonałością termodynamiczną, bo to stwarza podstawy do osiągnięcia efektywności ekonomicznej. Ponadto technologie przetwarzania biomasy winny brać pod uwagę co najmniej dwa fakty. Po pierwsze, istnieją fizyczne (szczególnie wilgotność, rozdrobnienie, podatność na rozdrabnianie itp.) i chemiczne (skład chemiczny, zawartość alkaliów, chloru itp.) ograniczenia w termicznym przekształcaniu biomasy, po drugie, układy te są często stosowane jako małe, lokalne (rozproszone) źródła energii, dlatego też powinny one cechować się prostą konstrukcją i łatwą obsługą podczas eksploatacji. Energetyka rozproszona pozwala uniknąć kosztownego transportu biomasy na duże odległości (i dodatkowej emisji CO₂ ze spalania paliw płynnych), który jest niezbędny w przypadku wykorzystywania dużych instalacji energetycznych, oraz aktywizuje i zapewnia utrzymanie lokalnym społecznościom. Z tego względu w wielu krajach Europy, w tym i w Polsce, obserwuje się rozwój instalacji kogeneracyjnych małej mocy, głównie w oparciu o organiczny obieg Rankine'a (ORC). Konkurencyjne technologie (o mniejszej ilości wdrożeń), to układy zgazowania, współpracujące z tłokowymi silnikami spalinowym oraz silnikami spalania zewnętrznego Stirlinga. Najczęściej spotykaną konfiguracją układu ORC, oferowaną do kogeneracji ciepła i energii elektrycznej w oparciu o biomasę, jest instalacja złożona z parownika, turbiny rozprężnej, regeneratora ciepła, skraplacza oraz pompy. Temperatura parowania czynnika wynosi ok. 300°C, co pozwala na uniknięcie problemów związanych z korozją chlorową we wnętrzu kotła spalającego biomasę. Typowa temperatura skraplania to ok. 100°C, co pozwala na wykorzystanie ciepła kondensacji do celów ciepłowniczych. Należy jednak zauważyć, że przy takich parametrach sprawność elektryczna układu ORC nie przekracza 20%, a przy uwzględnieniu sprawności kotła typową wartością sprawności elektrycznej całego obiektu jest 15%. Podstawową wadą układów ORC jest konieczność stosowania czynnika organicznego, który stwarza szereg problemów eksploatacyjnych. Po pierwsze, podczas wymiany ciepła istnieje ryzyko jego rozkładu termicznego, po drugie, poważnym problemem jest zapewnienie szczelności wału wyprowadzającego moc z turbiny do generatora elektrycznego. Wycieki czynnika roboczego z uszczelnień wału są podstawową przyczyną stosunkowo niskiej dyspozycyjności układów ORC. Po trzecie, organiczny czynnik jest toksyczny, a jego pary mają skłonność do wybuchu, co wymusza stosowanie kosztownych środków bezpieczeństwa. Z tych powodów koszt inwestycyjny układów ORC wynosi ok. 10 000 euro za kW zainstalowanej mocy elektrycznej.

Drugą z dostępnych technologii generowania energii elektrycznej z biomasy jest układ złożony ze reaktora zgazowania oraz tłokowego silnika spalinowego, zasilanego syntetycznym gazem ze zgazowania biomasy. Układy tego typu stosowane były z powodzeniem do napędu pojazdów już w trakcie II wojny światowej. Podstawową zaletą tej technologii jest możliwość osiągnięcia wysokiej sprawności elektrycznej, dochodzącej do 30%, co jest wartością bardzo wysoką jak na układy małej mocy. Niestety, technologia ta ma podstawową wadę, jaką jest zanieczyszczenie gazów smołami oraz związkami kwaśnymi. Występowanie smół sprawia, że odkładają się one we wnętrzu przewodów (szczególnie na zaworach), wymuszając częste czyszczenie instalacji. Związki kwaśne powodują z kolei przyspieszone zużywanie oleju smarującego silnik, co zwiększa koszty eksploatacyjne takiej instalacji. Opisane wady eksploatacyjne sprawiają, że pracujących instalacji tego typu jest stosunkowo mało, mimo że oferowane koszty inwestycyjne nie są wysokie.

Trzecią z dostępnych technologii jest silnik spalania zewnętrznego Stirlinga. Układy tego typu nie doczekały się wdrożeń poza kilkoma instalacjami pokazowymi. Cechuje je niska sprawność oraz wysokie koszty eksploatacyjne.

Inną technologią, która może być brana pod uwagę w takich systemach, jest układ Rankine'a, wykorzystujący parę wodną jako czynnik roboczy. Technologia ta powszechnie stosowana jest w elektrowniach węglowych dużej mocy, gdzie pozwala uzyskiwać sprawności wytwarzania energii elektrycznej rzędu 45%. Niestety, układy elektrowni zawodowych nie mogą być z powodzeniem przenoszone do małej skali z dwóch powodów. Po pierwsze, osiągnięcie wysokich parametrów pary, koniecznych do zapewnienia właściwej sprawności energetycznej, w układach małej mocy wiąże się z bardzo dużymi kosztami inwestycyjnymi. Po drugie, wraz ze spadkiem mocy nominalnej turbiny parowej radykalnie spada jej sprawność. Innym powodem trudności stosowania tych układów przy zasilaniu biomasą są problemy związane z korozją chlorową we wnętrzu kotła, jeżeli temperatura parowania czynnika roboczego wynosi ok. 300°C. Obniżanie tej temperatury ogranicza ten problem, lecz powoduje znaczny spadek wartości wskaźników eksploatacyjnych układu z turbiną parową, opartego o obieg Clausiusa – Rankine'a.

Luka technologiczna

Z dokonanego przeglądu możliwych technologii wynika, że w zakresie wykorzystania energii biomasy do skojarzonego wytwarzania ciepła i elektryczności występuje luka technologiczna, którą łatwo mogą wypełnić układy poligeneracyjne, autotermicznie przetwarzające biomasę do biowęglu, a nadwyżka entalpii wysokotemperaturowych gazów spalinowych z procesu uwęglania może być łatwo wykorzystana do produkcji energii elektrycznej i ciepła użytkowego¹. Do realizacji takiego układu bardzo dobrze nadaje się obieg parowy Rankine'a, oparty o tłokowe silniki parowe, które ostatnio znów budzą olbrzymie zainteresowanie³. Podstawowy obieg Rankine'a, wykorzystywany w tłokowym silniku parowym, odznacza się mniejszą sprawnością użycia ciepła niż obieg Carnota lub Diesla w silniku spalania wewnętrznego (silniku spalinowym). Gdyby było inaczej, oznaczałoby to zaprzeczenie prawom termodynamiki. Ponieważ tłokowy silnik parowy bazuje na spalaniu zewnętrznym, może on odzyskiwać ciepło z pary oraz gazów (spalin) odlotowych (np. z reaktora uwęglania), a tak odzyskane ciepło można ponownie kierować na jego wlot. Takiego rozwiązania nie można natomiast wykorzystać w silniku gazowym lub wysokoprężnym, ponieważ wiązałoby się to ze znacznym spadkiem sprawności objętościowej. Dlatego też ciepło wytwarzane przez silnik spalania wewnętrznego (spalinowy), jest bezpowrotnie tracone, natomiast ciepło to w tłokowym silniku parowym jest w znacznym stopniu odzyskiwane.

W większości biomasy uprawowej i leśnej zawartość pierwiastka węgla C wynosi 45-50% (w stanie suchym). W nowoczesnych, autotermicznych instalacjach uwęglania biomasy, wykorzystujących proces termolizy, ze strumienia suchej biomasy można uzyskać od 30-60% biowęglu oraz zachować w nim co najmniej 50% C zawartego w strumieniu wejściowej biomasy. Sprawność wytwarzania energii elektrycznej z biomasy, odniesiona do zawartej w niej energii, także może być wyrażona w procentach, tak więc łatwo można porównać efekty ograniczania emisji przez sekwestrację z wykorzystaniem biowęglu oraz przez zastąpienie produkcji elektrycznej opartej na paliwach kopalnych, bioenergią. Sprawność ta w odniesieniu do produkcji energii elektrycznej w najlepszym przypadku nie przekracza 30%. Współspalanie z węglem może zapewniać sprawność rzędu 35%. Teoretycznie wyższych sprawności produkcji energii

elektrycznej, rzędu 45%, można oczekiwać w procesach zgazowania biomasy z wykorzystaniem ogniw paliwowych, lecz projekty te nie zostały wdrożone na tak dużą skalę, aby potwierdzić te oczekiwania.

Jeśli weźmiemy pod uwagę te liczby, sekwestracji CO₂ w formie biowęgla nie tylko jest konkurencyjna, lecz dodatkowo daje efekt w postaci zmniejszenia netto emisji CO₂ w porównaniu z produkcją bioenergii. Skala tej „oszczędności” okaże się jeszcze większa, gdy instalacje uwęglania biomasy będą pracowały w systemie pełnej poligeneracji (produkcji biowęgla, elektryczności i ciepła).

Sekwestracja CO₂ w liczbach

Rozważania nad realnością zastosowania biowęgla dla sekwestracji CO₂ muszą być poparte „twardymi” argumentami, które trafią do rolników i innych producentów żywności i/lub biomasy, którzy zechcieliby zaangażować się w ten proces. Jednym z istotnych argumentów może być chęć utrzymania lub poprawy produktywności gleby, lecz trudno mu będzie wygrać z pokusą pozyskania znacznych środków pieniężnych ze sprzedaży biomasy do dużych elektrowni, które uzyskują dopłaty z tytułu produkcji „zielonej energii”. Niemniej dopłaty te kiedyś skończą się, a trwała sekwestracja biowęgla w ziemi może przynieść kilka znaczących korzyści:

- Płatności za certyfikaty unikniętej emisji CO₂ zgodnie z protokołem z Kioto lub z rynku handlu emisjami. Aktualne ceny certyfikatów wahają się w granicach od kilku do kilkudziesięciu euro za tonę CO₂. W przyszłości płatność ta winna odzwierciedlać społeczne koszty zmian klimatu, które powinny zależeć od położenia geograficznego. Pierwsze obliczenia wykonane dla Anglii pokazały, że koszt ten winien wynosić 100 euro/Mg C. Niezależnie od miejsca i skali realizacji, sekwestracja CO₂ w formie biowęgla deponowanego w glebie winna osiągać najwyższą cenę ze względu na możliwość permanentnego prowadzenia tego procesu przez długie lata oraz prostą i taną jego weryfikację. Wszystkie formy sekwestracji winny być sprawdzane, aby zapobiec oszustwom i niekompetencji przy jej ilościowym rozliczaniu oraz wyeliminować wielokrotne rozliczania tych samych ilości zdeponowanego CO₂.
- Oszczędności pochodzące z wyeliminowania kosztów związanych z transportem, składowaniem i przygotowaniem biomasy do przetwarzania. Biowęgiel może być wytwarzany i sekwestrowany lokalnie, czyli tam, gdzie rośnie biomasa, poprzez rozprowadzanie go w sąsiadujących gruntach lub najlepiej w gruntach, z których zebrano biomasę do wyprodukowania biowęgla. Nawet przetransportowanie go na odległość będzie zawsze tańsze od przewożenia biomasy, gdyż jest on bardziej zagęszczony. W celu poprawy efektu agrotechnicznego, biowęgiel przed umieszczeniem w ziemi należałoby zmieszać z nawozami lub kompostem.
- Kolejny zysk będzie zależny od zastosowanej technologii produkcji biowęgla, umożliwiającej bądź zagospodarowanie dodatkowych strumieni produktów chemicznych (gazy palne, smoła, wodór, kwas octowy itp.) lub produkcję eklektyczności i ciepła użytkowego.
- Pozostałe zyski będą zależały od tego, jak dużo rolniczych korzyści przyniesie sekwestracja C w formie biowęgla. Zasadnicze z nich zostały wymienione w poprzednim rozdziale.

W Polsce odnotowano już pierwsze udane przemysłowe doświadczenia w ramach produkcji biowęgla. Zajmuje się tym firma FLUID z Sędziszowa. W wyniku licznych prób przeprowadzonych w Katedrze Inżynierii Energii Politechnice Częstochowskiej¹ ustalono, że

zawartość pierwiastka węgla w biowęglu zależy od źródła jego pozyskiwania i zmienia się w zakresie 61-82%. Najwyższa zawartość C występuje w biowęglu pochodzącym z biomasy drzewnej, a najniższe wartości cechują biowęgiel pochodzący z agrobiomasy. Według danych, ok. 0,61 – 0,82 Mg pierwiastka C (co odpowiada 2,2-3 Mg CO₂) może być trwale sekwestrowane przez każdą tonę biowęgla zdeponowanego w ziemi. W USA² oszacowano, że optymalną, roczną dawką biowęgla do gleby w celu podwyższenia jej produktywności jest ok. 76 Mg/ha, co zapewnia sekwestrację ok. 224 Mg CO₂/ha.

Biorąc pod uwagę całkowitą powierzchnię użytków rolnych oraz dane z USA, roczny potencjał sekwestracji CO₂ w postaci biowęgla bezpośrednio zdeponowanego w ziemi dla Polski wynosi 3,6 mld Mg CO₂. Należy zauważyć, że aktualna emisja CO₂ ze wszystkich źródeł wytwarzania energii w Polsce oceniana jest na poziomie 0,45 mld Mg rocznie, natomiast z dużych bloków, które w pierwszej kolejności zmuszane będą do ograniczenia emisji CO₂, na ok. 0,15 mld Mg rocznie, co stanowi nieco ponad 4% potencjału sekwestracji w gruntach uprawnych.

Ale to nie koniec możliwości sekwestracji tą metodą. Kolejna pozycja wynika z zastosowania biowęgla w celu wyeliminowania wapna dodawanego do gleby w celu poprawy wskaźnika pH. Zastępując wapno biowęgłem, unikamy emisji CO₂ powstałej w efekcie rozpadu CaCO₃ i wg szacunków może to wyeliminować emisję ok. 1,4 Mg CO₂/ha.

Produkcji biowęgla w instalacji firmy FLUID towarzyszy wytwarzanie ciepła, którego ilość zależy od rodzaju, a przede wszystkim wilgotności biomasy. Średnio można przyjąć, że produkując 1 Mg biowęgla, uzyskuje się ok. 10 GJ ciepła w postaci spalin o temperaturze ok. 850 – 900°C. Wykorzystując je do produkcji energii elektrycznej, możemy pozyskać ok. 0,6 MWh_e/Mg biowęgla. Energia elektryczna wyprodukowana przy produkcji biowęgla jest odnawialna, a więc zastąpi równoważny ekwiwalent energii elektrycznej wyprodukowanej z węgla. W Polsce największy podmiot zainteresowany budową instalacji CCS to Polska Grupa Energetyczna (PGE). Posiada ona 42% udziału w rynku wytwarzania energii elektrycznej, dysponuje 14 elektrowniami i elektrociepłowniami, w tym największą na świecie elektrownią opalaną węglem brunatnym – która jednocześnie jest największym emitentem CO₂. PGE emituje rocznie ok. 56 mln Mg CO₂. Aktualna emisyjność wynosi 1,06 Mg CO₂/MWh_e. W strukturze paliwowej dominują węgiel brunatny (67%) oraz kamienny (27%).

Zakładając, że energia elektryczna pozyskana z produkcji biowęgla zastąpi energię produkowaną w PGE, uniknięta emisja CO₂ wyniesie nieco ponad 0,63 Mg CO₂/Mg biowęgla. W przeliczeniu na hektar da to dodatkową sekwestrację w ilości prawie 48 Mg CO₂/ha. W sumie zdeponowanie 76 Mg biowęgla w 1 ha ziemi uprawnej daje możliwość sekwestracji ponad 273 Mg CO₂. W celu sekwestracji całkowitej ilości CO₂ emitowanego z dużych bloków w Polsce należałoby przeznaczyć 0,55 mln ha ziemi uprawnej i wyprodukować prawie 42 mln Mg biowęgla rocznie. Do produkcji takiej ilości biowęgla należałoby zużyć ponad 120 mln Mg biomasy surowej (w odniesieniu do stanu suchego).

Jeśli wyprodukowany w ten sposób biowęgiel zmieszamy w proporcji 1:1 z wodorowęglanem amonu (NH₄HCO₃, bardzo dobrym nawozem sztucznym), pozyskiwanym w procesie kontaktowania wodnego roztworu amoniaku NH₃H₂O (woda amoniakalna) ze spalinami pochodzącymi ze spalania węgla w celu ograniczenia emisji dwutlenku węgla z elektrowni węglowych¹, otrzymamy dodatkowy efekt sekwestracji CO₂ w ilości 0,56 Mg CO₂/Mg biowęgla.

Z technicznego punktu widzenia¹ proces wiązania CO₂ przez wodny roztwór amoniaku najlepiej przeprowadzić w obecności ziaren biowęgla, bo wtedy tworzący się wodorowęglan amonu osadzi się bezpośrednio na jego mocno rozwiniętej powierzchni wewnętrznej. W ten sposób w 1 ha ziemi możliwe będzie zdeponowanie ponad 315 Mg CO₂, co spowoduje zmniejszenie wymaganego areалу ziemi uprawnej, przeznaczonego do całkowitej sekwestracji CO₂ z dużych bloków energetycznych do 0,47 mln ha ziemi rocznie.

Sensowność sekwestracji CO₂ biowęgłem

Biorąc pod uwagę przedstawione argumenty, na pewno jest to metoda, którą warto poważnie rozważyć, przeanalizować oraz przebadać w warunkach naszego kraju, korzystając ze zdobytych już doświadczeń w innych państwach. Plany Unii Europejskiej w zakresie ograniczenia emisji CO₂ na razie sięgają 2035 r. i nie wymagają tak drastycznego ograniczenia emisji CO₂, jakie wzięto pod uwagę w artykule. Jest więc wystarczająco dużo czasu na podjęcie systematycznych działań dotyczących oceny realnego potencjału sekwestracji CO₂ przez zdeponowanie biowęgla „nasyconego” odpowiednimi nawozami w glebie. Podjęcie takiego wyzwania przez polską naukę nie niesie żadnego ryzyka niepowodzenia, gdyż jeśli nie doprowadzi do pomyślnego efektu legislacyjnego, to przynajmniej da podstawę do rozwoju ekologicznego rolnictwa.

Źródła

1. Bis Z., Kobyłecki R.: *Materiały i publikacje Katedry Inżynierii Energii Politechniki Częstochowskiej 2003-2010*.
2. Lehmann J., Gaunt J., Rondon M.: *Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2006.
3. Platell P.: *Novel Steam Engine for Multi Primary Energy Resources*. 1st European Conference on Polygeneration. 2007.

prof. dr hab. inż. **Zbigniew Bis**, Politechnika Częstochowska