

УДК 662.613.5

Висоцький С.П., д.т.н., Чернюк А.О.**АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка****ВИКОРИСТАННЯ БІОРЕАКТОРІВ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ КАРБОНАТНОЇ КИСЛОТИ З ДИМОВИХ ГАЗІВ**

Розглянуті недоліки існуючих технологій накопичення захоронення вуглекислого газу. Використання процесу фотосинтезу рослин дозволяє вирішити проблему емісії вуглекислого газу із одержанням корисних продуктів. Морські водорості мають високу сорбційну властивість, яка значно перевищує цей показник порівняно з лідерами енергетичних культур: міскантусом, верболозом та тополею.

Введення

В сучасних умовах світова спільнота приділяє велику увагу проблемі зменшення викидів парникових газів. Емісія вуглекислого газу може викликати неконтрольовані наслідки для зміни клімату та в цілому для всього довкілля. Основними напрямками скорочення викидів вважаються перехід на відновлювані джерела енергоносіїв та депонування вуглекислого газу в підземні горизонти.

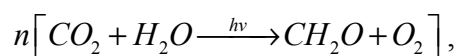
Проте, на далеку перспективу вказані технології неспроможні радикально вирішити цю проблему. До недоліків депонування вуглекислого газу можна віднести значні витрати енергії на транспортування великих обсягів димових газів, а також те, що при згорянні палива в димових газах концентрація вуглекислого газу досить мала і не перевищує для кам'яного вугілля 13 %, для природного газу 8,5 %. Об'єм газів при згорянні твердих палив варіюється в межах 6-7,5 нм³/кг. Для зменшення об'ємів газів доцільно використовувати горіння палива в кисневій атмосфері. Згорання палива в кисневій атмосфері сприяє повному згорянню завдяки чому утворюються димові гази з малим надлишком кисню, дуже низькою концентрацією CO та збагачені переважно на вуглекислий газ. При цьому викиди будуть в 7-8 разів зменшувати витрати на одержання стиснутого газу (продукту згорання палива). Це дозволить значно спростити технологію очищення газів від карбонатної кислоти. Доцільно відзначити, що при цьому також вирішується проблема з викидами оксидів азоту, які утворюються в процесі високотемпературного окислення азоту повітря у топках котлоагрегатів. Виникає проблема непередбачуваних наслідків накопичення вуглекислого газу при депонуванні: порушення цілісності порід, причиною якої можуть бути землетруси або деформація пластів порід. В таких випадках відсутність утилізації вуглекислого газу приводить до ще одного недоліку такої технології [1].

Мета статті

Аналіз альтернативних технологій утилізації вуглекислого газу після згорання палива та обґрунтування використання процесу фотосинтезу для поглинання вуглекислого газу (CO₂).

Основна частина

Одним із перспективних напрямків утилізації є використання фотосинтезу, який дозволяє з речовин, що принципово не підтримують горіння (вуглекислий газ та вода), одержати сполуки, які є горючими речовинами, або можуть бути використані для отримання горючої біомаси за схемою



де $h\nu$ — енергія квантів сонячного світла, яка ефективно поглинається реагентами в процесі фотосинтезу.

Речовина, яка одержана в процесі фотосинтезу, представляє собою вуглеводень $(CH_2O)_n$. Це може бути глюкоза при $n = 6$, або сама розповсюджена речовина біосфери — целюлоза при $n > 1800$ [2].

Німецька компанія RLUG розробила проект поглинання вуглекислого газу за рахунок використання морських водоростей. В проєкті використовується установка у вигляді фотобіореактора. Останній має форму клиноподібних прозорих пластмасових шлангів, у яких перебуває концентрований розчин водоростей темно-зеленого кольору. Шланги розташовані у два ряди (рис. 1) на розподільчих решітках.



Рис. 1. Фотобіореакторна установка

У ФРН споруджений дослідний завод з виробництва мікроводоростей на місці однієї з теплових електростанцій. За рахунок реакції фотосинтезу зв'язується (CO_2) , що утворюється при згорянні бурого вугілля. Це забезпечує можливість спалювання бурого вугілля без шкоди для клімату внаслідок підсилення дії парникового ефекту. Завдяки цьому використовується екологічно чистий процес поглинання CO_2 із застосуванням фотосинтезу. На установці докладно вивчені різні варіанти депонування CO_2 для того, щоб вибрати кращий з них й одержати рекомендації щодо промислового використання [3]. Одним із варіантів був проєкт депонування CO_2 з застосуванням мікроводоростей.

Мікроводорості є одноклітинними, рослиноподібними організмами, абсорбуючими CO_2 , зростання яких зумовлюється процесом фотосинтезу. Дана рослина має великі переваги над звичайними наземними рослинами в тім, що мікроводорості мають високі темпи приросту, що сприяє швидкому перетворенню CO_2 у біомасу. Крім того, морські мікроводорості ростуть у морській (солоній воді), що значно підвищує стабільність виробництва, у порівнянні з використанням прісноводних водоростей.

В кліматичних умовах Німеччини, які близькі до умов нашої країни, мікроводорості виробляють 60-100 $m/(га \cdot p)$ сухої речовини зі зв'язуванням 120-200 $m/(га \cdot p)$ вуглекислого газу. Швидкість росту мікроводоростей значно більша порівняно з швидкоростучими енергетичними культурами, подібних до верболозу або тополі, які виробляють 12 $m/(га \cdot p)$ з плантацій, або міскантусу, який дає 15 $m/(га \cdot p)$ сухої речовини.

Вони можуть зростати в закритих системах, зберігаючи всі необхідні властивості, у яких наземні рослини не можуть розвиватися. Використання таких властивостей морських водоростей забезпечує зв'язування вуглекислого газу, що потрапляє з димарів електростанцій при згорянні бурого вугілля.

Існує ряд проблем, пов'язаних із впровадженням даної технології. Крім технічних проблем, існують й інші проблеми, пов'язані з виробництвом водоростей, такі як зміна загального енергети-

чного балансу й проблеми, зв'язані зі зниженням рівня поглинання CO_2 . Тому фахівці компанії RWE використовували димові газы електростанції, вуглекислий газ з яких у свою чергу поглинається водоростями, виробленими на заводі, що розташований поблизу цієї електростанції. Подальшою метою компанії було розширення меж застосування морських водоростей, наприклад, одержання різних хімічних речовин або біопалива на основі біомаси, отриманої з водоростей.

Димові газы електростанцій перекачуються трубопроводом на завод з водоростями. Вуглекислий газ, як складова частина димових газів, розчиняється в суспензії водоростей й абсорбується, сприяючи росту морських водоростей. Водорості збираються після їх вирощення та використовуються в хімічній та енергетичній промисловостях.

Димові газы поступають на установку поглинання вуглекислого газу після їх очищення в системі десульфуризації. Потік димових газів містить у собі високий відсоток парів води. Проходячи трубопроводом до теплиці, газ підсушується повітрям за допомогою вентилятора. Трубопровід зазвичай виготовлений з поліетилену. Такий матеріал обраний з метою запобігання корозії, що виникає у звичайних трубах через конденсацію парів. Теплиці, у яких знаходяться системи поглинання з водоростями, розміщені поблизу електростанції. Трубопровід від електростанції має довжину близько 750 м. Трубопровід розгалужується при вході в теплиці по колекторам. Після цього димові газы надходять у так званий барботажний реактор, в якому суспензія водоростей насичується вуглекислим газом (рис. 2).

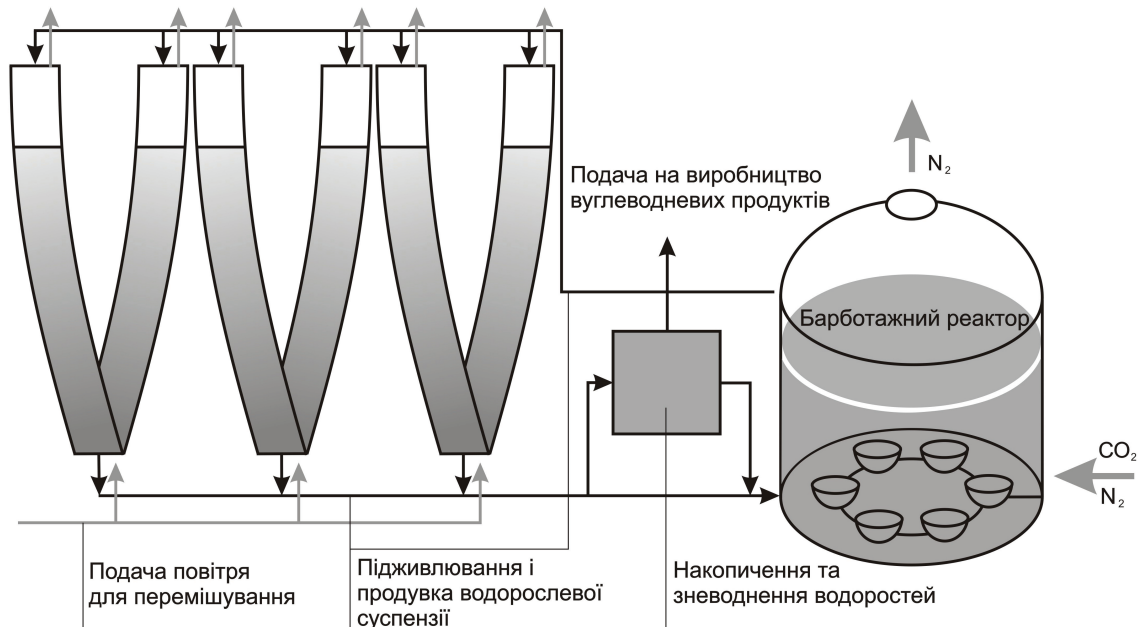


Рис. 2. Схема теплиці

Димові газы змішуються із суспензією, що абсорбує CO_2 , сприяючи його насиченню. На виході з реактора газова суспензія надходить в верхню частину фотобіореактора, де певна кількість вуглекислого газу випускається через димар в атмосферу. Завдяки барботажному реактору тільки вуглекислий газ розчиняється у суспензії водоростей. Ця суспензія, збагачена CO_2 , надходить у фотобіореактор, розроблений фірмою Novagreen. Фотобіореактор має вигляд V-подібних шлангів, вироблених із прозорого пластику.

Щоб оптимізувати умови зростання водоростей, біореактори розміщують у теплиці. У ній відносно постійна температура, а також оптимальні умови освітлення й живлення, які необхідні для підвищення росту водоростей. Необхідний обігрів створюється завдяки електростанції, яка знаходиться поруч.

На сьогоднішній день біореактори займають територію площею близько 600 м^2 із запасом на 1000 м^2 для майбутнього збільшення виробництва. На території площею 600 м^2 може розміститися близько 52 м^3 таких біореакторів із суспензією водоростей [4].

Підживлення суспензії здійснюється за рахунок тонкого шлангу, що підводиться зверху, а дренажування здійснюється з нижньої частини біореактора. У прозорому фотобіореакторі

водорості зростають за рахунок опромінення світлом видимого діапазону. Вуглекислий газ, необхідний для фотосинтезу, розчиняється в суспензії мікрowodоростей та адсорбується. У такий спосіб всі мікрowodорості одержують необхідну кількість світла. В фотобіореакторах суспензія перемішується за допомогою подачі знизу повітряних бульбашок.

Для регулювання процесу фотосинтезу використовується водневий показник (*pH*) суспензії. Він вказує на зміст діоксиду вуглецю та забезпечує регулювання підживлення суспензії в барботажний реактор. Після поглинання світового потоку рослини знову надходять у барботажний реактор і потім повертаються на підживлення шлангових циркуляційних біореакторів. Концентрація водоростей, необхідних для фотобіореактора, встановлюється за допомогою вимірювання оптичної щільності суспензії. Якщо водоростей досить багато, вони надходять у накопичувач, а не в барботажний реактор. Потім водорості відокремлюються від води. Вилучені мікрowodорості мають пастоподібну консистенцію, необхідну для подальшої обробки. Вода постійно рециркулює у системі, таким чином, витрати води зумовлені тільки неорганізованими витоками.

Дослідна установка може виробляти до 6000 кг водоростей (сухої речовини) у рік і зв'язувати близько 12000 кг CO_2 . Ця система для виробництва водоростей за допомогою димових газів від теплоелектростанції пропонує унікальні можливості для вивчення вилучення CO_2 , з одержанням продуктів, які можуть бути використані в різних галузях виробництва.

При використанні водоростей для зменшення викидів CO_2 розглядаються всі критерії економічності, енергетичності й екологічності виробництва. На початковій стадії водорості збільшуються в розмірах за рахунок застосування різноманітних культур водоростей, оптимізації умов зростання, а також удосконалення самих теплиць. Оптимізується також й процес регулювання з метою забезпечення низького споживання енергії та досягнення найвищої продуктивності по біомасі та скороченню викидів вуглекислого газу.

Ще одним процесом, що знаходиться в стадії розробки з використанням водоростей, є перетворення біомаси з водоростей в енергетично прийнятну продукцію. Деякі водорості можуть використовуватися на біогазовій установці. Найголовнішим завданням при впровадженні такої технології є порівняння ціни, корисності виробництва, а також певних можливостей по зменшенню викидів. Використовуючи вироблену біомасу морських водоростей, застосовують гідротермальну карбонізацію, за рахунок якої біомаса нагрівається під тиском з подачею води без кисню. При цьому одержують різні вуглеводневі продукти.

Висновки

1. Розглянуті проблеми викидів вуглекислого газу та обґрунтовані недоліки існуючих технологій скорочення викидів.
2. Впровадження фотобіореакторів технології поглинання вуглекислого газу, який викидається з димовими газами промислових котелень та теплових електростанцій, є одним із перспективних методів скорочення емісії парникових газів.
3. Морські водорості мають високу здатність до поглинання вуглекислого газу, яка складає 120-200 *m/(га·р)*, що значно перевищує цей показник порівняно з лідерами енергетичних культур: міскантусом, тополею та верболозом.

Список літератури

1. Висоцький С.П. Проблеми викидів парникових газів в теплоенергетичному комплексі України / С.П. Висоцький, А.О. Чернюк // Вісник Донецького національного університету. — Донецьк, 2008. — Вип. 2. — С. 474-478.
2. Гридэл Т.Е. Промышленная экология / Т.Е. Гридэл, Б.Р. Алленби. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. — 527 с.
3. Гор Альберт. Земля у рівновазі. Екологія і людський дух / Альберт Гор. — К.: Інтелсфера, 2001. — 404 с.
4. Ewers Johannes. Algae: putting carbon dioxide in a bind / Dr. Johannes Ewers, Georg Wiechers // Power Engineering International. — 2009. — № 3. — Vol. 17. — P. 58-61.

Стаття надійшла до редакції 25.10.09
© Висоцький С.П., Чернюк А.О., 2009