

ВІДЗИВ

*офіційного опонента доктора технічних наук,
професора Шмандія Володимира Михайловича
на дисертаційну роботу*

Брика Дмитра Васильовича

*“Підвищення рівня екологічної безпеки при термохімічному переробленні
некондиційної вуглецевмісної сировини”,*

поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Стрімкий розвиток науки і техніки, зумовлений потребами економіки, призвів до виникнення небезпеки для здоров'я людини та довкілля. Зростання енергоспоживання сприяло економії енергетичних ресурсів і пошуку способів та технологічних рішень для підвищення ефективності використання первинних енергоносіїв, в тому числі некондиційних.

Детальне знайомство з дисертацією, авторефератом та працями здобувача дозволяє стверджувати, що дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної проблеми обґрунтування та розвитку наукових засад підвищення рівня екологічної безпеки при термохімічному переробленні некондиційної вуглецевмісної сировини у контексті цілей сталого розвитку України та змін навколишнього середовища.

Актуальність теми дисертаційного дослідження автором аргументовано висвітлена в роботі та авторефераті.

Ступінь обґрунтованості й достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, достатній, що підтверджується застосуванням сучасної методології досліджень, яка використовує адекватні підходи до аналізу станів екологічної безпеки.

Достовірність одержаних результатів підтверджується системним підходом до комплексного вирішення наукових та практичних задач, забезпечується використанням апробованих стандартних методів досліджень (математичного моделювання фізико-хімічних процесів термохімічного перетворення вуглецевмісних сполук і рівноважної термодинаміки, аналітичної хімії – титриметрії, гравиметрії, класичного елементного аналізу органічних речовин та фізичних методів досліджень – рефрактометрії, спектрометрії,

зокрема інфрачервоної спектроскопії, а також FTIR, УФ-спектрометрії, UV-Vis спектроскопії, фотоколориметрії), конкретно постановкою задач і детальним обґрунтуванням основних положень та висновків. Дослідження автора ґрунтуються на надійному фундаменті попередніх розробок.

Обґрунтованість результатів забезпечена реалізацією комплексних експериментальних досліджень стану екологічної безпеки.

Відповідність мети, об'єкту, предмету та завдань дослідження паспорту спеціальності. Метою роботи є обґрунтування та розвиток наукових засад підвищення рівня екологічної безпеки при термохімічному переробленні некондиційної вуглецевмісної сировини у контексті цілей сталого розвитку України та змін навколишнього середовища. Об'єктом дослідження є стан екологічної безпеки при термохімічному переробленні некондиційної вуглецевмісної сировини у контексті цілей сталого розвитку України та змін навколишнього середовища. Предметом дослідження є вплив на довкілля вугільних техногенних об'єктів, способи перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини, екологічні та економічні аспекти впровадження процесу газифікації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає обґрунтуванні та розвитку наукових засад підвищення рівня екологічної безпеки при термохімічному переробленні некондиційної вуглецевмісної сировини у контексті цілей сталого розвитку України. Основними науковими результатами, на мій погляд, є наступне:

- вперше закладено наукові засади методології проведення досліджень газифікації високозольного сапропелітового вугілля та карпатських менілітових сланців; встановлено, що процес газифікації вугілля проходить стабільно у повному обсязі з отриманням цінних хімічних продуктів (смоли та горючого газу), а газифікація сланців нестабільна і протікає у неповному обсязі із затуханням;
- вперше науково обґрунтовано технологічні аспекти термохімічного перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини (зокрема відходів вуглевидобування і вуглезбагачення, некондиційних вугільних пластів та метану вугільних шахт і родовищ), на основі чого розроблено і запатентовано нові способи та пристрої забезпечення екологічної безпеки;

- набули подальшого розвитку наукові засади термохімічного перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини на основі моделювання процесів перетворення речовин у багатокomпонентних системах; результати молекулярно-динамічного моделювання дозволяють прогнозувати напрямки і швидкості хімічних реакцій та їх вплив на стан довкілля, а кластерна модель забезпечує прогнозування фізико-хімічних процесів та умови оптимізації хімічних реакцій;

- набули подальшого розвитку екологічні та економічні аспекти поліпшення стану екологічної безпеки шляхом використання підземної газифікації некондиційних вугільних пластів; обґрунтовано, що впровадження цього способу газифікації підвищить конкурентоспроможність промислового використання.

Оцінка висновків здобувача щодо значущості його роботи для науки і практики. Одержані дисертантом результати мають важливе значення для науки, оскільки вони сприяють розвитку науково-практичних аспектів управління екологічною безпекою. Конкретизуючи, слід відмітити, що наукова значимість роботи фактично полягає у тому, що розвинуто наукові засади підвищення рівня екологічної безпеки при термохімічному переробленні некондиційної вуглецевмісної сировини у контексті сталого розвитку України та змін навколишнього середовища.

Практична цінність дисертації, у моєму розумінні полягає, перш за все, у тому, що

- технічні рішення по раціональному проведенню пошукових робіт на ділянках кам'яновугільних басейнів з метою виділення вугільних пластів, придатних для підземної газифікації з можливістю утилізації стійких органічних забруднювачів, використані для розроблення проекту будівництва дослідної станції підземної газифікації некондиційних вугільних пластів на території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну;

- технічні рішення щодо переробки сапропелітового вугілля окремих шахт із вилученням первинних смол та горючого газу можуть бути застосовані у технологіях вилучення та переробки смол напівкоксування сапропелітових відходів вуглевидобутку для потреб хімічної та енергетичної галузей;

- технічні рішення стосовно підвищення енергоефективності господарського комплексу є базисом для аналізу цілій сталого енергетичного розвитку, визначення ресурсного потенціалу некондиційної вуглецевмісної сировини та способів її термохімічного перероблення;

- технічні рішення щодо робочих режимів та облаштування технологічних ліній переробки некондиційного вугілля шахт покладено в основу способу термічної переробки некондиційного вугілля Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну з метою одержання коксу та сировини для хімічної промисловості.

Оцінка змісту дисертаційної роботи та її оформлення. Дисертація є завершеною науковою роботою, рукопис якої складається з вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел з 484 найменувань. Загальний обсяг дисертації – 363 сторінок, з яких 272 сторінки основного тексту. Робота містить 44 таблиці, 35 рисунків та 4 додатки.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, викладено основні положення, що виносяться на захист, відображено особистий внесок здобувача, наведена інформація щодо апробації та публікацій основних результатів досліджень, описано структуру та обсяг роботи.

У *першому розділі* «Екологічна безпека у контексті цілей сталого розвитку України та глобальних змін навколишнього середовища» проведено аналіз цілей сталого розвитку України у сфері енергетики, управління ресурсами та змін навколишнього природного середовища та встановлено екологічні ризики та вплив на довкілля вугільних техногенних об'єктів. Встановлено, що підвищення рівня екологічної безпеки є необхідною складовою енергетичної трансформації країни; систематизовано екологічні ризики та вплив на довкілля вугільних техногенних об'єктів на прикладі Червоноградського гірничопромислового району Львівської області та виявлено, що найбільший негативний вплив на довкілля спричиняють емісія шахтного метану, відвали шахтної породи – терикони та відходи вуглезбагачення.

У другому розділі «Некондиційна вуглецевмісна сировина та способи її термохімічного перероблення» встановлено ресурси некондиційної вуглецевмісної сировини та досліджено способи термохімічного перероблення.

Проведено аналіз структури споживання первинних енергетичних ресурсів у світі.. Показано, що запаси некондиційної вуглецевмісної сировини в Україні відповідають запасам кондиційного вуглецевмісного палива та можуть бути залучені до паливного балансу країни. Проаналізовано відомі способи термохімічного перероблення вуглецевмісної сировини. Показано, що процес газифікації, який дозволяє переробляти різноманітні некондиційні паливні ресурси у наземних та підземних умовах, є найбільш перспективним для підвищення рівня екологічної безпеки та модернізації вугільної галузі.

У третьому розділі «Розвиток теоретичних засад екологічного термохімічного перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини» викладено результати моделювання процесів перетворення речовин у багатокомпонентних системах.

Встановлено, що серед реагентів, придатних для газифікації вуглецевмісної сировини у промислових масштабах, саме водно-кисневий реагент у порівнянні з повітряним і кисневим має найкращі перспективи. Показано, що для такого реагенту з однаковим вмістом складових у мольному співвідношенні витрати кисню на тону умовного палива кінцевої продукції майже на порядок менші, ніж повітря, а вихід горючого газу на порядок більший, водночас теплотворна здатність горючого газу досягатиме $11,5 \text{ МДж/м}^3$.

Методами молекулярної динаміки у поєднанні з квантово-механічними розрахунками встановлено, що зі зростанням вмісту хлориду натрію підвищуються швидкості взаємодії вуглецевого кластера з киснем, водночас введення солей фосфату та борату зменшує цю швидкість;

Виявлено, що молекулярно-динамічне моделювання дозволяє отримувати задовільні результати при дослідженні кінетики процесу сумісного окиснення вугілля і метану. Це дає змогу прогнозувати напрямки і швидкості хімічних реакцій та їх вплив на довкілля, а кластерна модель забезпечує прогнозування

фізико-хімічних процесів та умов оптимізації важливих хімічних реакцій окиснення вугілля та метану.

У четвертому розділі «Експериментальне дослідження процесу екологічної газифікації вуглецевмісної сировини» викладено результати стендового дослідження процесу газифікації високозольного сапропелітового вугілля і карпатських менілітових сланців.

На підставі розроблених у розділі 3 теоретичних засад термохімічного перероблення вуглецевмісної сировини і моделювання процесів трансформації індивідуальних хімічних сполук створена і захищена свідоцтвом на винахід стендова установка для експериментального дослідження термохімічної переробки твердого палива.

Експериментальні дослідження процесу газифікації карпатських менілітових сланців, подрібнених до фракції 30–70 мм, при використанні різноманітних реагентів (повітря, водно-повітряної суміші, пероксиду водню, кисню) показали, що трансформація їх органічної складової у газоподібні продукти відбувається нестабільно, у неповному обсязі, у зв'язку з чим газифікація карпатських менілітових сланців не може бути рекомендована для промислового використання.

На основі проведених стендових досліджень газифікації високозольного сапропелітового вугілля та карпатських менілітових сланців встановлено, що процес газифікації вугілля проходить стабільно у повному обсязі з отриманням цінних хімічних продуктів – смоли та горючого газу, а газифікація сланців нестабільна, проходить у неповному обсязі із затуханням.

У п'ятому розділі «Екологічне термохімічне перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини» представлено розроблені способи термохімічного перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини, зокрема відходів вуглевидобування і вуглезбагачення, некондиційних вугільних пластів та метану вугільних шахт і родовищ:

Для наземних умов запропоновано:

- спосіб газифікації некондиційного високозольного сапропелітового вугілля, який відрізняється підвищеним виходом кам'яновугільної смоли;

- спосіб комплексного використання некондиційних вуглецевмісних масивів, який відрізняється сумісним переробленням вугільного пласта, вугільних блоків та одночасною утилізацією відходів вуглевидобування, а також пристроєм для дегазації вуглецевмісного техногенного масиву;

- спосіб комплексного двостадійного термохімічного перероблення вугільної пульпи та некондиційного вугілля, який відрізняється постадійним отриманням енергетичного газу та кам'яновугільної смоли;

- спосіб термохімічного перероблення рідких шламових відходів вуглезбагачення, який відрізняється підвищеною енергоефективністю процесу та якістю отриманого технологічного газу;

- трубчастий реактор для газифікації водно-вугільної пульпи, який відрізняється стабільністю складу отримуваного енергетичного газу.

Для підземних умов запропоновано:

- геотехнологію спалювання вугільних блоків відпрацьованих шахт, яка відрізняється повнотою перероблення та підвищеним рівнем екологічної безпеки;

- спосіб газифікації некондиційних вугільних пластів, який відрізняється зменшенням ризику техногенного просідання земної поверхні та поглинанням екологічно шкідливих сполук сірки;

- спосіб підземної газифікації вугілля, який відрізняється поперемінним отриманням "водяного" газу або енергетичного газу;

- спосіб газифікації вугільного пласта, який відрізняється свердловинною утилізацією шламових відходів вуглезбагачення.

Геотехнологію інтенсифікації вилучення метану з вугільних шахт і родовищ, яка відрізняється використанням свердловинного гідромонітору для підвищення газопроникності вугільних та вуглецевмісних масивів.

У шостому розділі «Екстракція як спосіб підвищення екологічної безпеки при термохімічному переробленні некондиційної вуглецевмісної сировини» проведено аналіз екстракції вугілля, сланців, лігнітів та кам'яно-вугільних пеків, як можливої основи для створення екологічних процесів перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини.

Проведено теоретичний аналіз потенційних способів екстракції лігнітів, вугілля різної стадії метаморфізму, карпатських менілітових сланців і вугільних пеків за допомогою застосування у процесах розчинення та екстракції органічних та неорганічних розчинників. Показано, що методи екстракції та деполімеризації некондиційної вуглецевмісної сировини можуть бути покладені в основу нових екологічних технологій продукуванням екстракту з подальшим отриманням синтетичного рідкого палива.

Запропоновано модифікацію рівняння для моделювання процесу розчинення (екстракції), яка полягає у введенні додаткового параметра для врахування залежності константи швидкості поглинання розчинника від його мольного об'єму та підтверджено ефективність застосування удосконаленої моделі для узагальнення експериментальних даних з набрякання та екстракції різноманітної вуглецевмісної сировини (лігнітів, вугілля, сланців, пеків) у різних термобаричних умовах

У цьому розділі «Екологічні та економічні аспекти впровадження процесу підземної газифікації вугілля» проведено аналіз екологічних ризиків при застосуванні технології підземної газифікації вугілля показав, що, у порівнянні з шахтним методом видобування вугілля, ризики забруднення родючого шару ґрунту – мінімальні, поверхневих і підземних вод та атмосферного повітря – незначні.

На основі комплексу гірничо-геологічних і хіміко-технологічних критеріїв вибору вугільних пластів для застосування технології підземної газифікації досліджено вугільні басейни України. Показано, що потенціал покладів вугілля, придатного для підземної газифікації в Україні перевищує 2,5 млрд т.

Проведено техніко-економічну оцінку вартісних показників отримання горючих продуктів методом підземної газифікації вугілля. Встановлено, що оціночна собівартість генераторного газу в еквіваленті до природного газу становить 1932,0 грн/1000 м³, а виробленої електроенергії – 0,638 грн/ кВт·год.

Висновки достатньо повно і послідовно відображають основні етапи виконання дослідження відповідно до переліку його задач та отримані при цьому наукові та практичні результати.

Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»

та вимогам ВАК України, що містяться у Бюлетенях ВАК України за № 2 за 2000 р. та № 9–10 за 2011 р. Мова і стиль викладання дисертації і автореферату чітко висвітлюють одержані науково-практичні результати.

Шляхи використання наукових і практичних результатів роботи та ступінь їх реалізації. Результати наукових досліджень використовуються у Львівській геологорозвідувальній експедиції ДП «Західукргеологія» НАК «Надра України» та ДП «Львіввугілля». Пропозиції щодо розширення сфери використання результатів дисертаційної роботи рекомендую направити до Міністерства екології та природних ресурсів України, Міністерства промислової політики України та Міністерства освіти і науки України.

Повнота викладення результатів роботи в наукових фахових виданнях. За темою дисертації опубліковано 68 праць, у тому числі 8 статей у закордонних наукових журналах, що входять до наукометричних баз даних, 28 публікації у наукових фахових виданнях України, 18 тез у матеріалах наукових конференцій, а також отримано 14 патентів України (2 деклараційні патенти на винахід та 12 патентів та корисну модель

Викладений у публікаціях матеріал у повній мірі відображає основні результати та обґрунтовує наукові положення дисертаційної роботи.

Апробація результатів наукового дослідження здійснювалась на науково-технічних і науково-практичних конференціях, конгресах. Матеріали дисертаційного дослідження за науковим рівнем і повнотою представлення у друкованих фахових виданнях повністю відповідають чинним вимогам МОН України та пройшли необхідну апробацію на конференціях міжнародного рівня.

Ідентичність змісту автореферату основним положенням дисертації та відповідність паспорту спеціальності. Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації та досить повно відображає її основні наукові результати, отримані здобувачем. Дослідження відповідають паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека відповідно до Постанови Президії ВАК України № 33-07/7 від 04.07.2001 р.; «Бюлетень Вищої атестаційної комісії України», № 3, 2003 р., зокрема формулі спеціальності, напрямкам дослідження за пп. 1–3.

Констатуючи безперечне науково-практичне значення, слід відмітити наступні недоліки та зауваження до роботи та автореферату:

1) у першому та другому пунктах наукової новизни бажано було б конкретизувати аргументацію тверджень «підвищення рівня екологічної безпеки є необхідною складовою енергетичної трансформації країни», «найбільший негативний вплив на довкілля спричиняють емісія шахтного метану, відвали шахтної породи – терикони та відходи вуглезбагачення»;

2) у п. 1.3 дисертації систематизовано та досліджено екологічні ризики та вплив надокілля вугільних техногенних об'єктів на прикладі Червоноградського гірничопромислового району Львівської області та виявлено, що найбільший негативний вплив на довкілля спричиняють емісія шахтного метану, відвали шахтної породи – терикони та відходи вуглезбагачення, однак даних щодо вмісту забруднювальних речовин у повітрі, наземних та підземних водах і ґрунтах, а також їх природної асиміляції та сезонної міграції не наведено;

3) дисертант(п. 2.2) процес газифікації визначає, як один з основних способів термохімічного перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини, однак при стендових дослідженнях недостатньо показано утворення у цьому процесі шкідливих речовин(оксидів сірки, азоту та сірководню), представляється доцільним надати таку характеристику з огляду назавдання підвищення рівня екологічної безпеки процесів перероблення;

4) у розділі 2 дисертації констатовано, що Україна має значні запаси так званого “солоного вугілля”; вказано, що низькотемпературна газифікація може виявитися реальним напрямком для перероблення такої сировини; однак, в наступних розділах роботи газифікація “солоного вугілля” не розглядається;

5) у розділі 3 дисертації розглянуто теоретичні засади термохімічного перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини на основі моделювання процесів перетворення речовин у багатокомпонентних системах та обґрунтовано вибір оптимальних термобаричних умов для екологічної газифікації палива; однак, не згадано про можливий негативний вплив на стан екологічної безпеки наявних у вугіллі сполук важких металів;

6) у розділі 3 дисертації є посилання на результати розрахунків процесів газифікації вуглецю різними реагентами, які подано в додатку А; для наочності доцільно було би ці результати навести безпосередньо в тексті розділу 3;

7) у четвертому розділі роботи на основі проведених стендових досліджень газифікації високозольного сапропелітового вугілля та карпатських менілітових сланців встановлено, що процес газифікації вугілля проходить стабільно у повному обсязі з отриманням цінних хімічних продуктів – смоли та горючого газу, а газифікація сланців нестабільна, проходить у неповному обсязі із затуханням. Можливо позитивні результати газифікації високозольного сапропелітового вугілля пояснюються підвищенням вмістом летких речовин в його складі. Тому, для порівняння, слід було провести стендові дослідження й інших різновидів вугілля;

8) у розділі 5 описано розроблені способи термохімічного перероблення некондиційної вуглецевмісної сировини уназемних і підземних умовах, однак доцільно було би розглянути можливість їх комплексного застосування для підвищення рівня екологічної безпеки в умовах конкретного вугільного родовища;

9) у розділі 6 при дослідженні фізико-хімічних процесів отримання рідкої фази (екстракту з некондиційної вуглецевмісної сировини) проведено теоретичний аналіз способів екстракції лігнітів, вугілля різної стадії метаморфізму, карпатських менілітових сланців і вугільних пеків за допомогою органічних та неорганічних розчинників і показано, що методи екстракції та деполімеризації некондиційної вуглецевмісної сировини можуть бути покладені в основу нових екологічних технологій перероблення з подальшим отриманням синтетичного рідкого палива; однак, ці висновки не підкріплено лабораторними дослідженнями.

Наведені вище зауваження не впливають на обґрунтованість наукових положень і висновків та не знижують наукової новизни і практичного значення одержаних результатів. Вони не носять принциповий характер і мають сприйматися у якості рекомендацій для подальших наукових досліджень.

Загальний висновок. В цілому робота Брика Дмитра Васильовича є завершеною науковою роботою, основні положення якої не викликають

заперечень. Вона відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека за п.п. 1, 2 і 3. Основні положення дисертації відображені в авторефераті у повному обсязі. Робота виконана з додержанням вимог до докторських дисертацій у відповідності з п.п. 9, 10, 12, 13 і 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. за № 567 зі змінами, згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р. і № 1159 від 30.12.2015 р. та направлена на вирішення актуальної науково-практичної проблеми у галузі екологічної безпеки при термохімічному переробленні некондиційної вуглецевмісної сировини у контексті ц сталого розвитку України та змін навколишнього середовища.

На основі всього вищесказаного можна зробити висновок, що здобувач заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри екологічної безпеки
та організації природокористування
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського,
доктор технічних наук за спеціальністю
21.06.01 – екологічна безпека професор *В. М. Шмандій*

