

ВІДГУК

офіційного опонента щодо дисертації Бурчака О.В.
«Розвиток теорії та розробка фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів у вугільних шахтах», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Розвиток промислового виробництва України безпосередньо залежить від ступеня використання енергетичних ресурсів, тому оцінка запасів природного газу, визначення умов формування покладів вугільних газів та перспективи їх видобутку – одна з найбільш актуальних проблем, що визначає розвиток економіки держави. Представлена дисертаційна робота присвячена вирішенню цієї проблеми через вивчення генезису вугільних газів та встановлення умов формування запасів вугільних газів та їх обсягів. Актуальності роботі додає низький рівень безпеки праці на вугільних шахтах пов'язаний з газовим фактором та суттєвий вплив вугільного метану на екологічний стан навколишнього середовища.

Пріоритетним напрямом вирішення цієї наукової проблеми є розвиток уявлень щодо походження вугільного метану, процесів, які відбуваються у вугільній речовині на атомно-молекулярному рівні та умов виділення метану з твердої вуглефікованої органічної речовини.

Досвід розробки газувугільних родовищ і результати наукових досліджень показали, що традиційні уявлення і теорії поведінки системи «вугілля – газ» потребують суттєвого уточнення. Причому структурні перетворення у вугільній речовині на атомарно-молекулярному рівні в значній мірі залежать від зовнішніх термобаричних умов і електромагнітних впливів. Тому суттєвого уточнення потребує як фізико-хімічна модель утворення аномальних обсягів метану в пластах, так і теорія газодинамічних явищ у вугільних шахтах. Відтак, труднощі в оцінці властивостей вугілля і, відповідно, у створенні сучасних методів комплексної розробки газувугільних родовищ пов'язані з недостатньо обґрунтованих уявлень щодо процесів, які відбуваються у вкопній органіці на атомно-молекулярному рівні під дією геомеханічних та техногенних чинників і супроводжуються виділенням газів.

Тому тема дисертації Бурчака О.В., що передбачає розробку фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів у вугільних шахтах, безумовно є актуальною і направлена на забезпечення енергонезалежності України, вирішення нагальних соціальних питань та екологічних проблем. Своєчасність і актуальність наукових досліджень

походження вугільних газів і процесів у викопній органічній речовині переконливо обґрунтована здобувачем.

Актуальність дисертації підтверджується її зв'язком з науково-дослідними роботами, що виконані, за участі автора, згідно тематичним планам відділу геології вугільних родовищ великих глибин ІГТМ НАН України відповідно до галузевих програм Міністерства вугільної промисловості України та Постанов бюро Відділення механіки НАН України.

За змістом основних наукових положень, висновків і рекомендацій дисертація відповідає спеціальності 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка».

Робота, яка рецензується, складається з вступу, 6 розділів і висновку, 6 додатків, до списку використаних джерел входить 329 найменувань. Рукопис містить 381 сторінку, у тому числі 20 таблиць і 60 рисунків.

Взявшись за вирішення вказаної вище проблеми, автор формулює мету роботи: подальший розвиток теорії та розробка фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів у шахтах на основі визначення механізмів та умов активації структурних перетворень у кам'яному вугіллі в процесі вуглефікації для попередження непрогнозованого виділення метану і створення нових технологій видобутку вуглеводневих енергоносіїв.

Слід погодитись з формулюванням та змістом мети, оскільки вона відбиває новий підхід до створення наукової бази щодо розробки ефективних наукових рішень.

В основі дисертаційної роботи лежить ідея використанні встановлених в процесі досліджень закономірностей, умов і механізмів структурних перетворень у кам'яному вугіллі для розробки фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів та поточної газогенерації в шахтах.

Для досягнення поставленої мети автором використаний комплексний підхід з використанням низки сучасних фізичних методів атомно-молекулярної структури і властивостей кам'яного вугілля; дослідження включають лабораторну перевірку отриманих даних шляхом фізичного моделювання процесів у вугільній речовині на атомно-молекулярному рівні під зовнішнім впливом; натурні експериментальні дослідження; аналіз та узагальнення існуючої інформації по проблемі та наукове узагальнення одержаних результатів з використанням методів математичної статистики.

Наукова новизна основних висновків та результатів дисертації полягає у тому, що на підставі вперше встановлених автором закономірностей перетворень, що відбуваються в вугільній речовині на атомно-молекулярному рівні, запропонована нова фізико-хімічна модель формування газоносності вуглепородного масиву за рахунок газів, генетично пов'язаних з викопною органічною речовиною.

Здобувачем показана енергетична самодостатність процесів вільно-радикальної природи та вперше доведено, що вуглефікаційні структурні перетворення з виділенням метану відбуваються внаслідок релаксаційного вивільнення енергії напруженого стану молекулярної структури кам'яного вугілля, сформованого під дією геомеханічних чинників.

Накопичення енергії відбувається у вигляді напружень в молекулярній структурі вугільної речовини, що мають переважно вільно-радикальний характер. Активація структурних перетворень відбувається за рахунок механохімічних реакцій. Акумуляція молекулярною структурою вугільної речовини додаткової теплової та механічної енергії в кількості, достатньої для активації перетворень вільно-радикальної природи зафіксована експериментально спектральними методами. Вперше для вугільної речовини доведено перерозподіл під силовим навантаженням атомів водню до кінцевих груп в аліфатичних ланцюжках, що є одним з механізмів виділення метану вугіллям.

Встановлені в процесі досліджень загальні закономірності вуглефікаційних перетворень, пов'язані з утворенням систем спряження дозволили визначити природу сорбційних властивостей вуглефікованої органічної речовини. Експериментально встановлено, що у молекулярній структурі вугілля сорбційними центрами є системи спряження. А утворення в процесі вуглефікації ароматичних кластерів з об'єднаною системою спряження призводить до підвищення енергії міжфазної взаємодії.

Зв'язок сорбційної здатності з особливостями молекулярної структури вугілля підтверджує достовірність висновків щодо генерації вугільного метану викопною органічною речовиною в процесі вуглефікації.

Отримана наукова інформація дозволила Бурчаку О.В. на підставі проведених комплексних досліджень стану та властивостей вугільної речовини під зовнішнім геомеханічним впливом вдосконалити теорію генезису вугільних газів та розробити єдину фізико-хімічну модель

поточних та аномальних метанопроявів в шахтах, що відрізняється, від існуючих, доказом енергетичної самодостатності.

Важливе значення у сукупності **наукових положень**, що захищаються, має виявлений здобувачем релаксаційний характер структурних перетворень вільно-радикальної природи. Самодовільна, релаксаційна природа структурних перетворень вугілля пояснює неможливість відтворення вуглефікаційних перетворень в лабораторних умовах і доводить необхідність нового методологічного підходу до вивчення структурних трансформацій у вугільній речовині на атомно-молекулярному рівні.

Єдиним надійним доказом проходження релаксаційних перетворень є енергетична забезпеченість процесів. Накопичення речовиною енергії достатньої для молекулярних трансформацій достовірно фіксується спектральними методами. Вільно-радикальна природа структурних перетворень переконливо доводиться зростанням кількості парамагнітних центрів в молекулярній структурі викопної органіки в процесі вуглефікації речовини.

Серед великої кількості різних радикальних реакцій необхідно відзначити радикальні перегруповування з міграцією атомів водню. Здобувачем експериментально зафіксовано перерозподіл атомів водню до кінцевих груп в аліфатичних ланцюжках з потенційним відщепленням стійких молекул метану від метастабільної твердої фази.

Таким чином здобувач доводить, що як енергетичний стан, так і умови вивільнення енергії формуються геомеханічними чинниками. Відповідно кінетика газогенерації визначається умовами релаксаційного вивільнення накопиченої енергії, тобто процес може розвиватися з різною кінетикою. За певних умов процес виділення газу може приймати лавиноподібний характер, тобто переходити у суфлярне виділення чи раптовий викид вугілля та газу.

Перспективним в сенсі подальшого практичного використання видається висновок Бурчака О.В., що релаксаційна природа раптового викиду робить прогнозування газодинамічних явищ недостатньо ефективним, але визначає шляхи і механізми керування станом вугільного пласта з метою штучної стимуляції метаногенерації для створення принципово нової технології видобутку газоподібних енергоносіїв за допомогою ефекту «слабкої дії».

Обґрунтованість і вірогідність основних висновків та результатів дисертації досягається:

- коректністю постановки та розв'язання задач;
- застосуванням сучасних методів та засобів досліджень;
- статистично значущим обсягом експериментальних даних та репрезентативністю об'єктів, на яких одержані результати;
- тісному зв'язку отриманих експериментальних даних з результатами інших досліджень, відповідністю зроблених висновків теоретичним положенням;
- високою точністю і збіжністю результатів структурних досліджень, отриманих незалежними спектральними методами;
- відповідністю встановлених умов проходження закономірних вуглефікаційних перетворень під дією геомеханічних факторів фундаментальним положенням термодинаміки.

Усе вищевказане свідчить про новизну і вірогідність, отриманих автором, наукових результатів.

Цінність для науки основних висновків і результатів дисертації полягає у наступному:

- у новому методологічному підході до вивчення стану та властивостей метастабільної вуглефікованої органічної речовини, що дозволяє досліджувати умови та механізми структурних перетворень вугілля на молекулярному рівні,
- у визначенні релаксаційної природи та вільно-радикального механізму перетворень молекулярної будови вугілля, наслідком яких є як аномальні метанопрояви, так і поточне метановиділення;
- у новій фізико-хімічній моделі аномальних метанопоявів в шахтах і поточної генерації вугіллям газів та розвитку теорії закономірних структурних перетворень вугілля під стохастичним впливом геомеханічних чинників.

Сукупність одержаних результатів складає наукову основу вирішення сформульованої автором наукової проблеми.

Практична цінність дисертації полягає у тому, що розроблена методика досліджень сорбційної здатності вугільної речовини та результати оцінки метаноємнісних властивостей вугілля увійшли складовою частиною до нормативного документа ДКЗ України: «Методичних рекомендацій з геологічного вивчення газоносності вугільних пластів та пластів уміщуючих порід для підрахунку запасів і оцінки ресурсів газу (метану) вугільних родовищ у надрах». Виконання оцінки сорбційної здатності вугілля вимагають чотири діючих в Україні нормативних документи.

Наукові результати дисертації використовуються в роботі закладами Національної академії наук України. З основними висновками та результатами роботи ознайомлене широке коло спеціалістів через достатнє число публікацій та доповідей на конференціях, у тому числі міжнародних. Основні результати досліджень викладені у 67 друкованих працях, 47 статтях у наукових фахових виданнях, 18 матеріалах конференцій, одній монографії та одному нормативному документі.

Основні зауваження щодо дисертації

1. Потребує уточнення використання в роботі уявлень термодинаміки до такого складного, багатофазного, полікомпонентного об'єкту досліджень як кам'яне вугілля.

Добре відомо, що термодинаміка описує макроскопічні параметри систем без конкретних припущень щодо їх мікроскопічної будови. За першим законом термодинаміки змінювання у системі можливе тільки в результаті обміну енергією із зовнішнім середовищем. На відміну від першого другий закон термодинаміки розглядають як закон ймовірності, і він тим точніше, чим більше розміри системи. Таким чином виникає друге запитання:

2. Чому не вказано конкретні межі застосування термодинаміки до фізико-хімічних перетворень у кам'яному вугіллі.

3. Визначаючи обґрунтованість твердження щодо превалювання вільно-радикальних процесів слід зазначити, що не можна повністю відкидати різних проявів впливу тектоніки, зокрема зсувних деформацій, які призводять до електричних ефектів, які в свою чергу викликають каталітичні та електрохімічні реакції.

4. Як автор з точки зору вільно-радикальних процесів пояснить механізм утворення нанорозмірних вуглецевих фаз (графен і т. ін.), які здатні визначати електричні та магнітні властивості макросистеми в цілому?

5. Потребує додаткового обґрунтування та пояснення правомірність переносу результатів, отриманих на зразках вугільної речовини в лабораторних умовах, на вугільні пласти в шахтах.

6. Не пояснено, за яким механізмом та за рахунок якої енергії відбувається структуризація вугільної речовини.

7. Потребує уточнення процес міграції водню до кінцевих груп аліфатичних ланцюжків та його роль у процесах метаногенерації.

8. Недостатньо чітко сформульовано, що автор розуміє під терміном молекулярна структура вугілля.

Оскільки тверді фази вугілля складаються з кристалічних та полімерних речовин (Панченко Є.М.), то які особливості фізико-хімічних взаємодій можуть призвести до так званої молекулярної структуризації. І чи є взагалі сенс вживати термін молекулярна структура, якщо йдеться про вугілля?

9. Недостатньо розкрито зв'язок результатів магнітометричних досліджень з даними, отриманими спектроскопічними методами.

10. Табл. 2.1. Що означає «поглинання енергії на молекулярному рівні»? Що таке енергія, як здійснюється процес її поглинання, накопичення та релаксації?

11. Слід пояснити за рахунок якого фізичного ефекту проявляється активність сорбційних центрів, особливо у молекулярній структурі?

12. У роботі немає чіткої інформації про результати експериментальних і теоретичних досліджень, які проводилися у Шахтинському науковому центрі (Росія). Інституті фізики гірничих процесів НАН України, Національному гірничому університеті та інших наукових закладах. Складається враження (розділ 1, 2), що практично нічого не зроблено, а запропоновані автором складові нової методології з'явилися на порожньому місці.

Висновок

Дисертація к.т.н. Бурчака О.В. «Розвиток теорії та розробка фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів у вугільних шахтах» є завершеною роботою з розв'язання важливої наукової проблеми, що полягає у розробці фізико-хімічної моделі перетворень у молекулярній структурі кам'яного вугілля під впливом геомеханічних, геологічних і техногенних чинників, встановленні релаксаційного характеру та вільно-радикальної природи структурних перетворень у вугільній речовині. Ґрунтуючись на зроблених висновках дисертант розробив методики дослідження системи вугілля-газ за різних термобаричних умов та методичні рекомендації щодо вивчення газоносності вугільних пластів, які мають важливе значення для попередження непрогнозованого виділення метану та промислового його вилучення з вуглепородного масиву при веденні гірничих робіт і створення нових, більш ефективних та безпечних технологій видобутку вуглеводневих енергоносіїв.

Виконані дослідження забезпечили розробку «Комплексної методики прогнозування газодинамічних зон», що була передана на шахту «Північна» ДП «Торецьквугілля». Очікуваний економічний ефект від впровадження методики складає 529500,00 грн. Економія досягається за рахунок здешевлення оцінки граничної сорбційної

здатності вугільної речовини, що є одним з показників, які використовуються при прогнозі викидонебезпечних зон вугільного пласта.

Сукупність наукових положень, висновків і практичних рекомендацій, обґрунтованих великим обсягом виконаних експериментальних досліджень, приводить до висновків про високий науковий рівень і практичну значимість дисертації. Відзначені зауваження суттєво не впливають на позитивну оцінку дисертації.

Зміст автореферату в повній мірі відбиває основні положення дисертації.

Дисертація і автореферат написані технічно грамотно, стиль викладу зрозумілий, зауважень щодо оформлення дисертації немає.

Наукові положення і результати, винесені на захист докторської дисертації здобувача, не виносились на захист його кандидатської дисертації.

В цілому дисертація відповідає вимогам п. 10 «Порядку присудження наукових ступенів» МОН України, а її автор кандидат технічних наук Бурчак Олександр Васильович за вирішення важливої наукової проблеми розвитку теорії та розробки фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів у вугільних шахтах заслуговує на присудження йому ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка».

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор
кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
Міністерства освіти і науки України

В.В. Соболев

Підпис Соболева В.В.

Засвідчую

Вчений секретар

вченої ради НТУ «Дніпровська політехніка»



О.А. Данилова