

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Бурчака Олександра Васильовича «РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ТА РОЗРОБКА
ФІЗИКО-ХІМІЧНОЇ МОДЕЛІ АНОМАЛЬНИХ МЕТАНОПРОЯВІВ У
ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ», представлену на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірни-
ча механіка»

1. Актуальність теми роботи, її зв'язок з науковими програмами, пріоритетними напрямками науки і техніки та особистий внесок здобувача у виконання наукових досліджень

Актуальність представленої дисертаційної роботи визначається необхідністю забезпечення потреб держави вуглеводневою сировиною в умовах сповільнення темпів приросту її запасів. У цьому зв'язку перспективною є комплексна розробка Донбасу як газовугільного родовища. Видобуток і використання вугільного метану є нагальною необхідністю як з економічної, так і екологічної та соціальної точки зору. Однією з основних умов ефективного використання газовугільного родовища є достовірні дані щодо обсягів газоподібних вуглеводнів та стану, в якому вони знаходяться у вуглепородному масиві.

Тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки вона пов'язана не тільки з промисловим вилученням метану з вуглепородного масиву при веденні гірничих робіт і створення нових, більш ефективних та безпечних технологій видобутку вуглеводневих енергоносіїв, але й із визначенням умов поточного виділення метану та аномальних метанопроявів у вугільних пластах, що має важливе значення для попередження непрогнозованого виділення метану.

Представлена робота протягом тривалого періоду часу (2000 – 2018 рр.) була невід'ємною частиною робіт Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України в рамках основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національної академії наук України, галузевих планів НДР Міністерства вугільної промисловості України і Державного комітету геології та використання надр України. В ряді цих робіт здобувач виступав керівником і відповідальним виконавцем.

Особистий внесок автора дисертації полягає у визначенні наукової проблеми, постановці мети і формулюванні завдань дослідження, розробці методик досліджень сучасними фізичними методами структури і стану вугільної речовини, проведенні натурних експериментів, обробці й оцінюванні отриманих результатів, формулюванні наукових положень, апробації на наукових конференціях.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані в дисертації, їх достовірність і новизна

Для вирішення проблеми, позначеної в дисертаційній роботі, Бурчак О.В. використав системний підхід, який включає теоретичні дослідження, що базуються на принципах термодинаміки; натурні експериментальні дослідження; лабораторну перевірку отриманих даних шляхом фізичного моделювання процесів у вугільній речовині на атомно-молекулярному рівні під зовнішнім впливом з використанням сучасних фізичних методів електронного парамагнітного резонансу (ЕПР), ядерного магнітного резонансу (ЯМР), інфрачервоної спектроскопії (ІЧС) та безконтактної оцінки енергетичного стану кам'яного вугілля методом СКВІД-магнітометрії; математичні методи обробки результатів досліджень. Використання цього комплексу досліджень дозволило отримати наукові результати, сформульовані у наукових положеннях, що виносяться автором на захист.

Властивості аморфної, гетерогенної, полікомпонентної, метастабільної вуглефікованої органічної речовини досліджувались з використанням динамічного підходу за кінетичними параметрами перехідних процесів, що виникають в молекулярній структурі під впливом зовнішніх чинників. Такий неординарний підхід дозволив Бурчаку О.В. визначитись з механізмами та енергетично обґрунтувати релаксаційний характер структурних перетворень у вивіпній органіці, внаслідок яких відбувається відокремлення низькомолекулярних з'єднань від макромолекул вугілля.

В роботі доводиться, що енергетична теорія не описує всі фізичні процеси гірничого виробництва, тим більше не визначає джерела енергії, за рахунок якої відбуваються перетворення у вугільній речовині на молекулярному рівні. Для цього розглянуто енергетичні умови виникнення раптового викиду вугілля та газу і складено енергетичний баланс газодинамічного явища. Порівняння енергії, необхідної для виконання всієї роботи раптового викиду включно з витратами на газогенерацію, з енергією, яка може бути накопичена у пласті і масиві у вигляді деформаційних напружень та енергії стислого газу показало, що витрати енергії у 15-20 разів перевищують її запаси і, на думку автора, основні витрати енергії під час раптового викиду пов'язані саме з утворенням великих обсягів газу.

Здобувач стверджує достовірність висновків науковців-попередників про те, що сучасний стан вивіпної органічної речовини є наслідком сумарної дії переважно тиску і температури за період формування вугільного родовища. Автор аргументовано доводить, що структурні перетворення у вугіллі, викликані зовнішніми геомеханічними чинниками, тотожні вуглефікаційним процесам, тобто призводять до структуризації твердої складової та виділення рухливих низькомолекулярних з'єднань. Відтак, здобувач стверджує, що основним джерелом вугільного метану є вивіпна органічна речовина вугільних пластів та розсіяна вуглевмісних порід. Відповідно всі процеси формуються, що геомеханічними чинниками у вугільній речовині, є спорідненими, тобто відбуваються за однаковими механізмами.

Перше наукове положення узагальнило результати досліджень природи сорбційних властивостей кам'яного вугілля трьома незалежними спектральними методами (ЯМР, ІЧС, ЕПР). Отримані здобувачем результати дозволили не тільки оцінити напрямок зміни сорбційної здатності вугільної речовини, а й охарактеризувати єдині зміни в молекулярній структурі вугільної речовини, які обумовлені глобальними вуглефікаційними процесами, що викликані геомеханічними чинниками, зростання ароматичності за рахунок аліфатичної складової речовини.

Побудовані на структурних дослідженнях і вивченні міжфазної взаємодії перше і друге наукові положення аргументовані, добре проілюстровані та узгоджуються з існуючими уявленнями.

На підставі проведених досліджень був розроблений спосіб оцінки граничної сорбційної здатності кам'яного вугілля, який пройшов незалежну перевірку. Методика досліджень та результати оцінки метаноемнісних властивостей вугілля методом ЕПР увійшли складовою частиною до нормативного документа - «Методичних рекомендацій з геологічного вивчення газоносності вугільних пластів та пластів уміщуючих порід для підрахунку запасів і оцінки ресурсів газу (метану) вугільних родовищ у надрах».

В результаті експериментальних досліджень спектральними методами встановлено, що навіть слабкі зовнішні енергетичні імпульси призводять до змін у структурі вугільної речовини подібних до вуглефікаційних, або тих, що відбуваються під час раптового викиду. Унікальна, надсучасна методика дослідження магнітних властивостей біологічних об'єктів, вперше використана по відношенню до кам'яного вугілля, дозволила, по-перше зафіксувати процесі в електронній структурі вугільної речовини, що виникають під зовнішнім впливом, по друге переконливо довести наявність релаксаційних процесів у кам'яному вугіллі на атомно-молекулярному рівні. Побудоване на результатах вивчення магнітних властивостей вугільної речовини третє наукове положення узгоджується з сучасними уявленнями щодо магнітних властивостей вуглецевих структур і якісно проілюстровано.

В останньому розділі дисертаційної роботи здобувач запропонував своє бачення надходження, витрачання і перерозподілу енергії у вуглепородному масиві на різних масштабних рівнях. За цією схемою накопичена у вигляді структурних напружень енергія витрачається не тільки на деструкцію макромолекул вугілля, але і на структурування (циклізацію) за механізмом, подібним до перколяційного.

На підставі комплексу проведених досліджень Бурчак О.В. запропонував нову єдину для всіх процесів у вугіллі фізико-хімічну модель виділення метану з вуглефікованої органічної речовини. Вперше запропоновано і енергетично обґрунтовано вільно-радикальний механізм структурних перетворень, що мають релаксаційний характер та активовані механохімічними реакціями. Особливо слід зазначити вдале використання в роботі рівняння (вперше для кам'яного вугілля), що визначає залежність кінетики механохімічної реакції від накопиченої у молекулярній структурі пружної енергії. Визначення джерел енергії за рахунок якої відбуваються перетворення та умов її виві-

льнення забезпечує необхідні умови для розробки методів керування станом вугільного пласта та процесами виділення шахтного метану, що має важливе практичне значення для підвищення ефективності видобувних робіт та підвищення безпеки праці гірників. Четверте наукове положення також добре аргументовано і проілюстровано.

Наукові положення, що виносяться автором на захист відображають отримані наукові результати та мають наукову новизну.

Безумовною цінністю роботи є використання сучасних фізичних (спектральних) методів дослідження особливостей будови та властивостей вільної органічної речовини та безконтактної оцінки енергетичного стану електронної структури макромолекул вугілля.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій роботи підтверджується застосуванням використанням новітніх методик та сучасного наукового устаткування (методів ЕПР, ЯМР, ІЧ-Фур'є спектроскопії та СКВІД-магнітометрії) для дослідження особливостей будови і енергетичного стану вугільної речовини та кінетики перехідних процесів, що викликані зовнішньою дією; репрезентативним і достатнім обсягом фактичних і експериментальних даних, відповідністю отриманих результатів теоретичним положенням

В сукупності отримані результати розвивають і уточнюють уявлення щодо характеру та природи структурних перетворень у метастабільній вугільній речовині під впливом геомеханічних (тиск, температура), геологічних (літологія, ступінь вуглефікації) і техногенних (різні технології впливу на пласт) факторів для вдосконалення теорії аномальних метанопроявів в шахтах, а розроблені методики дослідження системи вугілля-газ та методичні рекомендації щодо вивчення газоносності вугільних пластів 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.

3. Повнота викладення основних положень, висновків та рекомендацій в публікаціях

Основні положення і результати дисертації досить повно висвітлені в наукових працях, які опубліковані у спеціалізованих виданнях, добре відомі широкому колу фахівців з геотехнічної і гірничої механіки і доступні для використання.

Результати виконаних досліджень викладені в 67 публікаціях автора дисертації, з яких 1 - монографія, 47 у спеціалізованих фахових виданнях, 6 робіт входять до наукометричних баз, 18 статей і тез доповідей у матеріалах міжнародних та українських конференцій, без співавторів опубліковано 6 робіт.

В опублікованих роботах автор дисертації виклав основні результати виконаних досліджень. В авторефераті та дисертації зазначено конкретний особистий внесок автора в праці та розробки, які перелічені в роботі здобува-

чем.

Наукові положення, що виносяться на захист, достатньо широко були апробовані на міжнародних і регіональних конференціях.

Результати виконаних досліджень, наукові положення, висновки й рекомендації повністю відображені в наукових публікаціях автора дисертації, що відповідає вимогам п. 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" (Постанова Кабінету Міністрів України, від 24 липня 2013 р. № 567).

4. Зауваження щодо змісту дисертації

1. При розрахунку енергії стисненого газу слід мати на увазі, що він зосереджений в основному лише в порожнинах вугільної матриці. Тому для розрахунку енергії в одному кубометрі вугілля слід енергію вільного газу помножити на порожнотність вугільного масиву.

2. В розділі 3 роботи (публікація 10. Бурчак А.В., Балалаев А.К. Эффект изменения параметров ИК-спектров углей в ряду метаморфизма при механическом давлении / Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць; ІГТМ НАНУ. Дніпропетровськ: ІГТМ, 2010. Вип. 87. С. 190–198.) автором досліджено факт зсуву смуг поглинання ІЧ-спектру при стисненні (рисунок 3.4), що пояснюється накопиченням енергії у вигляді структурних напружень (зафіксовано вперше). Зразок досліджувався після стискання, а не під дією тиску, тобто коли навантаження знято. Чому в такому випадку напруження в макромолекулах вугілля не релаксують до початкового рівня і який тиск достатній (10^9 Па, менше чи більше) для зміни зв'язків у різних функціональних групах? Чи не може вплинути на вид спектру компактування зразка (за рахунок зменшення порожнин при стисненні). Чи фіксувалися в ході цього експерименту з навантаженням вугілля якісь зміни в його складі?

3. У розділі 4 при розгляді руйнування вугілля під час раптового викиду на шахті «Краснолиманська» (стор. 193-195), не зовсім коректно трактуються дані, отримані за допомогою спектроскопії ЯМР ^1H . Скоріш за все наявність вузької лінії ЯМР з інтенсивністю I_1 через 6 місяців зберігання зразка в умовах лабораторії пов'язана з сорбцією вологи зразком вугілля з оточуючого атмосферного повітря, а не з залишками метану чи інших рухомих вуглеводнів.

4. У розділі 4 інтерпретація даних таблиці 4.4 містить суперечливі дані про результати експерименту по оцінці парамагнітних властивостей: за однією інтерпретацією концентрація ПМЦ у порушеному вугіллі зменшується, зі іншою (з посиланням на ту ж таблицю) – збільшується.

5. Якщо модель аномальних метанопроявів розроблена в достатній мірі, то механізм поточної газогенерації не дуже зрозумілий, можливо тому, що швидкість поточної (не аномальної) газогенерації дуже мала.

6. Для утворення і відщеплення метану від твердотільної фази необхідно не тільки наявність радикала CH_3 , але також і атома водню. З дисертації не зрозуміло, за яких умов це може відбуватися.

7. Ніде в роботі не згадується такий важливий параметр, як питома поверхнева енергія вугілля, адже руйнування вугілля зводиться в основному до створення нових поверхонь частинок, на які поділяється вугілля.

8. Прикінцеві списки публікацій автора, в яких відображені отримані результати, що приводяться по розділах, не завжди співпадають з наведеними посиланнями на його праці у списках використаних джерел за розділами, наприклад, за розділом 4 наведено 13 публікацій проти 24 посилань.

9. При оформленні посилань на публікації автором допускається недбалість. Наприклад, посилання 30, 32 в авторефераті не мають повного списку авторів (правила оформлення автореферату вимагають, щоб список опублікованих праць за темою дисертації подавався з обов'язковим наведенням прізвищ усіх співавторів).

5. Висновок

Дисертація О.В. Бурчака «Розвиток теорії та розробка фізико-хімічної моделі аномальних метанопроявів у вугільних шахтах» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить наукові положення та науково обгрунтовані результати в галузі геотехнічної і гірничої механіки, що розв'язують актуальну наукову проблему з встановлення природи і механізмів генерації метану вуглефікованою органічною речовиною на основі розробленої фізико-хімічної моделі перетворень у молекулярній структурі кам'яного вугілля під впливом геомеханічних, геологічних і техногенних чинників і вдосконалення на цій базі теорії аномальних метанопроявів у вугільних шахтах.

Наукові положення і результати, які виносилися на захист кандидатської дисертації здобувача, не винесені на захист докторської дисертації.

Зміст дисертації є ідентичним до змісту автореферату.

Робота має наукову новизну та корисна для практики.

Дисертація оформлена згідно державного стандарту і відповідає вимогам п. 10 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, а її автор - Бурчака Олександр Васильович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Геотехнічна і гірнична механіка»

Вчений секретар ІФГП НАН України,
д.т.н., с.н.с.

Н.О.Калугіна

Підпис Калугіної Н.О. завідувача:

Директор ІФГП НАН України,
д.т.н., с.н.с.



О.М. Молчанов