

Національна академія наук України
Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова

Каргаполов Андрій Анатолійович

УДК [553.981.4:551.243].001.18 (043.3)

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ПРОГНОЗУ ЗОН ВУГЛЕПОРОДНОГО МАСИВУ,
НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗА ГАЗОДИНАМІЧНИМИ ПРОЯВАМИ

05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України.

Науковий керівник: доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, ПИМОНЕНКО Людмила Іванівна, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, провідний науковий співробітник.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор САДОВЕНКО Іван Олександрович, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України, професор кафедри гідрогеології та інженерної геології.

кандидат технічних наук, доцент
ГЛАДКА Олена Вікторівна,
Інститут фізики гірничих процесів
Національної академії наук України,
виконуючий обов'язки завідувача відділу
управління станом гірського масиву.

Захист відбудеться «08» грудня 2017 р. о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.188.01 при Інституті геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова Національної академії наук України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а, факс (0562) 46–24–26.

Із дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова Національної академії наук України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а.

Автореферат розісланий «07» листопада 2017 р

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук

В.Г. Шевченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Для вітчизняної промисловості і енергетики важливим завданням є забезпечення економіки України власними енергетичними ресурсами, яке засноване, перш за все, на видобуванні таких корисних копалин як вугілля і вугільний газ.

Інтенсивне зростання обсягів видобутку корисних копалин веде до збільшення глибини їх розробки і ускладнення геомеханічних умов гірничих робіт. Роботи на великих глибинах надзвичайно ускладнюються відсутністю достатніх знань про структуру і властивості гірських порід, які насичені газом, тектонічно порушені і знаходяться в умовах високих стискаючих напружень.

Із збільшенням глибини гірничих робіт і їх інтенсифікацією зростає небезпека виникнення раптових газодинамічних явищ (ГДЯ) в яких істотну роль відіграє газ - метан.

Геодинамічні процеси, що сформували басейн, а також інтенсивні гірничі роботи привели до нерівномірного розподілу і розташування газодинамічних явищ в масиві. Відомо, що газодинамічні явища пов'язані з підвищеним вмістом метану. Ділянки концентрації газодинамічних явищ, з одного боку, є загрозою через небезпеку вибухів і викидів вугілля, породи і газу, з іншого - інтерес для промислового видобутку метану з вугільних пластів і вміщуючих порід. При розвідці та експлуатації вугільних родовищ, з огляду на зростаючі вимоги до забезпечення ефективної і безпечної розробки родовищ, виникає необхідність прогнозу зон вуглепородного масиву, небезпечних за газодинамічними проявами.

Газодинамічні явища, виникають в результаті складної взаємодії фізико-механічних властивостей, газового фактора і напруженого стану. Прямі вимірювання цих параметрів в поєднанні з аналітичним дослідженням умов проявів газодинамічних явищ дозволили за геологорозвідувальними даними прогнозувати стан гірського масиву. Однак сучасний стан науки і технічних засобів розвідки вугільних родовищ в даний час не дозволяє цього зробити. Тому для оцінки властивостей і стану вуглепородного масиву пропонується використовувати непрямі показники.

Газонасичені ділянки, які характеризуються певними геологічними характеристиками (структура, літологія) і фізико-механічними властивостями (щільність, пористість, питомий електричний опір, радіоактивність і ін.), що проявляються в геофізичних полях, відрізняються від фізико-механічних характеристик негазонасичених ділянок, що підтверджує можливість застосування комплексу геологічних і геофізичних методів для їх прогнозу.

На даний час розроблених методик прогнозу зон вуглепородного масиву, небезпечних за газодинамічними проявами за геолого-геофізичними даними в непорушеному гірничими роботами масиві немає. Отримання необхідної інформації може бути досягнуто шляхом впровадження в пошуковий процес експресних, маловитратних методів досліджень.

Через це встановлення закономірностей зміни фізико-механічних властивостей порід у зонах, небезпечних за газодинамічними проявами, розробка критеріїв та методів прогнозу цих зон на вуглегазових родовищах як в

непорушеному вуглепородному масиві, так і під час гірничих робіт, є актуальним науковим завданням, виконання якого дає змогу підвищити безпеку праці, а також обґрунтоване планування роботи щодо дегазації та промислового видобутку метану вугленосних товщ.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася в Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України в рамках і відповідно до загальнодержавних програм і планів науково-дослідних робіт Національної академії наук України. Зокрема, згідно з науково-технічним проектом «Видобуток метану закритих шахт: гірничо-геологічне і технологічне обґрунтування на 2011-2015 рр.»; за Дорученням Кабінету Міністрів України від 22.04.11 р № 18725/1 / 1-11 та розпорядженням Президії НАН України від 13.07.11 р № 476, в рамках держбюджетних тем Інституту геотехнічної механіки ім. Н.С.Полякова НАН України «Гірничо-геологічне обґрунтування ресурсів метану закритих шахт» 2011 - 2014 рр. (№ держ. реєстрації 0111U005644); «Геолого-технічне обґрунтування закономірностей формування техногенних покладів метану в структурно-тектонічних зонах Донбасу» (№ держ. реєстрації 0107U001271); «Дослідження властивостей і структурних трансформацій вугільної речовини, пов'язаних зі станом системи «вугілля-флюїд-газ», і встановлення геологічних чинників формування скупчень вільного метану - умови їх накопичення, міграції та збереження» (№ держ. реєстрації 0111U005135); «Дослідження впливу геологічних факторів на перерозподіл метану в вуглепородному масиві на різних ієрархічних рівнях в процесі вуглеводобутку, встановлення умов активації і проходження фізичних і фізико-хімічних процесів структурної трансформації в системі «вугілля-флюїд» (№ держ. реєстрації 0115U002533). Автор дисертації виконував окремі розділи зазначених науково-дослідних робіт.

Ідея роботи полягає у використанні встановлених закономірностей зміни фізико – механічних властивостей пісковиків у газонасичених і газоненасичених ділянках та напружено – деформованого стану вуглепородного масиву для обґрунтування критеріїв прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами.

Мета роботи – обґрунтування критеріїв прогнозу зон газодинамічних проявів на вуглегазових родовищах для підвищення безпеки праці шахтарів та ефективності дегазації.

Основні завдання дослідження:

1. Встановити закономірності зміни фізико – механічних властивостей пісковиків газонасичених і газоненасичених ділянок у непорушеному вуглепородному масиві, та розробити фізико-геологічну модель зон, небезпечних за газодинамічними проявами.

2. Обґрунтувати критерій газонасиченості пісковиків та розробити методику прогнозування зон, небезпечних за газодинамічними проявами, на основі комплексу геолого-геофізичних даних.

3. Дослідити і обґрунтувати застосування фрактальної розмірності для оцінки кількості та інтенсивності сейсмологічних явищ, які утворюються в масиві при проведенні гірничих робіт, генетично пов'язані з тріщиноутворенням і реєструються сейсмологічними спостереженнями.

4. Розробити критерій, що характеризує зміну кількості та інтенсивності сейсмологічних явищ в масиві при проведенні гірничих робіт, для прогнозування зон, небезпечних за газодинамічними проявами.

5. Розробити та впровадити рекомендації для прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами.

Об'єкт дослідження – геомеханічні процеси формування геофізичних полів у вуглепородному масиві.

Предмет дослідження – закономірності та критерії, що характеризують зони, небезпечні за газодинамічними проявами.

Методи дослідження. Для досягнення мети і виконання поставлених завдань здійснено комплекс досліджень, що включає: вивчення закономірностей зміни фізико – механічних властивостей зон, небезпечних за газодинамічними проявами в пісковиках у непорушеному вуглепородному масиві.

Для розробки методики прогнозування зон, небезпечних за газодинамічними проявами, на підставі комплексу геолого-геофізичних даних, здійснено вивчення фактичного геологічного матеріалу, результатів геофізичних досліджень свердловин на вугільних родовищах і методів комплексної інтерпретації результатів каротажу. Для обґрунтування застосування фрактальної розмірності інтенсивності сейсмологічних явищ, отриманих за даними моніторингу сейсмічної обстановки на шахтному полі, для прогнозу тріщинуватих зон у порушеному вуглепородному масиві проводилася статистична обробка даних сейсмічних явищ та застосовувалися методи фрактальної геометрії для їх аналізу й оцінки.

Основні наукові положення, внесені на захист:

1. Фізико-механічні властивості пісковиків на ділянках, небезпечних за газодинамічними проявами, характеризуються зниженою щільністю та підвищеними значеннями пористості і проницності, які відбиваються у фізичних полях та визначаються фізико – механічними властивостями порід, що дозволяє розрахувати показник газонасиченості $G_{пр}$ за рівнянням множинної регресії у вигляді полінома другого ступеня без змішаних членів.

2. Кількість та інтенсивність сейсмічних явищ, що реєструються під час ведення гірничих робіт та зумовлені виникненням дислокацій у ієрархічному дискретному гірському масиві, мають обернено пропорційний зв'язок і оцінюються фрактальною розмірністю D_k , при цьому значення $D_k \leq 1,17$ характерні для безпечного за газодинамічними проявами масиву, а $D_k \geq 1,58$ – для небезпечного масиву, за значень $1,17 < D_k < 1,58$ ситуація вимагає додаткових спостережень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

– встановлені фізико – механічні властивості та розроблена фізико-геологічна модель зони, небезпечної за газодинамічними проявами у вуглепородному масиві, яка об'єднує три моделі, що характеризують: геологічні умови об'єкту (структурна модель), його фізичні поля (фізична модель) та сумарну взаємодію полів у числовому вигляді (математична модель);

– встановлено просторово-часові закономірності розподілу сейсмологічних явищ, які утворюються під час проведення гірничих робіт:

1) кількість сейсмічних явищ на ділянках спостережень при змінах масштабу підпорядковується логнормальному розподілу, що відповідає самоподібному

процесу тріщиноутворення;

2) логарифм кількості сейсмічних явищ обернено пропорційний логарифму їхньої інтенсивності;

– встановлено зміну фрактальної розмірності інтенсивності сейсмічних явищ під час гірничих робіт, що свідчить про ієрархічну дискретну структуру вугленосного масиву, на підставі чого запропоновано критерій D_k для виділення зон, небезпечних за газодинамічними проявами.

Наукове значення роботи полягає у встановленні:

– закономірностей зміни фізико-механічних властивостей пісковиків у небезпечних за газодинамічними проявами зонах гірського масиву, та просторово-часових закономірностей кількості та інтенсивності сейсмічних явищ під час проведення гірничих робіт, що характеризуються фрактальною розмірністю, величина якої є комплексним інтегральним показником, який враховує всю сукупність сейсмічних подій у масиві і може вважатися критерієм безпеки газодинамічних проявів.

Практична цінність одержаних результатів полягає в тому, що:

1. Розроблено методику прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами, яка базується на застосуванні геофізичних параметрів, зареєстрованих у процесі каротажу вуглерезвідувальних свердловин, та геологічних даних (потужність шарів пісковиків-колекторів, позначки ґрунту вугільних шарів). Методика дає змогу виділення небезпечних за газодинамічними проявами ділянок у непорушеному масиві із застосуванням критерію $G_{пр}$, який розраховують за допомогою багатовимірного рівняння регресії;

2. Розроблено «Рекомендації щодо застосування експрес-методики прогнозування зон скупчення метану на вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними методами»;

3. Розроблено «Рекомендації щодо застосування експрес-методики прогнозування зон скупчення метану на вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними методами на ділянці № 2 шахти «Західно-Донбаська»;

4. Розроблено «Рекомендації щодо використання багатоканального сейсмоакустичного контролю під час діагностики стану вуглепородного масиву»;

5. Розроблена «Комплексна методика прогнозування газодинамічних зон».

Реалізація результатів дослідження.

Методику апробовано на ділянці «Кальміуський рудник» поля ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька», розташованій у центральній частині Донецько-Макіївського геолого-промислового району, ділянці № 2 поля шахти «Західно-Донбаська», розташованій в Павлоградсько-Петропавлівському геолого-промисловому районі. За розробленою методикою виділені зони, небезпечні за газодинамічними проявами також на шахті «Північна» ДП «Торецьквугілля».

За результатами, одержаними на підставі інтерпретації даних сейсмологічних спостережень моніторингу сейсмічної обстановки в процесі ведення очисних робіт на ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька», на пласті m_3 виділено найбільш порушені зони, небезпечні за газодинамічними проявами.

«Рекомендації щодо застосування експрес-методики прогнозування зон скупчення метану на вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними

методами» передані до Дніпропетровської геофізичної експедиції ДГЕ «Дніпрогеофізика» (Акт впровадження результатів від 8 лютого 2016 р.);

«Рекомендації щодо застосування експрес-методики прогнозування зон скупчення метану на вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними методами на дільниці № 2 шахти «Західно-Донбаська» передані до шахтного управління «Тернівське» (Акт впровадження результатів від 31 березня 2016 р.);

«Рекомендації щодо використання багатоканального сейсмоакустичного контролю під час діагностики стану вуглепородного масиву» передані до ДГЕ «Дніпрогеофізика» (Акт впровадження результатів від 30 листопада 2011 р.).

«Комплексна методика прогнозування газодинамічних зон» передана на шахту «Північна» ДП «Торецьквугілля», де було отримано економічний ефект у розмірі 147,8 тис. грн. досягнутий за рахунок використання первинного матеріалу - каротажних діаграм, отриманих раніше на стадії розвідки що знижує витрати на проведення додаткових робіт і здешевлює роботи, пов'язані з пошуком небезпечних зон та скупчень газу (Акт впровадження результатів від 17 листопада 2016 р.).

Особистий внесок здобувача. Автор дисертації визначив мету та завдання дослідження; сформував наукові положення та основну ідею дисертаційної роботи проаналізував наукові літературні джерела та обґрунтував комплекс геолого-геофізичних методів для прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами у вуглепородному масиві; розробив фізико-геологічну модель зон, небезпечних за газодинамічними проявами; зібрав та проінтерпретував геофізичну інформацію, здобуту під час буріння свердловин на етапі дорозвідки шахтних полів; розробив методику для прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами, запропонував критерії: показник газонасиченості $G_{\text{пр}}$ для виділення зон, небезпечних за газодинамічними проявами в непорушеному масиві, та показник D_k для виділення зон, небезпечних за газодинамічними проявами, у процесі видобутку вугілля. Автор особисто брав участь у проведенні сейсмологічного моніторингу видобувних ділянок поля ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька», який здійснювався за допомогою багатоканальної сейсмоакустичної системи «ARAMIS».

Текст дисертації викладений автором особисто.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджують: коректна постановка завдань; застосування теоретичних методів досліджень, які базуються на фундаментальних положеннях механіки гірських порід; апробовані методи математичного моделювання, наявні тісні та однозначні залежності (коефіцієнт кореляції 0,66 – 0,97 за довірчого інтервалу 0,95 та рівня надійності 7,5 – 50,3) між фізико-механічними властивостями пісковиків та геофізичними параметрами, вимірними у свердловинах; збіг аналітичних досліджень з результатами геофізичних робіт (гравіта сейсморозвідки) ДГЕ «Дніпрогеофізика» і з даними буріння дегазаційних свердловин, що разом забезпечує надійність результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи і матеріали досліджень доповідалися та отримали схвалення на VI та VII міжнародних науково-практичних конференціях «Метан вугільних родовищ України» (Інститут геотехнічної механіки НАН України, м. Дніпропетровськ, 2010 та 2012 рр.), III міжнародній науково-практичній конференції (Український державний геолого-

розвідувальний інститут, смт. Курортне, 2012 р.), XX міжнародній науковій школі «Деформування і руйнування матеріалів з дефектами і динамічні явища в гірських породах і виробках» (Таврійський національний університет, м. Сімферополь, 2010 р.), а також на наукових семінарах: відділу геології вугільних родовищ великих глибин в Інституті геотехнічної механіки НАН України та кафедри геофізики державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпро, 2016р.), ДГЕ «Дніпрогеофізика» (2016 р.).

Публікації. Проблематику й основні положення дисертації викладено в 22 друкованих роботах, з яких: 9 – у фахових виданнях, затверджених переліком МОН України, 2 – у виданнях іноземних держав (у збірниках наукових праць), 1 – розділ у колективній монографії, 8 – у збірниках і матеріалах вітчизняних та зарубіжних конференцій; отримано 2 патенти на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списків використаної літератури та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 210 сторінок. Основний текст викладено на 136 сторінках. Дисертація містить 41 рисунок та 10 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі проведений аналіз стану питання прогнозу зон газоносності вуглепородного масиву та пов'язаних з ними зон небезпечних за газодинамічними проявами. Розглянуті узагальнюючі роботи з вивчення газоносності кам'яновугільних відкладів провідних вчених та спеціалістів таких наукових закладів і підприємств як Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Національний гірничий університет та Київський політехнічний інститут Міністерства освіти і науки України, Інститут фізики гірничих процесів Національної академії наук України, ДГЕ Дніпрогеофізика, ВО «Донбасгеологія» та інші.

У працях науковців розглянуті регіональні закономірності змін газових характеристик вугільних пластів та вміщуючих порід, пов'язані зі змінами ступеню катагенезу, літологічними та тектонічними умовами. На підставі одержаних результатів розроблено та обґрунтовано відомі методи прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами.

Геофізичні дослідження свердловин (ГДС) – одні з найпоширеніших та найдоступніших способів одержання даних про фізико-механічні властивості гірських порід (пористість, проникність, щільність), що впливають на формування зон газодинамічних проявів, але, сьогодні їх майже не застосовують.

В Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України В. Ю. Забігайлом проведені дослідження і аналіз кореляційних зв'язків між основними показниками викидонебезпечних порід, що характеризують їхні фізико-механічні властивості та геофізичними параметрами, вимірними у свердловинах (електричний опір, природна і наведена радіоактивність, сила струму, зміна діаметра свердловини, швидкість повздовжніх хвиль), і доведено, що між ними є наявні тісні та однозначні залежності (коефіцієнт кореляції 0,66–0,97 за довірчого інтервалу 0,95 та рівня надійності 7,5–50,3). Встановлено, що

найінформативніші показники фізико-механічних властивостей гірських порід відбиваються в усіх геофізичних параметрах. Втім, методика, що дозволила б на підставі геолого-геофізичних даних прогнозувати зони, небезпечні за газодинамічними проявами, на стадіях від розвідування ділянок до будівництва та експлуатації шахт дотепер відсутня.

Для прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами, в процесі проведення гірничих робіт на шахтах України застосовують метод викликаної акустичної емісії, призначений для спостереження тріщинуватості в межах лише очисного вибою. Щоб охопити простір, який можна порівняти за розмірами із шахтним полем, потрібна система з більшою кількістю датчиків, що надасть можливість визначення координат епіцентрів подій сейсмічних явищ. На полі ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька» вперше проведено моніторинг сейсмологічної обстановки під час проведення гірничих робіт. Вивчення параметрів сейсмологічних спостережень і прогноз зон, небезпечних за газодинамічними проявами, раніше не здійснювалися.

На підставі аналізу наукових літературних джерел, звітів і патентів сформульовано мету роботи та завдання для її досягнення.

У **другому розділі** описано геологічні та геофізичні методи, які застосовувалися для виконання поставлених завдань.

Для аналізу малоамплітудної складчастості і генетично пов'язаної з нею тріщинуватості, яка визначає об'єм вільного метану, що впливає на інтенсивність та тип газодинамічних проявів, застосовувався метод тренд-аналізу поверхні, який дає змогу шляхом зняття регіонального фону виявити відхилення від реальної поверхні пласта – локальні складки. Результати геофізичних досліджень свердловин на вугільних родовищах оброблялися традиційними методами комплексної інтерпретації результатів каротажу. Під час досліджень було використано каротажні діаграми стандартного каротажу масштабу 1:200. Всього було опрацьовано 72 свердловини, зокрема на ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька» – 41 свердловина, на шахті «Західно-Донбаська» – 31 свердловина. За 195 пластоперетинами було визначено середні значення геофізичних параметрів: уявного опору (ρ_y), природної (J_g) та наведеної (J_{gg}) радіоактивності, що характеризують фізико-механічні властивості пісковиків.

Для опрацювання даних сейсмічних явищ, одержаних внаслідок сейсмологічних спостережень, застосовувалися методи математичної статистики і методи фрактальної геометрії. Проаналізовано більш ніж 15 тисяч сейсмічних явищ різної потужності, зареєстрованих за період 2009–2014 рр.

У **третьому розділі** викладено основи методики прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами, теоретичною базою якої слугувала фізико-геологічна модель (ФГМ) зони. Методика базується на різниці фізико-механічних властивостей – щільності, пористості, тріщинуватості – газонасичених та газоненасичених ділянок пісковиків у вуглепородних відкладах Донбасу, що дозволяє за допомогою критерію $G_{\text{пр}}$ з застосуванням геофізичних методів: уявного опору градієнт-зонду (УО-ГЗ) – $\rho_{y \text{ ГЗ}}$, потенціал-зонду (УО-ПЗ) – $\rho_{y \text{ ПЗ}}$, природного гамма-випромінювання (ГК) – J_g та розсіяного гамма-випромінювання (ГГК) – J_{gg} визначити зони, небезпечні за газодинамічними проявами.

Необхідність в розробці ФГМ зумовлено різноманітністю геологічних чинників (літологія, тектоніка, структура), поєднання яких характеризує прогнозований об'єкт, визначає його фізико-механічні властивості, зареєстровані за допомогою геофізичних методів.

Аналіз тектонічних умов поширення викидів вугілля і газу уможливив обґрунтування визначальної ролі структурного чинника під час формування газодинамічних зон. Розглянуто і проаналізовано пастки структурно-тектонічного класу, показано, що найбільш небезпечними є позитивні локальні складки, під час утворення яких, залежно від величини вигину й потужності пласта (пісковик – колектор), формуються інтенсивні тріщинуваті ділянки. Визначення таких ділянок не потребує додаткових геологорозвідувальних та лабораторних досліджень і проводиться за позначками глибини залягання вугільних пластів у свердловинах за гіпсометричними планами із застосуванням методу тренд-аналізу.

Порівняльний аналіз фізико-механічних властивостей осадових порід масиву показав, що літотиби, які складають розріз породних масивів, диференційовані за всіма фізичними властивостями: щільністю (δ_n), пористістю (k), уявним електричним опором (ρ_y), природною гамма-активністю (J_g), швидкістю поширення пружних поздовжніх хвиль (V_p), що дозволяє визначити пісковики, які є найбільш газонасиченими породами масиву, за комплексом методів ГДС.

Порівняльний аналіз геофізичних параметрів пісковиків, проведений для ділянок, розташованих у склепінній частині локальної структури та поза її межами, показав, що фізико-механічні властивості пісковиків на ділянках, небезпечних за газодинамічними проявами, характеризуються зниженою щільністю та підвищеними значеннями пористості і проникності, через те методи ГДС дозволяють їх виділити.

На основі проведених узагальнень та з урахуванням досвіду попередніх досліджень щодо обґрунтування викидонебезпеки пісковиків, які проводилися в Інституті геотехнічної механіки НАН України за участю автора дисертації, для виділення небезпечних за газодинамічними проявами зон було застосовано багатofакторну ймовірнісну модель у вигляді рівнянь регресії та запропоновано критерій, який дозволяє визначити ступінь небезпеки за показником газонасиченості $G_{пр}$. Показник був розрахований за допомогою рівняння множинної регресії у вигляді полінома другого ступеня без змішаних членів за геофізичними параметрами ($\rho_{y_{пз}}$, $\rho_{y_{гз}}$, J_g , J_{gg}):

$$G_{пр} = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n + b_1(x_1)^2 + \dots + b_n(x_n)^2 ,$$

де $G_{пр}$ – показник газонасиченості (умовних одиниць); $x_1, x_2 \dots x_n$ – геофізичні параметри (уявний опір – ρ_y , природна та наведена радіоактивність – J_g, J_{gg}); $a_0, a_1 \dots a_n, b_1 \dots b_n$ – коефіцієнти полінома рівняння регресії.

Математична модель у вигляді полінома другого ступеня – це числовий об'єкт, який описує сумарну взаємодію зареєстрованих фізичних полів у кожній його точці, що дозволяє шляхом інтерполяції розрахованих даних виділити ділянки з «аномальними» значеннями, які є зонами, небезпечними за газодинамічними проявами.

Раніше доведено, що однією з основних умов існування газових скупчень у пісковиках вугленосного масиву, з огляду поведінки системи «газ-вода» за різного ступеня насиченості окремими фазами, є ступінь заповнення пор пісковиків газом. У рівноважному стані кількість газу в порах дорівнює 50 %. Виходячи з цього, показник $G_{\text{пр}}=50$ умовних одиниць (у.о.) прийнятий за межу газонасиченості ділянки; при $G_{\text{пр}} < 50$ у.о. ділянка вважається безпечною за газодинамічними проявами, при $G_{\text{пр}} > 50$ у.о. – небезпечною.

Розроблено методику прогнозу небезпечних зон за геолого-геофізичними даними, яка включає: виділення позитивних локальних складок методом тренд-аналізу поверхонь вугільних пластів, розрахунок ефективної потужності пісковиків й обчислення даних ГДС. Методика за мінімальних витрат дозволяє виділення в плані (розрізі або об'ємі) найбільш небезпечних за газодинамічними проявами зон на невідпрацьованих ділянках шахтних полів.

У четвертому розділі для перевірки запропонованої методики прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами, у різних гірничо-геологічних умовах обрано ділянки та наведено їхню коротку геологічну характеристику: «Кальміуський рудник» поля ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька», розташований у центральній частині Донецько-Макіївського геолого-промислового району, і ділянку № 2 поля шахти «Західно-Донбаська», розташовану в Павлоградсько-Петропавлівському геолого-промислового районі.

На ділянці «Кальміуський рудник» поля ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька» розробляють пласти вугілля марки Ж-К з природною газонасиченістю 19–23 м³/т. Для ділянки характерні витримані, потужні (30–35 м) пісковики, пористість яких складає 5–11 %, а проникність 0,02–0,03 мД.

На ділянці № 2 поля шахти «Західно-Донбаська» розробляють пласти вугілля марки Д-Г. Метанонасиченість порід в інтервалі глибин 300–500 м, за даними керногазонабірників, складає 1,11 м³/т (максимальна – 2,4 м³/т).

Обрані для дослідження ділянки відрізняються фізико-механічними властивостями порід (пористість, щільність, проникність), будовою та геологічними умовами, що дозволяє обґрунтувати широке застосування запропонованої методики.

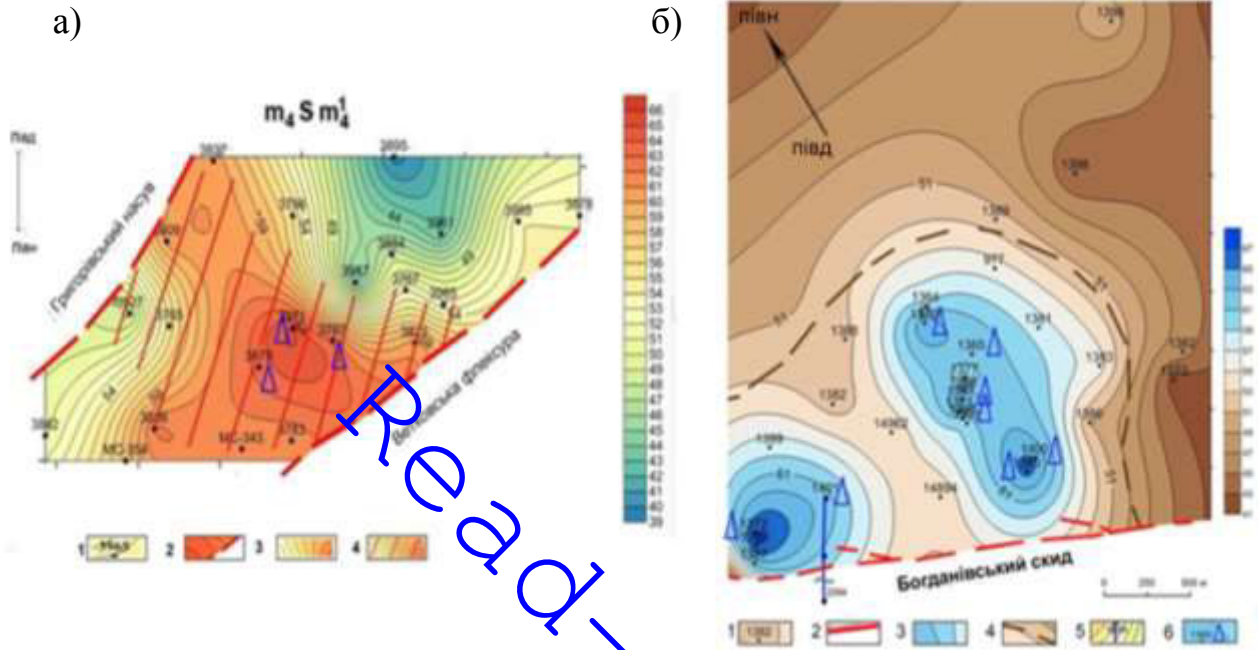
Згідно з методикою в непорушеному масиві на ділянці «Кальміуський рудник» побудовано карту локальних структур по підшві вугільного пласту m_3 , визначено структурно-тектонічну пастку та обрано за даними свердловин пісковики – $n_1Sn_1^1$, $m_8^1Sm_9$, $m_5^1Sm_6$, $m_4Sm_4^1$, які витримані за потужністю та в розрізі в межах ділянки. За даними геофізичних показників, знятих з каротажних діаграм свердловин, розраховано коефіцієнти полінома та одержано рівняння регресії:

$$G_{\text{пр}} = 82,58 - 313,66\rho_y^{\text{г3}} - 11,5\rho_y^{\text{п3}} - 409,23I_\gamma + 74,53I_{\gamma\gamma} + 43,517(\rho_y^{\text{г3}})^2 + 0,052 \cdot (\rho_y^{\text{п3}})^2 + 6,8 \cdot (I_\gamma)^2 - 0,5 \cdot (I_{\gamma\gamma})^2 .$$

За цим рівнянням для кожного досліджуваного пісковіку розраховані дані $G_{\text{пр}}$, за якими побудовані карти газонасиченості і виділені зони, небезпечні за газодинамічними проявами. На рис. 1а наведено карту $G_{\text{пр}}$ для пісковіку $m_4Sm_4^1$, який, згідно з проведеними розрахунками на ділянці «Кальміуський рудник» є

найнебезпечнішим за газодинамічними проявами. Середнє значення показника газонасиченості пласта $m_4Sm_4^1$ $G_{пр}$ складає 60,23 у.о.

За аналогічним алгоритмом для пісковика $c_6^BSc_8^H$ на ділянці № 2 шахти «Західно-Донбаська» розраховано коефіцієнти полінома та отримано рівняння регресії, за яким обраховано показники $G_{пр}$. За розрахованими значеннями показника газонасиченості $G_{пр}$ побудовано карту, на якій виділено зони, небезпечні за газодинамічними проявами (рис. 1б).



1 – свердловина та її номер; 2 – тектонічні порушення; 3 – ізолінії показника газонасиченості $G_{пр}$; 4 – контур пісковика $c_6^BSc_8^H$; 5 – сейсмічний профіль; 6 – свердловини з газовиділенням

Рисунок 1 – Карта зон, небезпечних за газодинамічними проявами:
а – для пісковика $m_4Sm_4^1$ на ділянці «Кальміуський рудник»;
б – для пісковика $c_6^BSc_8^H$ на ділянці № 2 шахти «Західно-Донбаська»

Ділянка найбільших значень показника газонасиченості $G_{пр}$ розташована в центральній частині досліджуваної ділянки і збігається за формою із позитивною локальною складкою та підвищеною потужністю пісковика. Максимальне значення показника газонасиченості $G_{пр}$ складає 65 у. о, мінімальне – 43 у.о.

Дані буріння та матеріали ДГЕ «Дніпрогеофізика» 3D сейсмозв'язки підтверджують результати прогнозу.

Таким чином, на досліджуваних ділянках за показником газонасиченості $G_{пр}$ виділені зони, небезпечні за газодинамічними проявами, достовірність яких підтверджують результати й інших геофізичних методів (гравірозвідка, сейсмозв'язка) та дані буріння, що свідчить про надійність запропонованої методики.

Використання первинного матеріалу – каротажних діаграм, одержаних на стадії розвідки, та даних аналізу малоамплітудної складчастості – значно знижує

собівартість робіт, спрямованих на прогноз зон, небезпечних за газодинамічними проявами, та дозволяє визначити точки закладання свердловин для дегазації під час підготовки ділянок до промислового видобутку.

Одержані в процесі дослідження результати ввійшли до «Рекомендацій щодо застосування експрес-методики прогнозування зон скупчення метану на вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними методами», що були передані до ДГЕ «Дніпрогеофізика», та до «Рекомендацій щодо експрес-методики прогнозування зон скупчення метану у вуглепородному масиві Донбасу геолого-геофізичними методами на ділянці № 2 шахти «Західно-Донбаська», переданими до шахтного управління «Тернівське», а також на шахту «Північна» ДП «Торецьквугілля», де було отримано економічний ефект у розмірі 147,8 тис. грн. за рахунок використання первинного матеріалу - каротажних діаграм, отриманих раніше на стадії розвідки що знижує витрати на проведення додаткових робіт і здешевлює роботи, пов'язані з пошуком небезпечних зон та скупчень газу.

У п'ятому розділі проаналізовано та узагальнено результати сейсмологічних спостережень, проведених на ПАТ «Шахта ім. О. Ф. Засядька» із застосуванням багатоканальної сейсмоакустичної системи ARAMIS, яка реєструє сейсмічні явища, що утворюються внаслідок розкриття тріщин, та фіксує величину їхньої енергії ($10 - 10^6$ умовних одиниць) і координати. Контроль стану масиву здійснювався під час відпрацювання пласта m_3 18 східною, 18 західною і східною ухильною (СУЛ) лавами. Зареєстровані сейсмічні явища нанесено на план гірничих робіт пласта і складено базу даних. Інтерпретацію результатів проведено у двох напрямках: якісний аналіз сейсмологічних спостережень та аналіз на основі фрактальної геометрії.

Якісний аналіз одержаних даних показав, що розташування центрів сейсмічних подій має певну впорядкованість у просторі: у межах працюючих ділянок шахтного поля відбувається до 70 % усіх подій, а на прилеглих до них ділянках (до 200 м), – 20 % подій; інтенсивність і кількість сейсмічних явищ у кожній виробці має свої особливості, зумовлені впливом технологічних (вибухові роботи, посадка основної покрівлі та наявність щілин) і природних (тектонічні порушення, напрямок тріщин кліважу) умов. Визначено, що зони концентрації сейсмічних явищ, генетично пов'язані із тріщинуватістю, приурочені до склепіння складок і ділянок тектонічних порушень.

На плані гірничих робіт за кількістю та інтенсивністю сейсмологічних даних визначено 3 ділянки з найінтенсивнішим утворенням тріщин з енергією $10^4 - 10^5$ умовних одиниць, що розглядаються як зони, небезпечні за газодинамічними проявами.

Оскільки фрактальний аналіз є універсальним математичним методом, що дозволяє отримати кількісний опис тріщин масиву, які мають різні параметри й виникають під впливом різних чинників, то саме його застосовано для співставлення тріщинуватості лав.

Для оцінювання інтенсивності й кількості сейсмічних явищ (СЯ) у просторі й часі застосовувалися показники Хаусдорфа (клітинна розмірність) (D_0), Херста (H) та Гуттенберга – Рихтера (закон повторюваності). Величини фрактальної розмірності D_0 розраховано за програмою Image J для кожної із лав як інтегральний показник, а також у динаміці, за переміщенням лави в часі за один, два, три місяці.

Встановлено, що розподіл кількості тріщин, які утворюються під час гірничих робіт описується логнормальним законом, що відповідає масштабно-незалежному процесу і свідчить про ієрархічну самоподібну структуру масиву.

Розраховано, що фрактальна розмірність сейсмічних явищ (тріщин) у виробках змінюється від 1,17 до 1,58. При цьому найменшу величину $D_0 = 1,17$ відзначено в непорушеному масиві, у менш порушеній 18-й східній лаві $D_0 = 1,26$, найбільшу $D_0 = 1,58$ – у СУЛ (з найвищими енергетичними явищами). Саме в цій лаві сталося газодинамічне явище, зареєстроване в СУЛ № 3 24.03.2015 – катастрофічний прорив газу у виробку, що привів до вибуху метану.

Як приклад наведено 18-у західну лаву, розташовану поблизу Ветківської структури в зоні малоамплітудних дислокацій, що і пояснює її високі значення D_0 у перші місяці роботи (1,36). З віддаленням від структури значення фрактальної розмірності знизилась до 1,183, а пізніше перед зоною геологічного порушення зросли та досягли максимуму 1,47 при його перетині (рис. 2).

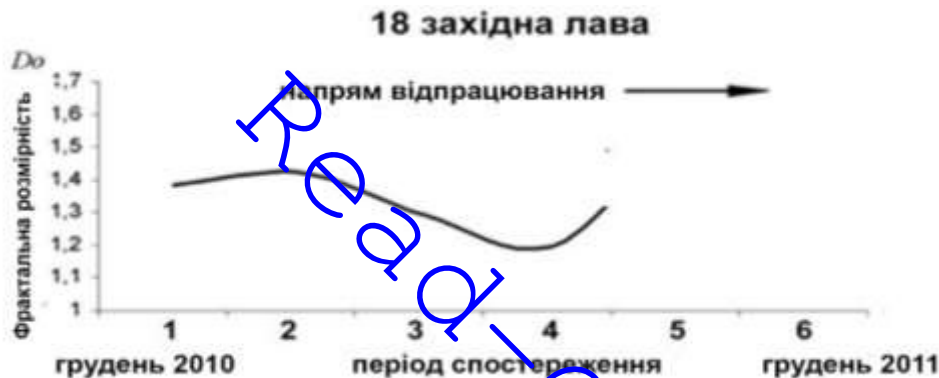


Рисунок 2 – Зміна фрактальної розмірності під час відпрацювання 18 західної лави

Одержані дані свідчать, що фрактальна розмірність D_0 , може бути прийнята за характеристику нестабільного стану масиву. Як показали теоретичні і експериментальні дані значення $D_k = 1,58$ може слугувати критерієм, при якому система втрачає стійкість і переходить до нестабільного стану. Отже, фрактальну розмірність D_k запропоновано застосовувати під час гірничих робіт як критерій небезпеки.

Як один з варіантів для оброблення зареєстрованих сейсмологічних даних застосовувалася формула Гутенберга – Ріхтера (закон повторюваності), що описує залежність кількості сейсмічних явищ від їхньої інтенсивності. За одержаними даними побудовано графіки для 18-ї східної лави та СУЛ для кожного місяця роботи лави. Порівняльний аналіз трансформації графіків збігся з даними, одержаними за допомогою фрактальних методів.

Порівняльний аналіз різних часових інтервалів довів, що формування тріщин має закономірний (хвильовий) розподіл і є результатом зонально-дезінтеграційних процесів, що відбуваються в масиві під час гірничих робіт.

Через те, що техногенні процеси, з якими пов'язано виникнення сейсмічних явищ, накладаються на масив, що має певні геологічні характеристики, розглянуто, вплив будови пластів на розподіл тріщинуватості. Встановлено, що зони

максимальної концентрації сейсмічних явищ у межах пласта приурочені до крил складок і зони малоамплітудної розривної порушеності.

Величини фрактальних розмірностей, обчислені за різними методиками, однакові, що свідчить про достовірність одержаних результатів (таблиця 1).

Таблиця 1 – Інтегральні показники фрактальної розмірності D_0 для досліджуваних лав

Лава	Фрактальна розмірність D_0 (по програмі Image J)	Фрактальна розмірність D_0 ($D_0=2-H$)	Показник Херста H
18 східна лава	1,26	1,51	0,49
Східна ухильна лава	1,59	1,59	0,41
18 західна лава	1,46	1,47	0,53
Масив поблизу СУЛ	1,17	1,44	0,56
15 східна «біс» лава	1,58	1,62	0,38

Порівнюючи результати розрахунку фрактальних розмірностей, отриманих за показником Херста, визначено, що практично всі значення збігаються з аналогічними, отриманими за програмою Image J, за винятком 18-ї східної лави. Причина тут, ймовірно, в тому, що спостереження в цій лаві здійснювалися не значний час.

Зіставлення порівняння показників роботи поверхневих дегазаційних свердловин з техногенною тріщинуватістю, яку характеризує величина D_k сейсмічних явищ, доводить, що розташовані на ділянках з найбільшою концентрацією тріщин дегазаційні свердловини відзначаються більшим дебетом і тривалістю роботи.

Одержані в процесі дослідження результати вийшли до «Рекомендації щодо застосування багатоканального сейсмоакустичного контролю при діагностиці стану вуглепородного масиву», які передано до ДГЕ «Дніпрогеофізика».

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі встановлених закономірностей зміни фізико – механічних властивостей пісковиків у газонасичених і газоненасичених ділянках, та встановлених просторово-часових закономірностей розподілу сейсмологічних явищ, які утворюються під час проведення гірничих робіт, вирішено актуальне наукове завдання з обґрунтування критеріїв для прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами; розроблено методику прогнозу небезпечних за газодинамічними проявами зон, впровадження якої дозволило отримати економічний ефект, що має важливе значення для гірничодобувної промисловості України.

Основні теоретичні і практичні результати дисертаційної праці полягають у наступному:

1. Існуючі геологічні та геофізичні методи прогнозу газонасичених ділянок вуглепородного масиву та пов'язаних з ними зон, небезпечних за газодинамічними проявами, в основному дорогі, оскільки для їх здійснення потрібне проведення додаткових бурових робіт з відбором проб для лабораторних досліджень, при цьому геологічні методи прогнозу не використовують геофізичні дані і навпаки; не встановлені закономірності зміни фізико-механічних властивостей пісковиків у зонах, небезпечних за газодинамічними проявами у непорушеному вуглепородному масиві; не досліджені можливості використання результатів моніторингу сейсмічної обстановки на шахтному полі для прогнозу тріщинуватих зон у вуглепородному масиві і пов'язаних з ними зон, небезпечних за газодинамічними проявами, в процесі ведення гірничих робіт; не розроблені критерії прогнозу зон небезпечних за газодинамічними проявами на вуглегазових родовищах як в непорушеному вуглепородному масиві, так і під час проведення гірничих робіт. Через це встановлення закономірностей зміни фізико-механічних властивостей пісковиків у зонах, небезпечних за газодинамічними проявами, розробка критеріїв та методів прогнозу цих зон на вуглегазових родовищах як в непорушеному вуглепородному масиві, так і під час гірничих робіт, є актуальним науковим завданням, виконання якого дозволить підвищити безпеку праці, а також обґрунтувати планування робіт щодо дегазації та промислового видобутку метану.

2. Вперше розроблено фізико-геологічну модель зон, небезпечних за газодинамічними проявами у вуглепородному масиві, яку складають: структурна, петрофізична та математична моделі. Фізико-геологічна модель дає змогу визначити параметри структури за допомогою тренд-аналізу поверхні вугільних пластів та пісковиків досліджуваної ділянки і обґрунтувати можливість застосування стандартного комплексу ГДС для визначення газонасичених та газоненасичених ділянок пісковиків у вуглепородних відкладах.

3. Встановлено закономірні зміни фізико-механічних властивостей пісковиків на ділянках вуглепородного масиву, небезпечних за газодинамічними проявами, що відбиваються у фізичних полях та реєструються геофізичними методами.

Фізико-механічні властивості пісковиків на ділянках, небезпечних за газодинамічними проявами, характеризуються зниженою щільністю та підвищеними значеннями пористості і проникності, які відбиваються у фізичних полях та визначаються фізико – механічними властивостями порід, що дозволяє розрахувати показник газонасиченості $G_{пр}$ за рівнянням множинної регресії у вигляді полінома другого ступеня без змішаних членів.

4. Для визначення зон, небезпечних за газодинамічними проявами, запропоновано критерій, що визначає ступінь небезпеки за показником газонасиченості $G_{пр} \geq 50$ у.о, який розраховано за допомогою рівняння множинної регресії як поліном другого ступеня без змішаних членів за геофізичними параметрами.

5. Розроблено методику прогнозу за геолого-геофізичними даними небезпечних зон, пов'язаних з колекторами-пісковиками та пастками структурно-тектонічного класу. Методика базується на різниці фізико-механічних властивостей – щільності, пористості, тріщинуватості – газонасичених та газоненасичених ділянок пісковиків у вуглепородних відкладах Донбасу, що дозволяє за допомогою

критерію $G_{\text{пр}}$ з застосуванням геофізичних методів – уявних опорів градієнт-зондом (УО-ГЗ) – $\rho_{y \text{ ГЗ}}$, потенціал-зондом (УО-ПЗ) – $\rho_{y \text{ ПЗ}}$, природного (ГК) – J_g та розсіяного (ГГК) – $J_{\text{гг}}$ гамма-випромінювання – визначення зон, небезпечних за газодинамічними проявами.

6. Методику апробовано на пологих пластах, із різними фізико-механічними властивостями порід та вугілля, на ділянці «Кальміуський рудник» (Донецько-Макіївський геолого-промисловий район) та на ділянці № 2 шахти «Західно-Донбаська» (Павлоградсько-Петропавлівський геолого-промисловий район). Побудовані прогнозні карти обмежують на ділянках шахтних полів зони, небезпечні за газодинамічними проявами. Достовірність виділених зон підтверджено результатами буріння, сейсморозвідувальними та гравітаційними даними, що свідчить про надійність запропонованої методики.

7. Вперше на підставі інтерпретації результатів сейсмологічних спостережень доведено, що тріщини, які виникають під час гірничих робіт і які реєструють як епіцентри сейсмічних подій, мають певну впорядкованість у просторі та часі. На їх розташування впливають геологічні умови та технологія гірничих робіт.

8. Вперше на підставі результатів сейсмологічних спостережень для трьох лав розраховано показники фрактальної розмірності Хаусдорфа – Безиковича (D_0) та Херста (H) і визначено, що найменша величина $D_0=1,17$ властива масиву із низькими значеннями енергії, $D_0=1,26$ – середніми, $D_0=1,58$ – високо енергетичними явищами. Хвилеподібні зміни значень показника D_0 у часі відбивають вплив зонально-дезінтеграційних процесів, що відбуваються під час гірничих робіт у масиві.

9. Уперше за даними сейсмологічних спостережень, що відбивають утворення тріщин під час гірничих робіт, встановлено просторово-часові закономірності їх розподілу:

- кількість сейсмічних явищ на ділянках спостережень має подібність при зміні масштабу і підпорядковується логнормальному розподілу, що відповідає масштабно-незалежному процесу утворення тріщин;

- логарифм кількості сейсмічних явищ обернено пропорційний логарифму їхньої інтенсивності.

10. Кількість та інтенсивність сейсмічних явищ, що реєструються під час ведення гірничих робіт та зумовлені виникненням дислокацій у ієрархічному дискретному гірському масиві, мають обернено пропорційний зв'язок і оцінюються фрактальною розмірністю D_k , при цьому значення $D_k \leq 1,17$ характерні для безпечного за газодинамічними проявами масиву, а $D_k \geq 1,58$ – для небезпечного масиву, за значень $1,17 < D_k < 1,58$ ситуація вимагає додаткових спостережень.

11. Уперше запропоновано критерій D_k , який характеризує схильність масиву до газодинамічних проявів, що базується на фрактальній розмірності сейсмічних явищ і підтверджується, по-перше, показниками роботи поверхневих дегазаційних свердловин (свердловини, розташовані на ділянках з найбільшою концентрацією тріщин, відзначаються більшим дебетом і тривалістю роботи), а також вибухом метану, який відбувся в СУЛ шахти за $D_k > 1,58$.

12. Одержані в процесі дослідження результати ввійшли до «Рекомендацій щодо застосування експрес-методику прогнозування зон скупчення метану на

вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними методами», що були передані до ДГЕ «Дніпрогеофізика», та до «Рекомендацій щодо застосування експрес-методики прогнозування зон скупчення метану на вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними методами на дільниці № 2 шахти «Західно-Донбаська», переданими до шахтного управління «Тернівське» та на шахту «Північна» ДП «Торецьквугілля», де було отримано економічний ефект у розмірі 147,8 тис. грн. за рахунок використання первинного матеріалу - каротажних діаграм, отриманих раніше на стадії розвідки що знижує витрати на проведення додаткових робіт і здешевлює роботи, пов'язані з пошуком небезпечних зон та скупчень газу. Результати сейсмологічних спостережень увійшли до «Рекомендації щодо застосування багатоканального сейсмоакустичного контролю при діагностиці стану вуглепородного масиву», які передано до ДГЕ «Дніпрогеофізика».

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО В ТАКИХ ПУБЛІКАЦІЯХ:

1. Пимоненко Л. И., Гончаренко В. А., Каргаполов А. А. Прогнозирование горно-геологических условий углепородного массива / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов; Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины им. Н. С. Полякова. Днепропетровск: ИГТМ, 2008. Вып. 79. С. 115–118.

2. Лукінов В. В., Пимоненко Л. И., Каргаполов А. А. Обґрунтування вибору перспективної на нафтогазоносність ділянки для проведення сейморозвідувальних робіт та глибокого параметричного буріння / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов; Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины им. Н. С. Полякова. Днепропетровск: Моноліт, 2008. Вып. 80. С. 307–312.

3. Булат А. Ф., Макеев С. Ю., Каргаполов А. А. Сейсмоакустическая система контроля напряженно-деформированного состояния массива / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов; Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины им. Н. С. Полякова. Днепропетровск: ИГТМ, 2009. Вып. 82. С. 3–8.

4. Булат А. Ф., Макеев С. Ю., Каргаполов А. А. Экспериментальные исследования состояния массива многоканальной сейсмоакустической системой / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов; Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины им. Н. С. Полякова. Днепропетровск: ИГТМ, 2010. Вып. 85. С. 76–83.

5. Булат А. Ф., Макеев С. Ю., Каргаполов А. А. Контроль изменения состояния массива многоканальной сейсмоакустической системой на шахте им. А. Ф. Засядько / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов; Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины им. Н. С. Полякова. Днепропетровск: Моноліт, 2010. Вып. 88. С. 26–33.

6. Каргаполов А. А., Макеев С. Ю., Свистун В. К. Комплексное использование геолого-геофизических методов для выделения зон скопления метана / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов; Институт геотехнической

механики Национальной академии наук Украины им. Н. С. Полякова. Днепропетровск: ИГТМ, 2012. Вып. 102. С. 147–153.

7. Макеев С. Ю., Каргаполов А. А., Андреев С. Ю. Прогнозирование флюидосодержащих участков в горном массиве по данным геофизических исследований / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов Института геотехнической механики Национальной академии наук Украины им. Н. С. Полякова. Днепропетровск: ИГТМ, 2012. Вып. 98. С. 70–77.

8. Пимоненко Л. И., Каргаполов А. А., Гуня Д. П. Геолого-геофизический метод прогноза зон скопления метана на примере шахты им. А. Ф. Засядько / Геолог Украины. 2012. № 3. С. 83–87.

9. Пимоненко Л. И., Каргаполов А. А., Гуня Д. П. Результаты применения геолого-геофизического метода прогноза зон скоплений метана (на примере шахты им. А. Ф. Засядько) / Геоинформатика. 2012. № 4. С. 22–27.

10. Безручко К., Приходченко О., Каргаполов А. Умови формування комбінованих газових пасток на території Західного Донбасу / Геологія і геохімія горючих копалин. 2016. № 1–2. С. 26–37.

11. Каргаполов А. А. Прогноз зон скопления метана на углегазовых месторождениях геолого-геофизическими методами / Научно-техническое обеспечение горного производства: труды Института горного дела им. Д. А. Кунаева. Алматы: ИГД, 2016. Т. 88. С. 179–185.

12. Пимоненко Л. И., Безручко К. А., Каргаполов А. А. Результаты мониторинга напряженно-деформированного состояния горного массива методами теории фрактальной геометрии / Вестник инженерной школы ДВФУ, 2014. № 3(20). С. 147–149. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/3-20/> (дата обращения: 11.07.2014).

13. Булат А. Ф., Лукинов В. В., Каргаполов А. А. Основы технологии прогноза газодинамических явлений в сложных горно-геологических условиях разработки угленосного массива шахты или участка разведки по петрофизическим данным / Геологические основы и методы прогноза выбросоопасности угля, пород и газа. Днепропетровск: Моноліт, 2012. С. 237–240.

14. Булат А. Ф., Макеев С. Ю., Каргаполов А. А. Определение очагов трещинообразования и напряженного состояния массива методом многоканальной сейсмоакустики / Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: материалы XX Международной научной школы (сентябрь 2010 г.). Симферополь: Таврический нац. ун-т, 2010. С. 75–77.

15. Булат А. Ф., Макеев С. Ю., Каргаполов А. А. Некоторые аспекты использования особенностей акустических свойств горного массива для контроля его состояния / Геотехнология. Прикладная механика. Обогащение полезных ископаемых, экология: сб. науч. трудов в 2-х т. конференции «Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды» с участием иностранных ученых (г. Новосибирск, 9–12 октября 2012 г.). Новосибирск: Ин-т горного дела Сибирского отделения Российской академии наук, 2012. Т. 1. С. 212–217.

16. Макеев С. Ю., Каргаполов А. А., Андреев С. Ю. Методический подход к диагностике скоплений свободного метана посредством интерпретации данных

геофизических исследований / 2-я Российско-Китайская научная конференция «Нелинейные геомеханико-геодинамические процессы при отработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах» (г. Новосибирск, 2–5 июля 2012 г.). Новосибирск: Ин-т горного дела Сибирского отделения Российской академии наук, 2012. С. 344–350.

17. Макеев С. Ю., Каргаполов А. А., Гуня Д. П. Обобщение результатов комплексного мониторинга состояния массива на шахте им. А. Ф. Засядько / Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях : материалы науч.-практ. конф. Пермь: Ин-т горного дела Уральского отделения Российской академии наук, 2014. С. 291–295.

18. Пимоненко Л. И., Безручко К. А., Каргаполов А. А. Анализ сейсмоакустических явлений в горном массиве с учетом теории фракталов / Геомеханика в горном деле: доклады Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (г. Екатеринбург, 1–3 октября 2013 г.). Екатеринбург: Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, 2014. С. 334–343.

19. Пимоненко Л. И., Макеев С. Ю., Каргаполов А. А. Применение теории фракталов при разработке диагностических критериев безопасного ведения горных работ в условиях Донбасса / Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сб. науч. трудов в 2-х т. 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики (г. Минск, 29–31 октября 2013 г.). Минск: Белорусский нац. техн. ун-т, 2013. Т. 1. С. 287–294.

20. Пимоненко Л. И., Безручко К. А., Каргаполов А. А. Обработка результатов мониторинга напряженно-деформированного состояния горного массива методами теории фракталов / Материалы 4-й Российско-Китайской научной конференции (г. Владивосток, 27–31 июля 2014 г.). Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, С. 83–84.

21. Патент № 71276 UA, МПК8 E21C 41/00. Спосіб локального прогнозу ударонебезпеки масиву гірських порід за сейсмологічними спостереженнями / А. Ф. Булат, С. Ю. Макеев, А. А. Каргаполов, С. Ю. Андреев, Г. О. Рижов; заявник і патентовласник Інститут геотехнічної механіки Національної академії наук України. № u201115079; заявл. 19.12.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. 6 с.

22. Патент України № 86028 UA, МПК8 E21F 7/00, G01V 9/00. Спосіб визначення зон скупчення метану на невідпрацьованих ділянках шахт та ділянках розвідки / А. Ф. Булат, Л. І. Пимоненко, С. Ю. Макеев, А. А. Каргаполов, С. Ю. Андреев, Г. О. Рижов; заявник і патентовласник Інститут геотехнічної механіки Національної академії наук України. № u201307349; заявл. 10.06.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23/2013. 6 с.

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК ЗДОБУВАЧА В ПРАЦІ, СТВОРЕНІ У СПІВАВТОРСТВІ:

2, 7, 10, 13, 16, 22 – участь в обґрунтуванні комплексу геолого-геофізичних методів та розробці методики прогнозу зон скупчення метану за даними ГДС, оброблення та

інтерпретація каротажних діаграм; 1, 6, 8, 9 – участь в застосуванні методики прогнозу зон скупчення метану за даними ГДС на ділянці «Кальміуський рудник» та на ділянці № 2 шахти «Західно-Донбаська»; 3,4 – участь в аналізі існуючих методик сейсмоакустичних спостережень під час гірничих робіт, складання бази даних; 5, 6, 15, 17, 21 – участь в якісному аналізі сейсмологічних спостережень: кількості та інтенсивності сейсмічних явищ, що реєструються під час ведення гірничих робіт, визначення зон підвищеної тріщинуватості; 12, 13, 18, 19, 20 – участь в обґрунтуванні та розрахунку показника фрактальної розмірності D_0 .

АНОТАЦІЯ

Каргаполов А. А. Обґрунтування критеріїв прогнозу зон вуглепородного масиву, небезпечних за газодинамічними проявами. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка». – Інститут геотехнічної механіки імені М. С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, 2017.

У дисертаційній праці обґрунтовано критерії прогнозу зон вуглепородного масиву, небезпечних за газодинамічними проявами.

Проаналізовано стан застосування геолого-геофізичних методів для прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами, як у непорушеному вуглепородному масиві так і при відпрацюванні вугільних пластів. Розроблено фізико-геологічна модель зон, небезпечних за газодинамічними проявами, та визначено раціональний комплекс геофізичних методів для їх виділення. Розроблено методику прогнозу зон, небезпечних за газодинамічними проявами, за комплексом геолого-геофізичних даних.

Обґрунтовано можливість використання результатів моніторингу сейсмічної обстановки на шахтному полі для прогнозу тріщинуватих зон у вуглепородному масиві і пов'язаних з ними зон, небезпечних за газодинамічними проявами, під час гірничих робіт.

Одержані в процесі дослідження результати ввійшли до «Рекомендацій щодо застосування експрес-методики прогнозування зон скупчення метану на вуглегазових родовищах Донбасу геолого-геофізичними методами», що були передані до ДГЕ «Дніпрогеофізика», та до «Рекомендацій щодо експрес-методики прогнозування зон скупчення метану у вуглепородному масиві Донбасу геолого-геофізичними методами на ділянці № 2 шахти «Західно-Донбаська», переданими до шахтного управління «Тернівське» та на шахту «Північна» ДП «Торецьквугілля». Упровадження запропонованої методики визначення зон, небезпечних за газонебезпечними проявами, дозволило отримати економічний ефект у розмірі 147,8 тис. грн.

Ключові слова: зони, небезпечні за газодинамічними проявами, газоносність вугільних відкладів, Донбас, стан вуглепородного масиву, геолого-геофізична модель, геофізичні дослідження свердловин.

АННОТАЦИЯ

Каргаполов А. А. Обоснование критериев прогноза зон углепородного массива, опасных по газодинамическим проявлениям. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». – Институт геотехнической механики имени Н. С. Полякова Национальной академии наук Украины, Днепр, 2017.

Работа посвящена обоснованию критериев прогноза зон, опасных по газодинамическим проявлениям.

Проанализировано применение геолого-геофизических методов для прогноза зон, опасных по газодинамическим проявлениям, как в ненарушенном углепородном массиве, так и при отработке угольных пластов. Разработана физико-геологическая модель зон, опасных по газодинамическим проявлениям, и определен рациональный комплекс геофизических методов для их выделения. Разработана методика прогноза зон, опасных по газодинамическим проявлениям, по комплексу геолого-геофизических данных.

Обоснована возможность использования результатов мониторинга сейсмической обстановки на шахтном поле для прогноза трещиноватых зон в углепородном массиве и связанных с ними зон, опасных по газодинамическим проявлениям, в процессе ведения горных работ.

Полученные в процессе работы результаты вошли в «Рекомендации по применению экспресс-методики прогнозирования зон скопления метана на углегазовых месторождениях Донбасса геолого-геофизическими методами» и в «Рекомендации по применению многоканального сейсмоакустического контроля при диагностике состояния углепородного массива», которые переданы в ГП «Днепрогеофизика», Шахтное управление «Терновское» и на шахту «Северная» ГП «Торецкуголь». Внедрение предложенной методики определения зон, опасных по газодинамическим проявлениям, позволило получить экономический эффект в размере 147,8 тыс. грн.

Ключевые слова: зоны, опасные по газодинамическим проявлениям, газоносность угольных отложений, Донбасс, состояние углепородного массива, геолого-геофизическая модель, геофизические исследования скважин.

SUMMARY

Kargapolov A. A. Justification of criteria of prediction of zones, coal-rock massif that are dangerous according to gas-dynamic manifestations. – Manuscript.

Thesis for a degree of candidate of technical sciences on specialty 05.15.09 – «Geotechnical and mining mechanical engineering». – Institute of geotechnical mechanical engineering under National academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, 2017.

Paper is dedicated to justification of criteria of prediction of zones dangerous according to gas dynamic manifestations.

Paper includes the analysis of up-to-date application of geological-geophysical methods for prediction of zones dangerous according to gas dynamic manifestations on

coal deposits. Geological-geophysical model of zones dangerous according to gas dynamic manifestations was developed and the efficient complex of geophysical methods for isolation of such zones was defined. Method of prediction of zones dangerous according to gas dynamic manifestations and set of geological-geophysical data was developed.

Possibility of use of results of monitoring of seismic situation on the mine field for prediction of fissured zones in coal rock massif and related zones dangerous according to gas dynamic manifestations in the process of mining operations performance.

The results obtained within the process of work were used in «Recommendations on application of express method of prediction of zones of methane accumulation on coal gas deposits of Donbas by geological-geophysical methods» and «Recommendations on application of multi-channel seismic sounding control under diagnostics of state of coal rock massif» that were transferred into SE «Dneprgeophysics», Mine Administration «Ternovskoe» and to the mine «Severnaia» under SE «Toretskugol». Implementation of suggested method of detection of zones dangerous according to gas dynamic manifestations supposes obtaining of economic effect equal to 147,8 thousand of UAH.

Keywords: zones dangerous according to gas-dynamic manifestations, gas content of coal deposits, Donbas, state of coal rock massif, geological-geophysical model, geophysical well survey.

Read-Only