

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



ТАРАСОВ ВАДИМ ЮРІЙОВИЧ

УДК 622.822.2(043.5)

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ПРОГНОЗУ ЕНДОГЕННІЙ
ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКИ ШАХТОПЛАСТІВ ЗА СТУПЕНЕМ
МЕТАМОРФІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВУГІЛЛЯ**

05.26.01 – охорона праці

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Східноукраїнському національному університеті ім. В. Даля (СНУ ім. В.Даля) Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Антощенко Микола Іванович
завідувач кафедри гірництва Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля МОН України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мінсєв Сергій Павлович
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, завідувач відділу керування динамічними проявами гірничого тиску;

доктор технічних наук, професор
Костенко Віктор Климентійович,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» МОН України, завідувач кафедри природоохоронної діяльності;

доктор технічних наук, професор
Голінько Василь Іванович,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України, завідувач кафедри охорони праці та цивільної безпеки

Захист відбудеться «30» квітня 2021р. о 13.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.188.01 при Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України за адресою: 49005, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2а

Автореферат розісланий «25» березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, професор



В.Г. Шевченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Складні гірничо-геологічні умови більшості вугільних родовищ України зумовлюють наявність великої кількості небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які суттєво впливають на життя та здоров'я працюючих і обумовлюють високий рівень аварійності й травматизму в галузі, призводять до значних економічних збитків і втрати ресурсних запасів. Пожежі ендегенного походження у вугільних шахтах є окремою проблемою, яка не вирішена вже протягом багатьох десятиліть. На шахтах України щорічно реєструють до декількох десятків ендегенних пожеж. За величиною спричинених збитків від виникнення ендегенних пожеж втрати становлять від 12 до 40% збитків, завданих усіма аваріями вугільної промисловості.

Наведені дослідження свідчать про необхідність розвитку наукових основ щодо вивчення факторів, які здійснюють вплив на схильність вугілля до самозаймання, як належного підґрунтя для підвищення ефективності прогнозування пожежної небезпеки шахтопластів. Складна будова і властивості вугілля, які змінюються у широкому діапазоні, а також залежність процесу самозаймання від цілого комплексу чинників, вплив котрих має неоднозначний характер, потребує залучення додаткових параметрів, які більш диференційовано характеризують ступінь метаморфічних перетворень вугілля.

Ендегенні пожежі продовжують відбуватися, не дивлячись на повне дотримання вимог нормативних документів щодо створення безпечних умов на вітчизняних вугледобувних підприємствах. Для оцінки небезпечних властивостей шахтопластів у регламентуючих документах щодо безпечного ведення гірничих робіт використовується всього чотири класифікаційних показника, основним з яких є марочна приналежність. Цим переліком класифікаційних параметрів обмежується оцінка всіх можливих проявів небезпечних властивостей шахтопластів. До цього часу не досліджено закономірностей зміни елементного складу вугілля в процесі метаморфічних перетворень та його вплив на схильність вугілля до самозаймання. Актуальність досліджень такої спрямованості для удосконалення вимог нормативної бази при веденні гірничих робіт не викликає сумнівів.

Ступінь пожежонебезпеки вугільних пластів в даний час визначається за методом, заснованим на обробці статистичного матеріалу ендегенних пожеж за попередній період роботи шахт. Розподіл шахтопластів за інтенсивністю аварій тільки на підставі статистичних даних у природному комплексі, що складається з декількох десятків факторів, обумовлених ступенем перетворення вихідної органічної маси вугілля, їх якісним і кількісним складом, гірничотехнічними і гірничо-геологічними умовами ведення робіт в підземних умовах, може призводити до помилок в оцінці фактичної небезпеки самозаймання шахтопластів.

Тому встановлення закономірностей зміни складу та властивостей органічної сполуки і мінеральних домішок вугілля, що видобувається, та розробка на цій основі методу прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля та надання рекомендацій щодо вдосконалення нормативної бази безпечного відпрацювання вугільних пластів з підвищеною ендегенною пожежною небезпекою є **актуальною науково-прикладною**

проблемою в області охорони праці, що має суттєве значення для підвищення безпеки ведення гірничих робіт на шахтах та підвищення техніко-економічних показників гірничодобувних підприємств.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі хімії та охорони праці Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля в рамках наступних тем: науково-технічної програми МОН України «Інтенсифікація процесу синтезу поверхнево-активних речовин нанокаталізом» (2007-2008р.р., № держ. реєстрації 0107U007440); «Розробка фізико-хімічних методів дослідження дисперсних систем» (2011 – 2015 рр. № держ. реєстрації 0111U000271); договору між ТОВ НТЦ «Хіммодерн» та ТОВ "ДТЕК ЛУГАНСЬКА ТЕПЛОВА ЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ" (м. Щастя); «Дослідження небезпечних властивостей вугільних шахтопластів» (2020 – 2021 рр. № держ. реєстрації 0120U104130). У зазначених НДР здобувач брав участь в якості керівника та виконавця.

Ідея роботи полягає у встановленні закономірностей впливу метаморфічних процесів на склад та властивості вугілля для розробки методу прогнозу схильності шахтопластів до самозаймання вугілля.

Мета і завдання досліджень.

Мета роботи – встановлення закономірностей зміни складу та властивостей органічної сполуки і мінеральних домішок під впливом метаморфічних перетворень вугілля, що видобувається, та розробка методу прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень для підвищення безпеки ведення гірничих робіт.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні **завдання**:

- систематизувати та узагальнити методи прогнозу самозаймання вугілля існуючої нормативної бази і дослідити причини її невідповідності практиці ведення гірничих робіт із забезпечення безпечних умов;

- встановити вплив зміни складу органічної маси на показники карбонізації вугілля та визначити вплив окремих компонентів органічної та мінеральної маси на карбонізацію і метаморфічні перетворення вугілля;

- дослідити закономірності впливу елементного складу органічної речовини і мінеральних домішок вугілля, зокрема вологи та сірки, на процес самозаймання та встановити граничні показники вмісту окремих елементів, що відповідають підвищеній небезпеці самозаймання вугілля;

- розробити рекомендації до аналізу відповідності положень, використаних при розробці КД 12.01.402-2000 «Руководство по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Украины» практиці ведення гірничих робіт та впровадити пропозиції щодо вдосконалення вимог нормативних документів для використання при проведенні НДР та наданні науково-технічних послуг в галузі видобутку вугілля з напрямку прогнозу схильності шахтопластів до самозаймання;

- розробити та впровадити метод прогнозу схильності шахтопластів до ендегенної пожежонебезпечності за метаморфічними ознаками перетворення вугілля.

Об'єкт дослідження – процеси самозаймання вугілля різного ступеню метаморфізму.

Предмет дослідження – закономірності взаємозв'язку у елементному та молекулярному складі вугілля різного ступеня метаморфізму, що призводять до підвищення ризику виникнення ендегенних пожеж у вугільних шахтопластах.

Методи дослідження. Використано комплексний метод досліджень, який включає: аналіз і узагальнення наукового і практичного досвіду про схильність шахтопластів до самозаймання і методів його прогнозу, узагальнення відомих результатів дослідження умов виникнення ендегенних пожеж за останні 50 років, систематизація класифікаційних показників метаморфізму, які характеризували ці умови, статистичні методи обробки результатів досліджень, гравіметричний, термогравіметричний та хроматографічний методи аналізу вугілля.

Основні наукові положення, які виносяться на захист:

1. Виявлена аномально низька межа зміни масового виходу летких речовин для вугілля марки К та відсутність його достовірного кореляційного зв'язку з хімічною активністю вугілля дає підстави вважати принцип методу визначення стадій метаморфізму вугілля за марочною приналежністю, що характеризується оберненопропорційною залежністю від показника масового виходу летких речовин, неточним, а відтак і не відображаючим дійсну схильність вугілля до самозаймання.

2. Оцінка хімічної активності вугілля характеризується значенням показника карбонізації, що визначається функціональною залежністю між наявним вмістом вуглецю у конкретному зразку з його різницею між максимальним встановленим вмістом вуглецю в органічній масі вугілля 99,15%, яка в екстремумах при наближенні елементного вмісту вуглецю до критичного значення, а суми інших основних компонентів – до нуля, прагне до нескінченності з досягненням інертності органічної маси вугілля.

3. Характер зростання вмісту вуглецю в органічній речовині у граничних значеннях від 75,0% до 95,0% залежить від зміни вмісту інших органічних компонентів вугілля і визначається експоненціальною залежністю для кисню, поліноміальною залежністю третього ступеня для водню, лінійною для азоту, поліноміальною другого ступеня - для пластової вологи, при цьому сім характерних точок хімічної активності даної системи відповідають певним стадіям метаморфізму вугілля, яким притаманний різний ступінь схильності до виникнення ендегенних пожеж у шахтопластах.

4. Потенційна ендегенна пожежонебезпека шахтопласта визначається індивідуальним співвідношенням між компонентами, що входять до складу органічної речовини, та різними видами вологи і сірки, при цьому вміст вуглецю визначається за обернено пропорційною залежністю відповідно до суми компонентів, що входять до її складу (кисень, водень, азот та сірка), і, таким чином, визначає метаморфічні перетворення вугілля.

5. Ризик аварійності за ендегенною пожежонебезпекою характеризується кореляційним зв'язком з кутом падіння пластів і зростає поліноміально за умов ведення очисних робіт на пологих пластах при вмісті вуглецю нижче 80% та підвищеному вмісті кисню (понад 10%) та вологи (понад 10%), а також при відпрацюванні крутопадаючих пластів і магазинуванні вугілля при вмісті вуглецю, нижчому за 89%, та вмісті кисню, сірки і вологи, що перевищує 50% від загальної суми компонентів (O_0, H_0, N_0, S_0, W).

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- розвинуто наукові основи прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля на підставі встановлених закономірностей фізико-хімічних властивостей вугілля, що дозволило здійснити систематизацію та аналіз відповідності діючих нормативних документів із забезпечення безпечних умов видобутку вугілля практиці ведення гірничих робіт та на підставі цього розробити і надати методичні рекомендації до нормативно-технічних документів, що регламентують порядок ведення гірничих робіт на пластах, схильних до ендегенної пожежонебезпеки;

- вперше встановлено закономірності зміни показника карбонізації між стадіями метаморфізму, що характеризуються співвідношенням між вуглецем та іншими компонентами вугілля і визначаються функціональною залежністю між наявним вмістом вуглецю у шахтопласті і максимальним встановленим вмістом вуглецю в органічній масі вугілля, що дозволило оцінити хімічну активність вугілля і розробити методику визначення частки впливу кожного компонента органічної речовини, вологи та сірки на значення показника карбонізації;

- вперше побудовано модель, що описує зміну елементного складу органічної речовини вугілля з урахуванням пластової вологи, що дозволило визначити сім стадій метаморфічних перетворень вугілля;

- вперше за допомогою ранжування отримана експериментально-аналітична залежність між основними компонентами органічної речовини і вологи, що дозволяє визначити хімічну активність вугілля як показника схильності шахтопластів до самозаймання;

- вперше ступінь ризику аварійності за ендегенною пожежонебезпекою науково обґрунтовано пов'язано з діапазонами зміни показників елементного та технічного аналізу вугілля у шахтопласті з урахуванням гірничо-геологічних умов, зокрема кута падіння, що дозволило розробити та надати методичні рекомендації до нормативно-технічних документів, які регламентують порядок ведення гірничих робіт на пластах, схильних до ендегенної пожежонебезпеки, а також розробити і впровадити програмне забезпечення для прогнозу за елементним складом вугілля схильності шахтопласта до самозаймання.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей взаємозв'язку у елементному та молекулярному складі вугілля, що характеризують його метаморфічні перетворення, які призводять до підвищення ризику виникнення ендегенних пожеж у вугільних шахтопластах; впливу вмісту основних компонентів органічної маси на показник карбонізації вугілля; впливу окремих компонентів органічної речовини, вологи та сірки на схильність шахтопластів до самозаймання; розробці нової класифікації щодо оцінки метаморфізму вугілля за хімічною активністю компонент та вдосконаленні методу прогнозу схильності шахтопластів до ендегенної пожежонебезпеки.

Практичне значення роботи:

- Розроблено методику встановлення ступеня метаморфізму вугілля за характерними діапазонами вмісту компонентів органічної маси, вологи і мінеральних домішок.

- Розроблено методику визначення частки впливу кожного компонента

органічної речовини, вологи та сірки на значення показника карбонізації.

- Розроблено загальні методологічні підходи щодо визначення схильності шахтопластів до самозаймання за факторами метаморфічних перетворень вугілля, гірничотехнічними і гірничо-геологічними умовами ведення гірничих робіт.

- Розроблено та надано методичні рекомендації до нормативно-технічних документів, що регламентують порядок ведення гірничих робіт на пластах, схильних до ендегенної пожежонебезпеки.

- Розроблено програмне забезпечення для прогнозу за елементним складом вугілля схильності шахтопласта до самозаймання.

Реалізація результатів досліджень. Результати дисертаційної роботи використано:

1. Для оцінки рівня пожежонебезпеки на різних стадіях розвитку очисних робіт та визначення умов видобутку ВП Шахта ім. Д.Ф. Мельникова ПАТ «Лисичанськвугілля» (акт від 15.01.2021р).

2. В умовах генерування теплової та електричної енергії на котельних агрегатах, що використовують вугілля антрацитової групи, ТОВ «ДТЕК ЛУГАНСЬКА ТЕПЛОВА ЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ» (м. Щастя) (довідка від 12.01.2021р).

3. Підготовлено та передано ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України пропозиції щодо вдосконалення «Керівництва із запобігання і гасіння ендегенних пожеж на вугільних шахтах України: КД 12.01.402-2000» (акт від 03.02.2021р).

4. Розроблено та впроваджено програмне забезпечення щодо прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля ВП «Шахта ім. Д.Ф. Мельникова» ПАТ «Лисичанськвугілля» (акт від 15.01.2021р).

5. У навчальному процесі Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля МОН України кафедр: хімії та охорони праці дисциплін безпекового циклу спеціальностей 101, 133, 141, 151, 161, 184, 192, 273, 274, 275 університету і гірництва при підготовці здобувачів вищої освіти спеціальностей 184 – Гірництво та 263 – Цивільна безпека (довідка від 11.01.2021р).

Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням апробованих методів досліджень, положень визначення поняття «метаморфізм вугілля» згідно класичних визначень та діючих ДСТУ; проведенням обчислювальних експериментів на науково обґрунтованих моделях метаморфічних процесів зміни складу та фізико-механічних особливостей вугілля шахтопластів; позитивними результатами впровадження методик; емпіричні коефіцієнти встановлених залежностей характеризуються високими кореляційними показниками, що дозволяє використовувати їх в інженерних розрахунках без проведення трудомістких експериментів.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні наукової проблеми, мети, ідеї, задач досліджень; основні висновки та наукові положення, які виносяться на захист: у систематизації та узагальненні методів прогнозу самозаймання вугілля існуючої нормативної бази; у отриманні закономірностей між показниками промислових класифікацій вугілля для встановлення безпечних

властивостей шахтопластів при веденні гірничих робіт; у визначенні закономірностей співвідношення компонентів та необхідних класифікаційних показників ступеню метаморфізму вугілля для встановлення схильності шахтопластів до самозаймання; у розробці технічних рішень зі встановлення характерних інтервалів ступеню метаморфізму вугілля за зміною вмісту компонентів органічної маси, вологи і мінеральних домішок. Розроблено методичні рекомендації до нормативного документу щодо удосконалення нормативної бази безпечного відпрацювання вугільних пластів з підвищеною ендегенною пожежною небезпекою. Текст дисертації викладено особисто автором.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідалися, обговорювалися і отримали схвалення на засіданнях наукових конференцій та семінарів: IV Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальные вопросы и организационно-правовые основы сотрудничества Украины и КНР в сфере высоких технологий» (м. Київ, 10.10.2007 р.); Конкурсі науково-дослідницьких робіт молодих вчених-хіміків на здобуття гранта ім. академіка Л. М. Литвиненка (м. Донецьк, 2008 р.); V Міжнародній конференції «Стратегия качества в промышленности и образовании» (м. Варна, Болгарія, 2009 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии» (м. Мінськ, 24-26 листопад 2010 р.); V Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології» (м. Дніпропетровськ, 20-22 квітня 2011р.); конкурсі робіт молодих вчених на здобуття премії Луганської обласної ради молодими вченими (м. Луганськ, 2011 р.); XV Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (м. Львів, 26 – 27 березня 2020 р.); 84 науково-технічній конференції, присвяченій 90-річному ювілею БДТУ і Дню білоруської науки (з міжнародною участю) «Технология органических веществ» (м. Мінськ, 03-14 лютого 2020 р.); Online conference «Extractives & Beyond: Responding to Energy Transitions and their Impact on Petroleum Investments in Africa» (Kampala, Central Region Uganda 22 May 2020); Міжнародна науково-практична конференція «Do desenvolvimento mundial como resultado de realizacoes em ciencia e investigacao scientifica» (Лісабон, 09.10.2020р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 40 наукових робіт, у тому числі 19 статей у наукових фахових виданнях України; 2 монографії, 5 статей та 2 колективні монографії у наукових виданнях інших держав; 2 статті у виданнях, які індексуються у наукометричній базі SCOPUS; 1 навчальний посібник; 1 патент України та 8 – у матеріалах конференцій.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 217 найменувань, містить 421 сторінки машинописного тексту (основна частина на 304 сторінках), 57 рисунків, 41 таблиці, 6 додатків на 67 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Перший розділ дисертації присвячений аналізу сучасних уявлень про причини виникнення ендегенних пожеж у вугільних шахтах та існуючих методів визначення здатності вугілля до самозаймання. Питанням безпеки ведення гірничих робіт у підземних умовах присвятили свої роботи ряд дослідників, серед яких слід відзначити вчених Інституту геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» МОН України, Донецького національного технічного університету МОН України, НДІГС «РЕСПРАТОР», Державного Макіївського науково-дослідного інституту з безпеки робіт у гірничій промисловості Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, Інституту фізики гірничих процесів НАН України, Донецького державного науково-дослідного вугільного інституту Міністерства енергетики та вугільної промисловості України; ближнього та дальнього зарубіжжя – наукові та учбові центри РФ, республіки Казахстан, країни Євросоюзу, США, Китаю та інші.

Аналіз стану проблеми показав відсутність однозначної науково обґрунтованої теорії віднесення шахтопластів до небезпечних за виникненням ендегенних пожеж. Є також випадки суперечності в оцінці впливу на виникнення осередків самозаймання вугілля геологічних, технологічних і організаційних факторів. У світовій практиці відомо більш ніж 15 методів визначення здатності вугілля до самозаймання. Всі вони мають свої переваги, проте використання багатьох утруднене з огляду на їх трудомісткість, витрату часу та вартісне обладнання, при цьому, якими б достовірними не були результати аналізу, все одно на практиці стаються аварії, спричинені самозайманням вугілля шахтопластів, віднесених до категорії не схильних до виникнення ендегенних пожеж. І навпаки, на шахтопластах, віднесених до категорії з підвищеним ризиком за самозайманням вугілля, спостерігається відсутність ендегенних пожеж.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що розподіл шахтопластів на підставі статистичних даних про виниклі ендегенні пожежі за тривалий період роботи шахт не має наукового підґрунтя і може призводити до помилок у встановленні фактичної небезпеки самозаймання вугілля, результатом яких можуть бути або необґрунтовані фінансові та трудові витрати на проведення необхідних профілактичних заходів, або виникнення аварій з тяжкими наслідками. Вугілля всіх стадій метаморфізму, в тому числі і антрациту, потенційно можуть бути, різною мірою, схильними до самозаймання в залежності від умов їх перебування у вихідному природному стані або при порушенні цього стану внаслідок ведення гірничих робіт. Віднесення шахтного поля до категорії небезпечного за самозайманням тільки залежно від їх кутів залягання, тектонічної порушеності і будови не виправдано, оскільки на виникнення ендегенних пожеж впливає комплекс факторів різної природи. Розподіл шахтопластів на групи за схильністю вугілля до самозаймання з використанням показників промислової класифікації (вихід летких речовин і марка вугілля) не дозволяють визначити чіткі межі між цими групами. Встановлені шахтопласти, при відпрацюванні яких виникали ендегенні пожежі з імовірністю, що дорівнює одиниці, а також шахтопласти, при відпрацюванні яких ендегенні пожежі повністю були відсутні. В обох випадках вугілля були

представлені всіма марками ряду метаморфізму від Д до П. Це підтверджує, що показники виходу летких речовин і марки вугілля, при інших рівних умовах, не повною мірою характеризують схильність вугілля до самозаймання. Осередки виникнення зон самозаймання вугілля в пластах, крім їх хімічної активності, визначаються станом порушеності пласта в зонах геологічних порушень або впливом підвищеного гірничого тиску.

Аналіз досвіду ведення гірничих робіт більш ніж за п'ятдесятирічний період і результатів попередніх наукових досліджень свідчить про необхідність формування нового методологічного підходу до встановлення градації шахтопластів за ступенем їх пожежонебезпеки. В першу чергу необхідно розширити перелік параметрів, що визначають ступінь метаморфізму вугілля. З цією метою крім виходу летких речовин і марки вугілля необхідно залучити додаткові параметри, що більш диференційовано характеризують перетворення складу вугілля і його властивості. Особливості зміни елементного складу і властивостей вугілля під впливом геологічних перетворень до теперішнього часу недостатньою мірою використовуються при вирішенні питань, що стосуються безпечного ведення гірничих робіт в шахтах. Зокрема, ігноруються багато параметрів, що характеризують ступінь метаморфізму вугілля.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що в даний час відсутня достовірна нормативна база для визначення небезпечних властивостей шахтопластів, зокрема схильності вугілля до самозаймання, в основу якої покладено базові генетичні ознаки метаморфізму. Систематизація відомих результатів та застосування науково обґрунтованих підходів до визначення ступеню схильності вугілля до самозаймання за ступенем метаморфічних перетворень надасть можливість створити відповідну градацію шахтопластів та визначити пропозиції для удосконалення регламентування безпечного відпрацювання шахтопластів. Відповідно до мети дисертаційної роботи сформульовано завдання, методи дослідження та шляхи їх виконання.

У другому розділі досліджено можливість та доцільність застосування для характеристики небезпечних властивостей шахтопластів показників, що використовуються в сучасній промисловій класифікації для визначення метаморфізму вугілля.

При розробці міжнародного ДСТУ класифікації вугілля за генетичними і технологічними параметрами використано 10 показників: середній показник відбиття вітриніту (R_o), вища теплота згоряння на вологий беззольний стан (Q_s^{af}), вихід летких речовин на сухий беззольний стан (V^{daf}), максимальна вологоємність на беззольний стан (W_{max}^{af}), сума фюзенізованих компонентів на чисте вугілля ($\sum OK$), вихід смоли напівкоксування на сухий беззольний стан (T_{SK}^{daf}), товщина пластичного шару (y), показник вільного спучування (SI), об'ємний вихід летких речовин на сухий беззольний стан (V_v^{daf}) і показник анізотропії відбиття вітриніту (A_R). За десятьма класифікаційними показниками вугілля розділені на види, марки, групи, підгрупи, типи і підтипи.

Принципи побудови сучасної промислової класифікації припускають посилення метаморфічних перетворень при збільшенні R_o і розташуванні вугілля у

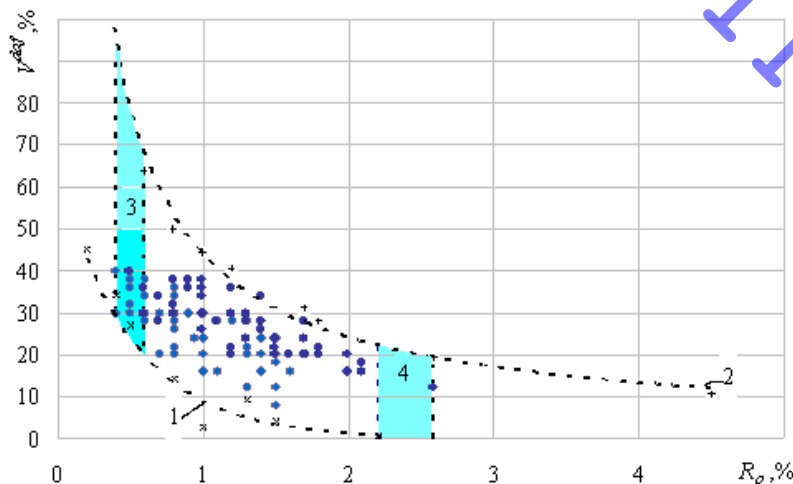
ряді ранжування за їх марочною приналежністю від Б до А. Визначенням кількісного поєднання параметрів основного і допоміжних показників, які відповідають певній марці вугілля, виділено характерні фактори, що ідентифікують дану марку.

Зважаючи на відсутність для підгруп вугілля чітких меж, визначених параметрами R_o і V^{daf} , або взагалі невизначеність нижніх і верхніх меж зміни V^{daf} , для можливості використання значень V^{daf} в аналізі спільно з R_o методом статистичної обробки експериментальних даних

встановили межі їх зміни, використовуючи марки вугілля (табл. 1). Обробкою експериментальних даних виявлено аномально низьку межу (2,7%) можливої зміни V^{daf} для вугілля марок К. Це підтвердило висновки про те, що марочна класифікація не повною мірою розділяє вугілля марок К за споживчими властивостями. Таким чином, підхід з використанням V^{daf} та R_o до градації вугілля не буде достатньо точним і при встановленні небезпечних властивостей шахтопластів.

Підтвердженням цьому виступає наявність перехідних зон (3,4) діапазонів зміни V^{daf} та R_o при переході від бурих до кам'яних і від кам'яного вугілля до антрацитів. У ці зони практично потрапляють усі вугілля ряду метаморфізму за їх марочною приналежністю (рис. 1).

Виконано оцінку відображення ступеню метаморфізму вугілля кожним з показників промислової класифікації за допомогою встановлення кореляційних зв'язків між ними, створення рядів ранжування та застосування графоаналітичного методу, в результаті чого встановлено, що відсутність рекомендацій щодо вибору конкретних меж зміни класифікаційних показників для максимальної вологоємності на беззольний стан, суми фюзенізованих компонентів на чисте вугілля, виходу смоли напівкоксування, об'ємного виходу легких речовин, анізотропного відбиття



1,2 - усереднені криві відповідно нижньої і верхньої меж зміни V^{daf} , 3,4 - діапазони зміни показника R_o при переході від бурого вугілля до кам'яних (0,40-0,59%) і від кам'яного вугілля до антрацитів (2,20-2,59%)

Рисунок 1 – Залежність зміни масового виходу легких речовин від середнього показника відбиття вітриніту

Таблиця 1. – Співвідношення між нижніми і верхніми межами зміни R_o та V^{daf} за марочною приналежністю вугілля.

Марка вугілля	R_o , %		V^{daf} , %	
	нижній	верхній	нижній	верхній
Б	0,20	0,59	45,0	64,0
Д	0,40	0,79	34,4	50,0
Г	0,50	0,99	27,2	44,3
Ж	0,80	1,19	14,4	40,6
К	1,00	1,69	2,7	31,3
ОС	1,30	1,79	9,4	28,2
П	1,50	2,59	4,1	19,5
А	2,20	4,5	0,8	10,9

вітриніту і показника вільного спучування не дозволяє їх використовувати для встановлення небезпечних властивостей вугільних шахтопластів.

Проведено аналіз форм знаходження вологи в кам'яному вугіллі і антрацитах, який свідчить про доцільність застосування цього показника для встановлення небезпечних властивостей шахтопластів, оскільки ступінь метаморфізму вугілля визначається вологістю і властивостями міцності вугілля. Показник природної вологи вугілля і його мікро- і макроструктури на основі комплексної інформації дозволяють диференціювати пласти на небезпечні і безпечні.

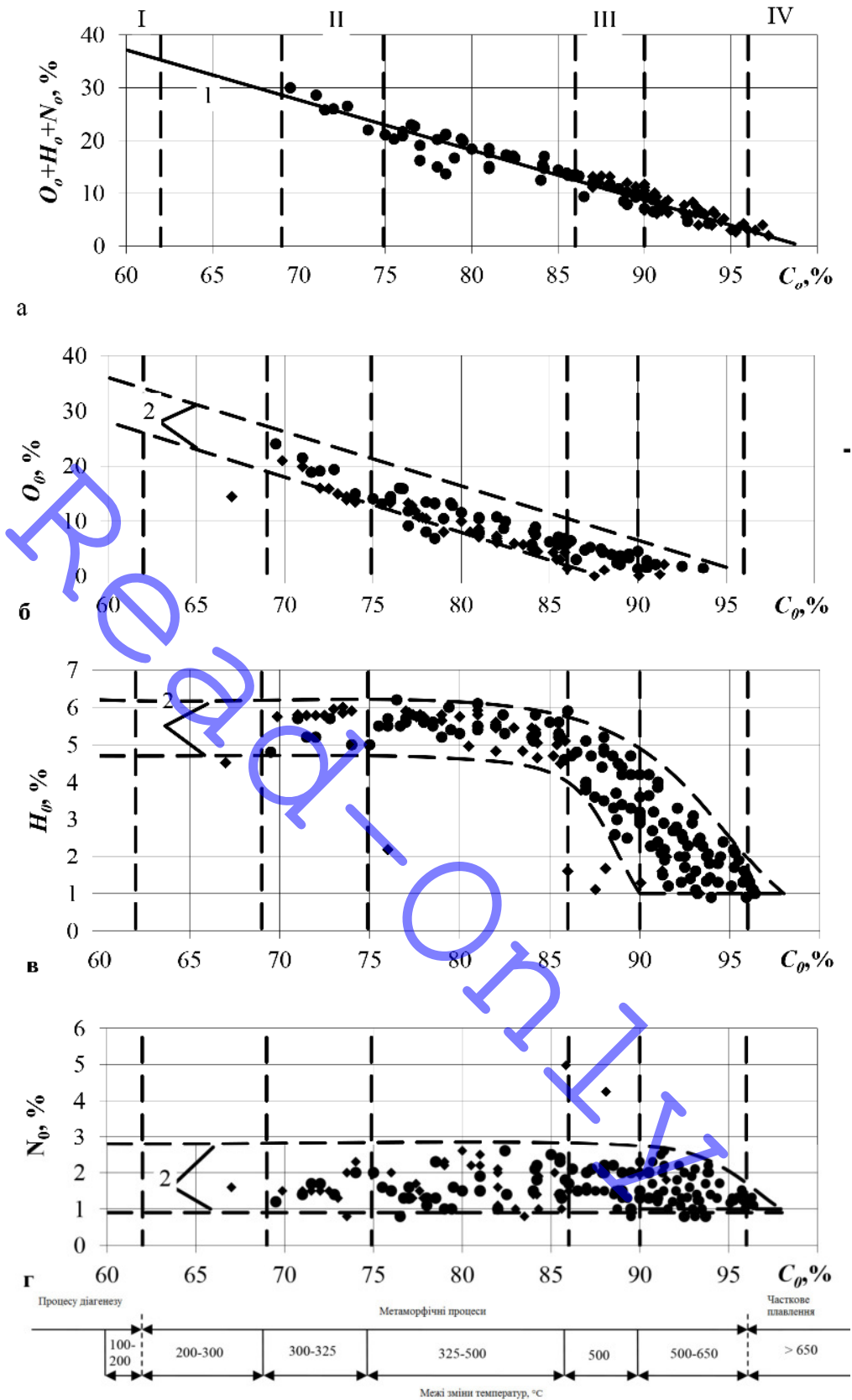
Результати статистичної обробки умовних індексів, складених на підставі рекомендованих значень R_o , V^{daf} та u згідно їх ранжування в рядах вітринітового і фюзенітового вугілля, не дають підстави вважати ступінь їх метаморфічних перетворень різним.

Доведено, що основні класифікаційні показники (вихід летких речовин і відображення вітриніту) характеризують різні аспекти перетворення вугілля у процесі їх метаморфізму. У діапазони зміни R_o та V^{daf} на ранніх стадіях вуглефікації ($R_o = 0,40 \div 0,59\%$, $V^{daf} = 45,0 \div 50,0\%$) в одну перехідну групу потрапляють вугілля марок Б, Д, ДГ та всі відповідні їм групи і підгрупи. Абсолютно різний розподіл вугілля від кам'яних до антрацитів по марках, групах та підгрупах в перехідному діапазоні $R_o = 2,20 \div 2,59\%$. За верхньою межею перехідного діапазону зміни $V^{daf} = 10,9\%$ у перехідні потрапляють вугілля всіх марок від КЖ до А (КЖ, К, КО, КСН, КС, ОС, ПС, СС, А). За нижньою межею зміни цього параметра (4,1%) до перехідних відносяться вугілля марок К, КО, П і А, на відміну від марок КСН, КС, ОС, ПС і СС. Отриманий результат підтверджує висновок про невідповідність марочної класифікації вугілля їх властивостям. Отже, вибір комплексу класифікаційних показників для характеристики небезпечних властивостей шахтопластів повинен базуватися на інших принципах порівняно з положеннями, закладеними в основу промислової класифікації.

Таким чином, принципи побудови сучасної промислової класифікації вугілля, засновані на застосуванні одного основного показника з подальшим підбором допоміжних, не можуть успішно застосовуватися для виявлення небезпечних властивостей шахтопластів. Один, навіть основний показник, не можна ототожнювати з різноманітним метаморфічним процесом. Окремі допоміжні показники характеризують тільки властиві їм особливості геологічних перетворень вугілля.

У третьому розділі досліджено вплив карбонізації вугілля як однієї зі сторін прояву метаморфізму на ймовірність виникнення самозаймання вугілля при відпрацюванні шахтопластів.

До теперішнього часу показником карбонізації (C_n) прийнято вважати відношення C_o в органічній речовині до суми вмісту H_o і O_o . Ці компоненти визначаються на суху беззольну масу. Передбачалося, що показник C_n характеризує ступінь карбонізації вугілля при незмінному співвідношенні основних компонентів органічної маси (C_o , H_o , O_o) на різних стадіях перебігу процесів метаморфізму. Таке припущення не доведено результатами експериментів аналітичної хімії та технічного аналізу вугілля. Крім того, прийнятим співвідношенням не враховується наявність азоту (N_o) в органічній речовині (рис. 2).



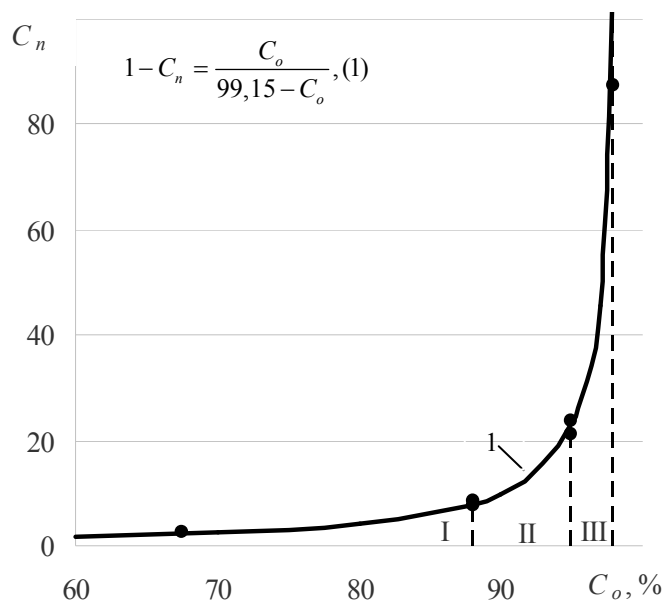
I, II, III, IV - орієнтовні діапазони вмісту вуглецю, в яких відбуваються зміни властивостей при переході відповідно від торфу до бурого вугілля, від бурих до кам'яних, від кам'яних до антрацитів, від антрацитів до графіту; 1-усереднена пряма за результатами обробки експериментальних даних; 2-межі зміни компонентів з урахуванням експериментальних даних і діапазонів їх зміни.

Рисунок 2 – Залежність зміни співвідношення елементів вугілля органічної маси

Математичною обробкою кількісних і якісних показників органічної маси вугілля на різних стадіях метаморфізму визначено, що індивідуальні функціональні залежності зменшення вмісту кожного компонента (O_o , H_o , N_o) істотно відрізняються одна від одної. Зниження вмісту кисню, як і суми основних компонентів, відбувається при збільшенні вмісту вуглецю. Сума вмісту основних компонентів зменшується обернено пропорційно збільшенню вмісту вуглецю в усьому діапазоні перетворення вугілля від малого ступеня їх метаморфізму ($C_o \approx 70\%$) до антрацитів ($C_o \approx 98\%$). Залежність зниження вмісту кисню при збільшенні вуглецю має нелінійний характер.

Експериментально виявлено, що при вмісті вуглецю понад 88% спостерігається певне зниження темпів скорочення кисню в порівнянні з його зменшенням на більш ранніх стадіях метаморфізму. Збільшення кількості вуглецю до 88% відбувається здебільшого за рахунок видалення кисню і незмінної кількості водню і азоту на цих стадіях метаморфізму. Після досягнення вмісту вуглецю 88%, поряд зі скороченням кількості кисню, починає зменшуватися вміст водню в середньому від 5,5 до 1,0%. Зниження вмісту азоту з 2,0 до 1,0% і менше помітно тільки після збільшення кількості вуглецю в органічній масі до 95% (рис.2). Зпівставленням зміни хімічного складу органічної (горючої) маси на різних ступенях метаморфізму оцінено втрату системою компонентів. Зменшення кисню відбувається в усьому ряді метаморфізму, а водню і азоту – тільки при досягненні певного рівня хімічних перетворень вихідного матеріалу.

Зменшення вмісту основних компонентів органічної маси вугілля (O_o , H_o , N_o) при збільшенні вмісту вуглецю встановлено при статистичній обробці в цілому 2594 експериментальних пар даних, отриманих у різних вугільних басейнах. За допомогою кореляційного аналізу кількісно описано характерні співвідношення між основними компонентами і вуглецем. Виявилось, що найменшим змінам у процесі вуглефікації піддається скорочення вмісту азоту з 1,9 до 1,4%. При цьому значення показника C_n були максимальними ($37,2 \div 69,4$) для всього ряду вуглефікації. В даному випадку скорочення кисню відбулося на 21%, а показник C_n збільшився на 2,3 одиниці з 3,2 до 5,5. Поряд з цим скорочення вмісту азоту на 0,5% з 1,9 до 1,4% призвело до зростання C_n з 37,2 до 69,4. Така неоднозначна відповідність показника карбонізації зміні вмісту окремих компонентів у всьому



I-інтервал збільшення вмісту C_o при скороченні частки кисню; II-діапазон зростання вмісту C_o при одночасному зменшенні кисню і водню; III-інтервал зміни вмісту C_o при одночасному скороченні кисню, водню і азоту.

Рисунок 3 - Залежність показника карбонізації від вмісту вуглецю в органічній масі.

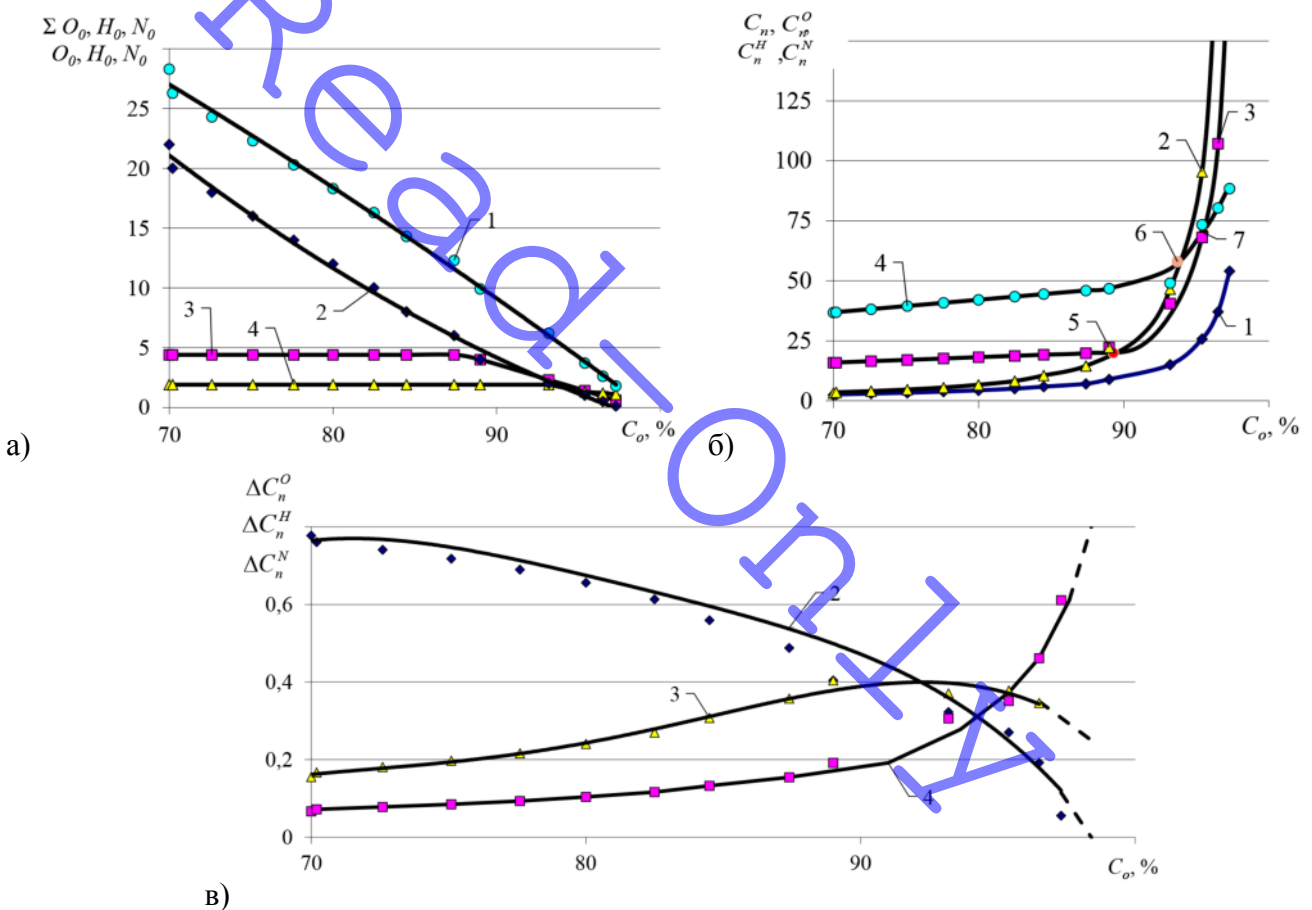
інтервалі ряду карбонізації свідчить про необхідність більш детального розгляду зміни значень C_n у виділених межах зміни C_o .

Згідно встановлених закономірностей зміни компонентів встановлено залежність зміни C_n у всьому діапазоні метаморфічних перетворень вугілля (рис. 3).

Отримані рівняння визначення зміни показника карбонізації в різних діапазонах зміни вуглецю дозволили встановити залежність $C_n = \frac{C_o}{99,15 - C_o}$ (рис. 3).

Формула дозволяє по величині C_o встановлювати конкретне значення показника C_n замість його градації на групи $C_n \leq 7$, $C_n \leq 8$ та $C_n > 8$.

Запропонований спосіб визначення C_n істотно уточнює визначення показника карбонізації, значення якого необхідне не тільки для встановлення пожежонебезпеки шахтопластів, а також дозволяє встановлювати інші прояви небезпечних властивостей вугільних пластів при веденні гірничих робіт (рис. 4).



1 - крива зміни суми компонентів O_o, H_o та N_o від вмісту вуглецю; 2, 3, 4 - криві зміни елементного складу і показників карбонізації відповідно для O_o, H_o і N_o . 5, 6, 7 - точки перетину кривих зміни C_n, C_n^O, C_n^H і C_n^N .

Рисунок 4 – Залежність зміни компонентів органічної маси (а), показників карбонізації (б) і частки участі кожного компонента (в) від вмісту вуглецю при метаморфічних перетвореннях вугілля.

При досягненні вмісту вуглецю 89% криві 2 і 3 перетинаються в точці 5, що вказує на приблизно однакову участь кисню і водню в процесі карбонізації

($C_n^O = C_n^H \approx 22,3$). Після досягнення вмісту вуглецю понад 89% першість участі в карбонізації переходить до водню. Перетин кривих 2 і 4 в точці 6 ($C_0 \approx 94\%$) вказує на приблизно однаковий вплив кисню та азоту на карбонізацію ($C_n^O = C_n^N \approx 55$). Між точками 5 і 6 в діапазоні вмісту вуглецю від 89 до 94% зміни властивостей вугілля характеризується новим ранжуванням компонентів органічної маси, що беруть участь в карбонізації. Порядок розташування компонентів, що визначають карбонізацію, змінюється з послідовності кисень - водень - азот на черговість водень - кисень - азот. Такі зміни, вочевидь, формують і відмінні риси внутрішньої структури вугілля в діапазонах $70 \div 89\%$ і $89 \div 94\%$ зміни вмісту вуглецю. Чергова зміна ранжування компонентів (O_0 , H_0 та N_0) відбувається між точками 6 і 7. Точка 7 визначається перетином кривих 3 і 4, в якій $C_n^H = C_n^N \approx 65$, а вміст вуглецю становить менше 95%. У вузькому діапазоні зміни вуглецю $94 \div 95\%$ відбувається перестановка у ряді ранжування компонентів між киснем і азотом. Впливу на карбонізацію при $C_0 \approx 94 \div 95\%$ відповідає наступна черговість розташування компонентів: водень - азот - кисень. При вмісті вуглецю більше 95% першість за ступенем впливу на карбонізацію переходить до азоту. Завершальній стадії метаморфічних перетворень і максимальній карбонізації відповідає ранжування компонентів органічної маси в черговості азот - водень - кисень. Така послідовність вказує на зниження хімічної активності кисню і водню і зростання ролі азоту. Зміни послідовності розташування компонентів органічної маси в рядах їх ранжування свідчать про неоднозначний зв'язок між елементним складом і властивостями вугілля при зростанні вмісту вуглецю.

Детальне дослідження зміни показників карбонізації C_n^O , C_n^H , C_n^N та C_n в залежності від вмісту C_0 дозволило встановити відмінні ознаки протікання процесів метаморфізму. Вони полягають у мінливості співвідношення компонентів органічної маси, що видаляються на різних стадіях перетворення вугілля. Такі зміни в співвідношенні між вмістом O_0 , H_0 та N_0 відбуваються в наступних діапазонах орієнтовної зміни C_0 : $70 \div 80$, $80 \div 90$, $90 \div 94,5$, $94,5 \div 95,5$ і більше 95,5%. У зазначених діапазонах паралельно зі збільшенням вмісту вуглецю відбувається зміна фізико-хімічних властивостей вугілля, що викликаються перебудовою внутрішньої структури органічної маси. Фізико-механічні властивості спільно з компонентами органічної та мінеральної частин викопного вугілля можуть всебічно характеризувати прояв небезпечних властивостей шахтопластів.

Таким чином, проведена оцінка закономірностей фізико-хімічних властивостей вугілля дозволила встановити, що для удосконалення методики визначення показника карбонізації вугілля крім вмісту вуглецю необхідно враховувати зміни інших компонентів (O_0 , H_0 , N_0 , S_0) органічної маси. Співвідношення між усіма основними компонентами органічної маси вугілля при метаморфічних перетвореннях істотно змінюються на різних стадіях цих процесів.

Проведено оцінку ступеня карбонізації вугілля та прояву небезпечних властивостей шахтопластів в залежності від вмісту вологи. Волога є одним з найважливіших показників якості вугілля.

Наявність різних форм знаходження вологи у викопному вугіллі істотно впливає на прояв небезпечних властивостей шахтопластів при веденні гірничих

робіт. Роль вологи в зміні складу і властивостей вугілля в процесі їх метаморфічних перетворень не знайшла свого належного відображення в діючих нормативних документах України.

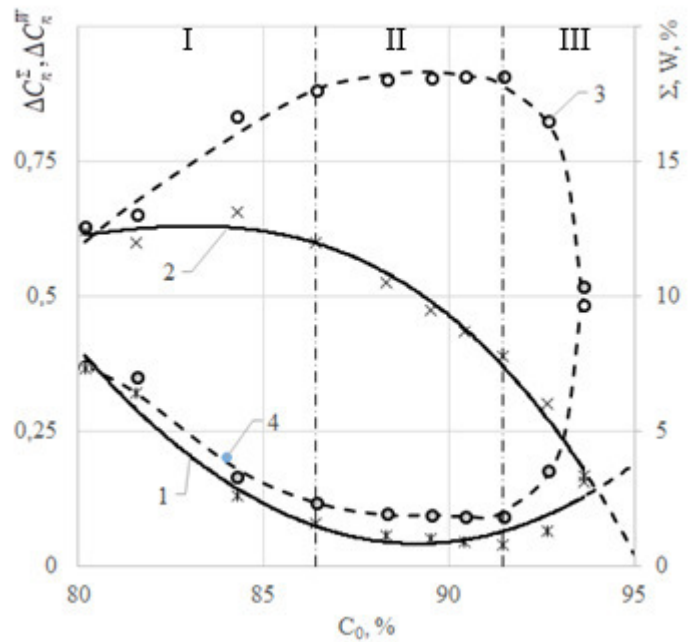
Відомо, що вміст пластової вологи у вугіллі зменшується з підвищенням ступеня метаморфізму, але при переході до антрацитів він знову зростає. Пластова волога розглядається як самостійний показник метаморфізму, який не входить до складу органічної маси і незалежний від вмісту інших компонентів (рис. 5).

Методика виконання роботи заснована практично на функціональній залежності суми розглянутих компонентів органічної маси від вмісту вуглецю. Це положення підтверджується дослідженнями Успенського В. А. про зміну суми компонентів від вмісту вуглецю в органічній масі (рис. 5, крива 2). Відомості про зміну суми компонентів H_0 , O_0 , N_0 та S_0 від вмісту C_0 наведені в таблиці 2. Там же наведені дані про вміст пластової вологи у пробах вугілля, які відповідають загальній волозі на розглянутій стадії. Чисельні значення показників ΔC_n^W і ΔC_n^Z свідчать про постійну зміну співвідношення часток участі суми компонентів органічної маси (H_0 , O_0 , N_0 , S_0) та (W) на різних стадіях перетворення вугілля (табл. 2).

На початковій стадії перетворення кам'яного вугілля ($C_0 \approx 80\%$) частка вологи в участі карбонізації досить висока ($\Delta C_n^W \approx 0,36$). Вона різко знижується до 0,12 (рис. 5 стадія I) при збільшенні вмісту вуглецю приблизно до 86,5%. Частка ж інших компонентів (H_0 , O_0 , N_0 , S_0) істотно збільшується до 0,88. На наступній стадії (II), при зміні вмісту C_0 в діапазоні 86,5 ÷ 91,5%, частки участі компонентів мало змінюються. На заключній стадії (III) метаморфічних перетворень вугілля ($C_0 > 91,5\%$) відбувається різке зростання участі в карбонізації вологи (до 0,52). Аналогічне зниження участі компонентів органічної маси відбувається до 0,48 (табл. 2).

Зміна співвідношень вологи і суми інших компонентів органічної маси на різних стадіях карбонізації вказує на зміну не тільки елементного складу вугілля, але й їх фізико-хімічних властивостей.

Вихідними даними для встановлення співвідношення W та іншими компонентами органічної маси виступає сума C_0 , H_0 , O_0 , N_0 , S_0 , яка умовно дорівнює



1, 2 - криві зміни вологи і суми елементів органічної маси відповідно; 3, 4 - криві зміни частки суми елементів органічної маси і вологи відповідно. I, II, III - діапазони зміни вмісту вуглецю відповідно 80 ÷ 86,5; 86,5 ÷ 91,5% і більше 91,5%.

Рисунок 5 - Залежність зміни вологи і суми інших компонентів в органічній масі вугілля і результати визначення їх частки участі в карбонізації вугілля ΔC_n^W та ΔC_n^Z від вмісту вуглецю

100%, і вміст води, віднесений до початкової проби вугілля. Індивідуальні частки участі кожного компонента органічної маси і води в карбонізації визначені згідно з розробленою методикою.

Таблиця 2 – Відомості про вміст у пробах води і компонентів органічної маси згідно даних Успенського В. А. і результати визначення їх частки участі в карбонізації вугілля.

Показники	Вміст у пробах води, компонентів органічної маси і параметрів карбонізації при вмісті C_0 , %									
	80,19	81,57	84,29	86,43	88,33	89,53	90,43	91,46	92,67	93,65
W , %	7,34	6,44	2,59	1,59	1,15	0,99	0,88	0,78	1,29	3,32
$\Sigma(H_0, O_0, N_0, S_0)$, %	12,47	11,99	13,12	11,98	10,52	9,48	8,69	7,76	6,04	3,03
$W^a + \Sigma(H_0, O_0, N_0, S_0)$, %	19,81	18,43	15,71	13,57	11,67	10,47	9,57	8,54	7,33	6,35
C_n^W	10,93	12,67	32,54	54,36	76,81	90,43	102,76	117,26	71,84	28,21
C_n^Σ	6,43	6,80	6,42	7,21	8,40	9,44	10,41	11,79	15,34	30,91
C_n	4,05	4,43	5,37	6,37	7,57	8,55	9,45	10,71	12,64	14,75
$(C_n^W)^{-1}$	0,092	0,079	0,031	0,018	0,013	0,011	0,010	0,009	0,014	0,035
$(C_n^\Sigma)^{-1}$	0,156	0,147	0,156	0,139	0,119	0,106	0,096	0,085	0,065	0,032
$(C_n)^{-1}$	0,247	0,226	0,186	0,157	0,132	0,117	0,106	0,093	0,079	0,068
ΔC_n^W	0,37	0,35	0,16	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,18	0,52
ΔC_n^Σ	0,63	0,65	0,84	0,88	0,90	0,91	0,91	0,91	0,82	0,48

Таким чином слідує, що для достовірного прогнозування небезпечних властивостей шахтопластів при веденні гірничих робіт необхідно встановити особливості протікання процесів на окремих стадіях метаморфічних перетворень вугілля. Кожну стадію метаморфічних перетворень вугілля необхідно характеризувати, як мінімум, наступними показниками: процентний вміст вуглецю в органічній масі; вміст води; елементний склад органічної маси (водень, азот, кисень, сірка); частки участі компонентів органічної маси і води в карбонізації вугілля; спрямованість зміни відсоткового вмісту кожного компонента органічної маси і води при посиленні карбонізації; спрямованість зміни індивідуальної частки участі в карбонізації компонентів органічної маси і води.

У **четвертому розділі** змодельовані показники ступеня метаморфізму, які безпосередньо характеризують схильність шахтопластів до прояву небезпечних властивостей.

При виконанні роботи було враховано такі принципові відмінності, як попередня підготовка проб, пов'язана з подрібненням і видаленням води, що здійснюється при термічному розкладанні вугілля, та наявність води, і як правило, підвищеного гірничого тиску у шахтних умовах, при яких проявляються небезпечні властивості. Використано результати раніше проведених досліджень щодо встановлення матеріального балансу процесів, що відбулися при метаморфізмі вугільних пластів в минулі геологічні періоди, та виконано їх порівняння з вмістом летких речовин, отриманих в сучасних умовах. Для промислових класифікацій вихід летких речовин встановлюється за вимогами ДСТУ, а також на підставі матеріальних балансів процесів коксування і напівкоксування в виробничих умовах. Таке порівняння дозволяє встановити як схожість, так і відмінність метаморфічних процесів у природних умовах

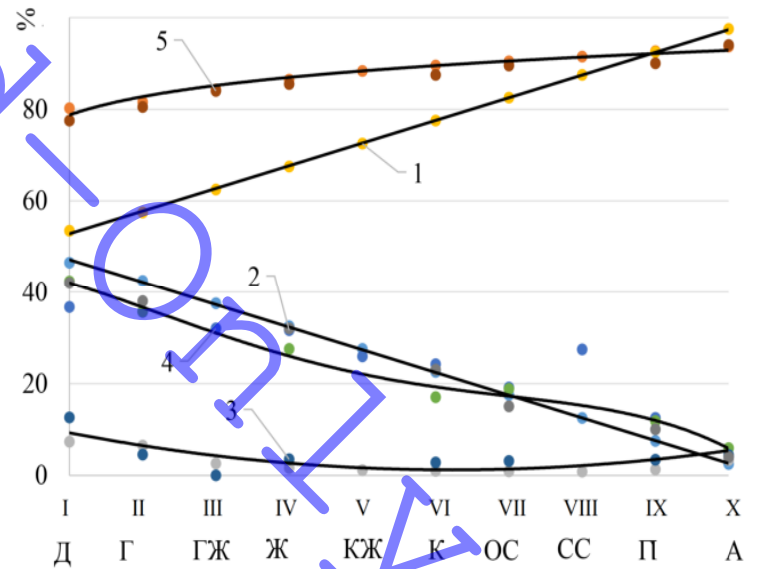
і процесів при термічному розкладанні.

Основним критерієм угруповання вугілля за їх споживчими властивостями був і залишається до теперішнього часу вихід коксу на органічну речовину, за яким було виділено десять стадій метаморфічних перетворень вугільних пластів. Аналіз принципів побудови класифікації вказує, що підбір певної сукупності класифікаційних показників для характеристики технологічних властивостей вугілля проводився на підставі вже наявного досвіду. Це дозволило згрупувати вугілля в одну сукупність з різним ступенем їх метаморфічних перетворень за окремими показниками, але цього недостатньо для встановлення небезпечних властивостей шахтопластів та не представляє можливості для прогнозування ендегенних пожеж.

Встановлено, що з посиленням метаморфічних процесів у пластах від марок Д до А відбувалося прямо пропорційне збільшення виходу коксу і обернено пропорційне зменшення виходу летких речовин (рис. 6). Зміна вмісту вологи в пластах проявляється не так однозначно. На ранніх стадіях метаморфізму (I-IV) спостерігалось плавне її скорочення, на середніх (IV-VIII) - вона залишалася майже незмінною і досягала мінімальної величини, на заключних (VIII-X) - відбувалося плавне зростання.

Залежність \bar{V}_k є прямолінійною, а зв'язок \bar{V}^{daf} носить нелінійний характер.

Умовно передбачалося, що сумарний склад вихідної речовини на сто відсотків визначався сумою сухого залишку і вмістом летких речовин. В цьому випадку у складі летких речовин, крім газоподібних продуктів, враховувалася пірогенетична волога, кам'яновугільна смола, сирий бензол і деякі інші компоненти. У складі показника \bar{V}^{daf} розглядався тільки вихід газоподібних продуктів, що заздалегідь передбачає розташування кривої 4 нижче прямої 2. Максимальна різниця між залежностями \bar{V}_k і \bar{V}^{daf} спостерігалася у марок Д – К, що свідчить про одночасне виділення не тільки газоподібних продуктів, а й інших флюїдів. Відсутня істотна



1, 2 - прями зміни середнього виходу коксу і летких речовин; 3 - крива зміни середнього вмісту вологи в пробах; 4, 5 - криві зміни середнього виходу летких речовин і вміст вуглецю в органічній масі

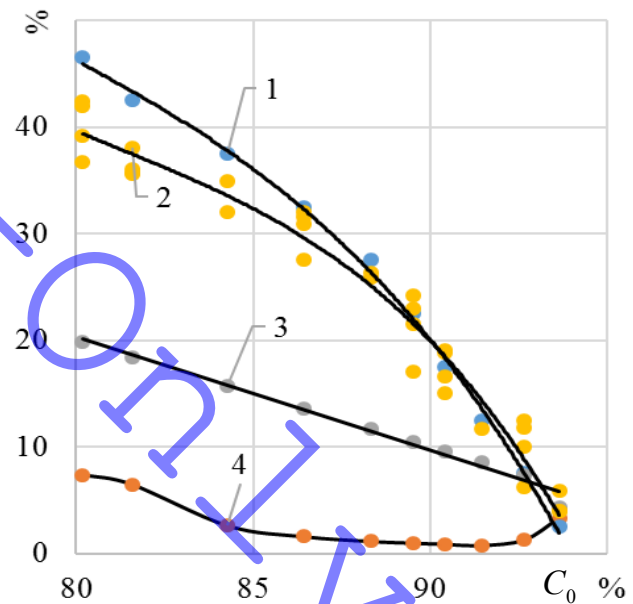
Рисунок 6 - Залежність показників метаморфізму пластів і вугілля від стадій метаморфічних перетворень і марок.

відмінність між значеннями \bar{V}_k та \bar{V}^{daf} при заключних процесах перетворення пластів стадій VII-X, що вказує на переважне виділення газоподібних продуктів. На підставі порівняння методик визначення V_k та V^{daf} та їх кількісних значень встановлено, що показником V^{daf} , крім загальної вологи, не враховувалася також

наявність пірогенетичної води та інших флюїдів. Не викликає сумнівів вплив аналітичної вологи, пірогенетичної води та інших флюїдів на хіміко-фізичний стан пластів і прояв їх небезпечних властивостей. Істотні відмінності в балансах між метаморфічними процесами, що відбувалися у вугільних пластах і при термічному розкладанні вугілля, викликані різними методиками їх визначення. Віднесення продуктів процесів термічного розкладання на суху беззольну масу згідно промислових класифікацій не дозволяє використовувати показники їх споживчих властивостей для характеристики шахтопластів у природних умовах.

Досліджено поведінку газів летких речовин кам'яного вугілля і мінеральної частини в ізотермічних умовах. Проведено оцінку термодинамічної ймовірності проходження первинних перетворень мінералів негорючої частини вугілля. Відзначено специфіку проходження реакцій в залежності від мінерального складу і газової фази в реакційному середовищі. Встановлено, що видалення флюїдів при метаморфічних перетвореннях пластів і вихід летких речовин на суху беззольну масу при термічному розкладанні вугілля супроводжуються різними процесами. Вони не збігаються між собою за елементним складом вихідної речовини і температурним режимом його перетворення, кількісним і якісним отриманням кінцевих продуктів. З цих причин V^{daf} не може виступати в якості основного показника метаморфічних перетворень вугілля в пластах, а тим більше - бути критерієм оцінки прояву небезпечних властивостей шахтопластів при веденні гірничих робіт.

В результаті проведеної оцінки визначено, що небезпечні властивості шахтопластів не можуть безпосередньо визначатися виходом коксу на органічну речовину. На різних стадіях метаморфізму склад органічної речовини майже на 100% визначається сумою компонентів (C_o , O_o , H_o , S_o , N_o). Співвідношення між ними в процесі метаморфічних перетворень не залишається постійним. Однозначно відбувається тільки зростання елементного вмісту в органічній речовині вуглецю \bar{C}_o . Решта показників ступеня метаморфічних перетворень ($\bar{\Sigma H}_o, \bar{N}_o, \bar{S}_o, \bar{O}_o$; \bar{V}_k^a ; \bar{W}) змінюються за різними залежностями. При вмісті вуглецю менше 93% сума інших компонентів органічної речовини ($\bar{\Sigma H}_o, \bar{N}_o, \bar{S}_o, \bar{O}_o$) знижується за лінійною



1, 2 - криві видалення флюїдів при метаморфічних перетвореннях пластів і виділення летких речовин з органічної маси при термічному розкладанні вугілля, відповідно; 3 - пряма зміни середнього сумарного вмісту компонентів в органічній речовині; 4 - крива зміни середнього вмісту вологи в пластах при їх метаморфічних перетвореннях.

Рисунок 7 – Залежність середніх показників метаморфізму пластів і виходу летких речовин з органічної маси внаслідок термічного розкладання вугілля від середнього вмісту вуглецю в органічній речовині.

обернено пропорційною залежністю (рис. 7. крива 3).

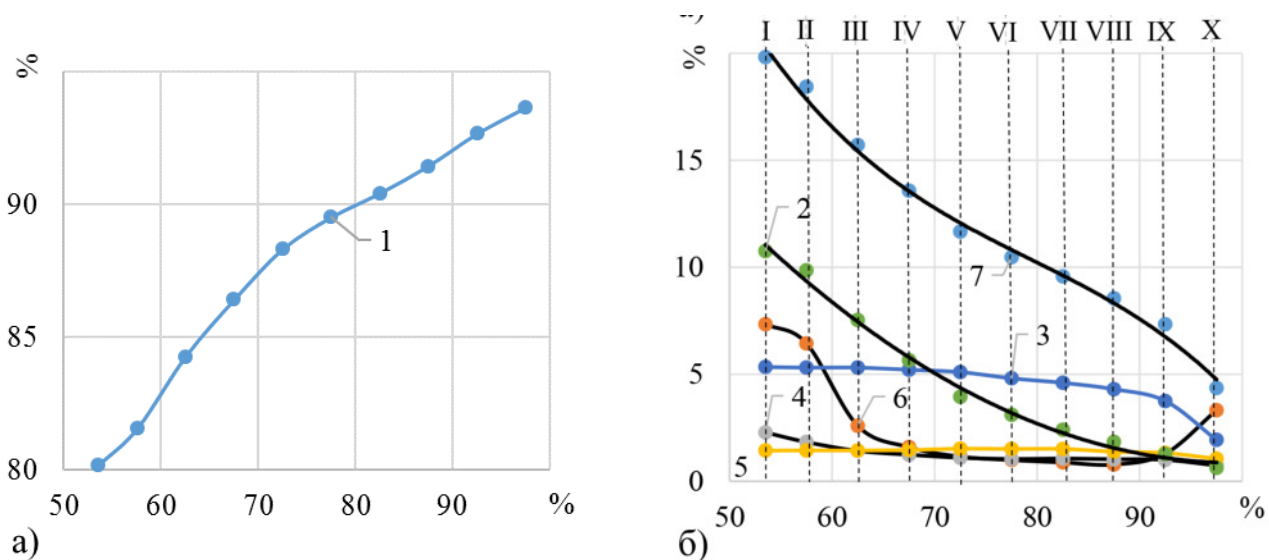
Лінійне обернено пропорційне зниження суми компонентів органічної речовини ($\overline{\Sigma H_0}, \overline{N_0}, \overline{S_0}, \overline{O_0}$) при зростанні вмісту вуглецю свідчить про переважне механічне видалення флюїдів на ранніх і середніх стадіях метаморфізму пластів та незначній кількості утворень нових хімічних сполук за участю вуглецю. При значеннях $\overline{C_0} > 93\%$ залежність $\overline{\Sigma H_0}, \overline{N_0}, \overline{S_0}, \overline{O_0}$ з обернено пропорційної переходить в нелінійну, що вказує на можливість утворення нових хімічних сполук під впливом підвищених температур і тиску. Від вмісту вуглецю в органічній речовині залежать й інші показники метаморфічних перетворень пластів - видалення флюїдів \overline{V}_κ^a (крива 1) і вміст аналітичної вологи \overline{W} (крива 4).

Це дає підставу значення $\overline{C_0}$ в сукупності з індивідуальним вмістом інших компонентів органічної речовини O_o, H_o, S_o, N_o та вологи вважати основними показниками, що впливають на безпеку ведення гірничих робіт. Залежність видалення флюїдів \overline{V}_κ^a (рис. 7, крива 1) на різних стадіях перетворення пластів істотно відрізняється від виходу летких речовин \overline{V}^{daf} (крива 2) при термічному розкладанні вугілля. Відмінність між \overline{V}_κ^a та \overline{V}^{daf} на ранніх і середніх стадіях перетворення пластів ($\overline{C_0} \approx 70 \div 90\%$) обумовлена видаленням з них пірогенетичної вологи і кам'яновугільної смоли разом з газоподібними продуктами. Методика визначення \overline{V}^{daf} враховує тільки сумарний вихід газоподібних продуктів. Збіг кривих 1 і 2 при значеннях $\overline{C_0} > 90\%$ свідчить про видалення з пластів на цих стадіях перетворення переважно газоподібних флюїдів.

Значення показників $\overline{C_0}, \overline{H_0}, \overline{N_0}, \overline{S_0}, \overline{O_0}$ та \overline{W} визначені на підставі середнього складу вугілля Донецького басейну. Вони повною мірою узгоджуються з результатами аналізу вугілля, проведених для різних родовищ, що свідчить про достатню надійність отриманих результатів.

Проведені дослідження дозволили визначити основні положення методики прогнозу небезпечних властивостей кожного шахтопласта та встановлювати індивідуальні відхилення компонентів органічної речовини і вологи від їх середніх значень для даної стадії метаморфічних перетворень. Згідно з цим стадія перетворень визначається вмістом вуглецю в органічній речовині. Істотне відхилення будь-якого компонента органічної речовини ($\overline{H_0}, \overline{N_0}, \overline{S_0}, \overline{O_0}, \overline{W}$) від його середніх значень викликає перерозподіл їх індивідуального вмісту в елементному складі органічної маси. Це, в свою чергу, визначає індивідуальні особливості прояву небезпечних властивостей кожного шахтопласта при веденні гірничих робіт.

З посиленням метаморфічних процесів відбувається одностороннє збільшення вмісту вуглецю (рис. 8а). Одночасно з цими процесами спостерігається також зниження суми інших компонентів ($\overline{\Sigma H_0}, \overline{N_0}, \overline{S_0}, \overline{O_0}$) органічної речовини (рис. 8б крива 7). Не так однозначно відбувається індивідуальна зміна вмісту компонентів органічної речовини.



1, 2, 3, 4, 5, 6 - криві середнього вмісту в органічній речовині вуглецю, кисню, водню, сірки, азоту та вологи; 7 - крива зміни суми компонентів органічної маси ($\bar{H}_0, \bar{N}_0, \bar{S}_0$ та \bar{O}_0);
 I-X - стадії метаморфічних перетворень пластів по виходу коксу

Рисунок 8 – Зміна середнього вмісту компонентів органічної речовини від виходу коксу на різних стадіях метаморфічних перетворень шахтопластів.

Найбільш інтенсивно спостерігалось зниження вмісту кисню (стадії I-IV), потім спостерігалось більш плавне зниження (стадії V-X) практично до нуля (рис. 8б крива 2). Вміст водню залишався практично незмінним на стадіях I-VI, а потім скорочувався за нелінійною залежністю (рис. 8б крива 3). Незначним змінам піддалися вміст азоту і сірки (рис. 8б криві 5 і 4). Крім розглянутих компонентів органічної речовини до її складу входить пластова волога. Методи визначення \bar{W} не дозволяють розглядати її спільно з іншими компонентами у стовідсотковому складі органічної речовини. Процентний вміст \bar{W} віднесено до вихідної проби вугілля. Скорочення вмісту вологи відбувалося інтенсивно на початкових стадіях (I-III) перетворення шахтопластів (рис. 8 б, крива 6). Потім її скорочення було незначним (стадії IV-VII, табл. 3), а збільшення спостерігалось на стадіях VIII-X.

Така неоднозначна зміна показника безумовно впливає на процеси метаморфізму і прояв небезпечних властивостей шахтопластів. Про це свідчить зміна положення \bar{W} у ряді ранжування показників по виходу коксу (табл. 3).

З посиленням процесів метаморфізму на стадіях I-VI роль \bar{W} , в порівнянні з іншими компонентами, зменшується. У ряді ранжування \bar{W} переходить з третьої позиції на шосту. Потім на заключних стадіях IX-X знову підвищується значимість \bar{W} у ряді ранжування. Безперечне лідерство в рядах ранжування на всіх стадіях перетворення пластів займає вміст вуглецю. Від вмісту \bar{C}_0 безпосередньо залежить наявність інших компонентів ($\bar{H}_0, \bar{N}_0, \bar{S}_0, \bar{O}_0$) та вологи в органічній речовині. Це дає підстави замість виходу коксу для характеристики стадій метаморфізму шахтопластів використовувати зміну співвідношення між вмістом вуглецю та іншими компонентами.

Таблиця 3 – Ранжування вмісту компонентів органічної речовини і вологи

Ранг	Стадії метаморфізму									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X
	Ранжування компонентів по виходу коксу									
1	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0	\bar{C}_0
2	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{W}
3	\bar{W}	\bar{W}	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{N}_0	\bar{H}_0
4	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{W}	\bar{W}	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{W}	\bar{N}_0
5	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{W}	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{O}_0	\bar{S}_0
6	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{W}	\bar{W}	\bar{W}	\bar{S}_0	\bar{O}_0
	Ранжування компонентів по відношенню до вмісту вуглецю \bar{C}_0									
1	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{W}
2	\bar{W}	\bar{W}	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{W}	\bar{H}_0
3	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{W}	\bar{W}	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0
4	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{W}	\bar{W}	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{O}_0	\bar{S}_0
5	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{W}	\bar{W}	\bar{S}_0	\bar{O}_0
	Ранжування компонентів за часткою участі в карбонізації									
1	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0
2	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{H}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{O}_0	\bar{W}
3	\bar{W}	\bar{W}	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{N}_0
4	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0	\bar{S}_0
5	\bar{N}_0	\bar{N}_0	\bar{W}	\bar{W}	\bar{W}	\bar{W}	\bar{W}	\bar{W}	\bar{W}	\bar{O}_0

Додатковим аргументом на користь прийняття вмісту вуглецю в якості основного критерію розподілу на стадії метаморфізму пластів служать індивідуальні графіки взаємної зміни компонентів органічної речовини (рис. 9). Точки перетину кривих та екстремуми, що характеризують індивідуальну зміну компонентів органічної речовини, свідчать не тільки про зміну хімічного складу, але і про зміну фізико-механічних властивостей.

Оскільки було встановлено, що на різних стадіях метаморфізму склад органічної речовини майже повністю визначається сумою компонентів (C_0 , O_0 , H_0 , S_0 , N_0), при цьому однозначно відбувається тільки зростання елементного вмісту вуглецю \bar{C}_0 в органічній речовині (рис. 8), інтерес викликає дослідження залежностей (криві 2, 3, 4), за якими змінюються інші показники ступеня метаморфічних перетворень ($\Sigma\bar{H}_0, \bar{N}_0, \bar{S}_0, \bar{O}_0; \bar{V}_k^a; \bar{W}$).

Їх значення істотно змінювалися в процесі метаморфічних перетворень пластів. Є відмінності і в рядах ранжування за часткою участі компонентів в карбонізації, порівняно з рядами ранжування за елементним складом органічної речовини. Наявність вологи відіграє значну роль на ранніх стадіях (I, II) перетворення пластів. На наступних стадіях (III-IX) частка її впливу на карбонізацію мінімальна в порівнянні з іншими компонентами. На останній стадії (X) роль вологи знову зростає.

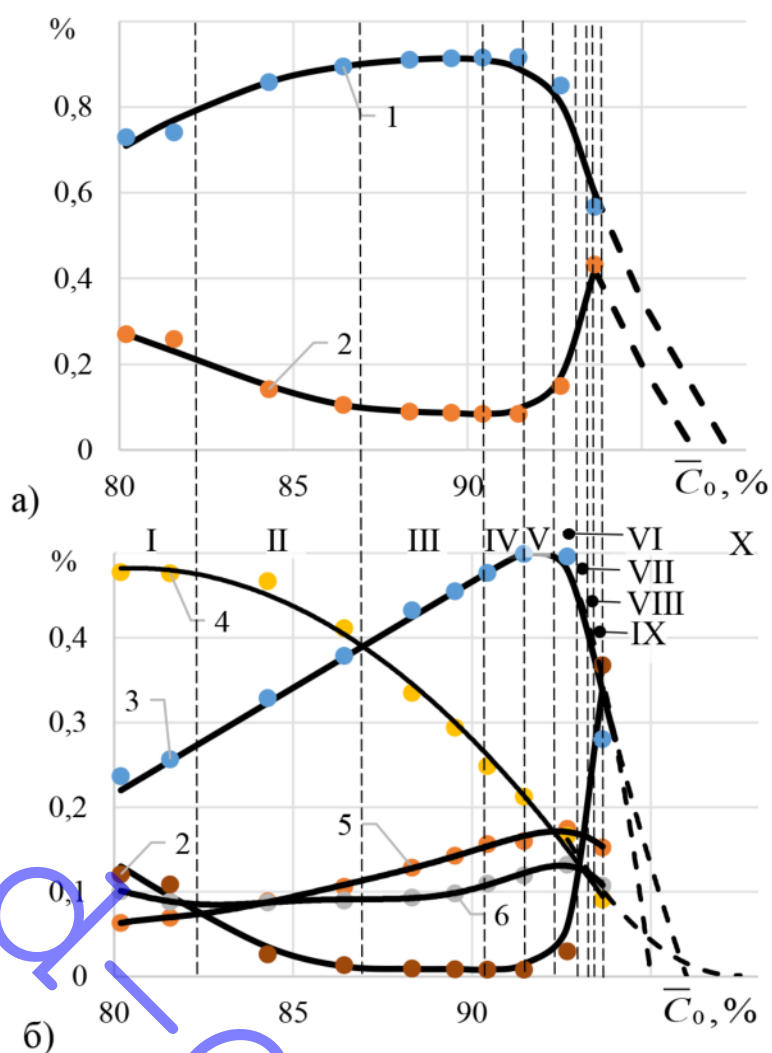
Після досягнення вмісту вуглецю понад 93,6% спостерігається різке зниження частки участі в карбонізації (рис. 9б) всіх інших компонентів. Їх загальна частка в органічній речовині в цьому випадку не буде перевищувати 6,4%, що, безсумнівно, впливає на властивості шахтопластів при веденні гірничих робіт.

Експериментально-аналітичне дослідження елементного складу органічної речовини вугілля з вологою дозволило визначити хімічну активність вугілля на сімох стадіях метаморфічних перетворень вугілля та підтвердити, що вміст сірки не відноситься до показників метаморфізму.

Встановлені стадії перетворення пластів за індивідуальною часткою участі компонентів в карбонізації практично не відрізняються від граничних показників стадій, встановлених за елементним складом органічної речовини (рис. 9б). Слід також зазначити, що середній вміст вуглецю на стадіях метаморфізму пластів, визначених щодо виходу коксу, в більшості випадків не збігається з діапазонами зміни \bar{C}_0 , встановленими за індивідуальним вмістом компонентів або частками їх участі в карбонізації. Таким чином, мінливість граничних показників стадій метаморфізму пластів робить неприйнятним використання показника виходу коксу як основного критерію оцінки перетворення вугілля, а тим більше - прояву небезпечних властивостей шахтопластів.

У **п'ятому розділі** науково обґрунтовано застосування комплексу показників для встановлення ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів.

Запропоновано нову методику, засновану на проведенні зв'язку між виникненням ендегенних пожеж з трьома блоками факторів, незалежних між собою. Фактори першого блоку характеризують хімічну активність вугілля. Вони визначаються елементним складом і властивостями вугілля на різних стадіях метаморфічних



а) 1, 2 - криві зміни частки участі в карбонізації відповідно суми компонентів (C_n^Σ) органічної речовини та вологи (ΔC_n^W); 3, 4, 5, 6 - криві зміни частки участі в карбонізації відповідно водню, кисню, азоту та сірки; I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X - стадії метаморфізму пластів.
Рисунок 9 - Залежність зміни частки участі в карбонізації пластів компонентів органічної речовини від середнього вмісту вуглецю.

перетворень пластів. Друга група факторів, що впливають на ендогенні пожежі, характеризує гірничо-геологічні умови залягання пластів. Вона включає розташування вугільних пластів відносно один одного, глибину залягання, їх потужність і кут падіння, наявність геологічних порушень, властивості і склад порід. Третій блок факторів безпосередньо пов'язаний з технологічними умовами ведення гірничих робіт. Методика виключає стійкі кореляційні зв'язки між параметрами факторів трьох розглянутих блоків, що дозволяє фактори кожного блоку оцінити окремо і виключити їх випадкові кореляційні зв'язки з факторами інших блоків.

Проведено аналіз результатів визначення інтенсивності виникнення ендогенних пожеж та їх імовірності згідно з діючого нормативного документу, з якого слідує, що частка участі постійного емпіричного коефіцієнта (-0,008) у формуванні λ залишається постійною і дорівнює 3,0% для всіх можливих поєднань розглянутих факторів. Частка участі факторів m , α , S , v_{oc} та Hg у формуванні λ істотно залежить від індивідуальних значень сукупності цих факторів. Для сукупності факторів, значення яких сприяють інтенсивності виникнення пожеж, фактори m , α , та S на 82% визначають значення λ . Їх індивідуальна участь в цій сумі відповідно становить 27,6, 24,0 і 30,4%. Частка участі m , α , та S не перевищує 6,5% для сукупності факторів, значення яких гальмують процеси самозаймання. Участь у формуванні λ для цієї сукупності оцінюється до 89,3% під впливом швидкості посування очисних вибоїв. Для сукупності середніх значень факторів сумарний вплив m , α , та S на λ оцінюється в 43,8%, а вплив швидкості посування очисних вибоїв - у 46,7%. Сумарна участь m , α , S та v_{oc} для сукупності їхніх середніх значень становить 90,5%. За будь-якого поєднання сукупності факторів, що мають вплив, величина Hg мало відображається на показнику λ . Частка впливу Hg знаходиться у діапазоні 1,2 - 12,0%. Отримані прогнозовані частки впливу факторів на формування λ , вказують на відсутність у розрахунках факторів, що характеризують метаморфічні перетворення вугілля. Показник Hg не відноситься повною мірою до характеристик перетворення вугілля при геологічних процесах. Він не відображає тих змін у складі і властивостях шахтопластів, які відбулися у певні геологічні періоди в результаті метаморфізму. Застосовувані в розрахунках λ показники (m , α , S , v_{oc} , Hg) не відображають зміни у складі і властивостях вугілля, набуті в результаті метаморфізму. Вміст сірки кореляційно не залежить від інших показників ступеня метаморфізму. Коефіцієнти кореляції таких залежностей знаходяться в діапазоні 0,03 ÷ -0,36.

Виявлено на підставі аналізу методики визначення хімічної активності вугілля елементи діючого прогнозу схильності шахтопластів до самозаймання, які можуть призводити до похибки у їх віднесенні до безпечної або небезпечної групи. Використовуваний комплексний показник пожежонебезпеки пластів не враховує зміну елементного складу і властивостей шахтопластів на різних стадіях їх метаморфічних перетворень. Кількісне значення ймовірності виникнення пожежі вказує на можливість існування реальної небезпеки у виїмковій ділянці, але не визначає фактори, що спричиняють самозаймання в конкретних умовах вугільних шахт.

За отриманими результатами сформульовано та надано пропозиції щодо вдосконалення нормативної бази в частині градації шахтопластів за ступенем їх ендогенної пожежонебезпеки та встановлення термінів і мети проведення необхідних протипожежних заходів при розвитку гірничих робіт в шахтному полі. Вони зводяться до наступного:

1. Необхідно встановлювати пожежонебезпеку не за результатами відпрацювання виїмкової ділянки шахтопласта, а загалом шахти в окремі періоди її експлуатації із зазначенням найбільш небезпечних зон можливого samozаймання вугілля.

2. Формування заходів щодо зниження ймовірності виникнення осередків самонагрівання і samozаймання в окремих частинах шахтного поля проводиться на підставі послідовного розгляду трьох самостійних блоків чинників, що здійснюють вплив.

3. У першому блоці детально розглядаються та встановлюються стадії метаморфічних перетворень шахтопластів, склад і властивості вугілля.

4. У блоці гірничо-геологічних факторів розглядаються проектована або наявна схема функціонування вугільного підприємства з урахуванням глибини ведення гірничих робіт, потужності пластів, що розробляються, кутів їх падіння, наявності геологічних порушень і зближених пластів-супутників, властивостей вмісних порід. На базі цих гірничо-геологічних показників складаються технічні рішення розкриття та підготовки шахтного поля, системи розробок, що застосовуються, способи керування гірничим тиском і схеми провітрювання шахти, виїмкових ділянок і окремих гірничих виробок. Ці дані, з огляду на перспективний план розвитку гірничих робіт, дозволяють встановити передбачувані місця (виробки) у шахтному полі і періоди часу контакту рудничної атмосфери з порушеним вугіллям (відбитим або в крайових частинах пластів). На підставі цього блоку чинників встановлюються найбільш небезпечні з виникнення осередків samozаймання виробки і тривалість цієї небезпеки в залежності від ступеня розвитку гірничих робіт в межах всього шахтного поля.

5. На підставі прийнятих рішень перспективи розвитку гірничих робіт і встановлених місць можливого самонагрівання й samozаймання вугілля в третьому блоці визначаються допустимі, з позиції пожежної безпеки, технологічні параметри експлуатації конкретної гірничої виробки. Для очисних виробок визначається повнота виїмки пласта при застосовуваній технології видобутку вугілля, допустимі втрати і можливі скупчення відбитого вугілля, схеми провітрювання виїмкових ділянок, вплив гірничого тиску і геологічних порушень на появу зон віджимання вугілля в крайових частинах масиву вугілля.

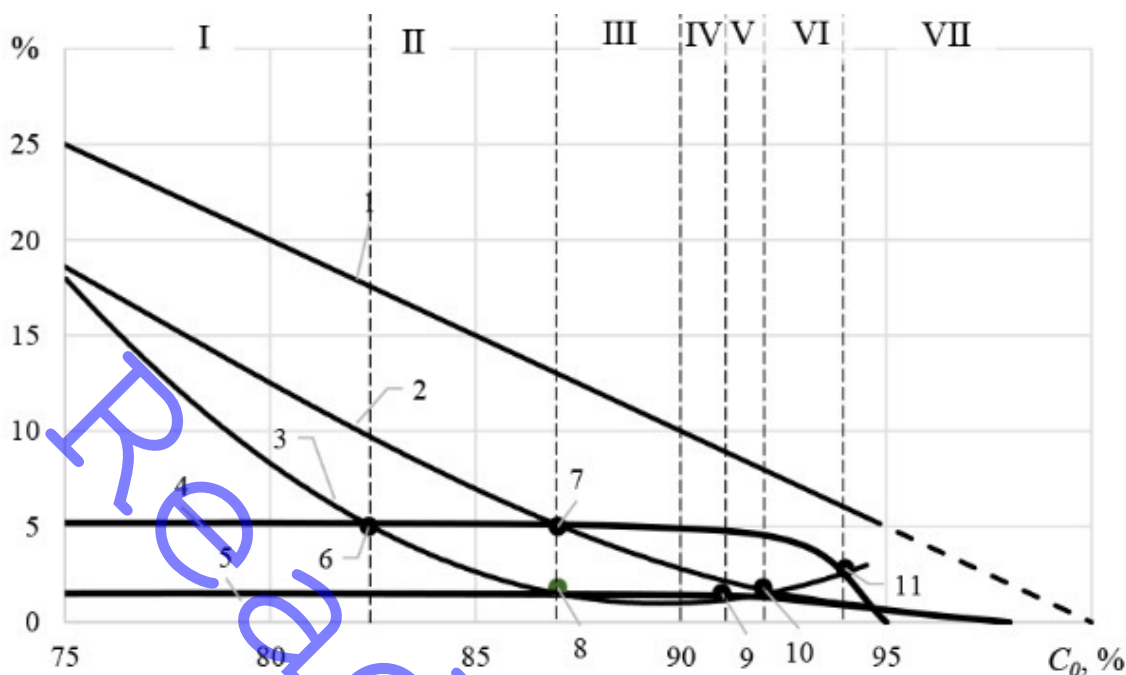
Аналогічні конкретні умови розглядаються для інших протяжних виробок при їх проведенні, експлуатації та погашенні. Запропонований методологічний підхід до встановлення пожежної небезпеки вугільних шахт дозволяє на стадії проектування, експлуатації та погашення гірничих виробок як встановлювати схильність вугілля до samozаймання, так і визначати можливе розташування в шахтному полі зон виникнення ендегенних пожеж.

Виділено за ступенем метаморфічних перетворень відповідно до середніх значень складових компонентів та за зміною співвідношення між компонентами речовини і пластовою вологою, що вказують на відмінності в елементному складі й властивостях вугілля, сім стадій метаморфічних перетворень шахтопластів (рис. 10).

Таким чином, вміст вуглецю в органічній речовині характеризує загальну глибину метаморфічного перетворення вугілля. Змінення інших компонентів уточнюють ці перетворення.

До бурих відносяться вугілля при вмісті вуглецю в органічній речовині менш ніж 70%. В інтервалі 70-75% змінення C_0 розмежування між бурим і кам'яним вугіллям

проводиться згідно сучасної промислової класифікації за максимальною вологоємністю на беззольний стан. У цьому діапазоні зміння C_0 до бурого відносяться вугілля з підвищеним вмістом пластової вологи (від 20% і більше), а вміст кисню в органічній речовині може перевищувати 20%.



- 1 – пряма зміння суми компонентів у органічній речовині за рівнянням $\Sigma H_o, N_o, S_o, O_o = 100 - C_o$;
 2, 3, 4, 5 - криві зміння середнього вмісту кисню (2), пластової вологи (3), водню (4) і азоту (5);
 6, 7, 8, 9, 10, 11 - точки перетину кривих, що описують зміння середніх значень показників.

Рисунок 10 - Умовний розподіл кам'яного вугілля і антрацитів на стадії метаморфічних перетворень за середнім вмістом компонентів у органічній речовині і пластової вологи

Характерною особливістю вугілля при $C_0 < 75\%$ є великий діапазон зміння пластової вологи та вмісту кисню в органічній речовині. Це свідчить про незначні перетворення вугілля на ранніх стадіях метаморфізму. При $C_0 > 75\%$ зміння пластової вологи і кисню в органічній речовині набувають закономірний характер, що свідчить про посилення впливу метаморфічних процесів.

Згідно з середніми значеннями компонентів і пластової вологи до першої стадії перетворення кам'яного вугілля (I) слід віднести вугілля із вмістом вуглецю 75-82,6%. Верхня межа цієї стадії визначена точкою (6) перетину кривих зміння пластової вологи (3) і водню (4). Її положення на графіку свідчить про наявність змін, що відбулися у складі та властивостях вугілля при зміні співвідношення між вмістом пластової вологи і водню. Верхня межа стадії II визначається точками 7 і 8 при $C_0=87,0\%$. Вони отримані при перетині відповідно кривих 2, 4 та 3, 5, що також є свідченням зміння складу і властивостей вугілля. Верхня межа стадії III (точка 9) встановлена за мінімальним значенням вмісту пластової вологи (крива 3), яке умовно поділяє кам'яне вугілля і антрацит при $C_0 \approx 91,5\%$. Точкою 10 перетину кривих зміння середніх значень кисню (2) і азоту (5) визначено верхню межу ($C_0 \approx 92,2\%$) стадії IV. Стадія V обмежується точкою перетину (11) кривих зміння середніх

значень пластової вологи (3) і водню (4). Стадія VI характеризується мінімальним вмістом кисню в органічній речовині (до 0,2%) і максимальним значенням пластової вологи (до 3,3%). Найменш вивченою за вмістом компонентів до теперішнього часу залишається стадія VII при $C_0 > 95\%$. Можливий вміст кисню прагне до нульового значення. Основними компонентами метаморфічних перетворень для цього випадку є вміст в органічній речовині азоту (до 1,0 %) і водню (до 0,9 %).

Відповідно до середніх значень компонентів і пластової вологи для кожної стадії складено ряди ранжування компонентів, які комплексно характеризують ступінь перетворення шахтопластів. У цих рядах ранжування відсутній вміст сірки в органічній речовині, з огляду на те, що його наявність не є показником ступеня метаморфічних перетворень вугілля в цілому і шахтопластів зокрема. Це підтверджується відсутністю будь-якої закономірності змінення середнього вмісту сірки в органічній речовині для різних стадій метаморфічних перетворень.

В шостому розділі викладено принципи запровадженого методу прогнозу схильності шахтопластів до ендегенної пожежонебезпеки за метаморфічними показниками перетворення вугілля. Згідно з нормативними документами з безпечного ведення гірничих робіт в умовах підвищеної небезпеки та практикою відпрацювання антрацитові пласти не розглядаються як потенційно небезпечні щодо виникнення ендегенних пожеж (табл.4).

Таблиця 4. - Відомості про елементний склад і показники метаморфізму вугілля для різних груп шахтопластів за їх пожежною небезпекою, згідно КД 12.01.401-96

№	Шахта, геологічний символ пласта	Група з пожежної небезпеки	Кількість пожеж, шт	Елементний аналіз							Технічний аналіз	
				W^a_{max} , %	V^{daf} , %	Елементний склад на горючу масу, %				S_b , %	V^{daf} , %	W , %
						C_0	H_0	S_0	N_0+O_0			
1	ім. Гагаріна, l_3	I	0	-	32,5	83,8	5,6	5,7	4,9	5,1	30,2	3,7
2	«Красний Профінтерн», l_1	I	0	-	15,2	90,8	3	1,3	3,6	1,8	16,3	2,4
3	ім. Калініна, k_7	II	12	2,0	18,5	87,6	4,6	4,0	3,8	4,2	19,7	1,3-2,6
4	ім. Капустіна, m_3	II	29	11,1	43,7	78,3	5,3	3,3	13,1	3,1	43,7	15,5
5	ім. В.І. Леніна, l_3	III	8	1,7	32,7	85,2	5,1	4,1	5,6	4,1	30,8	2,5
6	«Вуглегірська», l_1	III	16	-	11,5	89,2	3,9	3,9	3,0	3,8	9,6	1,9-2,2
7	ім.Святителя Василя Великого (№40 «Курахівка», «Гірник»), l_7	III	14	11,3	41,0	77,8	5,2	2,0	15,0	2,0	41,0	11,3-15,4
8	«Кремінна», k_8	III	8	11,1	41,5	78,3	5,3	3,3	13,1	3,1	41,5	11,1-12,0

Примітки: таблиця складена за матеріалами: Справочник по качеству каменных углей и антрацитов Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов / Донецкий научно-исследовательский угольный институт. М.:Недра 1972. 168с. та Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. М.: Недра. 1979. 319с

Таким чином, за результатами теоретичних та експериментальних досліджень для особливо небезпечних за самозайманням шахтопластів групи I значення виходу летких речовин повинні бути вищими, ніж у антрацитів, а вміст вуглецю - нижчим. На практиці ж результати групування шахтопластів за ознакою V^{daf} , меншому за 8 % та C_0 не менше, ніж 90 %, цьому не відповідають. При групуванні шахтопластів згідно КД 12.01.401-96 до групи I потрапили шахтопласти з вугіллям, що містять мінімальний вміст кисню (2,2%). Поряд з цим в групах II і III перебувають шахтопласти із вмістом кисню відповідно 3,7 і 4,4%, що вказує на більш високу хімічну активність вугілля для зазначених груп порівняно з групою I (табл. 5).

Таблиця 5 - Відомості про середній елементний склад і показники метаморфізму вугілля для різних груп шахтопластів за їх пожежною небезпекою

Група пожежонебезпеки шахтопластів	V^{daf} , %		O_2 , %	Волога, %		Елементний склад горючої маси, %					Σ C, H, O, N, S
	V^{daf} , %	V^{daf} , %		H_2O , %	H_2O , %	C	H_0	H	$C + H$	O^*	
I	$\frac{23,9}{2}$	$\frac{20,6}{4}$	$\frac{3,5}{2}$	$\frac{2,4}{4}$	$\frac{2,4}{4}$	$\frac{87,3}{2}$	$\frac{5,0}{2}$	$\frac{3,5}{2}$	$\frac{4,3}{2}$	$\frac{2,8}{2}$	100.1
II	$\frac{23,5}{14}$	$\frac{24,8}{17}$	$\frac{3,1}{12}$	$\frac{5,1}{3}$	$\frac{3,6}{3}$	$\frac{87,0}{11}$	$\frac{4,7}{11}$	$\frac{3,0}{11}$	$\frac{5,2}{11}$	$\frac{3,7}{11}$	99.9
III	$\frac{27,8}{49}$	$\frac{27,2}{43}$	$\frac{3,3}{49}$	$\frac{4,6}{13}$	$\frac{3,9}{43}$	$\frac{84,8}{43}$	$\frac{4,9}{43}$	$\frac{3,4}{43}$	$\frac{5,9}{43}$	$\frac{4,4}{43}$	100.0

Примітка: в чисельнику - середнє значення показника; в знаменнику - кількість шахтопластів.

Така ж логічна невідповідність формування груп за пожежною небезпекою спостерігається за співвідношенням максимальної вологоємності і пластової вологи. Вугілля пластів групи I містять менше вологи порівняно з вугіллям інших груп. З усіх розглянутих показників ступеня метаморфізму тільки вміст загальної сірки і сірки горючої маси вугілля I-ї групи перевищував присутність цих компонентів у вугіллі шахтопластів II-ї та III-ї груп. Вміст водню залишався відносно постійним для вугілля всіх груп шахтопластів і становив близько 5%. Наведені результати підтверджують необхідність вдосконалення діючої нормативної бази в частині прогнозування ендегенної пожежної небезпеки шахтопластів. Незважаючи на зазначені недоліки V^{daf} як класифікаційного показника, за його середнім значенням встановлені певні відмінності між шахтопластами. В межах 26,5 ÷ 33,0% відбулась максимальна кількість ендегенних пожеж (від 8 до 29). За відсутності пожеж цей показник був нижчим (22,6 ÷ 25,1%).

Доведено, що ці відмінності чітко підтверджуються, якщо для оцінки ступеня метаморфізму розглядати показники, що характеризують безпосередньо склад і властивості вугілля. Ні для одного з показників (S_b , W_{max} , W , C_0 , S_0 , O_0), який характеризує ендегенну пожежонебезпеку шахтопластів, не встановлені

суперечності в їх кількісних значеннях (табл. 5). Для шахтопластів, де відбулася максимальна кількість пожеж, вміст загальної сірки (3,4%) перевищував цей показник (2,8%) для умов, де пожежі були відсутні. Аналогічні відмінності встановлено для максимальної вологоємності (відповідно 8,6 і 5,6%), пластової вологи (7,2 і 3,6%), сірки горючої маси (3,5 і 2,8%) і кисню (7,6 і 2,8%). Для шахтопластів, де спостерігалася максимальна кількість ендогенних пожеж, середній вміст вуглецю становив 82,5%, а там, де вони були відсутні - 88,5%. Це вказує на те, що у випадках відсутності пожеж сума інших компонентів органічної маси, порівняно з найбільш пожежонебезпечними пластами, знижується в середньому з 17,5 до 11,5%. Порівнянням фактичних показників із середніми їх значеннями в групах з різною пожежною безпекою не вдалося встановити однозначно чітких відмінностей між цими групами за всіма показниками інтенсивності (кількості) ендогенних пожеж, що відбулися (табл. 4). Найбільш часто пожежі відбувалися при вмісті вуглецю в діапазоні 78,3 ÷ 89,2%, а були відсутні - при $C_0 = 86,5 \div 93,4\%$. В даному випадку при вмісті C_0 в інтервалі 86,5 ÷ 89,2% ендогенні пожежі відбувалися як найбільш часто, так і спостерігалася їх відсутність (табл. 6).

Таблиця 6 – Відомості про можливі комплекси показників для встановлення ендогенної пожежонебезпеки шахтопластів

Показники метаморфізму, %	Діапазон зміни показників, %		Діапазон зміни показників, в якому можуть відбуватися пожежі, %	Комплекс показників в для прояву високої частоти пожеж	Комплекс показників, при яких пожежі не відбувалися
	При максимальній кількості пожеж	Пожежі були відсутні			
$C_0, \%$	78,3-89,2	86,5-93,4	86,5-89,2	□ 85,3	□ 89,5
$O_0, \%$	1,5-12,1	0,8-4,1	1,5-4,1	□ 3,0	□ 0,8
$S_0, \%$	2,0-4,9	1,1-4,0	2,0-4,0	□ 2,0	□ 1,1
$S_t, \%$	2,0-4,3	1,0-4,1	2,0-4,1	□ 2,0	□ 1,0
$W_{max}, \%$	1,7-11,3	2,1	1,7-2,1	□ 1,7	□ 5,1*
$W, \%$	1,25-13,35	1,1-4,6	1,25-4,6	□ 1,25	□ 1,1

Примітки *- дані для антрацитового пласта шахти «Комуніст», пласт 9₈^H

Аналогічні інтервали зміни показників характерні і для інших критеріїв оцінки пожежної безпеки (табл. 7), які встановлені на підставі даних табл. 4. Наявність таких інтервалів свідчить про те, що ендогенну пожежонебезпеку шахтопластів визначає не один класифікаційний показник, а їх певне комплексне співвідношення між собою.

Аналіз шахтопластів, віднесених до груп згідно чинної нормативної бази, які відрізняються між собою не тільки кількістю пожеж, що відбулися, а й технологією ведення очисних робіт, показав, що при відпрацюванні пластів пологого падіння вміст кисню і вологи був на порядок вищим (табл. 8).

Таблиця 7. - Відомості про середній елементний склад і показники метаморфізму вугілля для різних груп шахтопластів за їх пожежною небезпекою, при відпрацюванні яких спостерігалася максимальна кількість ендегенних пожеж або вони не відбувалися

Відомості про пожежонебезпеку шахтопластів	\bar{C}_0 , %	\bar{H}_0 , %	Волога, %		Елементний склад горючої маси, %					
			\bar{W}_0 , %	\bar{W}_1 , %	\bar{C}_0	\bar{H}_0	\bar{N}_0	$\bar{O}_0 + \bar{S}_0$	\bar{O}_0^*	$\Sigma \bar{C}_0, \bar{H}_0, \bar{N}_0, \bar{O}_0, \bar{S}_0$
спостерігалася максимальна кількість пожеж	$\frac{26,5}{11}, \frac{33,0}{8}, \frac{32,5}{8}$	$\frac{3,4}{8}$	$\frac{8,6}{4}$	$\frac{7,2}{8}$	$\frac{82,5}{6}$	$\frac{5,0}{6}$	$\frac{3,5}{6}$	$\frac{9,1}{6}$	$\frac{7,6}{6}$	100.1
пожежі не відбувалися	$\frac{25,1}{29}, \frac{23,4}{10}, \frac{22,6}{22}$	$\frac{2,8}{6}$	$\frac{5,6}{3}$	$\frac{3,6}{22}$	$\frac{88,5}{6}$	$\frac{4,7}{6}$	$\frac{2,8}{6}$	$\frac{4,3}{6}$	$\frac{2,8}{6}$	99.9

Примітка: в чисельнику - середнє значення показника; в знаменнику - кількість шахтопластів

За здійсненою оцінкою встановлено, що за більш високого ступеня метаморфічного перетворення вугілля та більш низького вмісту кисню і пластової вологи при відпрацюванні крутопадаючих пластів повинна була відбуватися дещо менша кількість ендегенних пожеж.

Таблиця 8 - Відомості про шахтопласти, при відпрацюванні яких відбулася максимальна кількість ендегенних пожеж за 20 років або вони були відсутні

Шахтопласти, шахти	Кількість пожеж, шт	Елементний склад на горючу масу, %					Пластова волога, W , %	Вихід легких речовин V^{daf} , %	Примітки
		C_0	H_0	N_0	O_0	S_0			
m_3 ш. ім. Г.Г. Капустіна	29	78,3	5,3	1,5	11,6	3,3	15,5	34,0-43,7	пологе залягання
k_8^H , «Новодружеська»	15	78,8	5,0	1,5	12,1	2,6	10,4	42,2	
l_2^1 ш. ім. Артема	17	85,3	5,3	1,5	3,1	4,9	1,2-1,3	13,0-32,6	крутопадаючі пласти
l_1 , «Вуглегірська»	16	89,2	3,9	1,5	1,5	3,9	1,9-2,2	8,0-11,5	
q_8 , «Комуніст»	0	93,4	3,2	1,5	0,8	1,1	5,1	5,0	антрацитові пласти
k_2^H , «Донецька»	0	86,9	4,9	1,5	4,1	2,6	1,9	3,1-26,6	

За фактом, при значнішому перетворенні вугілля і низькому вмісті кисню і сірки при відпрацюванні крутопадаючих пластів відбулася майже однакова кількість ендегенних пожеж. Це підтверджує значущість впливу технології ведення очисних робіт на пластах крутого падіння з магазинуванням вугілля як одного з основних чинників, що визначають кількість ендегенних пожеж, що сталися.

З цієї причини групу шахтопластів, відпрацьованих з магазинуванням видобутого вугілля, необхідно розглядати відокремлено, оскільки ендегенні пожежі можуть відбуватися при більш високому ступені метаморфічного перетворення вугілля і більш низькому вмісті кисню і вологи. Роль ступеня метаморфічних перетворень вугілля і вмісту кисню, сірки і вологи добре простежується при порівнянні умов відпрацювання пласта m_3 шахтою ім. Г.Г. Капустіна з групою шахтопластів, де ендегенні пожежі не відбувалися. В якості таких шахтопластів, як приклад, були розглянуті пласти q_8^H шахти «Комуніст» та k_2^H шахти «Донецька» (комбінат «Гуковвугілля»), при відпрацюванні яких протягом двадцяти років ендегенні пожежі не відбувалися.

Розроблено метод прогнозу схильності шахтопластів до ендегенної пожежонебезпеки із залученням безпосередніх показників метаморфічних перетворень вугілля, заснований на використанні наявних в технічній документації вугільних підприємств (шахт, розрізів, збагачувальних фабрик) результатів елементного, технічного і петрографічного аналізів вугілля.

Розроблено програмне забезпечення для проведення експрес-методу визначення схильності шахтопласта до ендегенної пожежонебезпеки за показниками вмісту вуглецю, кисню, сірки та вологи на основі елементного та технічного аналізу, що здійснюється безпосередньо у виробничих умовах, яке дозволяє персоналу проводити експрес-оцінку пожежонебезпеки розроблюваного шахтопласта. Проведено оцінку імовірності виникнення ендегенних пожеж для ВП «Шахта ім. Д.Ф. Мельникова» ПАТ «Лисичанськвугілля» за діючим регламентуючим документом та за експрес-методом. Зазначене програмне забезпечення було апробовано при здійсненні прогнозу самозаймання вугілля у пожежонебезпечних зонах пласта k_8 по виїмкових дільницях 1 південної лави горизонту 885 м на шахті ім. Д.Ф. Мельникова.

Економічну ефективність від застосування впроваджених рекомендацій з прогнозування ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля було оцінено за результатами розрахунку величини відверненого збитку внаслідок проведення протиаварійних заходів, оскільки у випадку аварії економічний ефект формується за рахунок попередження та недопущення аварійних ситуацій і відповідних витрат на їх ліквідацію. В реальності ні один захід, яким би він коштовним не був, не в змозі повністю виключити можливість виникнення ендегенної пожежі у шахтопласті. Тому при визначенні економічного ефекту від запровадження методу прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля йдеться про зменшення імовірності виникнення пожеж.

В якості базового прогнозованого значення величини збитку від аварій, спричинених пожежами у вугільно-промисловому комплексі, прийняте середньостатистичне значення збитків за час ліквідації аварії, визначене за результатами аналізу аварій, виконаного Державною воєнізованою гірничорятувальною службою. За результатами розрахунку величина відверненого збитку внаслідок впровадження запропонованих заходів з урахуванням середньої суми збитків 33600,8 тис.грн/на рік становитиме 8736,2 тис.грн/рік.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримано рішення актуальної науково-прикладної проблеми, що полягає у встановленні закономірностей схильності вугільних шахтопластів до самозаймання з урахуванням метаморфічних перетворень вугілля, дослідженні класифікаційних показників метаморфізму, що застосовуються в нормативній базі із забезпечення безпечних умов відпрацювання вугільних пластів для встановлення їх пожежної небезпеки, визначенні можливості використання окремих показників сучасної промислової класифікації для встановлення безпечних властивостей шахтопластів при веденні гірничих робіт, встановленні впливу окремих компонентів органічної та мінеральної маси на карбонізацію та метаморфічні перетворення вугілля, розробці на цій базі методу прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля та ініціюванні удосконалення нормативної бази безпечного ведення гірничих робіт, реалізація яких дозволила отримати очікуваний економічний ефект в розмірі 8736,2 тис.грн/рік, що має суттєве значення для зниження аварійності та підвищення рівня безпеки праці у шахтах при відпрацюванні пластів, схильних до самозаймання.

Основні наукові та практичні результати роботи:

1. Аналіз існуючих методів дослідження та прогнозування схильності шахтопластів до ендегенної пожежної небезпеки, оцінки сучасних уявлень щодо механізму та причин виникнення самозаймання вугілля засвідчив, що підвищення ефективності прогнозування пожежної небезпеки ендегенного характеру для безпечного ведення гірничих робіт неможливе без урахування закономірностей фізико-хімічних властивостей вугілля, ступеню метаморфічних перетворень органічної речовини та зміни складу його мінеральної компоненти в залежності від співвідношення елементного складу. Тому подальший розвиток наукових основ прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля сприятиме створенню нових методів запобігання прояву небезпечних властивостей шахтопластів і забезпеченню безпечних умов видобутку вугілля.

2. Вперше отримана експериментально-аналітична залежність між основними компонентами органічної речовини і вологи, що дозволяє визначити хімічну активність вугілля як показника схильності шахтопластів до самозаймання, та виявлена відсутність достовірного кореляційного зв'язку між марочною приналежністю як одним з основних класифікаційних показників метаморфізму згідно використовуваної промислової класифікації, і хімічною активністю вугілля, що підтверджується аномально низькою межею зміни масового виходу летких речовин для вугілля марок К в залежності від кількісних значень показників метаморфічного перетворення викопного вугілля, та виявлено, що масовий вихід летких речовин задовільно характеризує ступінь метаморфізму вугілля в комплексі з допоміжними штучно підібраними показниками, які характеризують тільки притаманні їм особливості геологічних перетворень вугілля

3. Вперше встановлено, що характер зміни хімічної активності вугілля екстраполюється із значенням показника карбонізації та визначається співвідношенням між вуглецем й іншими компонентами вугілля; проведенням

розрахунків виявлено функціональну залежність між наявним вмістом вуглецю у конкретному зразку з його різницею між максимальним встановленим вмістом вуглецю в органічній масі вугілля 99,15%, яка в екстремумах при наближенні елементного вмісту вуглецю до критичного значення, а суми інших основних компонентів – до нуля, прагне до нескінченності з досягненням інертності органічної маси вугілля.

4. Вперше побудовано модель, що описує зміну елементного складу органічної речовини вугілля від вмісту вуглецю за експоненціальною залежністю для кисню, поліноміальною третього ступеня для водню, лінійною для азоту, поліноміальною другого ступеня - для пластової вологи у граничних значеннях від 75,0% до 95,0%, при цьому сім характерних точок хімічної активності даної системи відповідають певним стадіям метаморфізму вугілля, яким притаманний різний ступінь схильності до виникнення ендегенних пожеж у шахтопластах. Ранжуванням отримана експериментально-аналітична залежність між основними компонентами органічної речовини і вологи, що дозволило визначити хімічну активність вугілля на сімох стадіях метаморфічних перетворень вугілля, та підтверджено, що вміст сірки не відноситься до показників метаморфізму.

5. Вперше потенційну ендегенну пожежонебезпеку шахтопласта визначено за індивідуальним співвідношенням між компонентами органічної речовини та різними видами вологи і сірки, при цьому встановлено, що вміст вуглецю обернено пропорційно залежить від суми компонентів, які входять до її складу (кисень, водень, азот та сірка), що дозволило на підставі встановлених закономірностей фізико-хімічних властивостей вугілля здійснити систематизацію та аналіз відповідності діючих нормативних документів із забезпечення безпечних умов видобутку вугілля практиці ведення гірничих робіт.

6. Вперше ризик аварійності за ендегенною пожежонебезпекою пов'язано з елементним та технічним аналізом вугілля у шахтопласті, та визначено, що він характеризується кореляційним зв'язком з кутом падіння пластів і зростає поліноміально за умов ведення очисних робіт на пологих пластах при вмісті вуглецю нижче 80% та підвищеному вмісті кисню (понад 10%) і вологи (понад 10%), а також при відпрацюванні крутопадаючих пластів і магазинуванні вугілля при вмісті вуглецю, нижчому за 89%, та вмісті кисню, сірки і вологи, що перевищує 50% від загальної суми компонентів (O_0, H_0, N_0, S_0, W).

7. Проведено фізико-хімічне обґрунтування по створенню концепції та методів дослідження пожежонебезпечних властивостей вугілля антрацитової групи в умовах генерування теплової та електричної енергії на котельних агрегатах ТОВ "ДТЕК Луганська теплова електрична станція".

8. Розроблено методичні рекомендації до аналізу відповідності положень, використаних при розробці «Керівництва із запобігання і гасіння ендегенних пожеж на вугільних шахтах України: КД 12.01.402-2000» практиці ведення гірничих робіт і пропозиції щодо вдосконалення вимог нормативних документів, що дозволило визначити технічне завдання та наступну розробку програмного забезпечення щодо прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля, яке було впроваджено на ВП «Шахта ім. Д.Ф. Мельникова» ПАТ «Лисичанськвугілля», та за результатами розрахунку отримано очікуваний

економічний ефект внаслідок впровадження запропонованих заходів у вугільній промисловості в сумі 8736,2 тис.грн / рік.

9. Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням апробованих методів досліджень, положень визначення поняття «метаморфізм вугілля» згідно класичних визначень та діючих ДСТУ; проведенням обчислювальних експериментів на науково обґрунтованих моделях метаморфічних процесів зміни складу та фізико-механічних особливостей вугілля шахтопластів; позитивними результатами впровадження методик; емпіричні коефіцієнти встановлених залежностей характеризуються високими кореляційними показниками, що дозволяє використовувати їх в інженерних розрахунках без проведення трудомістких експериментів.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ **ОПУБЛІКОВАНІ В ТАКИХ РОБОТАХ:**

Монографії

1. Тарасов В.Ю., Гликин М.А. Пиролиз в жидком высокотемпературном теплоносителе [Elektronische Ressource] : Технология переработки углеводородов и угля. Пиролиз метана в расплаве NaCl. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 97 с.

2. Тарасов В.Ю., Заїка Р. Г., Захарова О. І. Основи біогеохімії : Біогенні елементи та їх неорганічні сполуки в живих організмах та навколишньому середовищі. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 148 с.

Публікації у фахових виданнях

3. Тарасов В.Ю., Гликин М.А., Гликина И.М., Зубцов Е.И., Кравченко И.П. Окисление углерода кислородом воздуха в жидком высокотемпературном теплоносителе / Вісн. Східноукр. Нац. ун-ту ім. В. Даля. 2007. № 5(111) ч.2 С. 149-152.

4. Гликин М.А., Зубцов Е.И., Гликина И.М., Тарасов В.Ю. Газификация угля различного фракционного состава в жидком высокотемпературном теплоносителе. / Вісн. Східноукр. Нац. ун-ту ім. В. Даля. 2007. № 11(117) ч.2 С.52-55.

5. Гликин М.А., Зубцов Е.И., Гликина И.М., Бродская И.И., Тарасов В.Ю. Газификация соленых углей. Термодинамический анализ / Хімічна промисловість України. № 1(84), 2008 г. С. 12-21.

6. Гликин М.А., Зубцов Е.И., Гликина И.М., Тарасов В.Ю. Газификация соленых углей в расплаве. Кинетика и технология / Хімічна промисловість України. № 3(86), 2008 г. С. 24-32.

7. Глікін М.А., Шовкопляс Ю.О., Зубцов Є.І., Глікіна І.М., В.О. Чумак, Тарасов В.Ю. Парова газифікація кам'яного вугілля Богданівського родовища у рідкому високотемпературному теплоносії / Вісн. Східноукр. Нац. ун-ту ім. В. Даля. 2009. № 2(132) ч.2 С.23-27.

8. Шовкопляс Ю.А., Глікін М.А., Зубцов Е.И., Тарасов В.Ю. Дослідження процесу знесульфурення кислих гудронів / Вісн. Східноукр. Нац. ун-ту ім. В. Даля. 2012. № 17 (188) ч.1 С. 94-98

9. Гликин, М. А., Шовкопляс, Ю. А., Зубцов, Е. И., Тарасов, В. Ю. Окисление высокомолекулярных углеводородов в расплаве высокотемпературного

теплоносителя / Восточно-европейский журнал передовых технологий. № 2/6(62). 2013. С. 35-39.

10. Швец Д. И., Тарасов В.Ю. О влиянии биогумуса на процессы ведения органического земледелия на почвах, загрязненных экотоксикантами / Вісн. Східноукр. Нац. Ун-ту ім. В. Даля. 2014. № 10 (217) С. 30-33

11. Зубцов Є. І., Бродський О. Л., Кравченко І. В., Тарасов В.Ю. Парова конверсія газового вугілля в розплаві в стаціонарному та проточному режимі / Вісн. Східноукр. Нац. Ун-ту ім. В. Даля. 2017. № 5 (235) С. 50-55

12. Тарасов В., Захарова О., Заїка Р., Захарова А.. Аналіз стану хімічної безпеки у Луганській області в умовах військового конфлікту./ Вісн. Східноукр. Нац. Ун-ту ім. В. Даля, 2019. №7(255), С.72-79. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-72-79>

13. Антощенко Н.И., Тарасов В.Ю., Филатьева Э.Н. Необходимые классификационные требования к выбору схем проветривания выемочных участков угольных шахт / Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. 2018. № 141. С. 204- 215. <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.204>

14. Антощенко Н.И., Тарасов В.Ю., Захарова О.И. К вопросу установления групп пожароопасности угольных шахтопластов / Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. 2018. № 143. С. 183- 191 <https://doi.org/10.15407/geotm2018.143.183>

15. Antoshchenko M., Tarasov V., Zakharova O., Zolotarova O., Petrov A. Analysis of metamorphism and tendency of black coals to spontaneous combustion / Technology audit and production reserves. 2019. Т. 6, N 1(50). pp. 18-25. DOI : 10.15587/2312-8372.2019.191902.

16. Antoshchenko M., Tarasov V., Zakharova O. Analysis of fire and hazardous sites (zones) in coal mines and the causes of coal self-ignition / Technology audit and production reserves. 2019. Т. 6, N 3(50). pp. 14-18. DOI : 10.15587/2312-8372.2019.185953.

17. Антощенко М. І., Тарасов В. Ю., Захарова О. І., Петров А.Д. Щодо визначення показника карбонізації вугілля для встановлення груп пожежонебезпечності шахтопластів / Комунальне господарство міст. №. 154. С. 305-311. DOI 10.33042/2522-1809-2020-1-154-306-311

18. Антощенко М.І., Тарасов В.Ю., Захарова О.І., Зубцов Є.І., Щодо встановлення небезпечних властивостей вугільних шахтопластів. / Вісн. Східноукр. Нац. Ун-ту ім. В. Даля. 2019. № 8 (256). С. 7-16. doi:10.33216/1998-7927-2019-256-8-7-16

19. Antoshchenko M., Tarasov V., Filatiev M., Filatieva E., Levadnyi O. About Possibility to Classify Coal Layers Hazardous Characteristics by Genetic and Process Parameters of Coals. / Science Review. 2020. 1(28). pp. 25-29 doi: 10.31435/rsglobal_sr/31012020/6870

20. Антощенко М.І., Тарасов В.Ю., Петров А.Д., Золотарьова О.В. Про вибір класифікаційних показників для характеристики небезпечних властивостей шахтопластів / ВІСТІ Донецького гірничого інституту №1 (46), 2020 С. 140-147 doi: <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-1-140-147>

21. Антощенко М. І., Тарасов В. Ю., Захарова О. І., Зубцов Є. І. Прогнозування небезпечних геологічних явищ в угільних пластах. Типизація витринитових і фюзинитових углій / Мінеральні ресурси України. 2020. № 3. С. 45-49. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.45-4>

22. Антощенко Н.И., Тарасов В.Ю., Заика Р.Г., Золотарева Е. В., Захарова О.И. К вопросу определения классификационных показателей углей для установления опасных свойств шахтопластов / Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. 2020. № 152. С. 149-159

23. Antoshchenko M., Tarasov V., Zaika R., Zakharova A., Kukota O.. Moisture and organic mass components as indicators of metamorphism and dangerous properties of coal seams / Modern engineering and innovative technologies. 2020. Issue 13 / Part 3. Pp 60-75. DOI: 10.30890/2567-5273.2020-13-03-014

24. Tarasov V., Antoshchenko M., Rudniev Ye., Levadnyi O. On subject to determine fire hazard groups of coal seams. / Norwegian Journal of development of the International Science 2020. VOL.1. №47/2020 pp 16-27

25. Tarasov V., Filatieva E., Antoshchenko M., Galchenko A., Zakharova O. On selecting the classification degree indicators of coal metamorphism for forecasting dangerous properties of coal seams. / Sciences of Europe. 2020. VOL 1, No 55 pp. 49-61

26. Tarasov V., Antoshchenko M., Rudniev Ye., Galchenko A. Forecasting propensity method of mine layers to endogenous fire hazard by metamorphic signs of coals transformation. / Österreichisches Multiscience Journal. 2020. №32 pp 67-74

27. Tarasov V., Zakharova O., Zaika R., Zakharova A. Occupational safety and health in the coal industry. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. Petrosani: Romania, UNIVERSITAS Publishing, 2018. p. 311-329.

28. Tarasov V. On subject to forecast causal factors for spontaneous fires in coal mines. Integration of traditional and innovative scientific researches: global trends and regional aspect: collective monograph / edited by authors. – 2nd ed. – Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2020., p. 311-329.

29. Antoshchenko M., Filatieva E., Yefimtsev V., Tarasov V. Peculiarities of using classification indicators of the coal metamorphism degree for predicting the hazardous coal seams properties / E3S Web of Conferencess 201, 01014 (2020). 1-10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101014> (Scopus)

30. Leonenko, S., Kudryavtsev, S., Glikina, I., Tarasov, V., Zolotarova O. Revealing the effect of catalyst concentration on the process of fuel oil refining using the technology of aerosol nano catalysis [Electronic Resource] / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. 1/6 (109) pp. 64-71. Way of Access : DOI : 10.15587/1729-4061.2021.224228. (Scopus)

Патенти

31. Деклараційний патент 39402 Україна, МПК С10J 3/02 Спосіб одержання синтез-газу / Глікін М.А., Глікіна І.М., Зубцов Є.І., Тарасов В.Ю.. Заявл. 23.09.08.; Опубл. 25.02.09. Бюл. №4. с. 4

Матеріали конференцій

32. Тарасов В.Ю., Гликин М.А., Гликіна І.М. Производство водорода пиролизом углеводородов в жидком высокотемпературном теплоносителе /

Материалы IV международной научно-практической конференции “Актуальные вопросы и организационно-правовые основы сотрудничества Украины и КНР в сфере высоких технологий” 10.10.2007р. Киев, 2007. С. 87-91

33. Глікін М.А., Шовкопляс Ю.О., Зубцов Є.І., Бережная Е.А., Тарасов В.Ю. Паровая конверсия угля в жидком высокотемпературном теплоносителе / Материалы V Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 06-13 июня 2009г. ч.1, г. Варна, Болгария. 2009. С.109-112.

34. Гликин М.А., Зубцов Е.И., Шовкопляс Ю.А., Тарасов В.Ю. Энергосбалансированная технология конверсии угля водой в синтез-газ / Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии : материалы Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 24-26 ноября 2010 г. : в 2 ч. Минск : БГТУ, 2010, Ч.1. С. 174-178.

35. Шовкопляс Ю.О., Тарасов В.Ю., Глікіна М.А., Зубцов Є.І. Дослідження процесу знесірчення кислих гудронів / Тези доповідей V Міжнародна науково-технічна конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Хімія та сучасні технології". м. Дніпропетровськ. 1 т. 20-22 квітень 2011, С.282

36. Тарасов В. Ю. О возможности классификации опасных свойств шахтопластов по генетическим и технологическим показателям углей / Проблемы та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУ БЖД, 2020. С 313-315

37. Тарасов В. Ю. Исследование склонности каменных углей к самовозгоранию / Технология органических веществ : тезисы 84-й научно-технической конференции, посвященной 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием), Минск, 03-14 февраля 2020 г. Минск : БГТУ, 2020. С. 150-151. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/33406>

38. Тарасов В. Ю. О возможности классификации опасных свойств шахтопластов по генетическим и технологическим показателям углей / Технологія-2020 : XXIII матеріали міжнар.наук.-техн. конф., 24-25 квіт. 2020 р., м. Северодонецьк. Северодонецьк: Східноукр. Нац. ун-ту ім. В. Даля (м. Северодонецьк), 2020. С. 19-20.

39. Тарасов В. Ю. О Взаимозаменяемости классификационных показателей метаморфизма углей при определении опасных свойств шахтопластов / Do desenvolvimento mundial como resultado de realizações em ciência e investigação científica: Coleção de trabalhos científicos «ΛΟΓΟΣ» com materiais da conferência científicoprática internacional (Vol. 2), 9 de outubro de 2020. Lisboa, Portugal: Plataforma Científica Europeia. 2020. С.34-39. DOI 10.36074/09.10.2020.v2.09

Навчальні посібники

40. Тарасов В. Ю., Заїка Р. Г., Захарова О. І. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу [Текст] : [навч. посіб. для студентів ВНЗ]. Східноукр. нац. ун-т ім. Володимира Даля. Северодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2015. 171 с.

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень науково-технічної проблеми в цілому реалізовано у науково-дослідних роботах, які опубліковані автором особисто [4, 36-39]. У цих роботах здобувач навів результати досліджень методів ізотермічного гетерофазного деструктивного аналізу, впливу температури на хімічні перетворення сполук, що містять вуглець та водень, і встановив характерні ознаки окремих стадій метаморфічних перетворень вугілля для достовірного прогнозування небезпечних властивостей шахтопластів при веденні гірничих робіт. У роботах [2, 25-27, 29, 40], опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у виконанні аналізу та обґрунтуванні методів аналізу газоподібних, рідких та твердих сполук або їх сумішей, в той час як в роботах [1, 2, 5-13, 30] автор вибрав та обґрунтував вплив температури на перетворення органічних речовин, що містять вуглець, водень, кисень та сірку і мінеральні компоненти; [3, 14] розглянуто стан та перспективи охорони праці на об'єктах підвищеної небезпеки, зокрема, розглянуто питання безпеки на підприємствах в умовах військового конфлікту; [17-20] зроблено аналіз стану прогнозу небезпечних властивостей шахтопластів при веденні гірничих робіт; [21-23] визначені умови функціонування класифікаційних показників, що характеризують небезпечні властивості шахтопластів; [24-25] вплив зміни складу органічної речовини на карбонізацію вугілля; [26-28] розроблено модель, що визначила показники ступеню метаморфізму вугілля для прогнозування виявлення небезпечних властивостей шахтопластів; [23-24, 29] розроблено методи прогнозу схильності шахтопластів до ендегенної пожежонебезпеки за метаморфічними ознаками перетворення вугілля; [32-39] на міжнародних конференціях доповідалися результати досліджень, в яких автор брав участь.

АНОТАЦІЯ

Тарасов В.Ю. Розвиток наукових основ прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – «Охорона праці» - Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, 2021.

Дисертація присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми удосконалення прогнозу виникнення ендегенних пожеж у вугільних шахтопластах з урахуванням закономірностей зміни елементного складу вугілля внаслідок метаморфічних перетворень для підвищення безпеки при веденні гірничих робіт.

Досліджено сучасний стан прогнозування пожежної небезпеки вугільних шахтопластів, визначена можливість використання окремих показників сучасної промислової класифікації для встановлення безпечних властивостей шахтопластів при веденні гірничих робіт, досліджено доцільність використання показників ступеня метаморфізму вугілля промислової класифікації для встановлення схильності шахтопластів до самозаймання, встановлено вплив окремих компонентів органічної та мінеральної маси на карбонізацію та метаморфічні перетворення вугілля, ініційовано удосконалення нормативної бази безпечного ведення гірничих робіт та розроблено метод прогнозу схильності шахтопластів до ендегенної пожежонебезпеки в залежності від стадій метаморфізму вугілля. Результати виконаних досліджень дозволили

пов'язати ризик аварійності з елементним та технічним аналізом вугілля у шахтопласті з урахуванням гірничо-геологічних умов.

Отримані в роботі наукові результати: розроблені методи і засоби досліджень, запропоновані нові технічні рішення з прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля враховані та практично реалізовані в діяльності ТОВ "ДТЕК ЛУГАНСЬКА ТЕПЛОВА ЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ" (м. Щастя), ВП Шахта ім. Д.Ф. Мельникова ПАТ «Лисичанськвугілля», ІГТМ ім. М. С. Полякова НАН України та навчальному процесі СНУ ім. В. Даля. За результатами розрахунку величина відверненого збитку внаслідок впровадження запропонованих заходів у вугільній промисловості становитиме 8736,2 тис.грн / рік.

Ключові слова: геологічні порушення, шахтопласти, небезпечні властивості, карбонізація, прогноз пожежонебезпеки, імовірність самозаймання вугілля, волога, метаморфізм, нормативні документи, удосконалення, ендегенна пожежа, гірничо-геологічні умови, елементний склад.

АННОТАЦІЯ

Тарасов В.Ю. Развитие научных основ прогноза эндогенной пожароопасности шахтопластов по степени метаморфических преобразований угля – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.26.01 – «Охрана труда» - Институт геотехнической механики имени Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины, Днепр, 2021.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-технической проблемы совершенствования прогноза возникновения эндогенных пожаров в угольных шахтопластах с учетом закономерностей изменения элементного состава угля вследствие метаморфических преобразований для повышения безопасности при ведении горных работ.

Исследовано современное состояние прогнозирования пожарной опасности угольных шахтопластов, определена возможность использования показателей современной промышленной классификации для установления безопасности шахтопластов при ведении горных работ, исследована целесообразность использования показателей степени метаморфизма угля промышленной классификации для установления склонности шахтопластов к самовозгоранию, определено влияние отдельных компонентов органической и минеральной массы на карбонизацию и метаморфические преобразования угля, инициировано усовершенствование нормативной базы безопасного ведения горных работ и разработан метод прогноза склонности шахтопластов к эндогенной пожароопасности в зависимости от стадий метаморфизма угля. Результаты выполненных исследований позволили связать риски аварийности с элементным и техническим анализом угля в шахтопласте с учетом горно-геологических условий.

Полученные в работе научные результаты: разработаны методы и средства исследований, предложенные новые технические решения прогноза эндогенной пожароопасности шахтопластов по степени метаморфических преобразований угля учтены и практически реализованы в деятельности ООО "ДТЭК ЛУГАНСКАЯ ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ" (г. Счастье), ОП Шахта им. Д.Ф. Мельникова

ПАО «Лисичанскуголь», ИГТМ им. Н. С. Полякова НАН Украины и учебном процессе ВНУ им. В. Даля. По результатам расчетов величина предотвращенного убытка вследствие внедрения предложенных мероприятий в угольной промышленности составит 8736,2 тыс.грн / год.

Ключевые слова: геологические нарушения, шахтопласт, опасные свойства, карбонизация, прогноз пожароопасности, вероятность самовозгорания угля, влага, метаморфизм, нормативные документы, усовершенствование, эндогенный пожар, горно-геологические условия, элементный состав.

ANNOTATION

Tarasov V. Development of scientific foundations for predicting the endogenous fire hazard of coal mines by the degree of metamorphic transformations of coal – As a manuscript

The dissertation on the Doctor of Technical Sciences degree in the speciality 05.26.01 – «Labor Protection» - Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, 2021.

The dissertation is devoted to the solution of an urgent scientific and technical problem of improving the forecast of the occurrence of endogenous fires in coal seams, taking into account the regularities of changes in the elemental composition of coal due to metamorphic transformations in order to increase safety during mining operations.

The current state of forecasting the fire hazard of coal seams has been investigated, the possibility of using indicators of modern industrial classification to establish the safety of coal seams during mining operations has been determined, the expediency of using indicators of the metamorphism degree of coal of industrial classification to establish the tendency of coal seams to spontaneous combustion has been investigated, the influence of individual components of organic and mineral mass on carbonization and metamorphic transformations of coal has been determined, the improvement of the regulatory framework for the safe conduct of mining operations has been initiated and a method has been developed for predicting the tendency of coal seams to endogenous fire hazard, depending on the stages of coal metamorphism. The results of the research have made it possible to associate the risks of accidents with the elemental and technical analysis of coal in the seams, considering mining and geological conditions.

The scientific results obtained in the work: methods and means of research have been developed, new technical solutions for predicting the endogenous fire hazard of mine layers by the degree of metamorphic transformations of coal have been considered and practically implemented in the activity of PLC "DTEK LUHANSK TERMAL POWER PLANT" (Shchastya), D. F. Melnikova mine PJSC «Lysychanskugol», IGTM named by N. Poljakov of NAS of Ukraine and the studying process an the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. According to the calculations, the value of the prevented loss due to the implementation of the proposed measures in the coal industry will amount to 8736.2 thousand UAH/year.

Key words: geological disturbances, mine formation, hazardous properties, carbonization, forecast of fire hazard, probability of spontaneous combustion of coal, moisture, metamorphism, regulatory documents, improvement, endogenous fire, mining and geological conditions, elemental composition.

Тарасов Вадим Юрійович

Розвиток наукових основ прогнозу ендогенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Підписано до друку 19.03.2021р.
Формат 60×90 1/16. Папір офсетний.
Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 2,3.
Тираж 100 прим. Зам. 24/03.

Надруковано з готового оригінал-макета
в друкарні ФОП Пронькіна К.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємств.
Запис №23810010001006440 від 25.12.2009 р.
93110, м. Лисичанськ, вул. Гущенко, 14 тел. (066) 332 10 55.
e-mail: pronkinakati@gmail.com