

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра фармації, виробництва та технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня **магістр**

спеціальності 184 «Гірництво»

на тему:

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНДОГЕННОЇ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКИ
ШАХТОПЛАСТІВ ЗА СТУПЕНЕМ МЕТАМОРФІЧНИХ
ПЕРЕТВОРЕНЬ ВУГІЛЛЯ**

Виконав студент групи ГІР-20Мз
..... (підпис)

Тарасов В.Ю.

Керівник
..... (підпис)

Антощенко М.І.

..... (підпис)

Рецензент _____
..... (підпис)

Сєверодонецьк, 2021

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії
Кафедра фармації, виробництва та технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: 184 «Гірництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету інженерії
Кудрявцев С.О.

“ _____ ” _____ 2021 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Тарасову Вадиму Юрійовичу

1. Тема роботи: Дослідження ендогенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля.

Керівник роботи: Антощенко М.І., д. т. н., професор кафедри,
затверджено наказом закладу вищої освіти від _____ 2021 р. № _____

2. Строк подання студентом роботи: 10.12.21 р.

3. Вихідні дані до роботи: матеріали переддипломної практики та гірничотехнічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): згідно програми дипломного проектування та методичних вказівок по складанню дипломної роботи студентами напряму підготовки 184 «Гірництво».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Стан видобутку та споживання вугілля у світі.
2. Пожежонебезпечні зони при зворотноточній схемі провітрювання виїмкової ділянки.
3. Фізико-хімічні властивості вугілля.
4. Техніко-економічні розрахунки.

6. Консультанти розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 4.11.21

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз небезпечних властивостей шахтопласту при веденні гірничих робіт	8.11.2021	
2	Обґрунтування вибраного напрямку роботи	11.11.2021	
3	Теоретична частина	15.11.2021	
4	Експериментальна частина	21.11.2021	
5	Організаційно-технічне обґрунтування пропонованого заходу	1.12.2021	
6	Охорона праці та цивільний захист	10.12.2021	

Студент

Тарасов В.Ю.

Керівник проекту

Антощенко М.І.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 95 стор., 16 рис., 8 табл., 4 аркуша графічної частини.

Об'єкт проектування: шахтопласти ДП "Первомайськвугілля".

Ціль дипломного проектування – умови видобутку вугілля за ступенем метаморфічних перетворень при підвищеній ендегенній пожежонебезпеки шахтопластів.

Методи: розрахунок, техніко-економічне обґрунтування.

У магістерській роботі описана геологічна будова шахтного поля, вирішені питання видобутку вугілля за ступенем метаморфічних перетворень при підвищеній ендегенній пожежонебезпеки шахтопластів. Досліджено закономірності зміни складу та властивостей органічної сполуки і мінеральних домішок під впливом метаморфічних перетворень вугілля, що видобувається, та умови виникнення ендегенної пожежі.

Результати виконаної роботи рекомендуються до використання технічним, технологічним і економічним службам шахт ДП "Первомайськвугілля" при розробці програми розвитку гірничих робіт.

ШАХТА, МЕТАМОРФІЗМ, СИСТЕМА РОЗРОБКИ, ЕНДОГЕННА ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКА, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ.

Зміст

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШАХТОПЛАСТУ ПРИ ВЕДЕННІ ГІРНИЧИХ РОБІТ	8
1.1 Стан видобутку та споживання вугілля у світі	8
1.2 Метаморфічні явища та прогнозування на підставі їх дослідження газодинамічних проявів.....	14
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОВОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ	37
3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	44
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	58
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОНОВАНОГО ЗАХОДУ	73
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	77
ВИСНОВКИ.....	92
ЛІТЕРАТУРА.....	93

ВСТУП

Світ рухається у правильному напрямку, він готовий попрощатися із вугіллям та привітати переваги майбутнього для довкілля та економіки, оснований на чистій енергії при співвідношенні економічної складової генерації теплової та /або електричної енергії враховуючи процес та умови ризику видобування та екологія .Українські ТЕЦ, що працюють переважно на вуглеводневому паливі, виробляють понад третину електричної енергії в Україні. Ці системи дозволяють, використовуючи викопне вугілля, що не відповідає підвищеним вимогам екостандартів, створювати умови з електробезпеки України, дозволяючи балансувати енергетичну систему у періоди пікового навантаження. Однак перед початком основною генерації теплової енергій запасли лише чверть від потреби.

Однак тверде паливо вважають найбільшим джерелом шкідливих викидів, що зумовлюють глобальне потепління та зміни клімату. Враховуючи угоди, які зобов'язують припинити усі інвестиції у генерації та будівництво нових теплових потужностей, що працюють на вугіллі - як у себе вдома, так і за кордоном потребують вирішення питань безпеки, які вирішують техніко-економічними показниками при видобутку вугілля за умов підвищеної небезпеки.

Країни погодилися вивести з експлуатації вже існуючі потужності, що працюють на вугіллі. Багатші країни мають зробити це до 2030, а бідніші - до 2040 року.

Основну частину промислових запасів кам'яного вугілля в Україні зосереджено в пластах потужністю до 1,2 м, які в багатьох країнах не розробляються. Більшість пластів відрізняється сильною газоносністю і небезпечно через вибуховість вугільного пилу, а понад третину - схильне до раптових викидів вугілля і газу та самозаймання. Середня глибина розробки становить понад 700 м, а кожна шоста шахта веде гірські роботи на глибині від 1000 до 1400 м.

Якщо за обсягами видобутку вугілля Україна входить до десятки провідних країн світу, то за економічними показниками значно відстає від багатьох із них. Наприклад, місячна продуктивність праці робочого очисного вибою в Україні (27,4

т) майже вп'ятеро нижча, ніж у Росії (132,9 т), і в десятки разів – ніж у США, Канаді, Австралії та Південно-Африканській Республіці. Це зумовлено декількома причинами: складними гірничо-геологічними умовами, що не дозволяє ефективно використовувати сучасну високопродуктивну техніку, старіння шахтного фонду та погіршення стану гірничого господарства.

У зв'язку з вищесказаним, усе більшого значення набуває вибір раціональних технологічних рішень в області гірничого проектування: способів підготовки шахтних полів, систем розробок, технологічних схем ведення очисних і підготовчих робіт, способів охорони підготовчих виробок

Кваліфікаційна робота, метою якої є дослідження питання технічного переоснащення пл. т₃. шахти "Карбоніт", виконаний на основі реальних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов. Обсяг розв'язуваних у роботі задач відповідає вимогам виданого завдання.

1 АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШАХТОПЛАСТУ ПРИ ВЕДЕННІ ГІРНИЧИХ РОБІТ

1.1 Стан видобутку та споживання вугілля у світі

Починаючи з ХІХ ст. вугільна промисловість була однією з найважливіших галузей економіки у багатьох країнах світу. В даний час значення вугілля для економіки розвинених країн знижується, головним чином, через його негативний вплив на навколишнє середовище та зумовлений переходом на альтернативні джерела енергії. Проте використання вугілля в енергетиці в кілька разів дешевше за природний газ, що дозволяє вугледобувним компаніям нарощувати виробництво вугілля в періоди зростання цін на нафту і, відповідно, на вугілля. Впровадження сучасних технологій у галузі переробки та використання викопного вугілля дозволяє зробити його «чистим» джерелом енергії. Крім того, зростають обсяги використання вугілля в металургії та одержанні різних матеріалів.

Під впливом технологічних трендів та цінових трансформацій, що проявилися на глобальному та регіональних ринках енергоносіїв, світовий видобуток вугілля у 2017 р. склав близько 7,6 млрд т, що у 1,6 рази більше, ніж у 2000 р. [1]. У порівнянні з рівнем 2013 р., коли було досягнуто «піку» світового видобутку вугілля – понад 8 млрд т, у 2015 р. відбулося падіння на 5,6%, що призвело до погіршення кон'юнктури вугільного ринку. Проте, починаючи з другої половини 2016 р., ситуація почала покращуватися. Ціни на нафту, а за нею і ціни на вугілля почали зростати, внаслідок чого відновилося зростання його видобутку у всьому світі.

Загальні доведені запаси вугілля у світі на початок 2018 р. становлять 1035,0 млрд т. За поточного рівня річного світового видобутку вугілля цього обсягу запасів вистачить приблизно на 150 років, проте з урахуванням широкого

поширення «зеленої» енергетики розвинених країн світу країни, що розвиваються, можуть бути забезпечені вугіллям на набагато більший період.

Світовими лідерами з виробництва за підсумками 2020 р. є: Китай (частка у світовому обсязі видобутку – 44,6%), Індія, яка перемістилася на II місце (9,6%), потіснивши США (9,3%), які тепер на III місці; Австралія (6,6%), що посіла IV місце; Індонезія (6,4%) – V місце. Росія зберегла VI місце у світі з видобутку вугілля, її частка склала 5,4% (2000 р. – 5,5%), що вище, ніж рівень, досягнутий у період з 2004 по 2019 р. (близько 4%). Україна у різні роки посідала від VI по XIV місце.

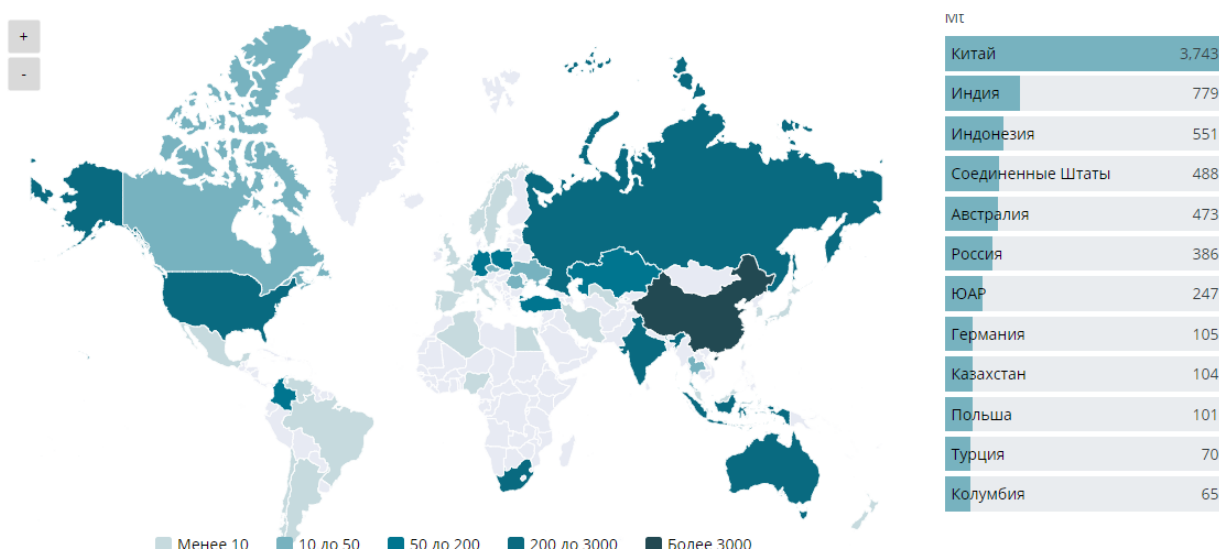


Рисунок 1.1. – Світовий видобуток вугілля

У період з 2000 по 2017 р. під впливом технологічних та цінових трендів у світовій вугільній промисловості відбулися такі структурні зміни:

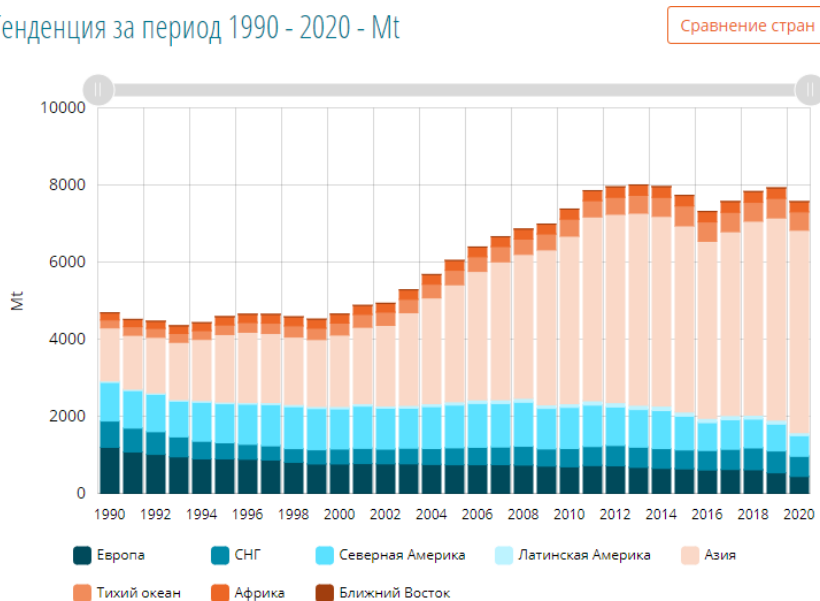
– у Китаї, Індії, Індонезії видобуток вугілля зростав високими темпами, що дозволило до кінця періоду зайняти їм частку ринку, що дорівнює 60,7%, що на 22,9% більше, ніж у 2000 р. Таке зростання виробництва вугілля було забезпечене в основному за рахунок збільшення внутрішнього попиту, зокрема в електро- та теплоенергетиці, а також у машинобудуванні;

– в Австралії, Росії, Казахстані та ПАР, де зростання видобутку вугілля забезпечувалося переважно за рахунок збільшення експорту вугілля,

виробництво його зросло в сукупності на 46,9%, проте частка цих країн на світовому ринку у 2017 р. знизилася до 16,8 % проти 18,8% 2000 р.;

– у США, Німеччині, Польщі обсяг видобутку вугілля у 2017 р. упав загалом на 25% порівняно з рівнем 2000 р., насамперед за рахунок скорочення використання вугілля в електроенергетиці внаслідок переходу до «зелених» технологій.

Тенденція за період 1990 - 2020 - Mt



Доля в совокупном потреблении энергии (2020) - Mtoe

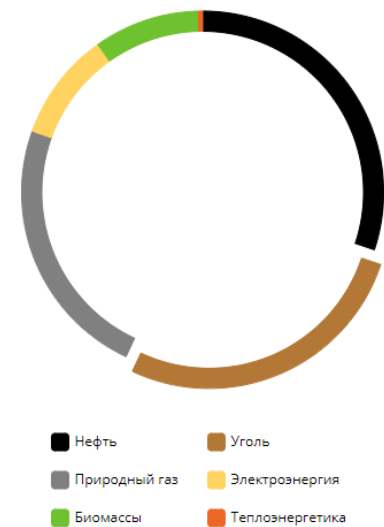


Рисунок 1.2. – Тенденції видобування корисних копалин

При цьому частка цих країн на світовому ринку скоротилася більш ніж у 2 рази та становила у 2017 р. 13,3%.

Останніми роками у багатьох країнах світу намічається або відбувається зниження темпів виробництва вугілля. Так, у Китаї, де частка вугілля в енергобалансі країни за підсумками 2020 р. становить близько 65%, цей показник до 2025 р. згідно з п'ятирічним планом розвитку планується знизити до 62%.

У 2020 р. у КНР, де видобуто близько 3,4 млрд т вугілля (у 2,5 рази більше, ніж у 2000 р., але на 9,9% менше рівня 2013 р.), спостерігається профіцит палива на внутрішньому та зовнішньому ринках. Це з урахуванням того, що темпи

зростання економіки Китаю сповільнилися, зокрема, у металургії та електроенергетиці, де намітився надлишок їх потужностей, тому понад 70% усіх вугільних компаній країни виявилися збитковими.

Слід зазначити, що ще у 2014 р. у КНР було ухвалено рішення щодо обмеження видобутку неякісного вугілля: було рекомендовано добувати вугілля із вмістом сірки не більше 2%, зольністю – не вище 30%, питомою теплотою згоряння – не менше 4300 ккал/кг. У 2015 р. було вирішено також обмежити обсяг видобутку та споживання вугілля в країні на рівні не більше ніж 3,9 млрд т на рік. Щоб скоротити обсяги викидів двоокису вуглецю в атмосферу, у 2017 р. у Китаї було запроваджено екологічний податок, який також сприяє зниженню споживання вугілля.

В Індії – країні, яка не лише видобуває вугілля, а й заповнює свої потреби за рахунок імпорту вугілля з інших країн, у перспективному періоді можливе зростання виробництва цієї корисної копалини. У 2017 р. видобуток вугілля в Індії склав 729,8 млн т, а споживання – 941,6 млн т, недостатній обсяг поповнюється за рахунок імпорту. Очікується, що до 2023 року дефіцит вугілля в Індії не перевищить 265 млн. т. При цьому обсяг власного видобутку вугілля може зрости до 1,1-1,5 млрд т, його споживання - до 1,5 млн т, незважаючи на вимоги екологічного саміту в Парижі - знизити глобальні викиди вуглеводню в атмосферу [5, 6].

Тому в період до 2023 р. і надалі основним драйвером зростання видобутку вугілля у світі буде Індія, де цей енергоресурс ще багато років залишиться основним джерелом електрогенерації, з нього одержують близько 62% усієї електроенергії в країні.

У США, через значне виробництво сланцевого газу в останні роки і падіння цін на вугілля на світовому ринку, зниження виробництва вугілля продовжиться. У країні закрито багато нерентабельних шахт, що призвело до падіння обсягу видобутку з 1075,9 млн т у 2008 р. («піка» видобутку вугілля в США) до 702,3 млн т у 2017 р. Виробництво електроенергії на вугільних ТЕС падає. Так, якщо у 2015 р. 36% електроенергії в США вироблялося на вугільних

ТЕС (10 років тому – близько 50%), то найближчими роками, за прогнозами, від 60 до 83 ГВт (із сумарних 310 ГВт) потужностей вугільних станцій буде закрито. У контексті міжпаливної конкуренції «газ – вугілля» посилення екологічних норм означає, що газова генерація виграватиме ринок у вугільній генерації навіть за більшої, ніж нині, ціни газу.

В Австралії в період з 2000 до 2017 р.р. обсяг видобутку вугілля становив 63,4%. Основними факторами зростання виробництва вугілля в Австралії є: збільшення видобутку вугілля в одній з найбільших компаній у країні – «ВМА» (штат Квінсленд), а також введення в експлуатацію низки нових шахт та розрізів, де гірничі роботи здійснюються на глибині 60–120 м, з високим ступенем комплексної механізації праці [7, 8]. З другої половини 2016 р. за зростанням цін на нафту почали зростати і ціни на вугілля, що призвело до стабілізації ситуації у вугільній галузі Австралії. Надалі за сприятливої кон'юнктури на світовому ринку зростання видобутку вугілля в країні може продовжитися.

В Індонезії, яка збільшила видобуток вугілля в період з 2000 по 2020 р. більш ніж у 6 разів, власне споживання вугілля становить лише 20% від обсягу видобутку в країні. Решта вугілля, що видобувається в Індонезії, поставляється на експорт. Щоб стимулювати попит на вугілля у власній країні, Уряд Індонезії підвищує ставки експортного мита на вугілля залежно від якості.

Найближчими роками можливе подальше зростання обсягів виробництва вугілля в країні. Споживання його у 2017 р. становило близько 7,6 млрд т, що на 5,2% менше, ніж у 2013 р. («піка» споживання вугілля у світі). Падіння обсягу споживання вугілля у світі можна пояснити зниженням попиту на енергетичне вугілля останніми роками, тоді як попит на коксівне вугілля, навпаки, зріс. Слід зазначити, що у 2017 р. обсяг споживання вугілля збільшився після різкого падіння протягом трьох попередніх років, при цьому світовий видобуток зріс більш ніж на 3%, що стало найшвидшим темпом зростання з 2011 р. Проте загалом частка вугілля у первинному балансі енергоресурсів впала до 27,6%, що є найнижчим показником, починаючи з 2004 р. Лідерами за обсягом споживання

вугілля у світі за підсумками 2020 р. є: Китай (частка у світовому споживанні вугілля – 48,1%), Індія (12,4%), США (8,4%), Росія (3,2%), Німеччина (2,5%), Японія (2,5%), ПАР (2,4%), Південна Корея (2,0%), Польща (1,8%), Туреччина (1,5%), Індонезія (1,3%), Казахстан (1,0%), Австралія (0,8%), Україна (0,6%).



Рисунок 1.3. – Енегобаланс сучасного паливно-енергетичного комплексу

Основний внесок у негативну динаміку зростання світового попиту на вугілля зробив Китай, який забезпечує близько половини від світового обсягу його споживання. Частка використання вугілля в енергобалансі країни у 2017 р. становила близько 65%, до 2025 р. планується її падіння – до 62%.

Проте станом на початок 2019 р. 32 країни заявили про відмову від вугільної генерації, однак їхня частка в сукупності становить лише 3% від її світових встановлених потужностей. Кліматична політика на поточному етапі досить прагматична і нерозривно пов'язана з економічними інтересами своїх країн. Декларація амбітних кліматичних цілей має й іміджеву складову. Для

розвинених країн, особливо залежних від імпорту енергетичного вугілля, прагнення ВІЕ – це не тільки внесок у протидію кліматичним змінам, а й підвищення енергетичної безпеки, а також створення технологічного доробку.

При цьому навіть у Євросоюзі, який є лідером у просуванні кліматичних ініціатив, можна спостерігати періодичне зростання споживання вугілля – як наслідок економічної кон'юнктури. У тих європейських країнах, які заявили про відмову від вугільної генерації в період до 2030 р., вона або відсутня або не відіграє помітної ролі.

1.2 Метаморфічні явища та прогнозування на підставі їх дослідження газодинамічних проявів

Розглянемо можливість використання методів прогнозування, що застосовуються на шахтах, з урахуванням метаморфічних перетворень, раптових викидів метану та зруйнованого вугілля для прогнозування раптового виділення метану в обсягах, що перевищують розрахункові.

Метаморфізм вугілля - незворотний процес перетворення бурого вугілля на кам'яні і далі в антрацити під впливом природних геологічних процесів. В результаті метаморфізму відбувається структурно-молекулярна перебудова органічної речовини, що супроводжується поступовою зміною її хімічного складу, внутрішньої будови, фізичних та технологічних властивостей. При метаморфізмі в ряду від бурого вугілля до антрацитів зростає концентрація вуглецю на тлі зниження вмісту водню та кисню, вологості та виходу летких компонентів. Метаморфізм вугілля в природних умовах відбувається внаслідок підвищення температури та тиску за участю фактора часу (тривалість перебігу процесу). За тривалістю впливу цих факторів та речовим поширенням змін вугілля виділяють регіональний, термальний та контактний метаморфізм вугілля.

Регіональний метаморфізм вугілля - це комплекс послідовних метаморфічних змін вугілля на значній площі, обумовлений сумарною дією тиску і температури, зростання яких залежить від ступеня занурення вугільних покладів в умовах коливальних рухів блоків земної кори.

Термальний метаморфізм вугілля відбувається при головному впливі на вугільну речовину тепла, що виділяється інтрузивними тілами, які занурюються у вугленосну товщу без безпосереднього контакту з вугіллям.

Контактовий метаморфізм вугілля обумовлений впливом температури інтрузивів, що проривають вугільні поклади.

Регіональний метаморфізм відзначається у більшості відомих вугільних басейнів та родовищ. Він має найбільше поширення. Термальний метаморфізм проявляється рідше. Як правило, він накладається на регіональний і призводить до більш глибокого перетворення вугілля у зонах теплового впливу магматичних порід.

Основний кінетичний фактор метаморфізму вугілля – температура. Тиск визначає відносну закритість системи, у якій протікають процеси зміни органічної речовини вугілля у земній корі. Залежно від тиску і складу порід, що вміщують вугілля, система може виявитися неоднаково відкритою для різних компонентів. Це ілюструє специфічний характер зміни елементного складу окремих мікрокомпонентів вугілля при регіональному та термальному метаморфізмі, а також штучне нагрівання без доступу повітря.

Природні види вугілля, що згодом класифікуються як технологічні марки, формуються на етапі вуглефікації. У стадію діагенезу утворюється буре вугілля. У стадію метаморфізму буре вугілля перероджується в кам'яне вугілля та антрацит. Метаморфізм вугілля протікає в земній корі під впливом підвищеної температури і літостатичного тиску гірських порід, що лежать вище, і є регіональним. Кам'яне вугілля проходить кілька щаблів метаморфізму і послідовно змінюється. Весь метаморфічний ряд гумусового вугілля відповідно до ГОСТ 25543-88 включає три природні види: буре вугілля, кам'яне вугілля та антрацит. Кожен із природних видів вугілля об'єднує певний перелік

технологічних марок, груп та підгруп. При цьому бурому вугіллю відповідає одна технологічна марка, що позначається буквою - Б. Кам'яне вугілля включає 15 марок - Д (довгополум'яне), ДГ (довгополум'яне газове), Г (газове), ГЖО (газове жирне опіснене), ГЖ (газове жирне), Ж (жирне), КЖ (коксівне жирне), К (коксівне), КО (коксівне опіснене), КСН (коксівне слабоспикливе низькометаморфізоване), КС (коксівне слабоспикливе), ПС (пісноспикливе), ПС (пісне слабоспикливе), СС (слабоспикливе), П (пісне). Антрацит, як і буре вугілля, має одну марку - А. Стадія метаморфізму вугілля включає дві фази: катагенез та метагенез.

Катагенез – це фаза низькотемпературного метаморфізму в умовах повільного та тривалого занурення вугільних пластів. Масштаб зміни глибин досягає 3-7 км, температура підвищується до 130-180 ° С, тиск до 200 МПа. В цих умовах на зміну фізико-хімічним процесам перетворення рослинних залишків на буре вугілля приходять геологічні процеси переродження бурого вугілля на кам'яне вугілля. Утворюються низькометаморфізовані технологічні марки кам'яного вугілля I - IV ступенів метаморфізму Д, Г, Ж, К. При цьому відбувається подальша дегідратація, ущільнення, кристалізація колоїдів та проявляється сингенетичне розтріскування вугілля. Об'єм кам'яного вугілля, що утворюється, зменшується в цій фазі в 5-10 разів у порівнянні з вихідним обсягом торфовища.

Метагенез - це фаза високотемпературного метаморфізму при зануренні пластів вугілля на значні глибини до 5-10 км, де температура піднімається вище 150 ° С і досягає 300-350 ° С, а тиск до 600 МПа [5]. У цих умовах йде подальше переродження вугілля і відбувається плавлення та спікання коксівних мацералів груп вітриніту та ліптиніту, широко проявляють себе тектонічні процеси. Утворюються кам'яне вугілля та антрацит V - X ступенів метаморфізму ОС, П, А. У стадію метагенезу відбувається максимальне ущільнення вугілля, та його обсяг зменшується в 10 - 15 разів від обсягу вихідного торфовища [6],

Ступінь метаморфізму вугілля проявляється у їх фізичних та механічних властивостях. Фізичні властивості вугілля: колір вугілля різний і залежить від

петрографічного складу літотипу вугілля, присутності мінеральних домішок, ступеня вуглефікації. У міру збільшення ступеня вуглефікації колір вугілля змінюється від бурого і коричневого у бурого вугілля, до чорного у кам'яного вугілля і сіруваточорного з жовтуватим відтінком у антрацитів.

Колір rischi – це колір вугілля у порошку. Колір rischi визначається на неглазурованій порцеляновій пластині (бісквіті). Риска змінюється від бурої у марки Б, до бурої з чорнувтим відтінком у марки Д, чорної з бурим відтінком у марки Г, чорної з буруватим відтінком після розтирання у марки Ж і залишається чорною в інших марок вугілля К, ОС, П, А.

Блиск вугілля визначається відбивною здатністю. Він змінюється в широких межах і залежить від петрографічного складу та ступеня вуглефікації. Серед інгредієнтів вугілля найбільш блискучим є вітрен, трохи менше блищить кларен, матовим блиском володіють дюрен і шовковистим - фюзен. З мацералів найбільш блискучим є інертиніт, найменш блискучим ліптиніт, вітриніт займає проміжне положення по відбивній здатності. Зниження блиску у інгредієнта - фюзена проти блиску, що є його мацералом інертиніту, пов'язані з пористістю фюзена. Вітрен має щільну структуру і по блиску відповідає своєму мацералу вітриніту. З цієї причини блиск вугілля чисельно характеризується середньою відбивною здатністю вітриніту (R_0), на основі якої розроблена шкала метаморфізму вугілля [2]. Слід зазначити, що блиск вивчають у блискучих інгредієнтах вітрени та кларені. При визначенні блиску у вугілля різних технологічних марок необхідно порівнювати однакові інгредієнти, наприклад вітрен з вітrenom, але помилковим буде порівнювати блиск матових і блискучих інгредієнтів між собою.

Механічні властивості вугілля: твердість (для вугілля точніше м'якість) оцінюється у відносних одиницях за шкалою Мооса і змінюється в межах 1 - 3. Інгредієнти вугілля в порядку зменшення твердості складають ряд: дюрен, вітрен, кларен та фюзен. Мікротвердість мацералів визначається за їх рельєфом в аншліфах, які утворюються в процесі шліфування. Тверді мацерали мають позитивний рельєф, м'які – негативний. Мацерали за твердістю у послідовності її

зменшення розподілилися так: інертиніт (фюзиніт), вітриніт, ліптиніт. Невідповідність по твердості інгредієнтів і мацералів, що їх складають, пояснюється пористістю фюзену і присутністю великої кількості мінеральних домішок у дюрени. Присутність домішок у вугіллі впливає на твердість вугілля. Домішка кварцу підвищує твердість до 7, піриту – до 5, кальциту – до 3, домішка глинистих мінералів знижує твердість до 1. При метаморфізмі твердість мацералів, інгредієнтів та літотипів закономірно збільшується. Крихкість вугілля пов'язана зі ступенем діагенезу та метаморфізму, а також залежить від петрографічного складу. Найтендітнішим є матовий м'який інгредієнт фюзен, який мажеться як сажа. Вітрен жорсткий крихкий макрокомпонент, тому самий тріщинуватий і роздроблений. Кларен розламується із зусиллям та дає великі шматки. Дюрен - щільне і в'язке вугілля, насилу розколюється. У міру збільшення ступеня метаморфізму крихкість вугілля спочатку підвищується від бурого вугілля до кам'яного до коксівної технологічної марки. Вугілля коксівної марки найбільш тендітне. Подальше збільшення метаморфізму призводить до зменшення крихкості у вугіллі від коксівної марки до антрациту. Ця закономірність зміни крихкості пов'язана зі спікливістю плавких мацералів вугілля. Властивість крихкості проявляється у зламі, тріщинуватості та окремоті.

Злам - це форма поверхні сколу вугілля. Найбільше злам вугілля залежить від петрографічного складу, але також і від ступеня метаморфізму. Для пухкого бурого вугілля, позбавленого гумококлінітової цементуючої маси характерний землястий злам (рис. 1.4). У кам'яного вугілля довгополум'яної і газової технологічних марок вже виявлені суцільні, поки що нерівні поверхні в зламі, тому що в цьому вугіллі з'являється затверділий гель коллініт - мацерал сполучної основної маси.

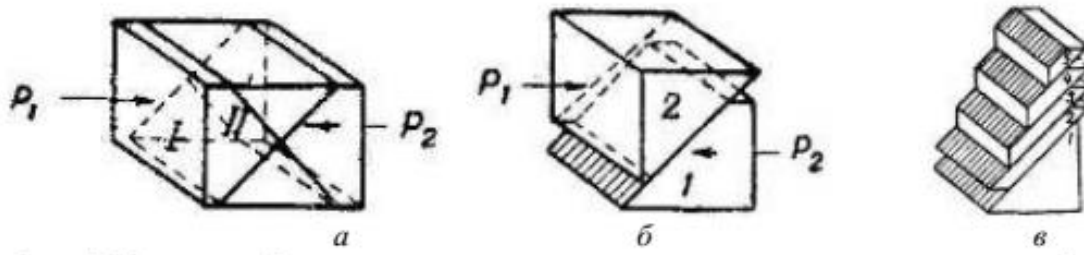


Рисунок 1.4. – Механізм утворення екзогенного кліважу у вугіллі та виникнення гребінчастої окремісті (за Г. А. Івановим):

а, б, у – послідовні прояви екзогенного кліважу.

P_1 , P_2 – напрямки зовнішнього тектонічного тиску,

I, II – поверхні, що виникають окремо,

1, 2, 3, 4, 5 – поверхні ковзання та утворення смуг вугілля

У подальшому процесі метаморфізму вугілля триває затвердіння коллініту, і поверхня їх зламу стає більш рівною. У вугіллі коксівної технологічної марки злам зернистий, що пов'язано з крихкістю плавких мацералів. У вугілля пісноспікливої та пісної технологічних марок зернистість у зламі зменшується. Антрацит має раковистий злам.

Окремість – це властивість вугілля розколюватися на уламки певної геометричної форми. Тріщинуватість підрозділяється на 5 груп. Визначення тріщинуватості вугілля проводиться з правильної установки зразка. Вугілля вивчається у вертикальному сколі, розташованому перпендикулярно по відношенню до полосчастості та шаруватості (рис.1.4).

Якщо вугілля має однорідну структуру, треба знайти в ньому поперечний зріз по відношенню до сингенетичної тріщинуватості. Можна також знайти характерні горизонтальні сколи за простими інгредієнтами вітрени та фюзену. На сколі по фюзену можна побачити відбиток структурного малюнка листа, скол по вітрени характеризується зернистим зломом. Перпендикулярно до зазначених поверхонь проходить вертикальний скол. Сингенетична тріщинуватість проходить паралельно загальній шаруватості частіше за прошарками простих інгредієнтів вітрени та фюзену.

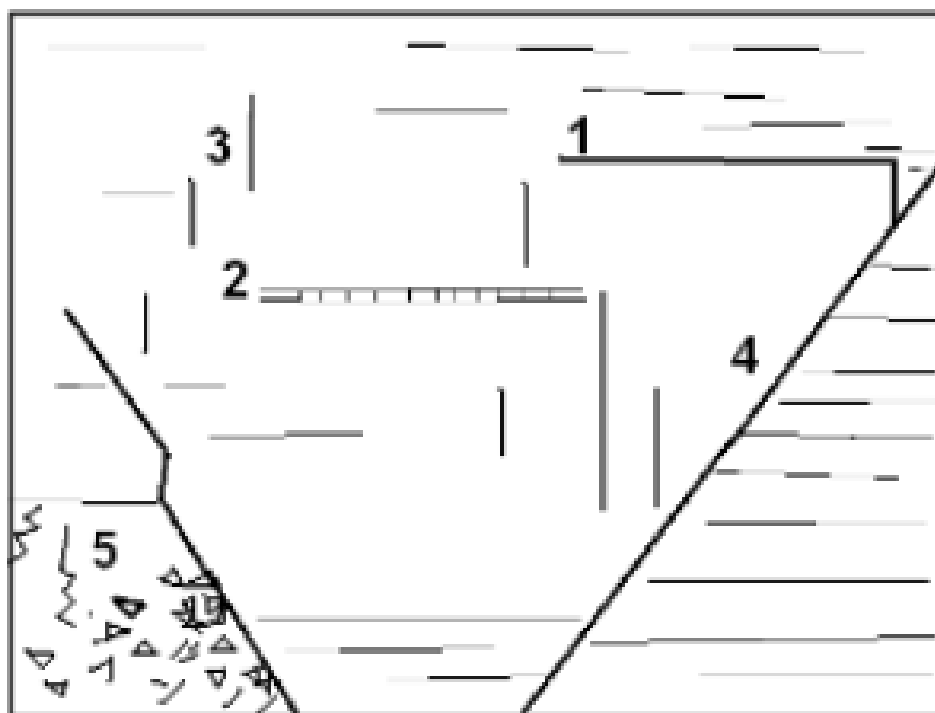
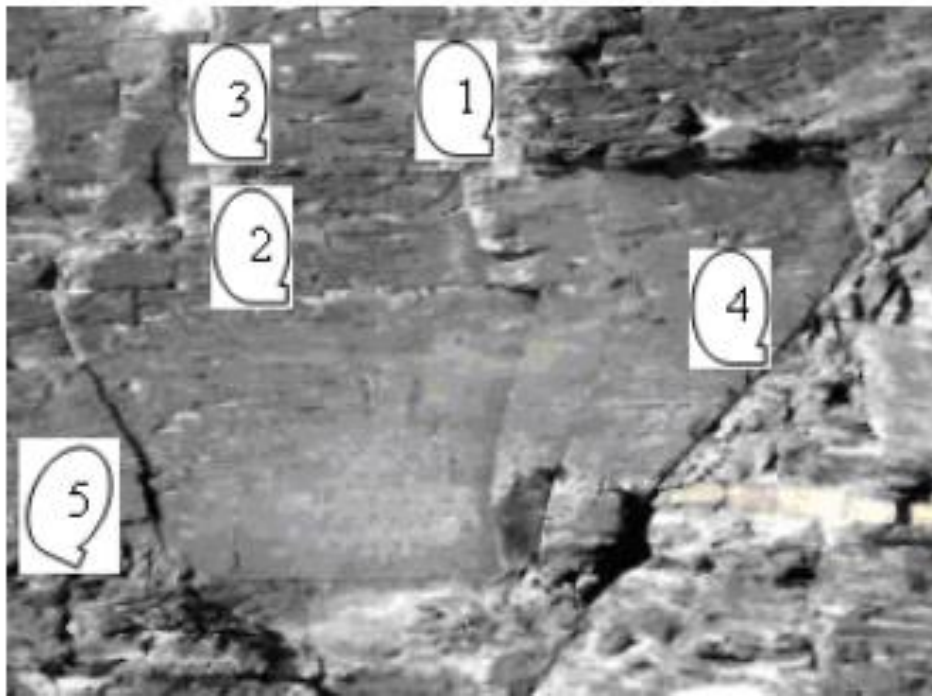


Рисунок 1.4. – Типи тріщинуватості у вертикальному сколі вугілля:

1 – сингенетична, 2-3 – ендогенний кліваж (2 – за вітrenom, 3 – по літотипу),
4 – вторинний тектонічний кліваж, 5 – тріщинуватість вивітрювання

Злам, що утворюється, виходить рівним, землистим по фюзену і ступінчастим, зернистим або раковистим по вітрену. Сингенетична тріщинуватість закладається в процесі відкладення відмираючих рослин у болоті

на етапі торфоутворення і проявляється в стадію діагенезу вугілля при дегідратації, ущільненні та біохімічному перетворенні торфу на буре вугілля. За характером напруги при розриві сингенетична тріщинуватість відноситься до тріщин розтягування, що виникають при усиханні речовини.

У процесі метаморфізму сингенетична тріщинуватість, що утворюється у вугіллі в стадію метаморфізму, розглядається як кліваж. Є два роду тріщин, що не збігаються з первинними сингенетичними тріщинами. Це – первинний ендегенний кліваж та вторинний тектонічний кліваж. Первинний ендегенний кліваж (планетарний за Г. А. Івановим) утворюється під впливом літостатичного тиску вище товщі гірських порід при регіональному метаморфізмі.

В геологічних умовах відбувається молекулярне ущільнення і скорочення обсягу речовини. Первинні ендегенні тріщини розташовуються перпендикулярно до сингенетичних тріщин. За характером напруги при розриві вони є тріщинами розтягування. У вугленосній товщі та пластах вугілля виділяється 4 види первинних ендегенних тріщин – це тріщини, що перетинають пласт на всю потужність; тріщини, що перетинають у пласті окремі пачки вугілля; тріщини, що перетинають окремі петрографічні літотиби вугілля всередині вугільної пачки; тріщини, локалізовані всередині прошарків та лінз блискучого інгредієнта вітрена. Для діагностики технологічної марки вугілля істотну роль відіграватимуть два останні види тріщин: по літотипу вугілля та вітрону. Кліваж по літотипу вугілля являє собою перетин двох взаємно перпендикулярних систем тріщин, що розташовуються найчастіше нормально до сингенетичної тріщинуватості. Поверхня тріщин первинного ендегенного кліважу рівна гладка. У міру підвищення щаблів метаморфізму (рис. 1.5) первинний ендегенний кліваж з літотипу збільшується. Ендегенний кліваж по літотипу, перетинаючись з сингенетичною тріщинуватістю, обумовлює різні форми окремоті, у вугіллі бурій та довгополум'яної технологічних марок, де найбільшою мірою проявлена сингенетична тріщинуватість, виникає шарувата окремоті, паралельна полосчастості вугілля.

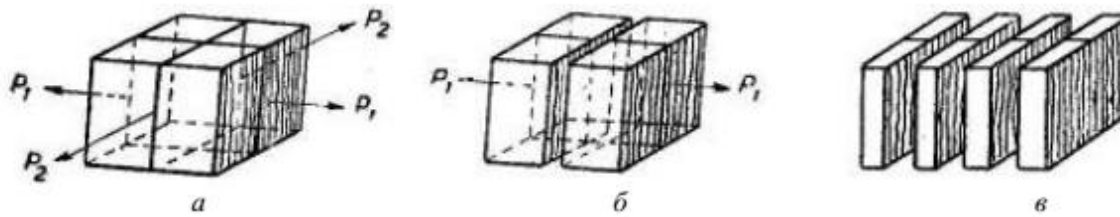


Рисунок 1.5. – Схема утворення первинного ендогенного кліважу з літотипу та види окремості (за Г. А. Івановим):

а – показані напрямки сил внутрішнього розтягування (P_1 , P_2); б – призматична у коксівного вугілля, в – пластинчаста біля пісного вугілля

У вугіллі газової технологічної марки починає помітно виявлятися ендогенний кліваж по літотипу, і окремість стає паралепіпедною. Паралепіпеди лежать паралельно шаруватості. Вугілля жирної технологічної марки, в яких ендогенний кліваж посилюється і проявляється нарівні із сингенетичною тріщинуватістю, мають ізометричну окремість. У вугіллі коксової технологічної марки виявлена призматична окремість. Вугілля опісненоспікливої і пісної технологічних марок мають пластинчасту окремість, що розташовується перпендикулярно до полосчастості. В антрациті, що складається з одного інгредієнта кларена, всі тріщини заліковані і шматки вугілля, що утворюються, мають ізометричну окремість.

Проте, характер тріщинуватості залежить як від ступеня вуглефікації, так і від петрографічного складу. Намічена закономірність за ознаками окремості краще виявлена в блискучому вугіллі і може меншою мірою виявлятися в матовому і полосчастому вугіллі, де шарувата окремість може зберігатися у високо метаморфізованих марках. Кліваж по вітрени проявляється у вигляді дрібних поперечних тріщин, локалізованих усередині прошарків і лінз вітрена. Вітрен, як найщільніший і крихкий інгредієнт має найбільш інтенсивну тріщинуватість, яка залежить від ступеня метаморфізму. У міру збільшення літостатичного тиску (рис. 1.6) при катагенезі вугілля тріщинуватість вітрена в природних видах та технологічних марках зростає у напрямку Б→Д→Г→Ж→К.



Рисунок 1.6. – Схема утворення ендегенного кливажу за вітреном (за Г. А. Івановим): а – показані напрямки скорочення «відрізка» вітрена під впливом літостатичного тиску (АВ – вихідний «відрізок» вітрена, А₁В₁ – нове положення «відрізка» вітрена при скороченні); б - показані напрямки сил внутрішнього розтягування, що виникають у вітрени (а, b, c, d)

У коксівному вугіллі тріщинуватість вітрена максимальна. Далі при метагенезі тріщинуватість вітрена зменшується у напрямку К→ОС→П→А. Цей процес відбувається всупереч дедалі більшому тиску і пов'язаний зі збільшенням температури при катагенезі, яка викликає спікання плавкого вітрена і затягування раніше утворених у ньому тріщин. Вивчення кливажу з вітрени у кількісному вираженні дозволяє надійно визначати технологічну марку вугілля. Відстані між ендегенними тріщинами у вітрени для метаморфічного ряду вугілля: для бурого вугілля ця величина становить > 7 мм, у технологічних марках кам'яного вугілля змінюється в наступному порядку: у довгополум'яному 5-7 мм, у газовому 3-5 мм, у жирному 2-3 мм, в коксівному 1-2 мм, в опісненоспікливому 2-3 мм, в пісному 3-5мм та в антрациті > 5 мм. Вторинний тектонічний кливаж (екзогенний за Г. А. Івановим) утворюється під впливом тектонічних рухів і бічного тиску (стресу), що виникає при цьому. Такий вид метаморфізму сприймається як динамічний. Тектонічний кливаж представляє собою одну або дві системи тріщин, що перетинаються, орієнтованих перпендикулярно до напрямку стресу і під незакономірним кутом до поверхонь нашарування. Їхня інтенсивність залежить від інтенсивності тектонічних рухів. Поверхні тектонічних тріщин мають сліди переміщення: дзеркала ковзання, струмінчастість, гребінчастість.

Тектонічний кливаж за характером напруги при розриві є тріщиною стиснення, яке викликає сколювання або зрізання вугілля. Він уражає вугілля, що утворюється в стадію метагенезу, і найчастіше виявлений у кам'яному вугіллі

технологічних марок К, ОС, П. Вторинна тріщинуватість вивітрювання (гіфєргенна за Г.А. Івановим) виникає при вивітрюванні вугілля в умовах поверхні Землі. На початкових стадіях форма тріщин клиноподібна, розкрита вгору та тріщини розташовуються в межах шару. При більш глибокій зміні вугілля розпадається на шматочки різної форми. Нерідко вздовж тріщин вивітрювання виявлено екзогенну мінералізацію у вигляді прожилків глини, халцедону, лимоніту або плівки окиснення вугілля у вигляді райдужної втечі. Поверхня тріщин неоднорідна, горбиста, кавернозна. Геометричне розташування збігається з ослабленими зонами у вугіллі. Тріщинуватість вивітрювання найчастіше відзначається у вугіллі низьких щаблів метаморфізму бурої та довгополум'яної технологічних марок.

На перших етапах метаморфізму вугілля відбуваються розпад кисневмісних груп і розрив гідролізованих зв'язків. Зазначений процес охоплює переважно периферійні частини макромолекул. Далі макромолекули вугілля розпадаються на певні ланки. Звільнені валентності утворюють зв'язки, стійкі у нових термодинамічних умовах. У вільному вигляді виділяються вода, діоксид вуглецю та інші низькомолекулярні сполуки. Утворюється складна система молекул органічних та неорганічних речовин - система, що складається з компонентів, що відрізняються в умовах земних надр абсолютно різною рухливістю.

Якщо низькомолекулярні кисневмісні компоненти залишають вугільний пласт, то високомолекулярні компоненти в умовах вугільного пласта мають дуже обмежену рухливість. Таким чином, на перших етапах метаморфізму відбувається руйнування (розукрупнення) первинних макромолекул з утворенням та накопиченням органічних сполук, що характеризуються меншою молекулярною масою порівняно з вихідними макромолекулами. В результаті неоднакової конденсованості основних структурних одиниць макромолекул ланки, що утворюються, відрізняються між собою за хімічним складом і властивостями. В цілому, речовини, що складають вугільний пласт, внаслідок відщеплення та міграції за межі системи низькомолекулярних кисневмісних

сполук стають більш відновленими. Це чітко фіксується при поділі вугілля в серії рідин різної щільності за зростанням кількості легких фракцій вітриніту. У вітриніті збільшується вміст водню та вуглецю. У газах, що утворюються за метаморфізму вугілля, вміст важких вуглеводнів безупинно зростає.

У принципі, якщо знати цей прогноз, то параметри вентиляції мають бути налаштовані на нього. В даний час при розрахунку вентиляції за «Керівництвом...» [1] враховується нерівномірність виділення метану спеціальним коефіцієнтом, який не має відношення до зміни метаноносності вугілля в пласті. Не враховується можливість підробітку та надробітку пластів вугілля, що мають локальні викидонебезпечні ділянки з високим вмістом метану. Підвищені обсяги метану надходять у вироблений простір, створюючи вибухонебезпечну суміш.

Перші раптові викиди відбулися середині XIX століття у Франції, Канаді, Німеччині, Англії, Угорщині. У Росії вперше вони були зареєстровані на початку XX століття.

Вивчення раптових викидів метану та вугілля з метою прогнозування викидонебезпечних зон та запобігання раптовим викидам триває протягом багатьох років. В основі формування уявлень про процеси, що відбуваються під час викидів, знаходяться не лише дані спостережень, а й рівень розвитку науково-теоретичних уявлень та відкриттів у фундаментальних науках про будову речовини та процеси її формування.

Перші гіпотези про походження раптових викидів було сформульовано ще на початку минулого століття. У 1910 р. Stassart і Lemair припустили, що раптові викиди відбуваються у місцях підвищених залишкових напруг тектонічного походження чи препації вугільних пластів у місцях геологічних порушень. У 1917 р. російський учений Н.М. Черніцин [2] доводить викиди скупченням газу з підвищеним тиском. Л.М. Биков (МакНДІ) також передбачає наявність у пластах специфічних осередків, що складаються з системи комірчастих тріщин, заповнених газом. При наближенні вибою до такого осередку можливий прорив

газу у виробку. J. Jicinsky, M. Morin, F.C. Cornet, M. Jarlier доводять раптові викиди концентрацією напруг навколо гірських виробок.

В результаті цих припущень набули поширення дві основні гіпотези, в яких основними джерелами енергії руйнування вугілля та викиду були газ, що знаходиться у вугіллі, або гірничий тиск.

У 1952 р. В.В.Ходотом [3] була розроблена енергетична теорія раптових викидів вугілля та газу, що враховує гірничий тиск, тиск газу та фізико-механічні властивості вугілля (міцність вугілля при дробленні та опір його одновісному стиску). На його думку, основною причиною викидів є неоднорідність структури вугілля. Проте під структурою вугілля автор розуміє лише його тріщинуватість. Однією з умов виникнення раптового викиду є зменшення його міцності у зоні тектонічних порушень, особливо пликативних. У ньому змінюється структура пласта «з утворенням пачок і включень перем'ятого, аморфного вугілля, поруч із збереженням ділянок пласта з непорушеною структурою» [3].

Вченими А.Е.Петросяном, Б.М.Івановим, І.М.Петуховим та ін. були продовжені теоретичні концепції В.В.Ходота, С.А.Христиановича, Л.Н.Бикова та ін. В основі їх уявлень основними причинами викидів залишилися концентрація напруг попереду вибою, сорбційна метаноемність та газопроникність вугілля. Автори вважають, що вугілля небезпечних та безпечних за викидами пластів мають однакову сорбційну метаноемність. Зміст вільного газу у вугіллі залежить від обсягу макропор і тріщин, а сорбційна метаноемність пласта залежить від петрографічного складу вугілля. При цьому на сусідніх ділянках пласта зазвичай однакова метаноносність, а через різну порожнечу тиск газу попереду вибою в пласті може досягати 10-13 МПа.

Перевагою розглянутих теоретичних уявлень є визнання існування високопористої вугільної речовини, насиченої газом під великим тиском. Однак вони не дають пояснення, де можлива зустріч вибою з такою локальною ділянкою пласта.

Багатьма вченими визнається складна макро- і мікроструктура вугільної речовини, що складається з різних інгредієнтів, які мають свою природу, фізико-хімічні умови утворення та фізичні властивості. Є велика кількість досліджень, що пояснюють їх відмінності. Те, що не можна пояснювати «перем'ятість» вугілля у викидонебезпечних зонах лише близькістю до порушень, розуміють багато дослідників. Так, у роботі [4] зазначається, що крім силового руйнування вугілля необхідно враховувати пухкість його надмолекулярної структури у нормальних умовах.

На думку авторів, потрібно вивчити можливі структури вугілля на момент його утворення та подальших змін на стадії метаморфізму. Звичайно, необхідно враховувати підвищення метаноносності вугілля саме у викидонебезпечній зоні.

Для прогнозування викидонебезпечних зон основним є питання природи викидонебезпечної зони. Якщо викидонебезпечна зона (раптовий викид) утворюється в результаті випадкового поєднання ряду факторів та умов [3], то попереднє прогнозування взагалі неможливе. Якщо викидонебезпечна зона являє собою локальну ділянку пласта або його шару з аномальною структурою (залежної від його генези) вугільної речовини, схильної за певних умов до раптового руйнування і викиду, то тоді можна прогнозувати умови його утворення під час торфонакопичення.

Вочевидь, останнє припущення реальніше. Доказом є застосування на всіх небезпечних пластах локальних способів прогнозу та запобігання раптовим викидам. Ці способи розроблялися у припущенні, що у ході руху виробки можлива зустріч із такою викидонебезпечною зоною. Практика показала також, що є певні ознаки, які свідчать про наближення до такої зони.

Таким чином, наявні уявлення про випадковий характер раптових викидів у межах пласта не дозволяють прогнозувати локальні скупчення вугільної речовини з високим вмістом метану.

Невирішеність проблеми природи формування викидонебезпечних зон визначила сучасний рівень прогнозування. Відповідно до «Інструкції з

безпечного ведення гірничих робіт на пластах, небезпечних із раптових викидів вугілля (породи) та газу» [5] до викидонебезпечних відносяться шахтопласти, на яких відбулися раптові викиди або викидонебезпечність яких встановлена поточним прогнозом або прогнозом під час розрізу. При цьому прогноз базується на глибині залягання вугільного пласта, природної газоносності вугільного пласта, потужності вугільного пласта, руйнування вугілля, кількості вугільних пачок, а розрахунок небезпеки проводиться за емпіричною формулою.

На етапі геологорозвідувальних робіт, та й у гірничих виробках неможливо отримати ці показники, оскільки неможливо поширити характеристику вугілля в точці відбору проби на навколишній масив пласта. Через відсутність достовірних відомостей про місцезнаходження викидонебезпечних зон у межах пласта на великій ділянці шахтного поля змушені здійснювати дорогі та небезпечні заходи для запобігання раптовим викидам вугілля та газу, які значно знижують темпи прохідницьких робіт. При виконанні локальних заходів існує велика частка ймовірності газодинамічних проявів.

Руйнування вугілля, як і коефіцієнт міцності вугілля в умовних одиницях, визначений за керновими зразками за допомогою приладу для визначення міцності П-1, не можуть дати об'єктивної характеристики, необхідної для визначення аномальної метаноємності вугільної речовини далеко від місця отримання зразка.

На стадії геологорозвідки також використовуються такі показники як вихід летких V^{daf} (%) та товщина пластичного шару вугілля u (мм) [5].

Вихід летких речовин вугілля розуміється як суміш газоподібних і пароподібних продуктів, що утворюються при нагріванні 1 г навішування вугілля без доступу повітря до 850° - 1000° С. Вихід летких речовин на безводний і беззольний стан є, як і волога, класифікаційним параметром. Він закономірно зменшується у ряді гуммітів зі зростанням ступеня метаморфізму: від 67% у бурих землястих вугіллі (Б1) до 1-2% в антрацитах.

Вихід летких речовин і показник спікливості дають уявлення лише про хімічні властивості, петрографічний склад зразка та про ступінь відновленості вітриніту в ньому. Про величину метаноносності ці показники уявлення не дають. Відсотковий вміст основних мікрокомпонентів, таких як вітрен V_t та фюзен F , які визначають основні фізико-механічні та технологічні властивості вугільної речовини та пласта, як матеріалу, змінюється у широких межах. Від обсягів вугільної речовини з різним вмістом цих простих інгредієнтів залежить і пористість, і міцність, і метаноносність викидонебезпечного шару або його ємнісні властивості.

Зміна співвідношення між вибухами та викидами метану корелюють зі зміною геолого-генетичних характеристик вугілля у пластах зі збільшенням глибини гірничих робіт. На шахтах, де пройшли горизонти, небезпечні за раптовими викидами, нижче цих горизонтів зустрічатимуться лише локальні ділянки пласта з підвищеним вмістом метану [6]. Для забезпечення вибухобезпеки у шахтах необхідний прогноз цих локальних скупчень метану, який викидатиметься у шахтну атмосферу.

Сучасний рівень вивченості будови речовини, особливостей її синтезу з різних компонентів, впливу умов на енергетичний стан та утворення молекулярної та надмолекулярної організацій, дозволяє вирішити проблему прогнозу місць формування викидонебезпечних зон у вугільному пласті та розробити ефективні способи забезпечення безпеки під час проведення гірничих виробок.

Внаслідок різноманітності умов, у яких відбувалося торфонакопичення, сформувалися вугільні пласти з різним речовинно-петрографічним складом. Ця різниця спостерігається на мікро та на макрорівні. Аналіз показав, що викидонебезпечним вугіллям, а значить і з великим вмістом метану, є м'яке вугілля. Через локальні ділянки з великим вмістом метану на практиці весь шар або пласт такого вугілля відносять до небезпечного по раптовим викидам. Однак не на всій ділянці пласта, на якому м'який шар вугілля, відбуваються раптові викиди вугілля і газу. За площею пласта спостерігається виклинювання

сажистого шару, заміщення його вуглистим сланцем, аргілітом, розташування його вище або нижче пропластка аргіліту або розлінзованого шару вугілля. Сажеве вугілля розташоване «гніздоподібно» за площею пласта.

Проблема забезпечення метанобезпеки на шахтах залишається актуальною і сьогодні. В останні роки зменшилася кількість та потужність раптових викидів вугілля та метану. Водночас збільшилася кількість вибухів метану з великими людськими жертвами та витратами на ліквідацію наслідків. Зі збільшенням глибини гірських робіт змінилися геолого-генетичні характеристики вугільної речовини у пластах. Формування накопичення метану у пласті - це природне явище. Для запобігання вибухам метану в шахтах необхідний новий підхід до прогнозування розташування ділянок пластів з аномальним або підвищеним вмістом метану. Аномальний вміст метану на локальних ділянках пластів є результатом неоднакових геолого-генетичних умов торфонакопичення та вуглеутворення.

Іншим показником метаморфічних перетворень є сукупність фізико-хімічних перетворень вугільної речовини під впливом кисню. Складність опису процесу окиснення вугілля обумовлена значною мірою тим, що, з одного боку, вугілля не має єдиної періодичної молекулярної структури, властивості якої можна було б описати однозначно. З іншого боку, швидкість і глибину окиснення вугілля можуть проводити різні чинники, зокрема зовнішні. Існує цілий ряд теорій, що пояснюють механізм окиснення вугілля. У роботах [19, 20] докладно розглянуто основні уявлення про механізми окиснення вугілля. Піритна теорія є ранньою (вперше була запропонована німецьким ученим Юстусом фон Лібіхом у 1860-ті рр.). Пірит, що входить до складу неорганічної частини вугілля, окислюється із тепла. Продукти реакції – сульфатна кислота та сульфат заліза – взаємодіють із вугіллям. У 22 лабораторних умовах вугілля, оброблене сульфатнокислим залізом, активніше вступає у реакцію з киснем, ніж необроблене [19]. За наявності у вугіллі карбонатів магнію і кальцію сульфатна кислота може реагувати з цими речовинами, які при цьому збільшуються в обсязі. Це призводить до розтріскування вугільної речовини і, як наслідок,

збільшення питомої сорбуючої поверхні, що разом з підвищенням температури інтенсифікує процес окиснення вугілля.

Фенольна теорія окиснення вугілля була запропонована В.В. Троновим [21]. Відповідно до цієї теорії, окиснення вугілля відбувається внаслідок наявності в ньому фенольних атомних груп, які енергійно поглинають кисень при зіткненні з повітрям, зумовлюючи цим розвиток екзотермічної реакції окиснення. Теорія комплексу кисень-вугілля була розвинена А.А. Скочинським [22] та Н.М. Караваєвим, В.Ф. Орешко [23], В.І. Касаточкіним [24] та ін. При контакті вугілля з повітрям спочатку відбувається сорбція кисню з утворенням кисневмісних сполук типу перекисів. Тепло, що виділяється при цьому, прискорює взаємодію вугілля з киснем. Процес адсорбції перетворюється на хемосорбцію. Нестійкі кисневмісні сполуки розпадаються і утворюються складніші за будовою кисневмісні сполуки, процес також супроводжується виділенням тепла і безперервно прискорюється. Описані механізми тією чи іншою мірою завжди виявляються в процесах окиснення вугілля; Внесок цих процесів, однак, може бути різним у кожному конкретному випадку. Тому схильність вугілля до окиснення необхідно розглядати з урахуванням впливу різних факторів на загальний процес окиснення, та використовувати при цьому комплекс методів, що виявляють внесок цих факторів.

Прийнято вважати, що зміна показників якості вугілля при окисненні проходить у напрямі, зворотному при метаморфізмі вугілля. Знижується теплотворна здатність, збільшується вміст гумінових речовин і активних кисневмісних груп, а спікливість вугілля починає знижуватися вже на початкових стадіях окиснення, коли інші показники не виявляють значних змін.

При окисненні вугілля збільшується сорбційна активність та гідрофільність, отже, погіршується флотованість. На початковій стадії окиснення вугілля, що має високу спікливу здатність, спостерігається підвищення міцнісних характеристик: зростає мікротвердість і міцність коксу на стирання. При окисненні вугілля збільшується його пористість. Існує думка, що зростає кількість макропор, при цьому відбувається закупорка вустя пір

розміром менше 10 Å. У зв'язку з цим у деяких випадках при окисненні спочатку спостерігається зниження питомої поверхні, а потім, при подальшому збільшенні макропор, знову її зростання. Також зазначено, що буре і молоде кам'яне вугілля на початкових стадіях окиснення виявляють ознаки полімеризації та ускладнення структури, тоді як зрілі вугілля безпосередньо окиснюються без початкової реструктуризації.

В даний час існує цілий ряд методів вивчення схильності вугілля до окиснення. Ряд методів засновано на термоокисненні вугілля при низьких температурах. Сутність даного методу в загальному випадку полягає в тому, що попередньо подрібнений зразок вугілля поміщають у повітря, що продувається потоком з постійною концентрацією кисню тепловою камеру і починають нагрівати з постійною швидкістю. Вимірюють температуру в об'ємі камери та в центрі зразка. Спочатку температура зразка вугілля в кожний момент часу виявляється нижчою, ніж температура в камері (графік зростання температури в камері в часі розташований нижче за графік зростання температури зразка). Однак під впливом кисню повітря починають відбуватися екзотермічні процеси окиснення вугілля, що призводять до підвищення температури зразка, зокрема щодо температури в камері. У певний момент часу графіки зміни температури в камері і зразку перетинаються, і далі зростання температури зразка починає випереджати зростання температури в камері. Температура саморозігрівання вугілля тим вища, що більш метаморфізоване вугілля. Також температура саморозігріву залежить від глибини залягання вугільного пласта. З технологічних параметрів, що впливають на температуру саморозігрівання, можна відзначити вологість вугілля та його крупність. Метод розроблений для оцінки схильності вугілля до самозаймання, але відображає кінетику окиснення вугілля та дозволяє робити висновки про інтенсивність процесу низькотемпературного окиснення.

Диференціальний термічний аналіз (ДТА) - метод фазового аналізу конденсованих гетерогенних систем, що дозволяє визначати термодинамічні

параметри речовин: теплоємність та її зміну, температуру та ентальпію фазових переходів.

Метод диференціальної скануючої калориметрії (ДСК) заснований на реєстрації зміни теплового потоку між досліджуваним зразком і еталоном в умовах термічного впливу і може використовуватися як визначення теплоти хімічної реакції, так і для дослідження фізичних змін, що відбуваються в речовині. Перевагою застосування методу ізотермічної калориметрії також є можливість оцінювати теплові характеристики вугілля *in situ* та використовувати дані про тепловиділення та теплові потоки для розрахунку кінетичних показників, що характеризують інтенсивність процесів низькотемпературного окиснення вугілля.

Для визначення хімічної активності самозаймистих матеріалів, зокрема вугілля, нині використовується метод, розроблений ще 60-х рр. минулого сторіччя в ІГД ім. О.О. Скочинського. Сутність методу полягає у тому, що швидкість сорбції кисню вугіллям характеризується зменшенням концентрації кисню в сорбційній посудині. Випробовувану пробу поміщають у посудину, заповнену повітрям, герметично її закривають і після певного часу за допомогою газового аналізу визначають спад у ньому кисню. Оскільки швидкість сорбції кисню залежить від його концентрації, яка може мати різні кількісні значення і не залишається постійною під час досвіду, показником хімічної активності вугілля служить не сама швидкість сорбції, а кінетична константа швидкості, яка не залежить від концентрації кисню в газовому середовищі. В даний час у дещо модифікованому вигляді цей метод є основою оцінки схильності вугілля до самозаймання.

За низьких температур сумарний процес окиснення вугілля визначається реакціями взаємодії кисню з активними групами аморфних органічних речовин. Існуючі якісні та кількісні методи визначення активних функціональних груп засновані на хімічних реакціях, пов'язаних із хемосорбцією різних агентів. Найбільшого поширення набули якісні методи, засновані переважно на ІЧ-спектроскопії вугілля. Для кількісної оцінки зазвичай використовують хімічні

хемосорбційні методи, засновані на зв'язуванні сумарних кислих груп катіонами лужних або лужноземельних металів з подальшим титрометричним закінченням. Цей метод до 1994 р. входив до складу ГОСТ 8930-79 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окисненості». Великим недоліком цього була складність титрування сильно пофарбованих розчинів. Останнє визначає необхідність удосконалення цього методу з позицій підвищення його інформативності і достовірності.

Окремо слід виділити методи, засновані на окисненні вугілля газоподібними окислювачами – киснем і озоном за різних температур. Подібні методи дозволяють визначити сорбційну та хімічну активність вугілля до окислювачів, що перебувають у газовій фазі. Перевага застосування чистого озону і кисню у тому, що у реакції вугільної речовини з окислювачем беруть участь сторонні хімічні елементи. Використання кисню у складі повітря при температурах навколишнього середовища для таких вимірювань пов'язане, як правило, з досить тривалими випробуваннями, зумовленими досить низькою швидкістю взаємодії вугілля з киснем, нестабільністю концентрації кисню та впливом домішок та перешкод інших компонентів повітря. Вища реакційна здатність озона дозволяє проводити вимірювання в м'яких умовах, при кімнатній температурі та протягом більш короткого часу. Однак, ці методи не дають можливості визначити мінеральні та валентні форми заліза, що беруть участь у процесі окиснення вугілля.

Визначення ендогенної порушеності вугілля методом термостимульованої акустичної емісії також показав значні кількісні та якісні відмінності між бурими та кам'яними вугіллями, що дозволило запровадити кількісний показник – коефіцієнт термічної стійкості.

Спільний розгляд наведених методів дозволяє виділити кілька груп ознак структури, складу та реакційної здатності вугілля, що найбільш істотно впливають на їх схильність до окиснення в частині зміни якості:

1 – генетичні ознаки, пов'язані з походженням вугільної речовини у процесах генези та метаморфізму. Це - стадія метаморфізму вугілля, їх

петрографічний склад, а також склад неорганічної (мінеральної) частини вугілля. Для визначення кількісних значень цих показників є добре апробовані достовірні методики, більшість з яких регламентовані державними стандартами;

2 – хімічна активність вугілля стосовно окислювача. У цю групу входять показники, що характеризують взаємодію вугілля з киснем, такі, як сорбційна активність по відношенню до газоподібних окисників – кисню або озону, а також кількість активних кисневмісних груп у складі вугілля, що визначають їх сорбційну здатність до окисників. Для характеристики хімічної активності вугілля стосовно кисню чи озону використовують, зазвичай, кінетичні показники – константи швидкості, зміна концентрації газу, і т.д., що кількісно описують процес. Показано перспективність та переваги використання для оцінки хімічної активності вугілля методів, заснованих на їх взаємодії з озоном при температурі навколишнього середовища. Кількість активних груп визначають хемосорбційними чи спектральними методами. Відзначається необхідність удосконалення хемосорбційних методів із позицій підвищення їх інформативності та достовірності.

3 – ефективні кінетичні параметри, що характеризують інтенсивність екзотермічних процесів, що призводять до розігріву вугілля. До цих параметрів відносяться різні теплові характеристики, що змінюються в часі, такі як тепловий потік і зміна температури. Ці параметри визначають різними методами: ДСК, ізотермічною та адіабатичною калориметрією, термічними аналізами тощо. Показано перспективність застосування сучасних ізотермічних калориметрів для вимірювань теплових потоків, що формуються за низькотемпературного окиснення вугілля.

4 – ознаки ендогенної та екзогенної порушеності вугілля, що визначають доступ окислювача до вільної поверхні вугілля, їх газопроникність та коефіцієнти дифузії. До цих ознак відносяться пористість вугілля, тріщинуватість і схильність до тріщиноутворення, а також крупність.

Використання класичних методів, заснованих на теорії масо- та теплоперенесення та хімічної кінетики для багатокомпонентного вугільного середовища є досить ускладненим. Тому методи оцінки координат осередків самозаймання, в першу чергу, мають базуватися на обліку закономірностей зміни молекулярної структури вугільної речовини в інтервалі температур, що визначають процеси її самозаймання та горіння.

Про актуальність даного питання свідчить факт відсутності надійного інженерного методу визначення груп пожежонебезпеки шахтопластів, що не дозволяє працівникам шахт і об'єднань проводити необхідні розрахунки, а виникає необхідність спрямовувати вихідні матеріали для встановлення групи пожежонебезпеки до науково-дослідних організацій.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

В даний час найменш вивченим залишається питання про умови виникнення осередків самозаймання вугілля в різних частинах (зонах) шахтного поля. У багатьох випадках достовірно не встановлені гірничотехнічні і гірничо-геологічні чинники, що сприяють розвитку осередків самозаймання вугілля в характерних місцях шахтного поля. Вивчення цього питання є актуальним завданням для вугільної промисловості, оскільки від його вирішення багато в чому залежить здоров'я і життя гірників, що працюють у підземних умовах. Дослідження в цьому напрямку сприяють удосконаленню безпечного відпрацювання вугільних пластів.

Осередки самозаймання виникають в скупченнях відбитого вугілля (у виробленому просторі експлуатованих або відпрацьованих лав), у крайовій частині масиву або в ціликах вугілля, в зонах впливу геологічних порушень або поза ними. Умови і причини виникнення осередків самозаймання в зазначених випадках мають абсолютно різну природу. При розгляді випадків самозаймання відбитого вугілля, крім його хімічних властивостей, необхідно розглядати фактичні розміри його скупчень. В аналізі статистичних даних, наприклад, розглядалася потужність пласта, яка безпосередньо не визначає втрати вугілля в зонах його скупчень. Більшою мірою вони залежать від технології видобутку вугілля.

Осередки виникнення зон самозаймання вугілля в пластах, крім їх хімічної активності, визначаються станом порушеності пласта у зонах геологічних порушень або впливу підвищеного тиску.

Виникнення осередків самозаймання в різних частинах шахтного поля пов'язане з гірничотехнічними і гірничо-геологічними умовами знаходження вугілля. Процеси самозаймання відбуваються під впливом характерних для цих осередків факторів, які можуть істотно активізувати або гальмувати зазначені процеси.

Ендогенні пожежі мали місце практично в усіх гірничих виробках. Осередки самозаймання виникали за наступних обставин:

- у скупченні втрат вугілля при веденні очисних робіт або після їх припинення;
- у крайовій частині масиву розроблюваного пласта або залишених ціликів вугілля;
- у зближених підроблюваних або надроблюваних пластах;
- в очисних і протяжних гірничих виробках в зоні впливу геологічних порушень або поза ними;
- у скупченнях вугілля після його викиду при газодинамічному явищі або в порожнині цього викиду.

Скупчення втрат вугілля внаслідок ведення очисних робіт можуть перебувати в різних частинах експлуатованих виїмкових ділянок або всього шахтного поля. Зазвичай відбите вугілля акумулюється в робочому просторі лави, а по мірі посування очисного вибою - в її виробленому просторі. За межами експлуатованої виїмкової ділянки втрати відбитого вугілля знаходяться у виробленому просторі зупинених лав. Це свідчить про те, що втрати відбитого вугілля, як джерела осередків самозаймання, можуть перебувати як у діючих гірничих виробках, так і в непідтримуваних і активно непровітрюваних. Режим провітрювання гірничих виробок визначає, з одного боку, умови припливу кисню до можливих осередків самозаймання відбитого вугілля, а з іншого - тепловіддачу окислювальних процесів.

Від режиму контакту рудничної атмосфери з відбитим вугіллям залежить спрямованість процесів самозаймання. При переважному винесенні тепла вони не отримують подальшого розвитку і утворення осередків самозаймання не відбувається. Якщо ж за рахунок руху повітряного потоку не здійснюється уповні винос тепла, то відбувається його акумулювання у скупченнях відбитого вугілля. Можлива і динамічна рівновага, якщо накопичення тепла дорівнює його виносу, яка може бути порушена при зміні режиму провітрювання або умов накопичення тепла.

За інших, рівних умов, фактор наявності тривалого контакту рудникового повітря зі скупченням відбитого вугілля є необхідною умовою виникнення осередків самозаймання. Це можливо тільки шляхом акумулювання тепла при

окислювальних процесах у скупченнях відбитого вугілля певних розмірів. Головна умова горіння - приплив кисню до осередку самозаймання. Кисень надходить разом з вентиляційним струменем повітря або з його витокami через вироблений простір експлуатованих і зупинених лав. Другою необхідною умовою виникнення осередків самозаймання відбитого вугілля є наявність його скупчень достатніх розмірів. Підтвердженням виникнення осередків самозаймання, за інших рівних умов, тільки під впливом припливу кисню і достатньої дисперсності скупчень відбитого вугілля, служать статистичні дані про ендегенні пожежі (рис. 2.1).

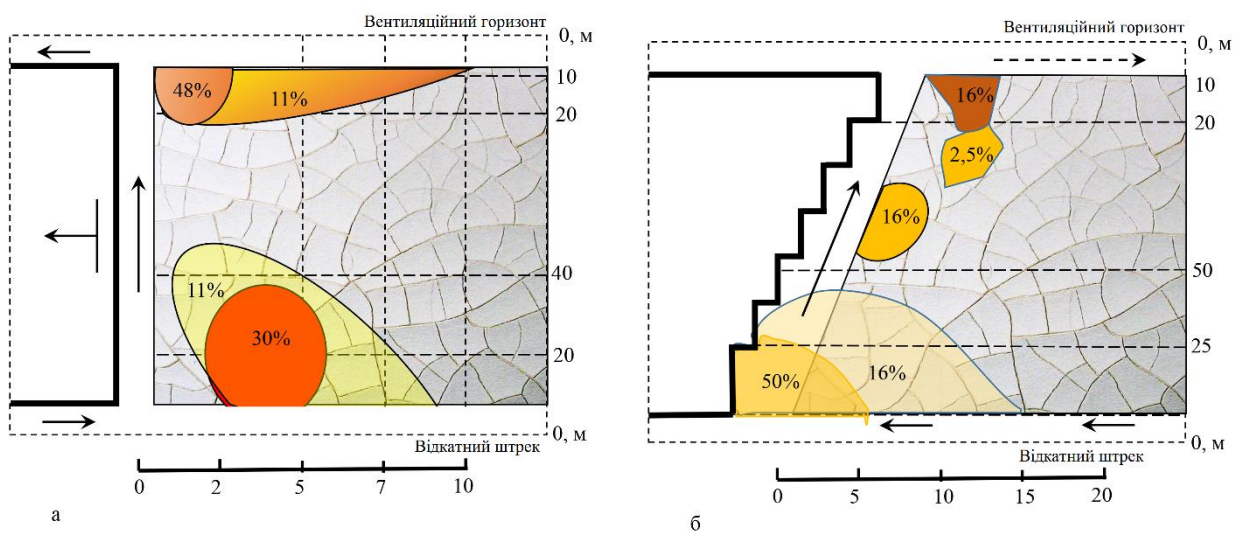


Рисунок 2.1 - Пожежонебезпечні зони при зворотноточній на цілик (а) схемі провітрювання виїмкової ділянки (пологі і похилі пласти) і на вироблений простір (б) (крутопадаючі пласти)

При зворотноточних схемах провітрювання виїмкових ділянок пластів пологого і похилого падіння всі осередки пожеж виникали в зонах, прилеглих до відкатувальних або вентиляційних виробок (рис. 2.1а). Ці зони характеризуються максимальними втратами відбитого вугілля при кінцевих операціях і недостатнім виносом тепла тільки обмеженою кількістю витоків повітря.

При прямоточних схемах провітрювання виїмкових ділянок крутого падіння 66% ендегенних пожеж відбувалося поблизу відкатних виробок (рис. 2.1б). Технологією відпрацювання усіх крутих пластів передбачено magazинування (накопичення) вугілля у відкатних виробках з наступним завантаженням через

люки в транспортні засоби. Одночасно з накопиченням відбитого вугілля в магазинах через них пропускається вентиляційний струмінь повітря для провітрювання призабойного простору [2]. Основною причиною виникнення осередку ендогенної пожежі в цьому випадку є складування значної кількості вугілля (декількох десятків тонн), що не дозволяє відводити необхідну кількість тепла вентиляційним струменем повітря. Виникнення осередків самозаймання в інших частинах виробленого простору виїмкової дільниці крутого падіння пов'язане з обмеженими витоками повітря, що перешкоджає виносу тепла.

Характерне розташування зон переважного виникнення осередків самозаймання відбитого вугілля свідчить, що застосування тільки зворотноточних схем провітрювання не виключає виникнення аварійних ситуацій. Головними чинниками, що перешкоджають виникненню осередків самозаймання відбитого вугілля, в загальному випадку, є зниження до мінімуму технологічних його втрат і надійна ізоляція місць скупчення.

Необхідною умовою зародження осередків самозаймання в зонах впливу геологічних порушень, як у випадках скупчення відбитого вугілля, є контакт рудничної атмосфери з порушеним вугіллям в цих зонах. Близько 30% ендогенних пожеж відбувалося в зонах впливу геологічних порушень, в яких вугілля дисперговане і має підвищену реакційну поверхню. Осередки самозаймання виникають, як правило, після видалення вибою виробки від порушення. Це обумовлено розущільненням мілкоподрібненого вугілля і появою тріщин, через які забезпечується доступ повітря у товщу пласта. Розвиток процесу нагрівання супроводжує масоперенесення, що плавно відбувається в розпушеній частині пласта. Ймовірним збудником руху повітря в розпушеному тріщинуватому середовищі, що утворюється поблизу контуру виробок, є теплова депресія.

Зародженню осередків самозаймання, як в зонах впливу геологічних порушень, так і поза ними, сприяє прояв підвищеного гірничого тиску на крайову частину масиву пласта або залишених ціликів вугілля. Такі пожежі зароджуються у віджатій під впливом підвищеного опорного гірничого тиску частині вугільного пласта на глибинах до одного метра від їх оголеної поверхні.

До samozаймання, різною мірою, схильні вугілля усіх стадій метаморфізму. Утворення метаморфічних порід в цілому [20] і викопного вугілля зокрема [23] практично не відрізняються між собою. Головними факторами метаморфізму є температура, тиск, склад і хімічна активність розчинів і флюїдів. Метаморфічні процеси різноманітні за формою і характером перетворення порід. Вони класифікуються з урахуванням окремих факторів (термодинамічних, фізико-хімічних та ін.) і геологічних умов. Запропоновано безліч класифікацій метаморфічних процесів [15], заснованих на різних принципах і наведених до численних назв типів і видів.

Різнманітність геолого-генетичних факторів стала причиною утворення вугілля, що володіють різними фізико-хімічними, технологічними та іншими властивостями.

Відомо кілька десятків параметрів, що характеризують властивості викопного вугілля. До класифікаційних параметрів, які існують у всьому ряді ступеня метаморфізму вугілля, відносяться вміст основних компонентів органічної маси, масовий і об'ємний виходи продуктів термічного розкладання вугілля без доступу повітря, наявність вологи, теплотворна здатність, механічна міцність та інші. Поряд із зазначеними є параметри, які характерні тільки для окремих діапазонів ряду ступеня метаморфізму. До них відносяться вихід смоли, товщина пластичного шару, індекс спучування і т.д.

Аналіз показав, що всі існуючі класифікації (хімічні, генетичні, промислові) спрямовані на виявлення споживчих властивостей викопного вугілля. Досить точну промислову класифікацію вдалося розробити завдяки дослідженням в області геології, історичної геології та палеонтології, фізики, хімії, термодинаміки, статистиці, а також великому практичному досвіду промислового використання вугілля.

Встановлені цією класифікацією 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 у шахтах. Зокрема, ігноруються багато

параметрів, що характеризують ступінь метаморфізму вугілля. Склалася практика, коли з цією метою, в більшості випадків, застосовують один показник - масовий вихід летких речовин (V^{daf}) при термічному розкладанні кам'яного вугілля.

Для характеристики антрацитів паралельно з V^{daf} застосовують об'ємний вихід летких речовин і логарифм питомого електроопору. Ці показники не можуть бути використані для виділення будь-яких властивостей вугілля на більш низьких стадіях метаморфізму. На таких стадіях вугілля можна порівнювати з діелектриками, а на високих (антрацити) - з провідниками.

Використання обмеженої кількості параметрів, що характеризують ступінь метаморфізму вугілля, призвело до віднесення всіх шахтопластів Донбасу (крім антрацитів), згідно з нормативним документом, схильними до самозаймання. При всьому різноманітті елементного складу вугілля та їх властивостей у ряді метаморфізму вони класифіковані за ступенем ендегенної пожежонебезпеки всього на три групи. Чіткі межі між групами за ендегенною пожежонебезпекою на підставі генетичних ознак не встановлені, оскільки відсутня нормативна база їх визначення.

Цю ситуацію підтверджують дослідження по встановленню груп вугілля за ступенем вуглефікації із застосуванням трьох показників - V^{daf} , марки вугілля (M) та карбонізації (C_n). Показник карбонізації характеризує елементний склад. Кількісно він дорівнює відношенню вмісту вуглецю до суми кисню і водню, розрахованих на суху беззольну масу. Слід зазначити, що обрані показники (V^{daf} , M та C_n) частково корелюють між собою і кожен з них не повною мірою відображає перетворення вугілля в процесі метаморфізму. Крім зазначених параметрів було розглянуто вміст сірки і дисульфідів заліза (піриту і марказиту), потужність пластів, що розробляються, їх будову і кути падіння, тектонічну порушеність. За вказаними показниками виділено вісім характерних зон відносного розподілу кількості шахтопластів вугілля, схильного до самозаймання, в залежності від ступеня прояву головних чинників на 560 об'єктах. Підвищеною ендегенною пожежонебезпекою відрізнялися, за інших рівних умов, вугілля марок Д, Ж, К, ОС і П. Встановлено також, що при відпрацюванні пластів, що містять ці ж марки вугілля, ендегенна пожежонебезпека була відсутня.

Труднощі в систематизації вугілля для будь-яких цілей, в тому числі і для встановлення їх схильності до самозаймання, полягають у відсутності хоча б одного класифікаційного параметра, який би відповідав наступним вимогам:

- існував у всьому діапазоні ряду метаморфізму;
- змінювався в одному напрямку без досягнення мінімумів і максимумів;
- мав мінімальний розкид експериментальних даних близько усереднених ліній і знаходився в межах похибки їх зміни.

Для виявлення небезпечних властивостей вугілля в окремих діапазонах ряду метаморфізму необхідно встановити межі зміни відомих класифікаційних показників, що характеризують в сукупності хімічний склад, фізичні властивості і внутрішню будову вугілля.

3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Адміністративно шахта "Карбоніт" розташована в селищі Карбоніт Золотівської міськради Луганської області і входить до складу ДП "Первомайськвугілля".

Шахта знаходиться в 9 км в північно-східному напрямку від м. Попасна і в 12 км від м. Первомайськ.

Шахта поєднана під'їзним залізничним шляхом з залізничною станцією Світланове, яка розташована в 3 км на захід від шахти на основній магістралі Шипилове-Ниркове і асфальтовою дорогою з шосе Гірськ-Первомайськ.

Електропостачання здійснює ВАТ "Луганськобленерго".

Джерелом господарчо-питного та протипожежного водопостачання являється Карбонітський майданчик водопровідних споруджень.

Гірнична маса відправляється на збагачувальні фабрики "Гірська" та "Михайлівська". Після збагачення вугілля використовується в енергетичних цілях.

Категорія шахти за газом – надкатегорійна.

Категорія шахти по пилу – небезпечна.

Вугільні пласти безпечні по раптовим викидам вугілля і газу, безпечні по гірським ударам, не схильні до самозаймання.

Відносна газообільність шахти – 20,7 м³/т, абсолютна – 3,8 м³/хв.

Природна газоносність пл. m₃ складає 0,3-5 м³/т (середня 2,1 м³/т).

Природна газоносність пл. k^b₈ складає 5-15 м³/т (середня 10 м³/т).

Кут падіння пластів складає 13-15°.

Проходження гірничих виробок по вміщуючим породам здійснюється в силікозонебезпечних умовах.

Геотермічний градієнт дорівнює 2,83°C на 100 м, а геотермічний ступінь 36,7м на 1°C.

Технічними границями шахтного поля є:

по повстанню на північному сході – виходи пластів під наноси;

по падінню на південному заході – умовна лінія, що проходить по ізогіпсі "- 800 м", нижче якої розташовані резервні ділянки Гірська Глибока № 1 та Мар'ївська;

по простяганню:

- на північному заході:

- до ізогіпсі "- 350 м" – загальна границя з ш. "Райдуга";

- від ізогіпсі "- 350 м" до ізогіпсі "- 800 м" – загальна границя з ш. "Гірська"; границя розташована на відстані 4000 м від центральних стовбурів;

- на південному сході – загальна границя з ш. "Золоте", яка розташована на відстані 1000 м від центральних стовбурів.

Розміри шахтного поля:

- по простяганню – 5000 м;

- по падінню – 2750 м.

Площа шахтного поля – 13,75 км².

Границями ділянки шахтного поля, що залишилася до відпрацювання, є:

по повстанню на північному сході – границя зі старими гірськими роботами;

по падінню на південному заході – умовна лінія, що проходить по ізогіпсі "- 800 м", нижче якої розташована резервна ділянка Гірська Глибока № 1;

по простяганню:

- на північному заході – загальна границя з ш. "Гірська", яка розташована на відстані 4000 м від центральних стовбурів;

- на південному сході – насув Східний, який розташований на відстані 1800 м від центральних стовбурів.

Розміри ділянки шахтного поля, що залишилася до відпрацювання:

- по простяганню – 2200 м;

- по падінню – 1200 м.

Площа ділянки шахтного поля, що залишилася до відпрацювання – 2,64 км².

Розвідка шахтного поля здійснена мережею геологічних розвідницьких свердловин з відстанню між ними 250-500 м.

По категоріям розвіданості запаси вугілля розподілені: А=19 %; В=33 %; С₁=58 %.

В геологічній будові шахтного поля приймають участь кам'яновугільні породи палеогенового та четвертинного віків.

На більшій частині ділянки є виходи корінних порід на поверхню, які перекриті незначним шаром четвертинних відкладень потужністю від 2 до 4 м. Північна частина ділянки покрита палеогеновою товщею порід потужністю від 10 до 30 м і представлена кольоровими глинами і пливунами.

Короткі відомості про стратиграфію і літологічний склад родовища приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Літолого-стратиграфічна характеристика вугленосної товщі

Індекс світи	Потужність, м	Літологічний склад					Робочі вугільні пласти	Маркуючі горизонти
		пісковик	алевроліт	аргіліт	вугілля	вапняк		
		$\frac{м}{\%}$	$\frac{м}{\%}$	$\frac{м}{\%}$	$\frac{м}{\%}$	$\frac{м}{\%}$		
C ₃ ¹	580	$\frac{149,6}{25,8}$	$\frac{228,5}{39,4}$	$\frac{189,1}{32,6}$	$\frac{1,2}{0,2}$	$\frac{11,6}{2,0}$	N ₁ , N ₂ , N ₃	
C ₂ ⁷	386	$\frac{152,5}{39,5}$	$\frac{118,1}{30,6}$	$\frac{84,1}{21,8}$	$\frac{6,9}{1,8}$	$\frac{24,4}{6,3}$	m ₃ M ₄ , M ₆ , M ₈ , M ₁₀ , M ₃	
C ₂ ⁶	225	$\frac{74,2}{33,0}$	$\frac{83,2}{37,0}$	$\frac{46,3}{20,6}$	$\frac{7,9}{3,5}$	$\frac{13,4}{5,9}$	l ^h ₈ , l ₆ , l ₃ , l ₂ , l ¹ ₁ L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄ , L ₅ , L ₆	
C ₂ ⁵	335	$\frac{144,0}{43,0}$	$\frac{80,7}{24,1}$	$\frac{87,1}{26,0}$	$\frac{8,4}{2,5}$	$\frac{14,8}{4,4}$	k ^B ₈ , k ₃ K ₁ , K ₂ , K ₃ , K ₄ , K ₈ , K ₉	

В геологічному відношенні шахта розташована на північному крилі Петро-Мар'ївської синкліналі, яка являється складовою частиною Артемівської котловини. В центральній частині ділянки простягання порід південно-східне, на заході переходить в північно-східне, на сході в південне. Кути падіння порід коливаються від 13 до 45°. В центральній частині шахтного поля проходить крупна флексурна складка з пологим західним крилом і крутим східним крилом з падінням до 45-50°. До крутого крила складки по пл. l^h₈, l₃, l¹₂ приурочена зона мілкоамплітудних порушень типу насувів з амплітудою від 0,5 до 2 м. Порушення розташовані паралельно напрямку флексурної складки. По пл. m₃ в напрямку вісі складки проходить насув з амплітудою від 4 до 15 м, яка збільшується з глибиною. Флексурна складка з приуроченими до неї порушеннями практично непереходима

очисними роботами.

Шахтне поле пересікають такі порушення (з північного заходу на південний схід):

насув Карбонітський II: $h = 10$ м, азимут падіння 160° , кут падіння зміщувача = 30° ;

насув Карбонітський: $h = 1,25$ м, азимут падіння 180° , кут падіння зміщувача = 25° ;

насув Східний: $h = 20$ м, азимут падіння 180° , кут падіння зміщувача = 40° ;

Західніше стовбура № 4 є ряд диз'юнктивних порушень з амплітудою 0,5-2,5 м.

Характеристика робочого вугільного пласту надана в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика робочого вугільного пласту

Потужність пласта, м		Будова	Витриманість
Загальна	Корисна		
Від – до	Від – до		
середня	середня		
0,80 - 0,90	0,75 - 0,85	складна	витриманий
0,85	0,80		

Відповідно до ДСТУ 3472-96 вугілля пластів відноситься до газових.

Характеристика якості вугілля наведена в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристика якості вугілля

Показники якості					Марка вугілля
Зольність A^{daf} , %	Вологість W_t^r , %	Сірчаність S_t^d , %	Вихід летючих речовин V^{daf} , %	Вища теплотворна спроможність Q_B^{daf} , ккал/кг	
21	4,4	4,4	40	8079	ДГ

Поверхня ділянки розташована на лівому схилі ріки Камишеваха і представляє степову слабохвилясту рівнину, перерізану балками, що впадають в пойму ріки Камишеваха, яка в свою чергу впадає в річку Лугань. Максимальна висотна відмітка + 254 м, мінімальна + 112 м.

Підземні води пов'язані з відкладеннями четвертинного, третинного і кам'яновугільного віків.

Водоносні горизонти приурочені, головним чином, до вапняків, рідше до пісковиків.

В процесі метаморфічного перетворення зміна складу основних компонентів органічної маси залежить деякою мірою від виходу летких речовин (V^{daf}) при термічному розкладанні вугілля без доступу повітря (рис. 3.1).

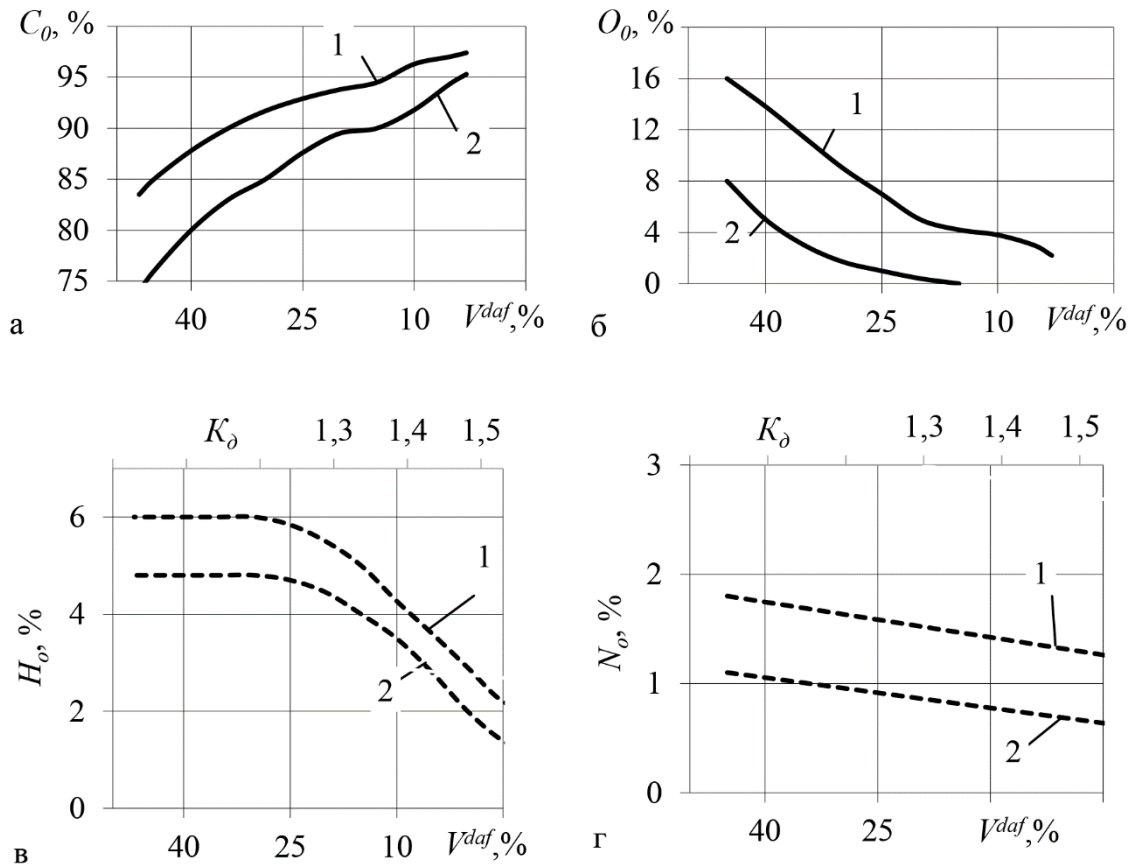


Рисунок 3.1 – Зміна складу основної органічної маси вугілля Донбасу (C_0 , O_0 , H_0 , N_0) від виходу летких речовин (V^{daf}) та питомої ваги (K_d)
1,2 – верхня і нижня межі зміни параметрів

Показник V^{daf} є основним критерієм, згідно з усіма діючими в даний час нормативними документами, для визначення небезпечних властивостей шахтопластів, що з'явилися в процесі метаморфічних перетворень. В даному випадку ставиться знак рівності між значенням одного параметра V^{daf} і значенням фізико-механічних, електромагнітних, пластометричних, хімічних та інших властивостей вугілля під впливом метаморфічних процесів.

Схильність вугілля до самозаймання є однією з найбільш небезпечних властивостей, яка проявляється в процесі ведення гірничих робіт. Ступінь

перетворення органічної маси кам'яного вугілля в цьому випадку оцінюється неоднозначно показником V^{daf} . Одному його значенню може відповідати різний процентний вміст, досить в широкому (до 8%) діапазоні зміни основних компонентів органічної маси.

Для характеристики антрацитів в даний час використовуються базові показники, ці показники замінені застосуванням питомої ваги (K_δ) органічної маси (рис. 3.1).

Введення додаткових класифікаційних показників було викликано тим, що при переході від вугілля слабоспівливих марок до антрацитів, у порівняно вузьких межах зміни V^{daf} , властивості вугілля зазнають різких змін. Застосуванням цих показників ступеня метаморфізму обмежується вся характеристика властивостей вугілля при вирішенні задач безпечного відпрацьовування вугільних шахтопластів.

Леткими речовинами вважаються паро- і газоподібні продукти розкладання органічної маси і деяких мінеральних домішок, які не мають безпосереднього відношення до попереднього процесу метаморфізму. В даному випадку V^{daf} є тільки непрямим показником змін складу органічної маси, що відбуваються у вугіллі. Він не визначає однозначно вміст основних компонентів (C_0 , O_0 , H_0 , N_0).

При термічному розкладанні кам'яного вугілля і антрацитів без доступу повітря значення V^{daf} скорочується з 47 до 5%. При цьому вміст вуглецю збільшується від 75 до 97%, а одному значенню V^{daf} відповідають коливання C_0 до 8%. Вміст інших основних компонентів (O_0 , H_0 , N_0) при збільшенні C_0 скорочується. Вміст кисню зменшується з 16 до 0%, одному значенню V^{daf} можуть відповідати значення вмісту O_0 в інтервалі до 8%. У меншому діапазоні змінюється вміст H_0 та N_0 . Одному значенню V^{daf} відповідає (рис. 3.1в,г) діапазон зміни H_0 та N_0 величиною в один відсоток. Вміст H_0 в 5-6% залишається постійним при зниженні V^{daf} до 25%, а потім відбувається зменшення його вмісту до 1-2% з подальшою стабілізацією на цьому рівні (рис. 3.1в). Вміст азоту в діапазоні 1-2% монотонно знижується (рис. 3.1г). Наведені факти вказують на різний характер зміни вмісту основних компонентів в органічній масі (C_0 , O_0 , H_0 , N_0) в залежності від V^{daf} . За монотонною й односторонньою зміною компонентів C_0 , O_0 та N_0 (рис. 3.1а,б,г) неможливо судити про зміну

властивостей вугілля в залежності від елементного вмісту цих компонентів. Характер залежності H_0 від V^{daf} та питомої ваги (K_δ) дає підставу припустити набуття нових властивостей вугіллям після зниження V^{daf} менше 30-25%, а питомої ваги при $K_\delta > 1,3$ (рис. 3.1в).

Використовуючи як критерій оцінки ступеня метаморфізму вугілля два параметра (V^{daf} та K_δ), весь процес вуглеутворення можна умовно розділити на три стадії. Перша при $V^{daf} > 30-25\%$, друга – $V^{daf} < 30-25\%$ та третя при $K_\delta > 1,3$. Такий розподіл не дає уявлення про зміну властивостей вугілля на цих стадіях.

Додаткову інформацію представляє аналіз зміни вмісту конкретних газів термічного розкладання вугілля (H_2 , CH_4 , CO , CO_2) в загальному їх обсязі від V^{daf} або V_v^{daf} (рис. 3.2). Вміст водню в продуктах термічного розкладання зі зменшенням V^{daf} пропорційно збільшується, а при $V_v^{daf} < 150$ г/см³ спостерігається деяке його зниження (рис. 3.2а). Можна відзначити також послідовне збільшення, а потім зменшення в продуктах розкладання вугілля вмісту метану (CH_4), але характер цієї залежності істотно відрізняється від зміни вмісту водню (рис. 3.2 б). Зростання вмісту CH_4 відбувається при $V^{daf} < 30\%$, а при $V^{daf} > 30\%$ - зниження. Деякі інші вигляд мають залежності вмісту CO та CO_2 . При $V^{daf} < 30\%$ відбувається зниження вмісту в певному діапазоні, при $V^{daf} > 30\%$ відбувається їх стабілізація, а при $V_v^{daf} < 150$ г/см³ – збільшення (рис. 3.2 в,г). Зпівставляючи графіки зміни хімічного складу вугілля і продуктів їх термічного розкладання без доступу повітря (рис. 3.1 і 3.2) можна зробити висновок, що вугілля з однаковим елементним складом можуть відноситися до різного ступеня перетворення під впливом метаморфічних процесів і, навпаки, вугілля різного ступеня метаморфізму, можуть мати однаковий хімічний склад.

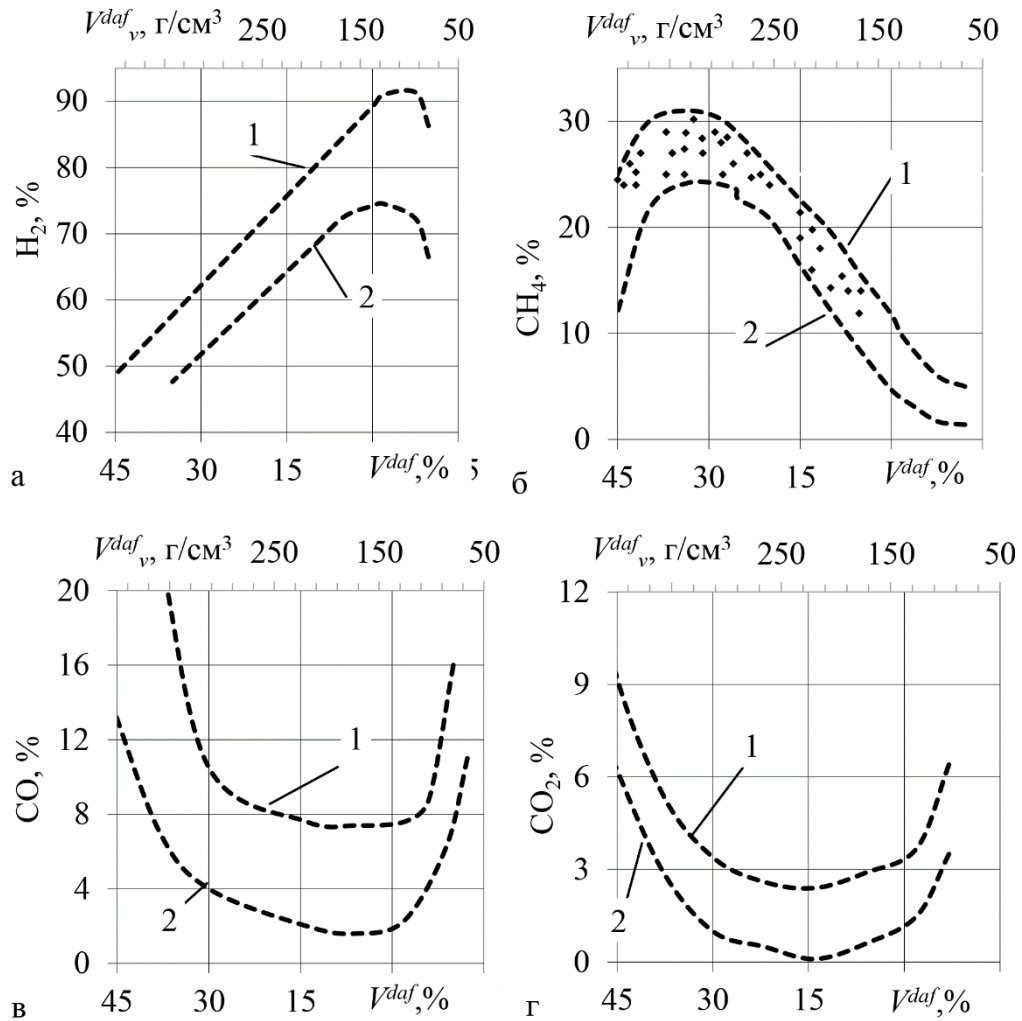


Рисунок. 3.2. - Залежності вмісту газів термічного розкладання вугілля від масового (V^{daf}) та об'ємного (V_v^{daf}) виходу летких речовин

Складний і неоднозначний характер носять зміни фізико-механічних і теплотворних властивостей вугілля від V^{daf} та C^{daf} (рис. 3.3).

Зміна властивостей вугілля (рис. 3.3, 3.4) показує, що вони в результаті перетворень внутрішньої структури можуть приймати максимальні або мінімальні значення.

Виходячи з виду кривих, вугілля з однаковими властивостями можуть в одних випадках характеризуватися різними величинами класифікаційних показників (V^{daf} , V_v^{daf} , C_0 , M), в інших - вугілля з різними значеннями класифікаційних показників мають однакові властивості.

Параметр V^{daf} не є універсальним, оскільки в діапазоні його можливої зміни (48-1%) відсутні деякі показники, які характеризують специфічні властивості вугілля.

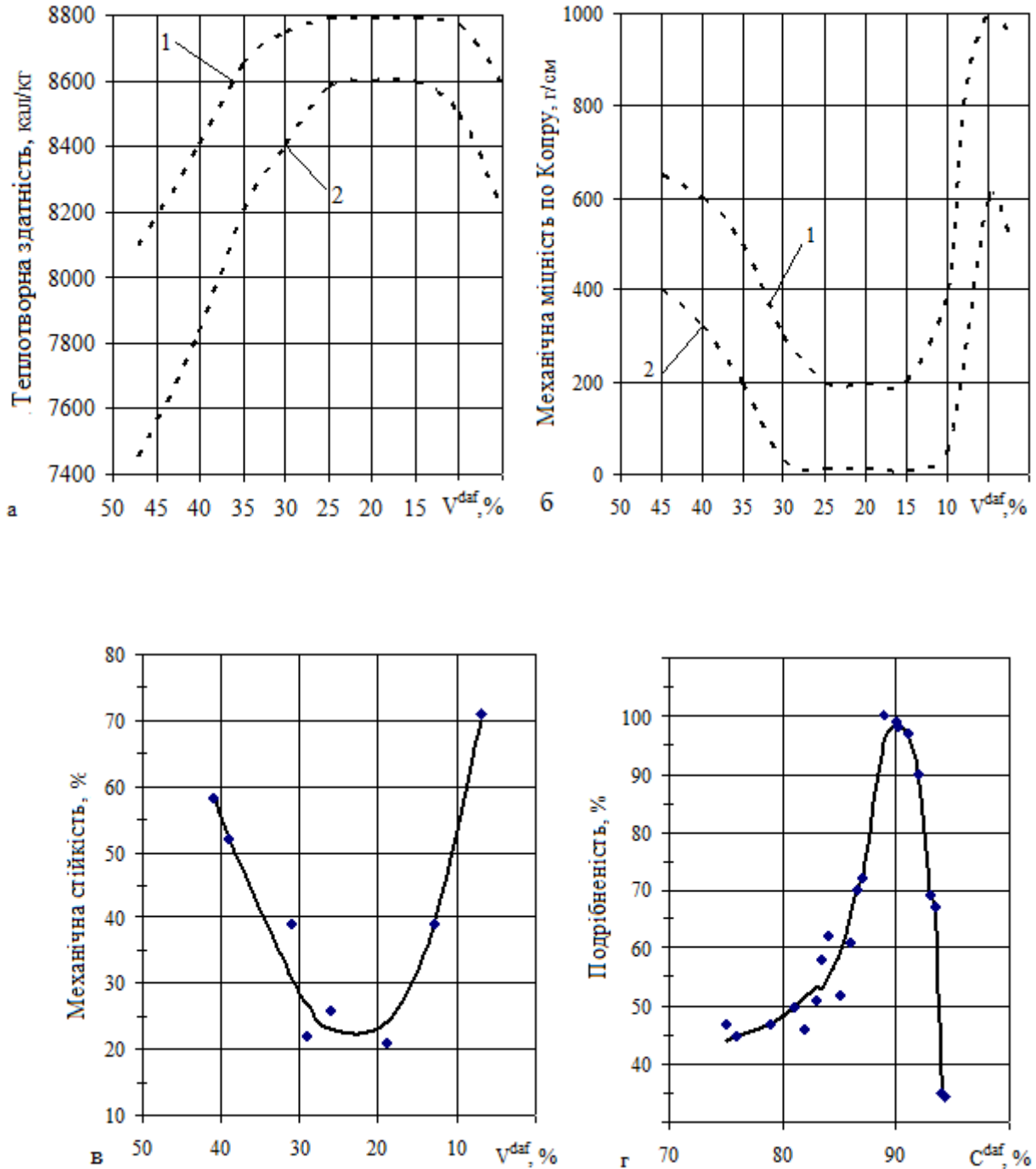


Рисунок. 3.3 - Зміна фізико-механічних властивостей вугілля.

1,2 - верхня і нижня межі зміни параметрів

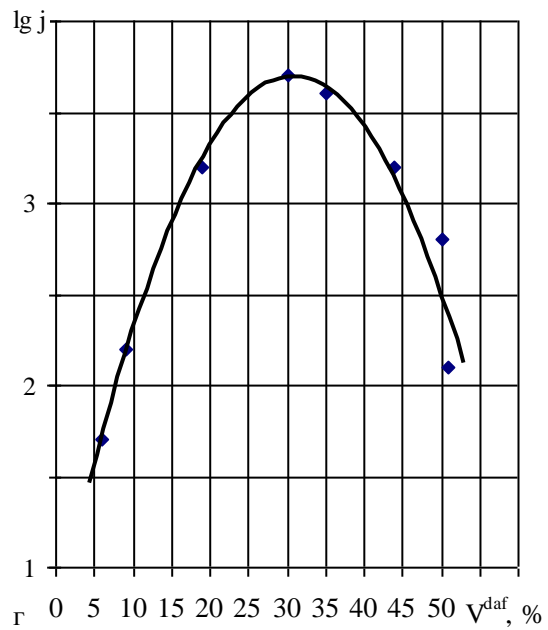
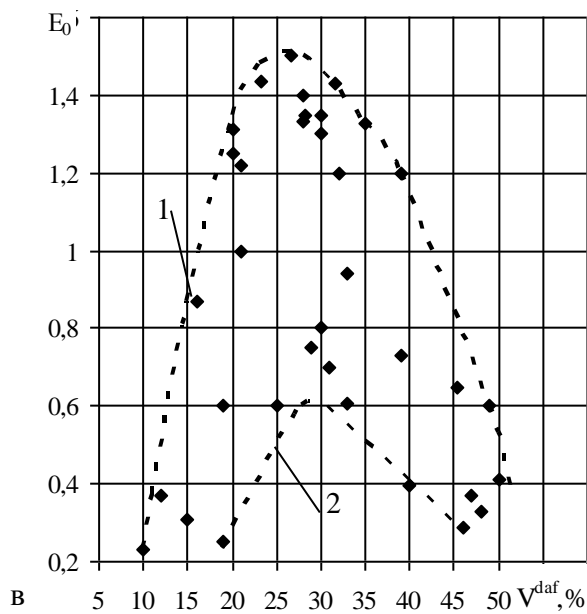
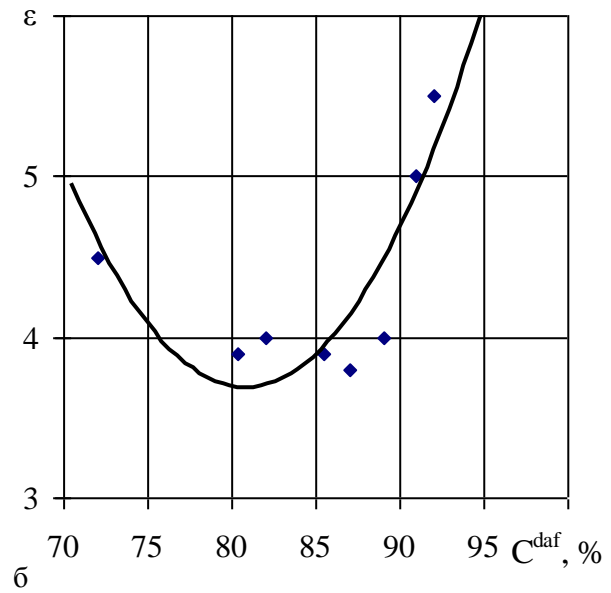
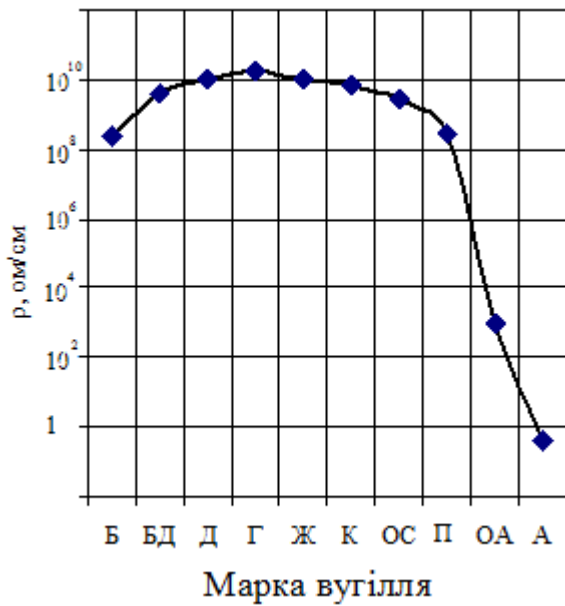


Рисунок 3.4 – Залежність електромагнітних параметрів від факторів, що впливають.

- а) питомого опору (ρ) кларенового вугілля; б) діелектричної проникності (ϵ);
в) питомої напруженості електричного поля пилового потоку (E_0); г) логарифма інтенсивності потоку ($\lg j$) емісії електронів високих енергій.

Прикладом таких показників (рис. 3.5) є товщина пластичного шару (y) і вихід нафталінового екстракту (E). Їх наявність вказує на можливість існування окремих діапазонів ряду ступеня метаморфізму вугілля, яким притаманні тільки характерні небезпечні властивості.

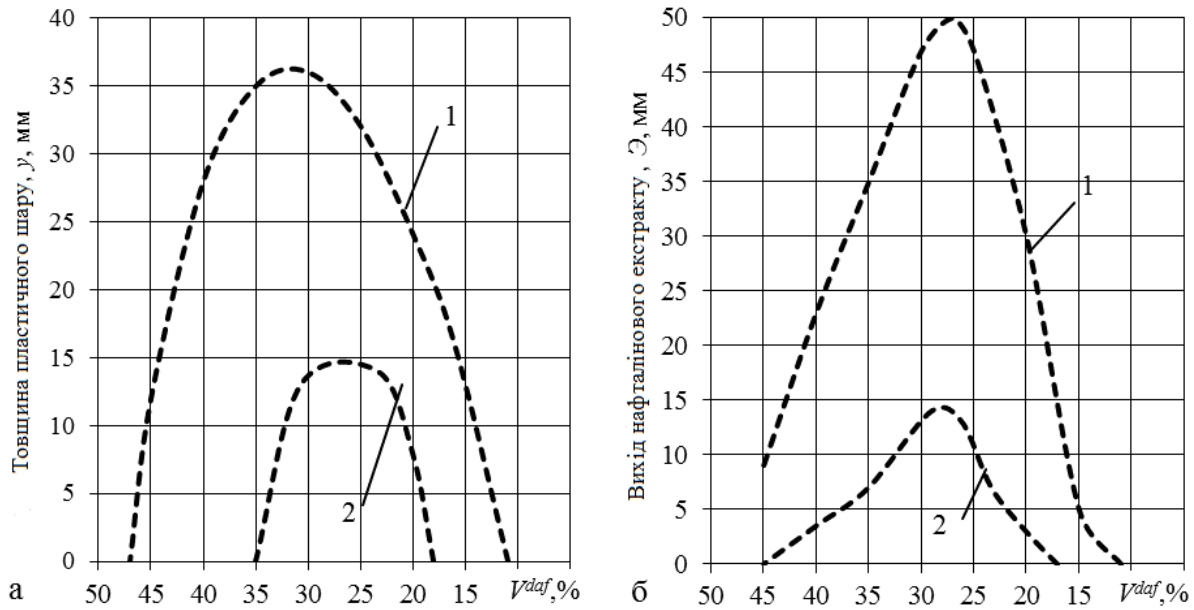


Рисунок. 3.5 – Зміна товщини пластичного шару (y) і виходу нафталінового екстракту (E) від виходу летких речовин (V^{daf}).

Труднощі в систематизації вугілля для будь-яких цілей, в тому числі і для встановлення їх схильності до самозаймання, полягають у відсутності хоча б одного класифікаційного параметра, який би відповідав наступним вимогам:

- існував у всьому діапазоні ряду метаморфізму;
- змінювався в одному напрямку без досягнення мінімумів і максимумів;
- мав мінімальний розкид експериментальних даних близько усереднених ліній і знаходився в межах похибки їх зміни.

Цім вимогам не відповідає жоден з розглянутих параметрів (рис. 3.1-3.5). Наведені графіки показують, що на окремих етапах вуглеутворення показники можуть залишатися практично постійними, тому вони втрачають своє значення як класифікаційні. Наприклад, при масовому виході летких речовин (V^{daf}) менше 9% цей показник залишається практично незмінним, хоча інші (V_v^{daf} та K_0) – змінюються в широкому діапазоні (рис. 3.6).

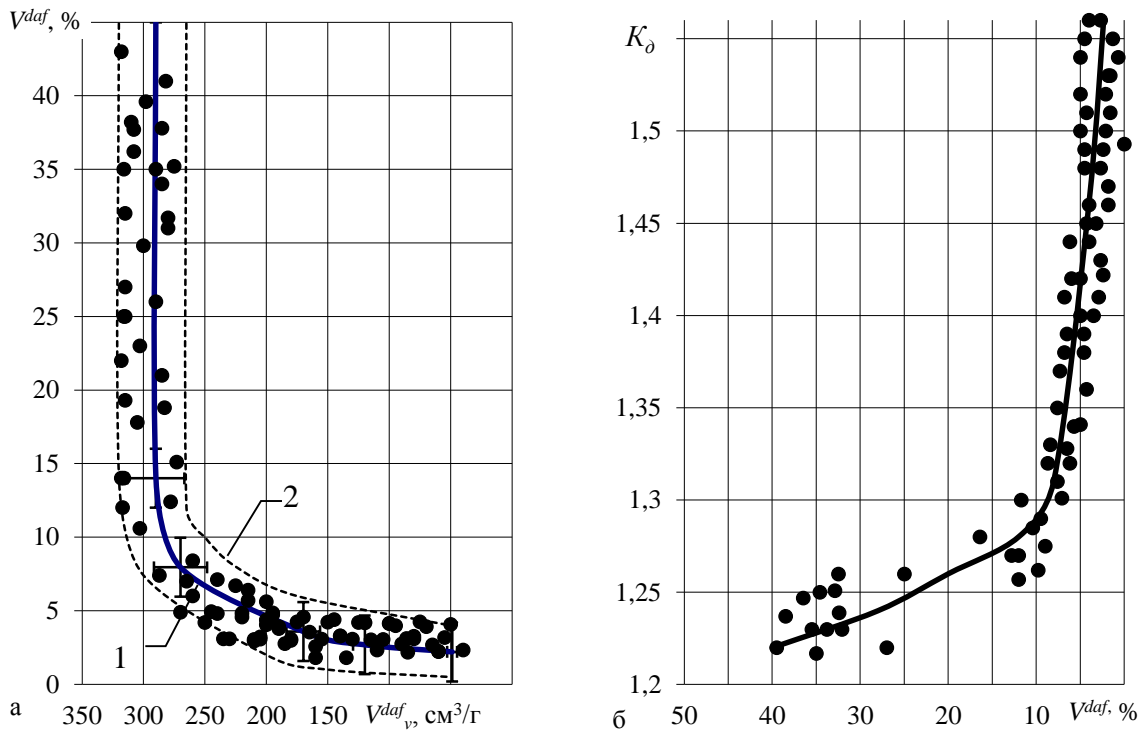


Рисунок. 3.6 - Взаємозв'язок деяких класифікаційних показників ступеня метаморфізму вугілля.

1,2 - верхня і нижня межі зміни параметрів; • - експериментальні дані.

Основними складовими летких продуктів термічного розкладання вугілля (V^{daf} та V_v^{daf}) є H_2 , CH_4 , CO та CO_2 . Розглядаючи загальну масу або обсяг цих газів, неможливо однозначно зробити висновки про хімічний склад вихідного матеріалу вугілля та їх властивості, оскільки частка кожного з утворених компонентів непостійна. Для вугілля Донецького басейну частка водню становить 45-86%, метану 1,5-32,5%, оксидів вуглецю (II) і (IV) відповідно 2,0-19,5% і 0,5-9,0%. З огляду на різні фізичні і хімічні властивості зазначених газів і мінливість їх співвідношень, параметри V^{daf} та V_v^{daf} не можуть повною мірою характеризувати властивості сукупності газів, що утворюються при термічному розкладанні вугілля, і тим більше вихідного матеріалу (вугілля).

Складний і неоднозначний характер носять зміни фізико-механічних і теплотворних властивостей вугілля в залежності від виходу летких речовин і вмісту вуглецю (рис.3.3). При зміні V^{daf} в діапазоні $47 \div 25\%$ теплотворна здатність збільшується від $7400 \div 8500$ кал/кг до $8600 \div 8800$ кал/кг (рис.3.2а). В інтервалі V^{daf}

= 25÷15% вона залишається відносно постійною (8600÷8800 кал/кг), а при $V^{daf} < 15\%$ знижується з 8600÷8800 кал/кг до 8000÷8300 кал/кг.

Істотно змінюється механічна міцність по Копру (Π_K) в окремих інтервалах зміни V^{daf} (рис. 3.3б). При $V^{daf} = 45\div 30\%$ механічна міцність знижується від 400÷625 г/см до 30÷200 г/см. В діапазоні зміни V^{daf} 30÷15% міцність залишається відносно постійною і рівною 30÷200 г/см. При $V^{daf} < 15\%$ спостерігається її зростання до 1000 г/см.

Механічна стійкість має один мінімум приблизно 25% при $V^{daf} = 25\%$, а максимуми 58 і 71% відповідно при $V^{daf} = 42$ і 8% (рис. 3.3в). Подрібненість має один яскраво виражений максимум при вмісті вуглецю 90% (рис. 3.3в). Два мінімуму відповідають вмісту вуглецю 75 та 96%.

Питома електропровідність вугілля для різних їх марок від Б до А відрізняється на декілька порядків. Вугілля марок від Б до П за величиною $\rho = 108 \div 1010$ відносяться до ізоляторів, перехідні вугілля від марок П до напівантрацитів - до напівпровідників. Антрацити при $\rho = 0,2\div 8,5$ є провідниками (рис. 3.4а).

Діелектрична проникність має один мінімум при вмісті вуглецю в органічній масі близько 88% (рис. 3.4б).

Питома напруженість електричного поля пилового потоку (E_0) має максимум при значному розкиді експериментальних даних, відповідних значенням $V^{daf} = 30\%$ (рис. 3.4в).

Величині $V^{daf} = 30\%$ відповідає також максимум логарифма інтенсивності потоку емісії електронів високих енергій (рис. 3.4г).

Схожий характер зміни діапазонів має залежність товщини пластичного шару і виходу нафталінового екстракту в залежності від V^{daf} (рис. 3.5).

У керівництві додатково до параметрів V^{daf} та V_v^{daf} використовується логарифм питомого електроопору вугілля. Зокрема V^{daf} та V_v^{daf} частково характеризують склад органічної маси вугілля. Логарифм питомого електроопору відображає зміну їх внутрішньої структури. Параметри lgr та V_v^{daf} ідентифікують вугілля високого ступеня метаморфізму і антрацити. Вони досить тісно корелюють між собою ($r=0,91$),

але через різну їх сутність і природу є значний розкид експериментальних даних щодо усередненої прямої (рис. 3.6).

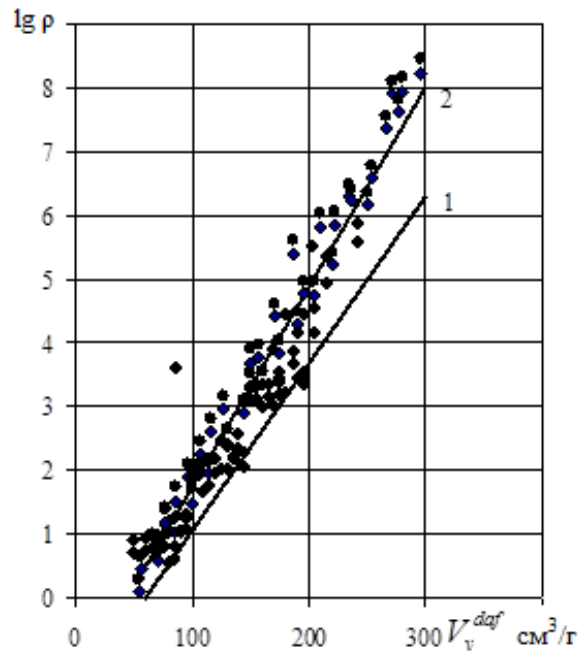


Рисунок 3.6 – Графік взаєзв'язку $\lg \rho$ та V_v^{daf}

З цієї причини взаємна заміна класифікаційних показників ($\lg \rho$, V_v^{daf} , K_0) для оцінки ступеня метаморфізму вугілля може приводити до значних похибок.

Для виявлення небезпечних властивостей вугілля в окремих діапазонах ряду метаморфізму необхідно встановити межі зміни відомих класифікаційних показників, що характеризують в сукупності хімічний склад, фізичні властивості і внутрішню будову вугілля.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Аналіз об'єкту дослідження представлено в таблиці 4.1., де розглянуто основні техніко-економічні показники роботи шахти за 2020 рік.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники роботи шахти за 2020 рік

№	Показник	Од.	Значення		
		вимір.	План	Факт	%
1	Проектна потужність шахти	т	500000	111045	22,2
2	Виробнича потужність	т	360000	111045	30,8
3	Навантаження на очисний вибій	т/добу	500	154	30,8
4	Кількість лав	шт	2	2	100,0
5	Посування ЛОЗ	м/міс	28	27,5	98,2
6	Швидкість проведення виробок	м/міс	40	35	87,5
7	Чисельність трудящих ППП	чол.	1453	1434	98,7
8	в тому числі робочих з видобутку	чол.	1115	1149	103,0
9	в тому числі ГРОВ	чол.	205	214	104,4
10	прохідників	чол.	131	135	103,1
11	Середня заробітна платня ППП	грн/міс	4309	4270	99,1
12	робочих з видобутку	грн/міс	4204	4133	98,3
13	ГРОВ	грн/міс	5982	6359	106,3
14	прохідників	грн/міс	5780	5450	94,3
15	Зольність видобуваного вугілля	%	35,1	37,2	106,0
16	Собівартість вугілля	грн/т	1043,95	1416,8	135,7
17	Ціна реалізованого вугілля	грн/т	798,29	776,58	97,3

Шахта була закладена в 1908 році, а після відновлення здана в експлуатацію в 1947 році. Реконструкція була здійснена в 1973 році.

Шахтне поле розкрито вертикальними центральнотдвоєними стовбурами – № 4 та № 5 і квершлагами на гор. 310 та 665 м. Для вентиляції служать свердловини № 2 та № 4.

Стовбур № 5 (головний) – призначений для видачі з шахти вугілля і породи та відводу відробленого струменя повітря. Стовбур обладнаний двома підйомами: односкіповим породним з противагою зі скіпом ємкістю 7 м³ (10,6 т) і підйомною машиною ПР-6×3,2/0,5 і двоскіповим вугільним підйомом зі скіпами з донним розвантаженням ємкістю 15,2 м³ (13 т) кожен і підйомною машиною ПР-6×3,2/0,5.

Діаметр стовбура 5,5 м. Стівбур закріплений з/б тубінгами ВНІОМСА.

Стівбур № 4 (допоміжний) – призначений для спуску-підйому людей і обладнання, спуску матеріалів та подачі в шахту свіжого струменя повітря. Клітьовий підйом стівбура № 4 обладнаний двоповерховою кліттю на 2 вагонетки ємкістю 3,3 м³ і одноповерховою кліттю. Підйом обладнаний машиною 2П-6×2,4. Діаметр стівбура 5,0 м. Стівбур закріплений з/б тубінгами ВНІОМСА.

Пристівбурний двір споруджено на гор. 665 м. Він містить наступні камери:

- камера головного водовідливу, в якій розташована головна водовідливна установка, обладнана 3 центробіжними насосами НЦШ 320/720;

- ЦПП, де застосовується секціонована система шин. В кожній секції є ввідне і секційні комплектні розподільчі пристрої типу КРУВ-6. Живлення на дільничні пересувні підстанції подається через розподільчі пункти високого напруження РП-6;

- гараж-зарядна, необхідна для зарядки і ремонту електровозів. Зміна батарей здійснюється за допомогою електричних кранів КЗД-3. Зарядкам батарей здійснюється від зарядного пристрою ЗУК-155/230. Живлення зарядних пристроїв здійснюється від силових трансформаторів ТКШВП.

В дійсний час роботи ведуться в уклонному полі гор. 665 м на пл. m₃ та k^B₈.

В роботі знаходяться наступні лави:

по пл. m₃ – лава, оснащена комплексом 2МКД 90 з комбайном 1К-101;

по пл. k^B₈ – лава, оснащена індивідуальним кріпленням 7СУГ-30 з комбайном 1К-101.

Підготовчі виробки проводяться буровибуховим способом. Прибирання гірничої маси здійснюється машинами ППМ на ПНБ.

Транспортування вугілля по горизонтальним виробкам здійснюється акумуляторними електровозами АМ-8Д, 2АМ-8Д та 13-АРП-1 в вагонетках ВД-3,3-900 з донною вигрузкою, по уклонам – стрічковими конвеєрами 1Л-80.

Транспортування обладнання і матеріалів здійснюється в глухих вагонетках УВГ-3,3-900 по горизонтальним виробкам за допомогою акумуляторних електровозів АМ-8Д, 2АМ-8Д та 13-АРП-1, по похилим виробкам за допомогою

однокінцевих підйомів.

Для своєчасної підготовки нового виймального поля швидкість проведення виробок складає не менше 180 м/міс, за умов що на діючому полі залишиться відробити 500 м. Уточнення гірничо-геологічних умов відпрацьовування не проводимо, тому що швидкість посування очисного вибою не змінюється.

З метою ефективною експлуатації видобувного устаткування, а також раціональної організації робіт у лаві приймаємо чотирьохзмінний добовий режим роботи очисного вибою: перша зміна – ремонтно-підготовча, три інші – по видобутку вугілля. Тривалість робочої зміни – 6 годин. Тижневий робочий режим роботи ділянки – шестиденний робочий тиждень. Форма організації праці робітників – добова комплексна бригада (МГВМ, ГРОВ, електрослюсарі), розбита на ланки. Форма організації робіт в очисному вибої – поточна, що відповідає максимальній інтенсифікації виробництва.

В даний час шахтопласти (виймкове поле) за схильністю вугілля до самозаймання відповідно до інструкції поділяються на три групи по ендогенній пожежонебезпеці: I - особливо небезпечні; II - небезпечні; III – мало небезпечні.

Паралельно з такою градацією використовують: ступінь вуглефікації, вміст загальної сірки, потужність пластів, що розробляються, і їх будова, наявність тектонічних порушень. Ступінь вуглефікації комплексно характеризували вмістом летких речовин при термічному розкладанні вугілля без доступу повітря (V^{daf}), маркою вугілля (M) та показником карбонізації (C_n).

При всьому різноманітті елементного складу вугілля та їх властивостей у ряді метаморфізму вони класифіковані за ступенем ендогенної пожежонебезпеки всього на три групи. Чіткі межі між групами за ендогенною пожежонебезпекою на підставі генетичних ознак не встановлені, оскільки відсутня нормативна база їх визначення.

Показник карбонізації характеризує елементний склад. Кількісно він дорівнює відношенню вмісту вуглецю до суми кисню і водню, розрахованих на суху беззольну масу. Слід зазначити, що обрані показники (V^{daf} , M та C_n) частково корелюють між собою і кожен з них не повною мірою відображає перетворення вугілля в процесі метаморфізму. Крім зазначених параметрів було розглянуто вміст

сірки і дисульфідів заліза (піриту і марказиту), потужність пластів, що розробляються, їх будову і кути падіння, тектонічну порушеність. За вказаними показниками виділено вісім характерних зон відносного розподілу кількості шахтопластів вугілля, схильного до самозаймання, в залежності від ступеня прояву головних чинників на 560 об'єктах. Підвищеною ендегенною пожежонебезпекою відрізнялися, за інших рівних умов, вугілля марок Д, Ж, К, ОС і П. Встановлено також, що при відпрацюванні пластів, що містять ці ж марки вугілля, ендегенна пожежонебезпека була відсутня.

При переході від бурого вугілля до антрацитів вміст вуглецю збільшується від 50 до 97%. Паралельно з цим процесом відбувається зменшення кисню з 20-28 до 1% і водню з 4,4-6,3 до 1%. Вміст азоту на початку і в кінці ряду метаморфізму становить до 1%, а в середній його частині - до 2%. Зміна співвідношення між основними органічними складовими викопного вугілля під впливом метаморфічних процесів підтверджується графіком (рис. 4.1).

Однозначно, практично функціонально, спостерігається зростання вмісту вуглецю і зниження суми інших елементів (O_o , H_o та N_o). Слід зазначити різний характер зменшення окремих складових суми компонентів. Зменшення кисню відбувається у всьому діапазоні ряду метаморфізму. Вміст водню залишається практично постійним при переході від бурого вугілля до кам'яних. Помітне зниження вмісту водню спостерігається в кам'яному вугіллі високого ступеня метаморфізму ($C_o > 87\%$) та антрацитах (рис. 4.1в).

Підтвердженням такого характеру зміни вмісту водню в процесі вуглефікації є залежність його зв'язку з киснем (рис. 4.2).

Помітне зниження водню починає проявлятися при вмісті кисню менше 5%. Очевидно, така залежність обумовлена переходом водню на цій стадії метаморфізму до сполук, що виносяться або що не враховуються в органічній (горючій) масі. Вміст азоту залишався практично незмінним (як правило, не перевищуючи 2 - 3%) і тільки на стадії антрацитів високого ступеня метаморфізму ($C_o > 95\%$) помітно його істотне зниження (рис. 4.1г).

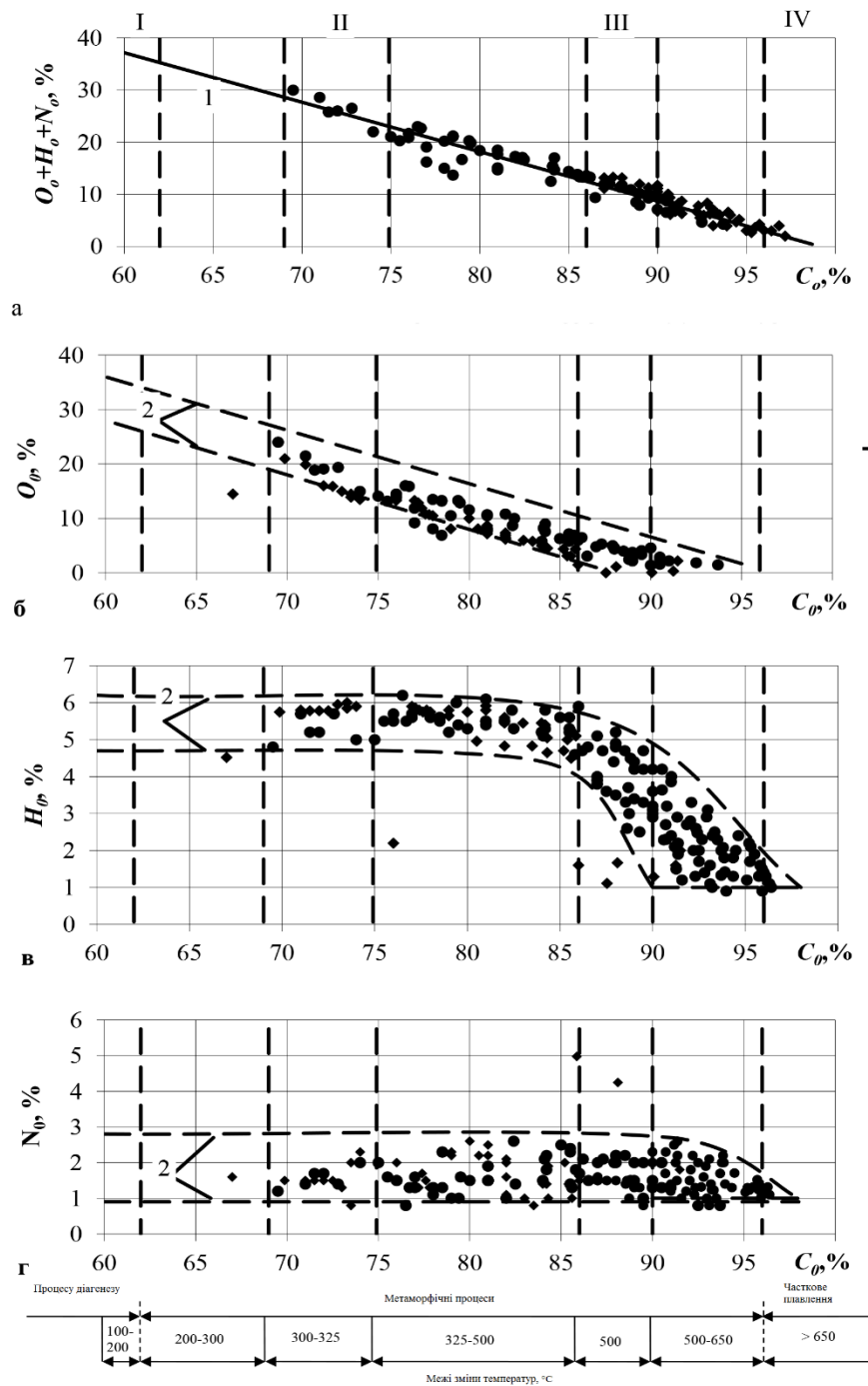


Рисунок 4.1 - Залежність зміни співвідношення елементів вугілля органічної маси.

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

• - експериментальні дані.

Розглядаючи співвідношення органічних складових з позиції схильності кам'яного вугілля до самозаймання слід зазначити різний характер зміни O_0 та H_0 при вмісті вуглецю до 87% і вище цього значення.

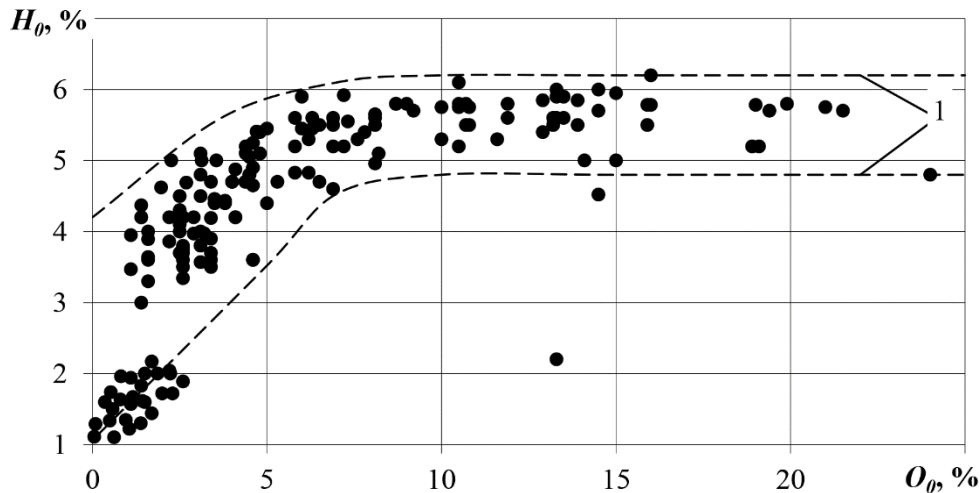


Рисунок. 4.2 – Взаємозалежність вмісту водню (H_0) та кисню (O_0) в органічній (горючій) масі вугілля

1 - межі зміни даних параметрів; • - експериментальні дані.

При вмісті вуглецю в діапазоні 70 - 87%, зниження вмісту кисню відбувається приблизно з однаковою інтенсивністю, а вміст водню залишався постійним і становив 4 ÷ 6%. Ці дані свідчать, що при вмісті вуглецю близько 87% відбуваються якісні зміни у внутрішній будові вугілля. Волога не враховується в органічній масі, але вона суттєво впливає на процеси самозаймання вугілля. Результати обробки даних «Каталогу шахтопластів СРСР за пиловим чинником» свідчать, що при переході від бурого вугілля до кам'яних вміст вологи зменшується до 1-3%, а потім збільшується у антрацитів до 4-5%, іноді досягаючи 7-8% .

Це вказує на різний перетворюючий вплив факторів тиску, температури і часу на окремих стадіях метаморфізму. При переході від торфу до бурого вугілля і при рівному вмісті вуглецю (рис. 4.1, діапазон I) головними відмінними ознаками є тільки вміст вологи і кисню. У торфі вміст вологи становить 75%, в бурому вугіллі 60% і менше, кисню відповідно 31-40% і 18-26%. На цій стадії ступінь

перетворення вугілля визначається кількістю вилученої води і кисню з бурого вугілля під впливом зовнішніх умов.

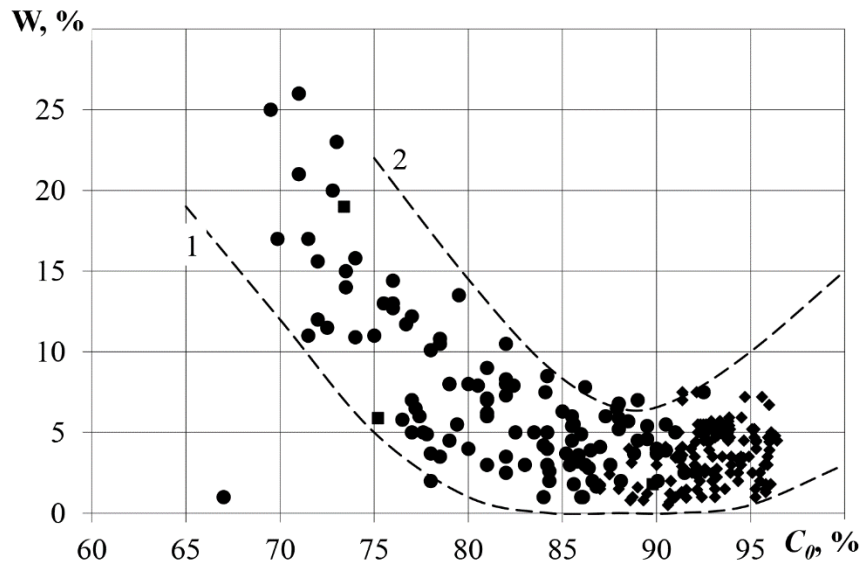


Рисунок. 4.3 – Залежність робочої води вугілля (W) від вмісту вуглецю (C_0)
1, 2 - межі зміни даних параметрів; • - експериментальні дані.

При втраті бурим вугіллям до 90% води воно починає набувати притаманні кам'яним вугіллям властивості (спікливість, коксованість, вихід смоли і т.д.). Цій стадії орієнтовно відповідає діапазон II зміни вуглецю (до 75%) в органічній (горючій) масі вугілля (рис. 4.1). На стадії кам'яного вугілля, поряд з перетворенням внутрішньої структури органічної маси і зміною її елементного складу, відбувається подальше видалення зв'язаної і вільної води. Цим пояснюється знижена вологість вугілля. При переході від кам'яного вугілля до антрацитів придбані властивості втрачаються, але з'являються нові, які свідчать про істотне структурно-молекулярне перетворення складових компонентів вугілля. До них слід віднести зміну механічної міцності, щільності, електричних властивостей і т.д. Придбання нових властивостей відбулися завдяки не тільки зміні складу органічної маси. Збільшення процентного вмісту вуглецю відбувалося, в основному, за рахунок зменшення (з 6 до 1%) водню в органічній (горючій) масі (рис. 4.1 діапазон III). Видалення водню на цій стадії могло відбуватися після його вступу, під

впливом тиску і температури, в сполуки, що виносяться або що не враховуються в органічній (горючій) масі.

На користь вирішального впливу певного поєднання параметрів (тиску, температури, часу) свідчить факт підвищення вологи в антрацитах. В результаті глибокої внутрішньої зміни структури вугілля на цій стадії метаморфізму відбувалося не тільки видалення вільної вологи, а й додаткове виділення пірогенетичної і гідратної вологи.

Підвищення вмісту вологи в антрацитах не суперечить загальній тенденції процесів метаморфізму до збільшення вмісту вуглецю і зниження інших компонентів. Збільшення вологості антрацитів викликано не припиненням процесів з її видалення, а стало результатом внутрішньої перебудови речовини на цій стадії вуглеутворення.

Пірогенетична та гідратна волога можуть бути видалені з вугілля тільки при температурі 300-550⁰C і більше. Цей процес багато в чому залежить від внутрішньої структури вугілля, пов'язаної з його ступенем метаморфізму.

Наведені факти свідчать про те, що, знаючи співвідношення між видами вологи, можна робити висновки про ступінь метаморфізму вугілля і його властивості.

Фактори тиску, температури і часу на пізній стадії вуглеутворення є визначальними. Наприклад, елементний склад антрацитів високого ступеня метаморфізму ($C_o > 97\%$) близький до складу графіту і природного коксу, але ці речовини мають абсолютно різні властивості, зумовлені зміною їх внутрішньої структури під впливом певного поєднання зазначених чинників.

Аналіз зміни елементного складу викопного вугілля показав, що згідно з цим фактором їх можна розділити тільки на дві групи - кам'яне вугілля і антрацити. Межа такого поділу визначається вмістом вуглецю 87%. Цьому показнику орієнтовно відповідають вміст кисню менше 5% і водню менше 4%, а вміст робочої вологи збільшується від 1-3% до 7-8%. Встановити інші межі інтервалів зміни властивостей вугілля за їх елементним складом, в тому числі визначити ступінь схильності до самозаймання, не представляється можливим. Показник карбонізації

знаходився за елементним складом вугілля зі співвідношення $\frac{C_0}{H_0 + O_0}$ (де C_0 , O_0 , H_0 – вміст у вугіллі основних вуглеутворюючих елементів, розрахованих на суху беззолну масу). За генетичною схильністю вугілля до самозаймання шахтопласти було класифіковано на три групи: I – $V^{daf} \geq 41\%$, $C_n \leq 7$, вугілля марок Д та частково Г; II – $V^{daf} = 40-30\%$, $C_n \leq 8$, вугілля марок Г та частково Ж; III – $V^{daf} < 36\%$, $C_n > 8$, вугілля марок Ж, К, ОС, П.

Застосувавши графостатистичний метод, з використанням головних чинників авторами [3] було встановлено вісім характерних зон схильності шахтопластів до ендогенної пожежонебезпеки. У цих зонах відносна кількість шахтопластів (q) вугілля, схильних до самозаймання, при спільному впливі головних чинників, змінювалася від нуля до одиниці. Підвищена ендогенна пожежонебезпека ($q = 1,0$) була притаманна шахтопластам незалежно від умов їх відпрацювання. Вони оцінювалися як вельми небезпечні.

До категорії безпечних віднесені шахтопласти, при відпрацюванні яких самозаймання вугілля відсутнє ($q = 0,0$).

При такому підході в діаметрально протилежну групу ендогенної пожежонебезпеки ($q = 1,0$ та $q = 0,0$) потрапили шахтопласти з вугіллям одних марок. Це свідчить про відсутність чіткого розмежування між шахтопластами при розподілі їх на вісім зон за схильністю до ендогенної пожежонебезпеки і можливість помилкового віднесення шахтопластів до небезпечних або таких, що не є небезпечними за самозайманням вугілля.

Цю ситуацію підтверджують дослідження [2, 3] по встановленню груп вугілля в залежності від вуглефікації з застосуванням трьох показників – V^{daf} , M та C_n . Слід зазначити, що обрані показники частково корелюють між собою, і кожен з них не вповні відображає перетворення вугілля в процесі метаморфізму.

Генетичні показники (V^{daf} , M та C_n) є частково взаємозалежними факторами. Зв'язки між ними не є функціональними, які в достатній мірі характеризували б ступінь перетворення вихідного органічного матеріалу і розподіл вугілля за марками. Масовий вихід летких речовин характеризує лише загальну кількість суміші газів, що

виділилися з проби вугілля при її нагріванні, без їх кількісної та якісної ідентифікації. З цієї причини V^{daf} лише деякою мірою може характеризувати ступінь метаморфізму вугілля та їх віднесення до певних марок. Показник C_n характеризує ступінь карбонізації вугілля в припущенні, що співвідношення між основними складовими компонентами органічної маси (C_o , O_o , H_o) залишається незмінним на різних стадіях перебігу процесів метаморфізму. Таке припущення не доведено результатами експериментів аналітичної хімії та технічного аналізу вугілля.

Індивідуальні залежності зменшення вмісту кожного компоненту (O_o , H_o , N_o) істотно відрізняються один від одного. 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 низького ступеня їх метаморфізму ($C_o \approx 70\%$) до антрацитів ($C_o \approx 98\%$). Залежність зниження вмісту кисню при збільшенні вуглецю носить нелінійний характер. При вмісті вуглецю більше 88% спостерігається деяке зниження темпів скорочення кисню в порівнянні з його зменшенням на більш ранніх стадіях метаморфізму. Це підтверджується збільшенням коефіцієнта регресії за абсолютною величиною до 0,812 (табл. 4.1 (4.3)) при обробці пар даних в діапазоні вмісту вуглецю 67,6÷88,0% і його зниженням до 0,468 в інтервалі 88,0÷97,41% (табл. 4.2 (4.4)).

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 зростання кількості вуглецю в органічній масі до 95%.

Порівнюючи зміни хімічного складу органічної (горючої) маси на різних ступенях метаморфізму, можна оцінити втрату системою компонентів. Зменшення кисню відбувається в усьому ряду 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 [3] загалом 2594 експериментальних пар даних, отриманих [4-8] в різних вугільних басейнах (табл.

4.2). Кореляційний аналіз дозволив кількісно описати характерні співвідношення між основними компонентами і вуглецем.

Таблиця 4.2. – Математична обробка кількісних і якісних показників органічної маси вугілля на різних стадіях метаморфізму

Вид залежності	Діапазон зміни вуглецю, %	Рівняння регресії	Кількість оброблених даних	Значення коефіцієнтів			Діапазон зміни компонентів, %	Діапазони C_n
				r	R	R^2		
$\Sigma O_o, H_o, N_o = f(C_o)$	70.4-97.41	$\Sigma O_o, H_o, N_o = -0.977 \cdot C_o + 97.9$ (3.1)	162	-0.99	0.99	0.98	29.1-2.7	2.5-35.7
$O_o = f(C_o)$	67.6-97.41	$O_o = -0.755 \cdot C_o + 71.99$ (3.2)	329	-0.93	0.96	0.92	21.0-1.6*	3.2-5.5
	67.6-88.0	$O_o = -0.812 \cdot C_o + 76.98$ (3.3)	177	-0.85	0.93	0.86	22.1-5.5	3.1-15.9
	88.0-97.41	$O_o = -0.468 \cdot C_o + 45.64$ (3.4)	152	-0.83	0.88	0.77	4.5-0.1	19.8-1869
$H_o = f(C_o)$	67.6-98.0	$H_o = -0.252 \cdot C_o + 25.79$ (3.5)	733	-0.79	0.88	0.77	8.7**-1.1	7.7-9.0
	67.6-88.0	$H_o = -0.005 \cdot C_o + 4.76$ (3.6)	119	0.03	0.41	0.17	4.4-4.3	15.3-20.4
	88.0-98.0	$H_o = -0.412 \cdot C_o + 40.68$ (3.7)	614	-0.73	0.78	0.61	4.4-0.3	19.9-322.4
$N_o = f(C_o)$	72.0-97.41	$N_o = -0.021 \cdot C_o + 3.45$ (3.8)	154	-0.19	0.40	0.16	1.9-1.4	37.2-69.4
	72.0-95.0	$N_o = -0.012 \cdot C_o + 2.68$ (3.9)	141	-0.10	0.38	0.14	1.8-1.5	39.6-64.5
	95.0-97.41	$N_o = -0.097 \cdot C_o + 10.55$ (3.10)	13	-0.16	0.86	0.73	1.3-1.1	71.2-88.5

Збільшення кількості вуглецю до 88% відбувається, в основному, за рахунок видалення кисню і незмінної кількості водню та азоту на цих стадіях метаморфізму.

Не викликає сумнівів майже функціональна обернено пропорційна залежність суми вмісту основних компонентів при збільшенні вмісту C_o (табл. 4.2 (4.1)), що підтверджується кореляційними показниками ($r = -0,99$ та $R = 0,99$).

При зміні вмісту вуглецю в інтервалі 70,40÷97,41%, значення $\Sigma O_o, H_o, N_o$ розташовувалися в діапазоні 29,1÷2,7%. Показник карбонізації для всього ряду метаморфізму вугілля знаходився в межах 2,5÷35,7, його мінімум відповідав

максимальному значенню суми основних компонентів. Значення $C_n = 35,7$ в даному випадку відповідає максимальному вмісту вуглецю 97,41%.

Не так пропорційно відбувається зменшення вмісту окремих компонентів (O_o , H_o і N_o) у всьому діапазоні ряду вуглефікації та зміна значень показника C_n при зміні вмісту окремих компонентів.

Значення вмісту кисню в процесі вуглефікації знижується у всьому ряду з 21,0% до нуля (табл. 4.2 (4.2)), а C_n дорівнює 3,2÷5,5.

Зменшення вмісту водню відбувається від 8,7 до 1,1% (табл. 4.2 (4.5)) при значенні $C_n = 7,7÷9,0$.

Найменші зміни в процесі вуглефікації було зафіксовано при скороченні вмісту азоту з 1,9 до 1,4% (табл. 4.2 (4.8)). При цьому значення показника C_n були максимальними (37,2÷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 зміни вмісту окремих компонентів у всьому інтервалі ряду карбонізації свідчить про необхідність більш детального розгляду зміни значень C_n у виділених межах зміни C_o .

Залежність зміни процентного вмісту кисню від C_o в інтервалі його зміни 67,60-88,0% (табл. 4.2) описується рівнянням 3.3 ($r = - 0,85$ і $R = 0,96$). Діапазон зміни показника C_n в цьому випадку визначається діленням значень C_o на рівняння (4.3):

$$C_n = \frac{67,60 \div 88,00}{-0,812 \cdot C_o + 76,98} = 3,1 \div 15,9 \quad (4.11)$$

Аналогічно визначено інтервал зміни C_n при $C_o = 88,0 \div 97,41\%$ враховуючи рівняння (3.4):

$$C_n = \frac{67,60 \div 88,00}{-0,468 \cdot C_o + 45,64} = 19,8 \div 1869,0 \quad (4.12)$$

Зміна характеру залежності $O_o=f(C_o)$ в розглянутих діапазонах зміни вуглецю (рівняння (4.3), (4.4)) і різке збільшення показника C_n при $C_o > 88\%$ свідчать про істотну зміну властивостей вугілля при незначній різниці у вмісті вуглецю.

У всьому ряді вуглефікації ($C_o = 67,6 \div 98,0\%$) зміна вмісту водню в цілому кореляційно залежить від C_o (рівняння (4.5), $r=-0,79$; $R=0,88$), але при значеннях $C_o = 67,6-88,0\%$ такий зв'язок не виявляється (рівняння (4.6), $r=0,03$; $R=0,41$). Це підтверджується практично незмінним значенням $H_o = 4,4 \div 4,3\%$. Для цього випадку

$$C_n = \frac{67,6 \div 88,00}{-0,005 \cdot C_o + 4,64} = 15,3 \div 20,4 \quad (4.13)$$

В діапазоні зміни $C_o = 88,0 \div 98,0\%$ спостерігається кореляційна залежність водню від C_o (рівняння (4.7), $r = -0,73$; $R=0,78$). У цьому інтервалі зміни C_o відбувалося зниження водню від 4,4 до 0,3%. Показник карбонізації в цьому діапазоні має наступну залежність:

$$C_n = \frac{88,0 \div 98,00}{-0,412 \cdot C_o + 40,68} = 19,93 \div 322,4 \quad (4.14)$$

Неоднозначна зміна вмісту водню в різних інтервалах значень C_o і різкий стрибок показника C_n підтверджують, як і в разі зміни вмісту кисню, про появу якісно нових властивостей вугілля.

На окремих стадіях вуглефікації вміст азоту залишався практично незмінним – зміна значень не перевищувала 0,3%. Кореляційні залежності практично були відсутні ($r = -0,10 \div -0,19$). При вмісті вуглецю $C_o > 95,0\%$ встановлена нелінійна залежність вмісту водню ($R = 0,86$). Показники C_n для інтервалів зміни C_o 72,0÷95,0% та 95,00÷97,41% визначили, відповідно застосовуючи рівняння (4.9) та (4.10):

$$C_n = \frac{72,0 \div 95,00}{-0,012 \cdot C_o + 2,68} = 39,6 \div 64,5 \quad (4.15)$$

$$C_n = \frac{95,00 \div 97,41}{-0,097 \cdot C_o + 10,55} = 71,20 \div 88,50 \quad (3.16)$$

Поява нелінійної залежності $N_o = f(C_o)$ при $C_o > 95,0\%$ і підвищене значення $C_n = 71,2 \div 88,5$ свідчить про наявність відмінних властивостей вугілля у порівнянні з попередніми стадіями вуглефікації.

У загальному випадку показник карбонізації визначається зі співвідношення

$$C_n = \frac{C_o}{O_o + H_o + N_o} \quad (4.17)$$

Кореляційні зв'язки вмісту кисню встановлені зі зміною вуглецю в діапазонах $67,60 \div 88,00\%$ і $88,00 \div 97,41\%$ (табл. 4.2(4.3, 4.4)). В інтервалі $67,60 \div 88,00\%$ зміни C_o значення вмісту водню практично не змінюється (табл. 4.2 (4.6), $r = -0,10$; $R = 0,38$).

Така зміна співвідношення компонентів дозволяє при визначенні C_n в інтервалі $C_o = 67,6 \div 88,0\%$ вважати значення H_o та N_o постійними величинами. Для цього випадку рівняння (4.17) з урахуванням залежності (4.3) можна записати у вигляді:

$$C_n = \frac{C_o}{(-0,812 \cdot C_o + 76,98) + 4,37 + 1,75} \quad (4.18)$$

Відповідно до рівняння (4.18), значення C_n при $C_o = 67,6 \div 88,0\%$ змінюються від 2,4 до 7,56.

Відсутність кореляційного зв'язку N_o в діапазоні зміни $C_o = 72,0 \div 95,0\%$ (рівняння (4.9), $r = -0,10$; $R = 0,38$) та його наявність для O_o та H_o (рівняння (4.4) та (4.7)) дозволяє перетворити рівняння (4.17):

$$C_n = \frac{C_o}{-0,88 \cdot C_o + 88,07} \quad (4.19)$$

Значення C_n в цьому випадку змінюються в діапазоні $8,28 \div 21,25$.

В інтервалі $95,0 \div 98,0\%$ при збільшенні C_o спостерігається зниження всіх компонентів (O_o , H_o , N_o) органічної маси. Для цього випадку, використовуючи рівняння (4.4), (4.7) і (4.10), значення C_n знаходиться за виразом:

$$C_n = \frac{C_o}{-0,977 \cdot C_o + 96,87} \quad (4.20)$$

Згідно рівняння (4.20), значення C_n зміняться в межах $23,42 \div 87,12$. Отримані рівняння (4.18-4.20) визначення зміни показника карбонізації в різних діапазонах зміни вуглецю дозволили встановити залежність $C_n = \frac{C_o}{99,15 - C_o}$. 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 значно уточнює визначення показника карбонізації, який є необхідним не тільки для встановлення пожежонебезпеки шахтопластів, а також дозволяє встановлювати інші прояви небезпечних властивостей вугільних пластів при веденні гірничих робіт.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОНОВАНОГО ЗАХОДУ

Одним з найскладніших видів аварій на вугледобувних підприємствах, ліквідація яких є тривалою, коштовною та трудовитратною, є ендогенні пожежі. За статистикою останніх 15 років було зареєстровано від 6 до 36 ендогенних пожеж на рік. За ними залишається першість за розмірами завданих матеріальних збитків, які сягають 40 % від всіх витрат, обумовлених результатами аварій на вугільних підприємствах України. Підземні ендогенні пожежі виникають у важкодоступних місцях, таких як вироблений або закріплений простір, в ціликах, у вугільних відкладеннях за ізоляційними перемичками, в пластах-супутниках. Усунення осередків горіння в таких умовах утруднено, чим обумовлена найвища тривалість ліквідації цього виду підземних аварій. Так, у вугільно-промисловому комплексі тільки за 2019 рік сталося 16 пожеж. Загальні збитки від пожеж склали 112074,0 тис. грн., з них витрати на аварійно-рятувальні роботи склали 16873,3 тис. грн.

Виникнення аварій на шахтах внаслідок ендогенних пожеж супроводжується загибеллю і травмуванням працівників, спричиняє значні матеріальні збитки, пов'язані з ліквідацією пожеж, знищенням або ушкодженням устаткування тощо. На термін, необхідний для ремонту і відновлення пошкодженої матеріально-технічної бази та створення безпечних умов порушується виробничий процес, наслідком якого є тривалі економічні збитки. Розроблення прогнозу ендогенної пожежонебезпеки шахтопластів задля уникнення аварій є актуальним заходом, що має на меті попередження виникнення ситуацій, які можуть призвести до матеріальних збитків та людських жертв.

Аналіз збитків, спричинених аваріями на гірничодобувних вугільних підприємствах, до ліквідації яких залучалися спеціалізовані аварійнорятувальні підрозділи, здійснює Державна воєнізована гірничорятувальна служба Міненерговугілля України. Відомості про них наводяться в чинній звітності Міненерговугілля. Разом з тим, у звітності не враховано соціальні витрати, пов'язані

з аварією, оскільки вони здійснюються в основному за рахунок фондів. В той же час в окремих випадках соціальні витрати суттєво перевищують усі інші складові. Слід також зазначити, що збитки від аварій, наведені у звітності Державної воєнізованої гірничорятувальної служби, визначені лише з урахуванням витрат шахти і гірничорятувальної служби на ліквідацію аварії та матеріальних втрат підприємства під час аварії, у тому числі від припинення видобутку вугілля, пошкодження обладнання, гірничих виробок тощо. При визначенні наведеної величини матеріальних втрат шахти не враховані витрати на її поставарійне відновлення. Тому фактична величина збитків, навіть без урахування соціальної складової, суттєво перевищує наведені значення.

Розрахункове значення величини прогнозованого суспільного збитку від аварії повинне враховувати прогнозований збиток вугільного підприємства, скоригований з урахуванням соціальних витрат, витрат держави на утримання аварійнорятувальних формувань, наукових, проектних та інших установ, які залучаються до ліквідації аварій.

При розгляді економічної оцінки від запровадження прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля доцільніше говорити про визначення 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.

При визначенні ефективності інвестицій в заходи, спрямовані на попередження аварій, однією із найбільш складних задач є визначення величини відверненого збитку внаслідок проведення протиаварійних заходів. Виникнення аварій і аварійних ситуацій, як і нещасних випадків, які спричиняють травми, носить імовірний характер. Тому при визначенні величини прогнозованого збитку від ендегенних пожеж $Z(P_i)$ необхідно враховувати імовірність їх виникнення p_i . У цьому випадку максимальна величина відверненого збитку внаслідок впровадження заходу, що виключає можливість виникнення i -го виду аварії на шахті, має вигляд

$$Z = p_i \cdot Z(P_i),$$

де $Z(P_i)$ - величина прогнозованого збитку від ендегенних пожеж,
 p_i - імовірність виникнення ендегенної пожежі.

Від того, наскільки вірно здійснено прогноз очікуваних економічних збитків $Z(P_i)$ та вірогідність виникнення аварії, залежить економічний ефект даного заходу. Отримання достовірних прогнозних даних є найбільш важливим і в той же час найбільш складним етапом розрахунків.

Максимальна величина відверненого збитку досягається в тому випадку, коли внаслідок впровадження заходу повністю виключається можливість виникнення i -го виду аварії на шахті. 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.

Різницю імовірності виникнення пожеж можна позначити виразом

$$\Delta p_i = p_i - p_i^g,$$

де p_i , p_i^g - імовірність виникнення пожежі на об'єкті i -го типу, відповідно, до впровадження і після впровадження заходів з прогнозування пожежонебезпеки.

В цьому випадку величина відверненого збитку внаслідок впровадження заходу Z визначається як

$$Z = \Delta p_i \cdot Z(P_i).$$

Звідки слідує, що для визначення величини відверненого збитку важливо мати достовірну інформацію щодо ймовірності виникнення ендегенної пожежі.

Прогнозна оцінка матеріального збитку внаслідок ендегенних пожеж вугільних шахтопластів повинна визначатися у кожному конкретному випадку пожежі окремо, оскільки має диференціюватися за місцем та часом її виникнення, станом та тривалістю експлуатації обладнання, підготовленістю працівників до ліквідації аварій, оснащеністю та станом обладнання, призначеного для їх ліквідації, витратними матеріалами на гасіння пожежі тощо. В рамках магістерської роботи розрахувати всі витрати не представляється можливим внаслідок відсутності необхідної інформації.

В якості базового прогнозованого значення величини збитку від аварій, спричинених пожежами у вугільно-промисловому комплексі, може бути прийняте середньостатистичне значення збитків за час ліквідації аварії, визначене за результатами аналізу аварій, виконаного Державною воєнізованою гірничорятувальною службою.

Економічний збиток, завданий пожежами у вугільно-промисловому комплексі, становив у 2018 році - 70600,0 тис. грн, у 2019 році – 112074,0 тис. грн., у 2020 році - 69331,8 тис. грн. В середньому сума збитків склала 84001,9 тис.грн. на рік. За статистичними даними сума збитків, завданих ендегенними пожежами, складає 40 % від всіх витрат, обумовлених результатами аварій на вугільних підприємствах України. Тож середня сума збитків, спричинених ендегенними пожежами, становить 33600,8 тис.грн/рік.

Зрозумілим є той факт, що жоден метод прогнозу виникнення ендегенних пожеж у шахтопластах та навіть вичерпний перелік всіх можливих профілактичних заходів із запобігання виникнення ендегенних пожеж, враховуючи їх стохастичний характер, не здатні повністю усунути імовірність виникнення цього явища.

За розрахунками величина відверненого збитку внаслідок впровадження заходу 3 з урахуванням середньої суми збитків 33600,8 тис.грн/на рік становитиме 8736,2 тис.грн/рік.

Таким чином, в результаті досліджень прогнозу ендегенної пожежонебезпеки шахтопластів за ступенем метаморфічних перетворень вугілля величина очікуваного відвернутого збитку, спричиненого виникненням пожеж у вугільно-промисловому комплексі, становить 8736,2 тис.грн на рік.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та способів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. В основі системи «Охорона праці» лежать законодавчі акти, створені державою, головним з яких є Конституція.

Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпека речовин, що використовуються та утворюються в проектованому виробництві

Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпека речовин, що використовуються та утворюються в проектованому виробництві, приведені в таблицях 6.1 – 6.3.

Таблиця 6.1

Основні фізико-хімічні властивості речовин

№ п/п	Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан при н.у.	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С	Примітка
	Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	метан	метан	CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	газ	-182,5	-161,5	безколовий горючий газ, без запаху, нерозчинний у воді
2	оксид азоту	нітрогену монооксид	NO	N=O	газ	-163,7	-151,8	негорючий газ без кольору та запаху, слаборозчинний у воді
3	двооксид азоту	нітрогену двооксид	NO ₂	O=N=O	газ	-11	21,3	червоно-коричневий газ із гострим задушливим запахом, утворює в атмосфері жовту димку

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	чадний газ	вуглецю монооксид	CO	C=O	газ	-205	-192	горючий токсичний газ без кольору, смаку та запаху
5	вуглекислий газ	вуглецю двооксид	CO ₂	O=C=O	газ	-56,6 (5,2 атм.)	-78,5 (возг.)	газ кислуватого смаку без кольору та запаху, розчинний у воді
6	сірчаний ангідрид	сірки двооксид	SO ₂	O=S=O	газ	-72,7	-10,08	газ без кольору з подразнюючим гострим запахом, легко розчинний у воді

Таблиця 6.2. Характеристика токсичності

№ з/п	Сполука	КН	Характер дії на організм	ГДК				Засоби індивідуального захисту	
				у повітрі, мг/м ³		у воді, мг/л			
				робочої зони	населених пунктів		ГДК		ГПК
					максимально разова	середньодобова			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	метан	4	почастішання пульсу, збільшення об'єму дихання, послаблення уваги, координації, тонких м'язових рухів	300	50	-			для горнорятувальників – ізолюючі та додаткові респиратори типу «Урал-1м», РКК-2м, Р-12м, КПП-5, СК-4
2	оксид азоту	3	кров'яна отрута, діє прямо на центральну нервову систему; послаблення пам'яті та м'язової сили	5	0,4	0,06			фільтруючий протигаз марки В; протигаз марки БКФ
3	двооксид нітрогену	3	має подразнюючу та прижигальну дію на дихальні шляхи, призводить до розвитку набряку легенів.	2	0,085	0,04			теж

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	оксид вуглецю	4	витісняє O_2 з оксигемоглобіну крові, утворюючи карбоксигемоглобін, знижує вміст кисню у крові; здатний безпосередньо діяти токсично на клітини, порушує тканеве дихання та зменшує живлення тканин O_2	20	5	3			фільтруючий протигаз марки М; кисневі ізолюючі протигazi РКР-2, РКР-3, КИП-5, РКК-1
5	двооксид вуглецю	4	слабкість, головнокружіння, головний біль, підвищення кров'яного тиску, розлад дихання, частий пульс, у великих концентраціях – наркотична дія, задушливість, загальне пригнічення	30000	-	-			шлангові протигazi ПШ-1, ПШ-2
6	двооксид сірки	3	поздразнює дихальні шляхи, викликає спазм бронхів; загальна дія заключається у порушенні процесів у головному мозку, м'язах, печінці; токсичність різко зростає при одночасній дії SO_2 та CO	10	0,5	0,05			фільтруючий протигаз марки В; протигаз марки БКФ

Показники вибухо- та пожежонебезпечності

№ з/п	Сполука	Температура спалаху, °C	Температура самоспалаху, °C	Межі розповсюдження полум'я, концентраційні				Межі спалаху, температурні, °C	
				г/м ³		% об.		нижній	верхній
				нижній	верхній	нижній	верхній		
1	метан	-	537	-	-	5,28	15	-187	-
2	оксид вуглецю	-	-	-	-	12,5	74	-	-

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Виробництво характеризується наявністю наступних небезпечних та шкідливих факторів:

- ✓ забрудненням атмосферного повітря продуктами повного і неповного згоряння вугілля;
- ✓ скиданням у водойми води;
- ✓ наявністю шкідливих речовин – природний газ (метан), оксиди вуглецю, оксиди азоту, двооксид сірки;
- ✓ електричною енергією високої напруги, наявністю нагнітаючого електрообладнання, контрольно-вимірювальних приладів;
- ✓ можливістю утворення вибухонебезпечних сумішей при порушенні норм технологічного режиму;
- ✓ накопиченням статичної електрики при транспортуванні продукції;
- ✓ підвищеним рівнем шуму та вібрації при роботі агрегатів.

Класифікація та категорійність виробничого приміщення

У приміщенні, зокрема котельні, знаходяться (утворюються) горючі гази та суміші, тобто за вибухо- и пожежонебезпечності дане приміщення відноситься до категорії «А» - вибухо-пожежонебезпечні.

За правилами впорядкування електрообладнання приміщення котельні відноситься до зон класу «В-1а» - вибухонебезпечні, тобто приміщення, в якому за нормальної експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів із повітрям не утворюються, а утворення їх можливе лише у випадку аварії або не виправності.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом виробниче приміщення котельні відноситься до приміщень із підвищеною небезпечністю, тому що характеризується високою температурою повітря всередині приміщення [21].

Заходи запобігання шкідливих та небезпечних факторів

У виробничих приміщеннях звичайно передбачається змішана (природна та механічна) вентиляція. Розрахунок механічної загально обмінної (приточно-втяжної) вентиляції здійснюється згідно із наведеною нижче методикою.

Для того, щоб забезпечити концентрацію шкідливої речовини при експлуатації теплогенеруючих агрегатів, у даному випадку метану, у приміщенні не вище ГДК, необхідно у це приміщення подавати достатню кількість повітря, що визначається за формулою (6.1)

$$W = \frac{q \cdot 10^6}{C_{вид} - C_n}, \quad (6.1)$$

де W – необхідна кількість повітря, що подається, м³/год;

q – кількість шкідливої речовини, яка виділяється у приміщення, кг/год;

$C_{вид}$, C_n – кількість шкідливої речовини у повітрі, що подається та видаляється, мг/м³;

$C_{вид}$ – приймається рівним ГДК, $C_{вид} = 300$ мг/м³;

C_n – приймається рівним (0÷0,3) ГДК, $C_n = 0$.

Кількість шкідливої речовини, що виділяється у приміщення протягом однієї години, можна визначити за формулою (6.2):

$$q = \eta \cdot c \cdot V_a \cdot \sqrt{\frac{\mu}{T}}, \quad (6.2)$$

де η – коефіцієнт запаса, що приймається в залежності від стану обладнання, $\eta = 1$

c – коефіцієнт, який характеризує залежність витікання шкідливої речовини від тиску P всередині апарату; тиск всередині апарату P складає 0,1 МПа, тому коефіцієнт c приймаємо рівним 0,121;

V_a – внутрішній сумарний об'єм апаратури та комунікацій; об'єм комунікацій приймається рівним 30% від об'єму основних апаратів, м^3 . Об'єм основного апарату дорівнює $3,5 \text{ м}^3$, тому сумарний внутрішній об'єм апаратури складає:

$$V_a = V_{\text{осн.а.}} + 0,3V_{\text{осн.а.}} = 3,5 + 0,3 \cdot 3,5 = 4,55 \text{ м}^3$$

T – температура в апараті, $T = 1500 \text{ К}$.

Розраховуємо кількість метану, що виділяється у приміщення протягом однієї години за формулою (9.2):

$$q = 1 \cdot 0,121 \cdot 4,55 \cdot \sqrt{\frac{16}{1500}} = 0,056 \text{ кг/год}$$

Розраховуємо кількість повітря, яку необхідно подавати в приміщення за формулою (6.1):

$$W = \frac{0,056 \cdot 10^6}{300 - 0} = 186,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таким чином, за подачі в приміщення котельної не менше $186,7 \text{ м}^3/\text{год}$ повітря концентрація метану у повітрі приміщення не буде перевищувати ГДК. Для цього можна використовувати вентилятор відцентрований високого тиску ВВД №5 потужністю $480 \text{ м}^3/\text{год}$ із частотою обертання 3080 об/хв , у даному вентиляторі використовується електродвигун 4А200L2 потужністю $5,5 \text{ кВт}$ із частотою обертання 2880 об/хв .

Розрахунок витяжної вентиляції (витяжних парасолик) здійснюється за формулою (6.3):

$$W = F \cdot V_c \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (6.3)$$

де W – об'єм повітря, що відводиться;

F – площа нижнього перетину парасольки, яка не має бути меншою за площу у плані технологічного обладнання, площа верхньої поверхні котла дорівнює $1,3 \times 1,3 \text{ м} = 1,69 \text{ м}^2$, тобто площу парасольки приймаємо $F = 1,69 \text{ м}^2$;

V_c – швидкість руху повітря, що подається, $V_c = 0,20 \text{ м/с}$.

Кількість повітря, що відводиться:

$$W = 1,69 \cdot 0,20 \cdot 3600 = 1216,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для цього можна використовувати вентилятор відцентрований вибухобезпечний типу В-Ц4-70 номер 3,15 потужністю 1300 м³/год із частотою обертання 1400 об/хв, у даному вентиляторі використовується електродвигун В63 А4 потужністю 0,25 кВт із частотою обертання 1400 об/хв.

Опалення у приміщенні котельні не передбачається.

Заходи боротьби із пилом

При роботі та обслуговуванні котельної установки виробничий пил не утворюється і не потрапляє у навколишнє повітря та повітря виробничого приміщення, тому заходи боротьби із виробничим пилом не передбачаються.

Освітлення приміщень

Виробничі приміщення можуть освітлюватися природним та штучним освітленням.

Природне освітлення, яке здійснюється через світлові отвори у стінах будівель (бокове світло) або у світових ліхтарях (верхнє світло), розраховується виходячи з відношення площі світлових отворів до площі підлоги (світловий коефіцієнт). Світловий коефіцієнт приймається рівним 1/6÷1/5. Площа віконних отворів розраховується за формулою (6.4):

$$S_{ок} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_n, \quad (6.4)$$

де $S_{ок}$ – площа віконних отворів, м²;

S_n – площа підлоги, м².

Площа підлоги приміщення котельні складає:

$$S_n = l \cdot b = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$$

Площа віконних отворів:

$$S_{ок} = \frac{1}{6} \cdot 36 = 6 \text{ м}^2$$

Габаритні розміри вікна:

1. висота 1,5 м;
2. ширина 2 м.

Площа одного вікна:

$$S_{ок}^1 = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}^2$$

Необхідна кількість вікон:

$$n = \frac{S_{ок}}{S_{ок}^1} = \frac{6}{3} = 2$$

Розрахунок загального штучного освітлення приміщення котельні складається з розрахунку кількості світильників і розробки схеми їх розміщення.

У приміщенні котельні вибухонебезпечні концентрації газу можуть виникнути випадково, тому для освітлення таких приміщень рекомендується використовувати світильники підвищеної надійності ПН із лампою накаливання. Межі потужності для таких світильників: до 150 Вт; 200 Вт; 300 Вт.

Число світильників, потрібне для освітлення приміщення котельні, визначається за методом світлового потоку за формулою (6.5):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (6.5)$$

де E – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк, для грубих робіт $E = 30$ лк [22];

S – освітлювана площа, м²; визначається як $S = a \cdot b = 6 \cdot 6 = 36$ м²;

F – світловий потік лампи, залежить від потужності лампи, для ламп накаливання потужністю 150 Вт при напрузі у мережі 220 В світловий потік має значення $F = 1710$ лм [22];

K – коефіцієнт запасу освітленості, для приміщень із малим виділенням забруднювачів для ламп накаливання дорівнює $K = 1,3$ [22];

Z – поправочний коефіцієнт, який залежить від конструкції світильника, для світильників типу ВЗГ та ПН дорівнює $Z = 0,75$ [22];

U – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції та типу світильника, коефіцієнта відбиття стін і стелі, а також показника i , значення якого визначається за формулою (6.6):

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (6.6)$$

де a, b – довжина і ширина приміщення, відповідно 6 м та 6 м;

h – висота підвішування світильника від рівня робочого місця, м.

Визначається за формулою (6.7):

$$h = H - h_p - h_n, \quad (6.7)$$

де H – висота приміщення, $H = 4$ м;

h_p – рівень робочого місця над підлогою, $h_p = 0,8$ м;

h_n – відстань від світильника до стелі, $h_n = 1$ м.

$$h = 4 - 0,8 - 1 = 2,2 \text{ м}$$

Розраховуємо значення показника i за формулою (6.6):

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2,2 \cdot (6 + 6)} = 1,36$$

Для світильників підвищеної надійності ПН при коефіцієнтах відбиття стін 0,5 та стелі 0,5 значення коефіцієнта використання освітлювальної установки U визначені для значень показника приміщення i , рівних 1,25 і 1,5 [22]:

$$\checkmark \quad i=1,25 \quad U=0,30$$

$$\checkmark \quad i=1,5 \quad U=0,32$$

Значення коефіцієнта U для $i=1,36$ можна визначити за співвідношення:

$$\frac{1,5 - 1,36}{0,32 - U} = \frac{1,36 - 1,25}{U - 0,3}$$

Звідси $U=0,3088$.

Площа приміщення, що освітлюється, визначається як:

$$S = a \cdot b = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$$

Визначаємо число світильників, необхідне для освітлення приміщення, за формулою (6.5):

$$n = \frac{30 \cdot 36 \cdot 1,3}{1710 \cdot 0,3088 \cdot 0,75} = 3,54 = 4$$

Таким чином, для освітлення приміщення котельні в ньому необхідно розмістити 4 світильники типу ПН із лампами накаливання потужністю 150 Вт.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається за формулою (6.8):

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (6.8)$$

де n – розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення, $n = 4$;

W – потужність одної лампи, $W = 150$ Вт;

$(0,1 \div 0,2) \cdot W$ – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт.

Таким чином, потужність освітлювальної установки дорівнює:

$$N = \frac{4 \cdot 150 + 0,1 \cdot 4 \cdot 150}{1000} = 0,66 \text{ кВт}$$

Світильники розміщуються симетрично в 2 ряди по 2 штуки на відстані 2 м від стін та між ними.

Заходи боротьби з шумом і вібраціями

Для боротьби з шумом і вібрацією застосовують як організаційні, так і технічні методи.

Перед усім, необхідно усунути або зменшити рівень вібрації та шуму в джерелах їх утворення, а потім застосувати методи зменшення шуму на шляху його розповсюдження, а також засоби індивідуального захисту, такі як заглушки (антифони), які вкладаються у зовнішні слухові проходи, та проти шумні (шумозахисні) навушники та шоломи, які закривають вушну раковину ззовні.

Для усунення вібрації насосів і шуму, який виникає за їх роботи, рекомендується:

1. жорстке кріплення віброуючих деталей та вузлів;
2. балансування (врівноваження) рухомих та обертових деталей;
3. збільшення загальної маси фундаменту насосів.

Для зниження рівня шуму, що виникає за руху газу в трубопроводі, рекомендується збільшити площу поперекового перетину газоходів.

Заходи захисту від статичної електрики

Для захисту персоналу котельні та попередження аварій, зв'язаних із розрядами статичної електрики, у приміщенні котельні передбачається заземлення всіх металічних конструкцій, апаратів, насосів, трубопроводів, контрольно-вимірювальних приладів та обладнання, які можуть накопичувати статичну електрику.

До заходів захисту від статичної електрики відносять:

- організацію заземлень;
- послаблення генерації зарядів у рідинах шляхом зменшення швидкості їх пересування по трубопроводам.

Для відведення статичної електрики, яка накопичується на людині, передбачаються:

- улаштування електропровідних підлог або заземлених зон, подмостів та робочих ділянок, заземлення ручок дверей, поручнів сходів та рукояток приладів, машин і апаратів;
- забезпечення працюючих струмопровідним взуттям;
- заборона одягу з синтетичних матеріалів та шовку, а також обручок і металічних прикрас.

Заходи електробезпеки

Електробезпека в приміщенні котельні забезпечується за допомогою наступних організаційних і технічних заходів:

1. забезпечення недоступності струмоведучих частин, які знаходяться під напругою;
2. застосування пристроїв заземлення і занулення для усунення переходу електричного струму на корпус обладнання і на не струмоведучі частини;
3. встановлення перегороджувальних пристроїв;
4. застосування ізолюючих пристроїв і покриттів;
5. застосування пристроїв автоматичного вимкнення електроживлення;
6. застосування пристроїв дистанційного управління;

7. застосування запобіжних пристроїв;
8. використання блискавковідводів та розрядників.

Для усунення переходу напруги на корпус і не струмоведучі частини електричного і технологічного обладнання за замкнення на них одної з фаз застосовують захисне заземлення або занулення.

Розрахунок заземлюючого контуру здійснюють, виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого контуру $R_{ззн}$ повинен бути меншим за 4 Ом.

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою (6.9):

$$R_{ззн} = \frac{R_з \cdot R_{ш}}{R_{ш} \cdot n \cdot \eta_з + R_з \cdot \eta_{ш}}, \quad (6.9)$$

де $R_з$ – опір заземлювача, яким можуть бути стержні, труби, кутки і таке інше, Ом;

$R_{ш}$ – опір штаби, яка з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів;

$\eta_з$ – коефіцієнт екранування заземлювача, $\eta_з = 0,5$;

$\eta_{ш}$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої штаби, $\eta_{ш} = 0,4$.

Опір заземлювача визначається за формулою (6.10):

$$R_з = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (6.10)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, для супіску питомий опір дорівнює $\rho = 200$ Ом·м;

l – довжина заземлювача, заземлювач – стержень довжиною $l = 6$ м;

d – діаметр заземлювача, $d = 0,02$ м;

t – відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі, м; визначається за формулою (6.11):

$$t = \frac{l}{2} \square t', \quad (6.11)$$

де t' – глибина заземлення від рівня землі, $t' = 0,5$ м.

$$t = \frac{6}{2} + 0,5 = 3,5 \text{ м}$$

Опір заземлювача складає:

$$R_3 = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 6}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,5 + 6}{4 \cdot 3,5 - 6} \right) = 36,37 \text{ Ом}$$

Опір штаби, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою (6.12):

$$R_{ш} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2L^2}{b \cdot t'}, \quad (6.12)$$

де L – довжина штаби, що з'єднує заземлювачі, приблизно дорівнює периметру будівлі $L = (8 + 8) \cdot 2 = 36$ м;

b – ширина штаби, $b = 0,03$ м.

Опір штаби:

$$R_{ш} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 24} \cdot \ln \frac{2 \cdot 36^2}{0,03 \cdot 0,5} = 16,00 \text{ Ом}$$

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою (6.13):

$$n = \frac{2R_3}{4\eta_3}, \quad (6.13)$$

де 4 – припустимий загальний опір, Ом;

2 – коефіцієнт сезонності.

$$n = \frac{2 \cdot 36,37}{4 \cdot 0,5} = 36,37$$

Тобто, кількість заземлювачів $n = 37$ шт.

Розраховуємо загальний опір захисного заземлюючого пристрою за формулою (6.9):

$$R_{ззп} = \frac{36,37 \cdot 16,00}{16,00 \cdot 37 \cdot 0,5 + 36,37 \cdot 0,4} = 1,87 \text{ Ом}$$

Опір захисного заземлюючого пристрою менший за 4 Ом, тому електробезпека будівлі забезпечується.

Пожежобезпека

Вимоги пожежної безпеки передбачають заходи запобігання виникнення і розповсюдження пожеж і вибухів, а також ефективного протипожежного захисту будівлі котельні [22].

За ступенем вогнестійкості будівля котельні відноситься до категорії І – основні елементи будівлі виконані з негорючих матеріалів, несучі конструкції мають підвищену опірність до дії вогню. Орієнтовний час розвитку пожежі до повного охоплення будівлі вогнем – не більше 2 годин [23].

Для запобігання утворення вибухо- та пожежонебезпечних сумішей проводиться безперервний контроль параметрів роботи обладнання, а також вимірювання концентрації метану в повітрі виробничого приміщення.

До технічних заходів запобігання виникнення та проявлення імпульсів загоряння відносять:

- ✓ використання відповідного електрообладнання, у том числі використання світильників типу ВЗГ (вибухозахищені) і ПН (підвищеної надійності);
- ✓ усунення проявів зарядів статичної електрики;
- ✓ впровадження заземлення та блискавковідводу.

Застосовується також система автоматичного відсікання полум'я – перекриття засувками газопроводу [22].

Приміщення котельні має протипожежний водопровід. Крани протипожежного водопроводу обладнані брезентовими шлангами із брандспойтами. Закручені шланги та брандспойти зберігаються в опломбованих шафах поблизу кранів.

Крім того, приміщення котельні забезпечено пінними (ОХП-10) та вуглекислотними (ОУ-2; ОУ-5; ОУ-8) вогнегасниками, ящиком з піском, азбестовими холстами, пожежними відрами, лопатами, сокирами, багром.

Пісок зберігається у дерев'яних або металічних ящиках обсягом до 0,5 м³ із щільно закритими кришками. Пісок має бути сухим, без забруднень та комків, його використовують для гасіння невеликих пожеж, а також локальних загорань кабелів, електропроводки.

Покривала з войлоку або азбесту використовують для гасіння пожежі на поверхні технологічного обладнання та елементах конструкції будівлі. Їх накидають на поверхню, що горить, і таким чином перекривають доступ кисню до зони горіння. Покривала застосовують для захисту від вогню цінного обладнання,

а також для закриття свищів у трубах з горючими матеріалами. Покривала рекомендується зберігати у металічних закритих футлярах, періодично їх висушувати та очищувати від пилу.

Ящики та щити, де зберігається протипожежний інвентар, ручки лопат та пожежних сокир фарбують у червоний колір, а металічні частини періодично очищують і змащують для запобігання корозії.

При з'явленні пожежі черговий персонал котельні повинен повідомити про це адміністрації котельні та пожежній охороні підприємства або міській пожежній команді і розпочати гасіння пожежі за допомогою первинних способів пожежогасіння. При цьому не повинен зупинятися контроль за основними параметрами роботи котельні [3].

Розрахунок кількості недоторканого протипожежного запасу води здійснюється з урахуванням наступних даних:

- ✓ тривалість пожежі приймається рівною 3 годинам;
- ✓ площа території котельної установки не перевищує 150 га, тому припускається вірогідність виникнення одної пожежі;
- ✓ ступінь вогнестійкості будівлі котельні – І, категорія виробництва за пожежонебезпечністю – «А», обсяг будівель не перевищує 3 000 м³, тобто витрата води на зовнішнє вогнегасіння через гідранти складає 10 л/с, для внутрішнього гасіння пожежі приймається додаткова витрата води 5 л/с [22].

Таким чином, необхідна кількість недоторканого протипожежного запасу води визначається за формулою (6.14):

$$V = q \cdot t, \quad (6.14)$$

де q – витрата води на зовнішнє і внутрішнє гасіння пожежі:

$$q = 10 + 5 = 15 \text{ л/с}$$

t – тривалість пожежи, приймається рівною 3 години, тобто 10800 секунд.

$$V = 15 \cdot 10800 = 162000 \text{ л} = 162 \text{ м}^3$$

У недоторканому протипожежному запасі повинно міститись 162 м³ води.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі описано об'єкт досліджень шахта "Карбоніт" ДП "Первомайськвугілля", зокрема геологічна будова шахтного поля, кількість запасів вугілля, характеристика роботи шахти. 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, щодо 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.

Результати виконаної роботи рекомендуються до використання технічним, технологічним і економічним службам ш. "Карбоніт" при розробці програми розвитку гірничих робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яремчук, І. М. "Звіт про результати аудиту ефективності використання коштів державного бюджету, виділених на проведення гірничорятувальних заходів і заходів з охорони праці та підвищення техніки безпеки на вугледобувних підприємствах" РАХУНКОВА ПАЛАТА, 2020, https://rp.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2020/5-2_2020/Zvit_5-2_2020.pdf
2. Минеев С. П. и др. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах : монография. Донецк : Схід. вид. дім, 2010. 603 с
3. Булат А. Ф., Лукинов В. В., Пимоненко Л. И. и др. Геологические основы и методы прогноза выбросоопасности угля, пород и газа. Днепропетровск: Монолит, 2012. 360 с.
4. Саранчук В. И., Баев Х. А. Теоритические основы самовозгорания угля. М.: Недра, 1976. 152 с
5. Булат А. Ф., Звягильский Е. Л., Лукинов В. В. и др. Углеродный массив Донбасса как гетерогенная среда. Киев: Наук. думка, 2008. 411 с.
6. Антощенко Н.И. Метан в угольных пластах от образования до выделения : Монография Алчевск : ДонГТУ. 2006. 267с.
7. Саранчук В. И., Айруни А. Т., Ковалев К. Е. Надмолекулярная организация, структура и свойства угля. Киев : Наук. думка, 1988. 190с.
8. Пашковский П.С. Эндогенные пожары в угольных шахтах. Донецк : Ноулидж (донецкое отделение), 2013, 792 с.
9. Саранчук В. І. та ін. Основи хімії і фізики горючих копалин. Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. 638 с.
10. Веселовский В.С. Химическая природа горючих ископаемых. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 350 с.
11. Орловский, С.Н. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.Н. Орловский; Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. – 318 с

12. 49. Веселовский В.С., Алексеева Н.Д., Виноградова Л.Н. и др. Самовозгорания промышленных материалов. М.: Наука, 1964. 246 с
13. КД 12.01.402-2000. Керівництво із запобігання і гасіння ендогенних пожеж на вугільних шахтах України. Затв. Мінпаленерго України 18.12.2000. 215 с
14. Пашковский П.С., Костенко В.К., Заславский В.П., Хорольский А.Г., Заболотный А.Г. [и др.]. КД 12.01.401-96 Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция. Издание официальное Донецк: НИИГД, 1997. 68 с.
15. Чумак, А.С. О разработке пластов угля, склонных к самовозгоранию / Уголь Украины, 1973. № 11. С. 53
16. Лапин А.А., Васякова А.В. Геолого-углехимическая характеристика пластов самовозгорающихся углей в Донецком бассейне / Уголь Украины, 1974. № 1. С.43-45
17. Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. Выпуск VIII. Обоснование построения геолого-углехимической карты Донецкого бассейна. М.: Углетехиздат, 1954. 429 с
18. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт : утв. Приказом Гос. ком. Украины по надзору за охраной труда №131 от 20.12.1993 ДНАОТ 1.1.30-6.09.93 / [ред. кол.: С.В. Янко и др.]. К. : Основа, 1994. 312 с.
19. НПАОП 10.0-7.05-90 Руководство по борьбе с эндогенными пожарами на шахтах Минуглепрома СССР, М.: Недра, 1990.
20. Гиллен К. Метаморфическая геология Пер. с англ. А. П. Платуновой. М. : Мир, 1984. 174 с.
21. Гапеев А.А. Твердые горючие ископаемые (каустобиолиты). М.: Государственное издательство геологической литературы, 1949. 335 с.
22. Рябцев Н. И. Природные и искусственные газы [Текст]. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1978. 264 с. : ил.; 20 см.
23. Миронов К. В. Справочник геолога-угольщика. М. : Недра, 1982. 311 с.
24. ГОСТ 25543-88. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам = Brown coals, hards coals and anthracites.

Classification according to genetic and technological parameters : государственный стандарт Союза ССР Москва : Изд-во стандартов, 1988. 19 с.

25. Никольский Б.П. Справочник химика. Том 6. Сырье и продукты промышленности органических веществ Л.: Химия, 1967. 1012 с.

26. Правила безпеки у вугільних шахтах. Нормативно-правовий акт з охорони праці. – К.: 2012. – 398 с.

27. ГОСТ 17070-87 Угли. Термины и определения. М. : Издательство стандартов, 2003. 15 с.

28. ГОСТ 27313 – 87 Топливо твердое. Обозначение аналитических показателей и формулы перерасчётов результатов анализа для различных состояний топлива. Введ. 01.07.87. М. : Издательство стандартов. 1987. 12с.

29. Шестакова Ольга Евгеньевна Визуальная диагностика природных видов и технологических марок ископаемых углей // Вестник КузГТУ. 2010. №01.