

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

\_\_\_\_\_ (інститут)  
Факультет природничих наук і технологій \_\_\_\_\_  
(факультет)  
Кафедра Геології та розвідки родовищ корисних копалин \_\_\_\_\_  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра \_\_\_\_\_  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Головченка Олексія В'ячеславовича \_\_\_\_\_  
(ПІБ)  
академічної групи 103-20ск-1 \_\_\_\_\_  
(шифр)  
спеціальності 103 Науки про Землю \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціальності)  
за освітньою програмою Геологія \_\_\_\_\_  
(офіційна назва)  
на тему: Вплив метаморфізму на прояви викидів пісковиків та газу \_\_\_\_\_  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Савчук В.С.			
розділів:	Савчук В.С.			
Загального	Савчук В.С.			
Спеціального	Савчук В.С.			
Рецензент	Шевченко С.В.			
Нормоконтролер	Хоменко Н.В.			

Дніпро  
2023

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

Геології та розвідки родовищкорисних копалин

(повна назва)

Жильцова І.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« 24 » квітня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студенту Головченку О. В. академічної групи 103-20ск-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю

за освітньою програмою Геологія

на тему: Вплив метаморфізму на прояви викидів пісковиків та газу  
(назва за наказом ректора)

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 21.04.2023 № 284-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Класифікація та теорії походження геодинамічних явищ, їх характеристика	27.04.23-11.05.23
Спеціальний	Вибір методів вирішення завдання.	12.05.23-18.05.23
	Створення бази даних розповсюдження викидів пісковиків та газу у вугільних басейнах Світу та у Донецькому басейні.	19.05.23-27.05.23
	Вибір показника метаморфізму і визначення стадій метаморфізму органічної маси пісковиків.	28.05.23-07.06.23
	Встановлення впливу стадій метаморфізму на прояви викидів пісковиків та газу у Донецькому басейні	08.06.23-21.06.23

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Савчук В.С.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 24.04.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії 26.06.2023

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Головченко О.В.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 71 с., 3 табл., 6 рис., 4 додатки, 10 джерел.

ВИКИДИ ПІСКОВИКУ І ГАЗУ, ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНІВ, ДОНБАС, МЕТАМОРФІЗМ, ОБГРУНТУВАННЯ, ІНТЕРВАЛИ СТАДІЙ МЕТАМОРФІЗМУ.

Предмет дослідження – геологічні чинники прояву викидів пісковика і газу.

Об'єкт дослідження – викиди пісковика і газу у вугленосних відкладах Донбасу.

Мета роботи – вивчити вплив метаморфізму на динаміку розповсюдження викидів пісковика і газу у вугільних шахтах Донбасу.

Методи дослідження використані такі загальнонаукові методи, як метод узагальнення, аналізу та синтезу.

Встановлено інтервали стадій метаморфізму з розповсюдження викидів пісковика і газу. Визначено що по стадіям метаморфізму вони розповсюджуються нерівномірно, створюючи зони максимального та мінімального їх прояву. Визначені зони характеризуються різною силою їх прояву та особливостями прояву.

Взаємозв'язок з іншими роботами – продовження наукової діяльності кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» в сфері вивчення геодинамічних явищ у вугільних басейнах.

Актуальність – визначення впливу геологічних чинників на видовий склад і прояви геодинамічних явищ дозволить створити єдину систему їх прогнозування і використовувати більш прості і надійні засоби боротьби з геодинамічними явищами.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – удосконалення безпеки видобутку вугілля.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ.....	5
ВСТУП .....	6
1 ОГЛЯД, АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РОБІТ ЯКІ БУЛИ ПРОВЕДЕНІ РАНІШЕ... 8	8
1.1 Види геодинамічних явищ та їх класифікація.....	8
1.2 Причини і гіпотези походження викидів пісковику та газу.....	17
2 МЕТОДИКА РОБІТ.....	20
3 ВПЛИВ МЕТАМОРФІЗМУ НА ПРОЯВИ ВИКИДІВ ПІСКОВИКУ І ГАЗУ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ .....	22
3.1.1 Франція.....	22
3.1.2 Німеччина.....	25
3.1.3 Польща .....	29
3.1.4 Чехія.....	33
3.1.5 Словаччина.....	34
3.1.6 Японія.....	36
3.1.7 Австралія.....	39
3.2 Обґрунтування показника метаморфізму для удосконалення прогнозу геодинамічних явищ.....	42
3.3 Вплив метаморфізму на розповсюдження викидів пісковику у вугільних шахтах Донбасу.....	50
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ .....	63
Додаток А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	64
Додаток Б Відомості про викиди пісковику та газу у вугільних басейнах Світу та ступеня їх метаморфізму .....	65
Додаток В Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	68
Додаток Г Рецензія.....	70

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

$A_{\text{ур}}^{\text{d}}$  - зольність вугільної маси на суху масу, %;

$A_{\text{пл}}^{\text{d}}$  - зольність пластована суху масу, %;

$A_{\text{R}}$  - анізотропія відображення вітриніту

$A^{\text{d}}$  - зола на сухий стан палива;

$C^{\text{daf}}$  - вуглець на сухий беззольний стан палива, %;

$P^{\text{d}}$  - зміст фосфору на суху масу, %;

$Q_{\text{s}}^{\text{daf}}$  - питома теплота згоряння по бомбі на горючу масу, ккал/кг ;

$t_3$  - температура плавлення золи, °C;

$lg_p$  - логарифм питомого електроопору;

$K_{\text{д}}$  - щільність органічної маси, г/см<sup>3</sup>;

$R_{\text{max}}^{\text{a}}$  - максимальна відбивна здатність вітриніту в повітрі;

$R_{\text{max}}^{\text{o}}$  - максимальна відбивна здатність вітриніту в імерсії;

$W^{\text{a}}$  - волога на аналітичний стан палива;

$S_{\text{т}}^{\text{d}}$  - сірка загальна на сухий стан;

$S_{\text{т}}^{\text{d}}$  - зміст загальної сірки на суху масу, %;

$H^{\text{daf}}$  - водень на сухий беззольний стан палива, %;

$N^{\text{daf}}$  - азот на сухий беззольний стан палива, %;

$Q_{\text{i}}^{\text{r}}$  - нижча теплота згоряння на робочий стан палива, %;

$R_{\text{o}}$  - показник відбиття вітриніту, % ;

$V^{\text{daf}}$  - вихід летких речовин на сухий беззольний стан палива, %.

## ВСТУП

Геодинамічні явища – це явища, які у літосфері під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників, пов'язані з вивільненням потенційної енергії у геологічному середовищі. Найчастіше їх можна спостерігати, при безпосередньому відпрацюванні вугільного родовища.

При підземній експлуатації вугільних родовищ та відпрацюванні пластів погіршуються його гірничо-геологічні умови. Цей процес нерідко ускладнюється проявом різноманітних видів геодинамічних явищ. Зі збільшенням глибини розробки та темпів просування вибоїв гірничих виробок, частота їх прояву та сила зростає

Найчастіше, у шахті, при відпрацюванні вугільних пластів, можна спостерігати такі види геодинамічних явищ: раптові викиди вугілля та газу, викиди породи та газу, гірські удари. На даний момент у світі існує достатньо методів прогнозування геодинамічних явищ та боротьби з ними, проте проведення заходів щодо їх попередження суттєво ускладнює технологію видобутку.

Тому вкрай важливо, вже на стадії геологорозвідувальних робіт, визначати можливість їх прояву. Теоретичною основою створення такої системи прогнозу є доведена генетична їх єдність. Одним з головних геологічних факторів, які контролюють прояви всіх видів геотектонічних явищ є ступінь метаморфізму вугілля. Однак до наступного часу прогнози виконуються для окремих видів геодинамічних явищ за різними показниками метаморфізму. Для створення єдиної системи прогнозу необхідно обґрунтувати та вибрати один показник метаморфізму вугілля якій надійно дозволить виконувати їх прогноз вже на стадії геологорозвідувальних робіт.

Виходячи з поданих даних, вважаю, що тема досить важлива, зокрема для тих її регіонів, в яких вугільна промисловість є ключовою, оскільки покликана повною мірою вивчити прояви різноманітних геодинамічних явищ,

фактори їх прояву, а також спрогнозувати, або мінімізувати їх наслідки під час експлуатації вугільних родовищ.

Актуальність – визначення впливу геологічних чинників на видовий склад і прояви геодинамічних явищ дозволить створити єдину систему їх прогнозування і використовувати більш прості і надійні засоби боротьби з геодинамічними явищами.

Мета роботи – вивчити вплив метаморфізму на динаміку розповсюдження викидів пісковика і газу у вугільних шахтах Донбасу.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Ознайомитися з видовим складом геодинамічних явищ та їх класифікацією.
2. Зібрати геологічні дані щодо поширення та прояву викидів пісковика у вугільних шахтах Світу та України.
3. Обґрунтувати показник метаморфізму для удосконалення прогнозу геодинамічних явищ.
4. Встановити інтервали стадій метаморфізму з розповсюдження викидів пісковика і газу.

Отримані дані дозволять надалі уточнити вплив метаморфізму на прояви викидів пісковика і газу, та вдосконалити прогноз їх розповсюдження на стадії геологорозвідувальних робіт.

# 1 ОГЛЯД, АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РОБІТ ЯКІ БУЛИ ПРОВЕДЕНІ РАНІШЕ

## 1.1 Види геодинамічних явищ та їх класифікація

У вугільних шахтах спостерігається велика різноманітність динамічних явищ. До них відносяться: суфляри, віджимання вугілля, раптове обвалення покрівлі, пучення ґрунту, висипання, стріляння, гірські удари, раптові викиди вугілля, раптові викиди породи.

Недостатня вивченість причин, що викликають різноманітність видів динамічних явищ, проявляється у наявності значної кількості їх класифікацій. В кожній країні, з урахуванням особливостей прояву геодинамічних явищ, розроблені їх класифікації.

Міжнародна класифікація цих явищ розроблена комісією, створеною Робочою групою з вугілля Європейської Економічної комісії ООН, на основі енергетичних теорій гірничих ударів, енергетичної силової теорії викидів вугілля, породи та газу, узагальнення світового досвіду у вирішенні проблем динамічних явищ у вугільних шахтах. Відноситься вона до генетичної класифікації.

Залежно від джерел енергії, що беруть участь у процесі формування та перебігу геодинамічних явищ розрізняють чотири класи цих явищ: гірничі удари, викиди газу, викиди вугілля (породи) та газу, гірничо-тектонічні явища. У кожному класі виділяються групи (види) геодинамічних явищ які детально показані на рисунку 1.1. Генетична спорідненість (єдність) геодинамічних явищ зумовлена певним поєднанням провідної сили розв'язування явища, властивостей вугільного пласта, порід та ролі газу. У свою чергу основними геологічними факторами, які контролюють склад та властивості вугілля будь-якого викопного вугілля служать ступінь вуглефікації, петрографічний склад та ступінь відновленості [6].



## Класифікація геодинамічних явищ

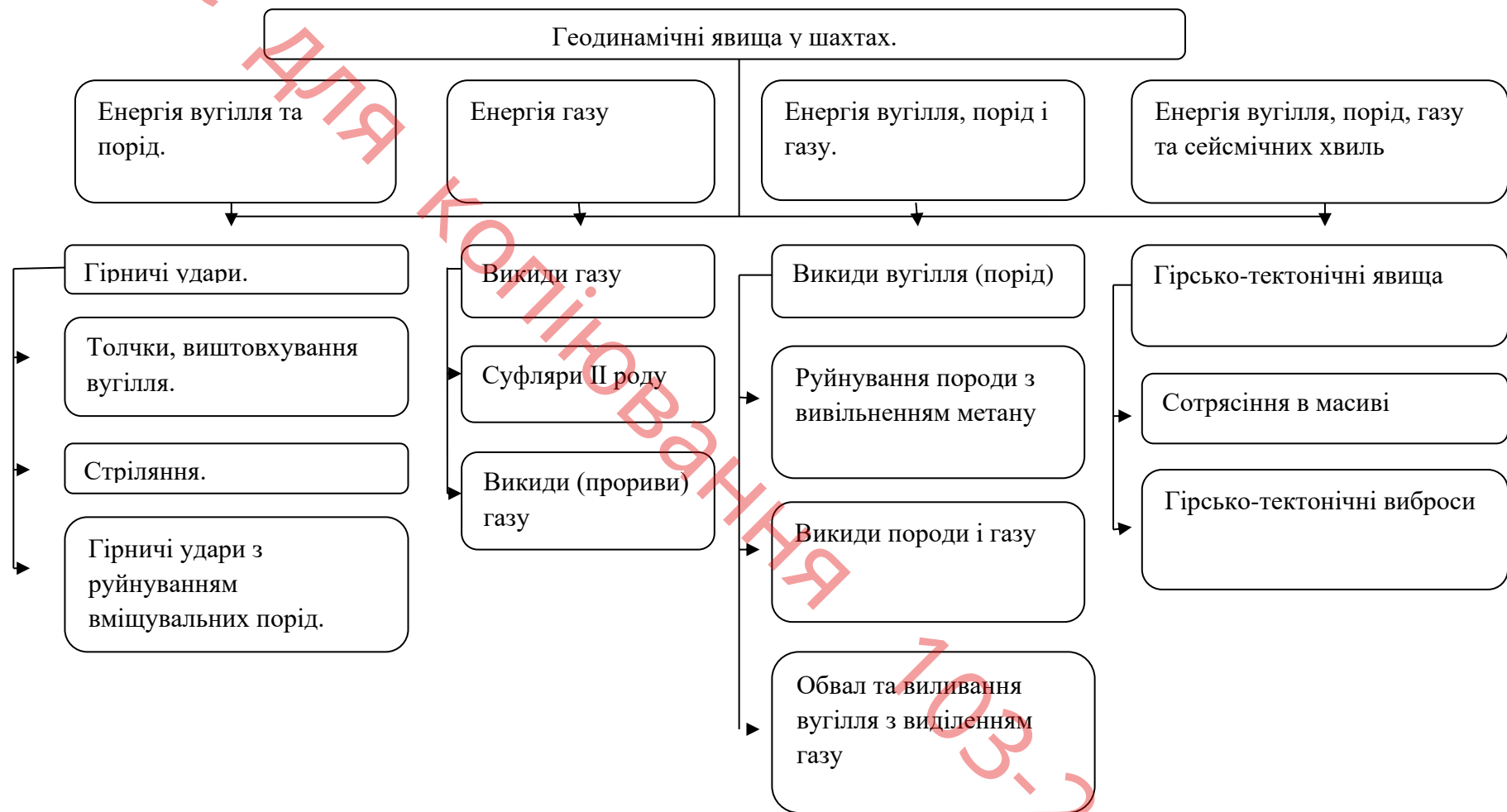


Рисунок 1.1 – Міжнародна класифікація геодинамічних явищ у вугільних шахта [ 10]

Викиди породи та газу виникають за наявності вибухового імпульсу, який до статичних навантажень навколо виробітку додає динамічні.

Характеристика явища і відмітні ознаки: лавиноподібне руйнування гірничого масиву з виносом і переміщенням породи з вироблення потоком газу, що виділяється; породний масив зруйнований за контурами виробітку; частина відкинута від вибою породи роздроблена, частинки розміром до 2мм; повітряний поштовх, струс масиву.

Типові умови виникнення – газonosні пісковики з високою пористістю; проведення виробок буро-підривним способом; геологічні розлади. Найчастіше походять із покрівлі гірничих виробок. Зруйнована гірнична маса - від 5 т до 3,4 тис. т, концентрація газу у виробленні змінюється, як правило, від 2 до 6% (може досягати 50%). Мінімальна глибина викидів 700 м, довжина порожнини від 5 до 34 м. Зі збільшенням глибини розробки вугілля зростають частота та сила викидів.

Найбільш небезпечні: крила і склепіння пологих невеликих антиклиналей у тектонічних блоках, обмежених насувами або флексурами, крупно- та середньозернисті кварцові пісковики з кремнеземистим цементом, з високою метаносністю, в зоні розвитку вугілля з марками від Г до ПС.

У технічній літературі досі немає однозначного визначення кожного з цих явищ. В окремих роботах заздалегідь різні види динамічних явищ об'єднується в групи за однією ознакою (виділення газу, звукових ефектів, вивал вугілля і т.п.). Нижче наводиться визначення основних термінів та понять, що застосовуються для позначення різних динамічних явищ.

Суфлярами називає виділення газу з видимих на око тріщин і порожнин у товщі вугілля або порід. Розрізняє геологічні та експлуатаційні суфляри. Геологічні суфляри спостерігається часто. Нагромадження газів має природне походження, тобто. надходить із самого вугілля. Вони присвячені складчастим і розривним порушенням, зазвичай, у товщах, містять пісковики. Геологічні суфляри діють кілька років. Багато випадків газопроявів спостерігалось у

свердловинах. Виділення метану їх іноді тривало понад 20 років. Значно рідше спостерігаються суфлярні виділення вуглекислого газу.

Експлуатаційні суфляри з тріщин і порожнин, які утворюються в результаті проведення гірничих робіт, є більш короткочасними. Термін дії їх зазвичай не перевищує 2-3 місяці. Суфлярні виділення нерідко супроводжуються шумовим ефектом, викидом води та витівки газу.

Прийняте в літературі поділ суфлярів на геологічні та експлуатаційні є умовним і, на мою думку, недоцільним. В обох випадках скупчення газів має природне походження. Такі ознаки, як тривалість діяльності суфляру, прояв його з тріщин природного чи експлуатаційного характеру не суттєві до суті не змінюють. Таким чином, усі суфляри є з причини виникнення - експлуатаційними, а за своєю природою - природничо-геологічними явищами у вугільних басейнах.

Віджимання вугілля. Місцем прояву може бути лише забої вугільного пласта. Причиною його служить гірський тиск, що викликає напружений стан пластичної маси вугілля, внаслідок чого відбувається плавне видавлювання вугілля у вироблений простір і одночасним плавним пригинанням і опусканням покрівлі та ґрунту пласта. Прикладами віджиму може бути переміщення вугілля у бік виробленого простору із вибоїв по пласту. За даними В.І.Кравченка віджимання частіше відбуваються на пластах, де вугілля має вихід летких речовин не вище 8%.

Пучення ґрунту відбувається у виробленому просторі у випадках, коли підстилаючи вугільний пласт породи представлені пластичними, різновидами які легко деформуються (аргіліти, сланці тощо.) і мають значну потужність (більше 1 м). Процес виявляється у повільному формуванні пологих піднять поверхні ґрунту пласта за рахунок перерозподілу пластичних мас з ділянок навантаження у вироблений простір. Пучення призводить до зближення ґрунту та покрівля пласта і може сприяти віджиму вугілля або стрілянню вугілля.

Висипання вугілля відбувається при відпрацюванні круто падаючих неміцних вугільних пластів. Зменшенню міцності сприяє перерозподіл гірського тиску. Висипатися може до сотень тон вугілля, іноді зі значним виділенням метану, що є, як і при віджимі, супутнє явище.

Стріляння - це раптове різке відділення більшої або меншої частини вугільного пласта або породи, що вміщає, викликане напруженим станом пластів і його розрядкою при розробці [2]. Це явище супроводжується відкиданням на значні відстані (порядку 3-5 м) окремих дрібних відколів вугілля або породи, їх шматків, причому після стріляння утворюється характерна увігнута раковиста виїмка на поверхні відриву.

Гірські удари це – раптове, миттєве руйнуванням цілика вугілля або виступаючої частини масиву, що супроводжується відкидом вугілля у вироблений простір. Зазвичай воно супроводжується звуковим ефектом, струсом масиву і повітряною ударною хвилею. Гірські удари - це небезпечні, часом катастрофічні явища, створюють як значні ускладнення відпрацювання, а й які становлять безпосередню небезпеку життя людей [10].

Необхідною умовою виникнення гірничого удару є наявність напруженої частини вугільного масиву, що зависає на великій площі покрівлі, міцної або середньої міцності ґрунту. Причиною виникнення гірських ударів є високий гірничий тиск, який руйнує цілісність вугільного пласта або частину масиву, що виступає, укладені між зазначеними міцними поверхнями. Ініціатором гірського удару служить раптове обвалення покрівлі, що зависає над цілком та створює граничні навантаження на цілик. Для раптової розрядки створених напруг досить навіть незначних впливів на пласт (вибух шпурів, робота врубової машини або відбійного молотка).

Раптові викиди вугілля є лавино-наростаюча зміна вугілля в масиві, завершується вибухоподібним виділенням їх у відпрацьований простір з оголеної поверхні вугільного пласта, з утворенням характерної порожнини. Порожнина має грушоподібну форму з утворенням вузької шийки, через яку відбувається викид подрібненого вугілля. Раптовий викид супроводжується

значним виділенням газу, відкидом сильно подрібненого (до стану борошна) вугілля на значну (до десятків метрів) відстань.

Причини раптових викидів вугілля полягають в особливостях речовинного складу самого вугілля та будуть детально розглянуті нижче.

Ініціатором викидів вугілля, як свідчить практика ведення гірничих робіт, можуть бути всі види механічного на пласт, і навіть деякі динамічні явища (обвалення покрівлі, гірський удар, на крутих шихтах висипання). Викиди вугілля можуть відбуватися на пластах, які мають незначні виділення газу, так і на дуже газоносних пластах. На деяких шахтах, пласти які понад категорійні по газу, викиди не зустрічалися ніколи. Це підтверджує думку авторів, що газ супроводжує це динамічне явище, а не є його причиною. Дегазація вугілля відбувається внаслідок швидкого його дроблення в процесі викиду і лише частково сприяє виносу вугільної "муки" з порожнини викиду.

Викиди порід відбуваються під час проходження виробок вибуховим способом. Вони супроводжуються незначними виділеннями метану, утворенням різних формою порожнин розміром від кількох до десятків метрів, нерідко з чітко вираженої "шийкою", подібної утворюється при раптових викидах вугілля. Як правило, викиди порід походять з потужних пластів пісковиків руслових та прибережно-морських фацій. Внаслідок викиду піщаник руйнується на уламки, лусочки до розмірів дерева.

Викиди порід різко знижують продуктивність праці, її безпеку, уповільнюють темпи проведення виробок та збільшують їхню вартість. Інтенсивність викидів порід різна - від кількох м<sup>3</sup> до 700 м<sup>3</sup>.

У Донецькому басейні діє класифікація ГДЯ яка була розроблена Центральною комісією з боротьби з раптовими викидами вугілля та газу.

Провідними фахівцями було створено єдину класифікацію ГДЯ. Вона була заснована на обліку ролі та ступеня участі різних факторів у підготовці та розвитку явищ, що дозволяє здійснити правильне визначення виду явища при розслідуванні аварії. Крім того, створюються передумови для створення єдиної інформаційної системи, що включає дані про газодинамічні явища з

метою виявлення закономірностей прояву ГДЯ, перевірки різних гіпотез та узагальнення досвіду ведення гірничих робіт.

У класифікації геодинамічних явищ розрізняють 12 видів:

1. Суфляр.
2. Раптовий прорив газу із зони геологічного порушення.
3. Раптове руйнування порід ґрунту з виносом метану та вугілля.
4. Раптовий викид вугілля та газу.
5. Раптовий викид породи та газу.
6. Раптове обвалення (висипання) вугілля з попутним газовиділенням.  
Обвалення нависаючого масиву вугілля.
7. Раптове видавлювання (віджимання) вугілля з попутним газовиділенням,
8. Гірський удар.
9. Поштовх.
10. Стріляння.
11. Гірничо-тектонічний удар.
12. Гірський удар з руйнуванням порід (вугілля) ґрунту (покрівлі) виробітку.

Аналіз сучасного стану вивченості природи та механізму динамічних явищ дозволив зробити висновок про те, що найбільш важливими умовами є напружений стан вугленосного масиву, його фізико-механічні властивості та газ. Ці фактори покладено в основу класифікації динамічних явищ В.Є Забігайло, яка необхідна для вирішення трьох завдань: 1) обґрунтування теоретичних та практичних положень щодо розробки та застосування способів

боротьби та прогнозу викидонебезпечності вугільних пластів та гірських порід; 2) оцінки умов, особливостей та характеру безпечного ведення гірничих робіт на небезпечних за динамічним явищам пластах; 3) об'єктивної оцінки виду та причин виникнення явищ, що стався на шахті, на основі якого розробляються заходи щодо їх попередження.

Отже, критерії такої класифікації, з одного боку, повинні відображати причину явища, з іншого — дозволяти визначати його вид у межах класу та оцінювати основні причини виникнення динамічного явища. Генетичними показниками класів динамічних явищ прийняті сили, під дією яких виникають ті чи інші явища. До них відносяться або газ, або гірський тиск, або спільний їхній прояв. У першому випадку динамічне явище обумовлюється лише енергією вільного газу, у другому — гірським тиском, у третьому — і газом, і гірським тиском. При цьому під гірським тиском мається на увазі спільна дія геостатичного тиску, вплив на його перерозподіл гірничих виробок, в умовах крутого падіння — вага вугілля, що нависає, а також динамічні навантаження, що виникають при веденні прохідницьких і видобуткових робіт вибуховим способом або в результаті нерівномірного опускання покрівлі. Відповідно до дії зазначених сил виділяються такі класи динамічних явищ: газові, комбіновані та гірничого тиску.

У класифікації виділено десять видів динамічних явищ: у першому — два, у другому — три, а в третьому — п'ять. Перший клас об'єднує суфляри і раптові викиди газу і вугільної дрібниці. Виділення суфлярів у самостійний вид динамічних явищ з двома підвидами — експлуатаційного і геологічного походження, на нашу думку, є цілком закономірним і пояснюється як особливими умовами, в яких вони виникають, так і характером їх прояву. У деяких класифікаціях динамічних явищ вони виділялися в самостійну групу під назвою або проривів газу, під якими очевидно мали на увазі суфляри експлуатаційного походження, або просто суфляри.

На відміну від зазначених класифікацій види явищ виділяються на основі поєднання та взаємодії сил, що визначають класи, з фізико-

механічними властивостями та характером газоносності. Наприклад, при рівних напружених станах вугільних пластів, але в різних їх властивостях виникають різні динамічні явища (у першому випадку, очевидно, раптові викиди вугілля і газу, у другому — гірські удари). Різні за природою та механізмом процеси протікають залежно від виду газу — вільного або сорбованого, що бере участь у динамічному явищі.

Критеріями класифікації динамічних явищ за газовим фактором є переважна форма стану газу в незайманому масиві, тиск газу та величина природної газоносності. Ці показники задовільно характеризують газодинамічний режим у гірничих виробках і природу явищ, які можуть бути обумовлені газом.

Викиди гірських порід і газу за зовнішнім проявом ближче до викидів вугілля і газу, що відбуваються під час вибухового способу проходження гірничих виробок. Викинута маса порід на відміну від розподілу вугілля розташовується за ступенем подрібнення у зворотному порядку; найбільш значні за розмірами (масі), шматки порід відкинуті більш далекі відстані від вибою, біля самого забою накопичуються дрібніші частини. Порожнина оконтурюється пластинами породи, розташованими паралельно її стін, незалежно від напрямку шаруватості породи. Ці особливості, з одного боку, підкреслюють різну природу та механізм цих явищ, з іншого — вказують на не менш важливий, ніж напружений стан, вплив фізико-механічних властивостей середовища на характер та форму прояву динамічних явищ. За властивостями порід і характером руйнування викиди порід ближче до гірських ударів, у класифікації посіли проміжне місце наприкінці класу комбінованих явищ перед явищами гірського тиску. Можливо, що з накопиченням даних про умови прояву викидів порід і газу та з'ясуванням ролі газу в механізмі їх виникнення в різній гірничо-геологічній обстановці, цей вид динамічних явищ буде розділений на два або кілька видів з віднесенням одних до класу комбінованих, а інших до класу гірничого тиску.



Критерії за фізико-механічними властивостями слід уточнити і доповнити даними про деформаційні характеристики — пружні та непружні, більш повно відображають напружено-деформований стан масиву, ніж міцнісні.

Таким чином, генетична класифікація динамічних явищ відображає нерозривну єдність і істотну різницю, як між класами, так і всередині них. Встановлені за даними дослідження геологічних закономірностей, умов і форм їх прояву, дозволяють обґрунтовано виділити головні фактори, під впливом яких виникає те чи інше явище, і на цій основі правильно підійти до вирішення питань прогнозу та розробки способів запобігання та боротьби з ним. За даними, які були визначені для різних видів геодинамічних явищ, можливо оцінити роль окремих факторів у явище, що вже відбулося. З накопиченням інструментальних (кількісних) даних про характер та форми прояву динамічних явищ окремі показники та таблиці критеріїв мають доповнюватись та уточнюватись. На їх основі можуть бути виділені перехідні форми видів явищ. Однак лише диференціальний підхід до дослідження природи та механізму окремих видів динамічних явищ за місцем їх прояву, перехід від приватного до загального на їх генетичній основі дозволить розробити єдину теорію динамічних явищ, надійні методи їх прогнозу та способи боротьби з ними.

## **1.2 Причини і гіпотези походження викидів пісковіку та газу**

Спроби пояснити причини, що лежать в основі механізму геодинамічних явищ, були здійснені практично відразу після того, як ці явища були зафіксовані. Дослідження проводилися в різних країнах, у тому числі й в Україні, було досягнуто суттєвих результатів у цій галузі, проте навіть зараз не можна повною мірою стверджувати, що цю проблему повністю вирішено [8].

Різноманітність видів динамічних явищ, які спостерігаються нерідко ті чи інші їх комбінації та недостатня вивченість причин, що їх викликають, зумовили появу багатьох гіпотез про їх природу [6].

Причини виникнення динамічних явищ розглядалися на роботах багатьох дослідників. Найбільша кількість робіт була присвячена раптовим викидам, викидам породи та газу, гірничим ударам.

Немає єдиної думки про природу викидів пісковика та газу. Ряд авторів першопричиною порід викидів порід і газу вважає місцева підвищена тектонічна напруга [9].

Найчастіше заперечується участь газу у процесі викиду порід. Дослідження проведені В.І. Ніколіним, дозволили йому дійти невтішного висновку, що залишкових тектонічних напруг у шарах пісковика немає. Основною причиною існування зон аномальних явищ напруги є газ (метан), що знаходиться в породі під високим тиском. Природа самого набухання пояснюється явищем, яке отримало назву ефект Дерягіна. Причиною перерозподілу напруг є миттєвий відрив частини напруженого масиву під час вибухових робіт. Наступним етапом у пізнанні процесу викидів пісковика і газу були роботи під керівництвом Ф.А. Абрамова, що дозволили дещо повному уявити механізм викидів.

При статистичній нарузі під впливом вибухового імпульсу створюється додаткова динамічна напруга, що зумовлює деформації порід і перерозподілу напруги. У перший період у вибою вироблення спостерігається зона розтягуючих напруг, за якою слідує область стиснення. У другий період розвитку переміщень у знову утвореного вибою вироблення виникає зона стиснення, за якою слідує область розрядження. На величину та характер деформації порід істотно впливає напружений стан масиву та його фізико-механічні властивості, які у свою чергу, залежать від ступені метаморфізму вугілля.

Висновки:

Недостатня вивченість причин, що викликають різноманітність видів динамічних явищ, проявляється у наявності значної кількості їх класифікацій.

Створення єдиної класифікації ГДЯ для Донецького басейну дозволяє здійснити правильне визначення виду явища, створює передумови для створення єдиної інформаційної системи з метою виявлення закономірностей їх прояву.

Однак лише диференціальний підхід до дослідження природи та механізму окремих видів динамічних явищ за місцем їх прояву, перехід від приватного до загального на їх генетичній основі дозволить розробити єдину теорію динамічних явищ, надійні методи їх прогнозу та способи боротьби з ними.

Встановлення за даними досліджень геологічних закономірностей, умов і форм їх прояву, дозволить обґрунтовано виділити головні фактори, під впливом яких виникає те чи інше явище, і на цій основі правильно підійти до вирішення питань прогнозу та розробки способів запобігання та боротьби з ним.

## 2 МЕТОДИКА РОБІТ

Робота виконувалась поетапно. У першому етапі роботи було розглянуто існуючі класифікації геодинамічних явищ. Особливу увагу було приділено генетичній класифікації В.Є. Забігайло. Детально вивчено і класифікацію, що діє в Донецькому басейні.

Подальші роботи були спрямовані на збирання та обробку фактичних матеріалів щодо поширення та геологічних умов прояву викидів пісковика та газу на вугільних шахтах Світу. Інтенсивність викидів пісковика і газу визначалась за таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Інтенсивність геодинамічних явищ за показниками зареєстрованих в гірничих виробках

Клас геодинамічних явищ.	Викиди вугілля (породи) і газу	
	Вага зруйнованого вугілля (породи) $P$ , т	Об'єм викинутого газу $V$ , м <sup>3</sup>
Слабкі	$P < 10$	$V < 100$
Середні	$10 < P < 100$	$100 < V < 1000$
Сильні	$100 < P < 1000$	$1000 < V < 10\ 000$
Катастрофічні	$P > 1000$	$V > 10\ 000$

Детально було розглянуто вплив на їх поширення таких геологічних факторів як метаморфізм, глибина залягання, тектоніка.

На наступному етапі робіт особлива увага була надана вибору показника метаморфізму для створення єдиної системи прогнозу різних видів геодинамічних явищ.

Показником, що відображає ступінь вуглефікації у всіх нормативних документах щодо прогнозування геодинамічних явищ, прийнято вихід летких речовин, марочна приналежність вугілля. Значення цього показника суттєво залежать від петрографічного складу вугілля та відновленості, що призводить до спотворення справжнього ступеня вуглефікації. За основний показник

ступеня метаморфізму прийнято показник величини відбиття вітриніту. Вихідні дані зі значень відбивної здатності вітриніту були отримані за результатами робіт ВУХІН. Стадії, класи метаморфізму встановлювалися за діючим ГОСТ 12113-94. Групи метаморфізму визначалися за генетичною класифікаційною діаграмою кларенового вугілля Донбасу (варіант «Донбасгеологія»). Крім того її застосування дозволило встановити для визначених пластів значення відбивної здатності. Це дозволить уточнити вплив ступеня метаморфізму на розповсюдження викидів пісковіку і газу, що відбуваються у вугільних шахтах Донбасу.

Для визначення марочного складу вугілля застосовувався навий Державний стандарт України (ДСТУ 3472-2015). Крім того використовувалася Міжнародна класифікація вугілля в пластах, яка розроблена ЕСК ООН.

Це дозволило на заключному етапі роботи зібрати та узагальнити дані, що характеризують вплив метаморфізму на прояви викидів пісковіку і газу у Донецькому басейні, так і в вугільних басейнах Світу.

За допомогою побудови графіків були встановлені інтервали метаморфізму їх розповсюдження.

Для підтвердження отриманих результатів були застосовані данні з метаморфізму вугілля Світових басейнів де розповсюджені викиди пісковіків і газу.

### 3 ВПЛИВ МЕТАМОРФІЗМУ НА ПРОЯВИ ВИКИДІВ ПІСКОВИКУ І ГАЗУ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ

#### 3.1 Геологічні умови розповсюдження викидів пісковику у вугільних шахтах Світу

Геологічні умови проявів викидів пісковику та газу у вугільних шахтах Світу ще не узагальнювались. Нами зібрані матеріали з їх розповсюдження і розглянуті геологічні умови їх прояву.

##### 3.1.1 Франція

**Лотарингський** басейн розташований в північно-східній частині Франції та є продовженням Саарського басейну. Він являє собою зону, витягнуту з північного сходу на південний захід приблизно на 40 км. Весь басейн складається з двох антиклінальних структур: Лотарингської і Саарської. Вік басейну верхньокарбонівий (Вестфал і Стефан)..

Структура Лотарингського басейну досить складна: спостерігаються численні надвиги і скиди. Залягання пластів характеризується змінним кутом падіння. У порівнянні з іншими внутрішніми лімнічними басейнами Франції Лотарингський басейн характеризується повнотою свого стратиграфічного розрізу. Кількість пластів і прошарків досягає 300. Робочу потужність мають близько 70 пластів.

Середня потужність експлуатованих пластів становить 1,5-2,5 м. У деяких випадках вона досягає 9,35 м, з яких 8,0 м доводиться на вугілля. Вугілля в залежності від глибини залягання характеризується різними властивостями. Верхні світи представлені переважно довгополум'яним сухим (С2) вугіллям, а більш глибокі - жирним полум'яним (В2). Вугілля малозольне (5-10%), малосірчаністе (не більше 2%). Максимальний діапазон відбивної здатності вітриніту в басейні дорівнює: для шахт - 0,68-1,0, а для свердловин - 0,78-

1,33%. Вихід летких речовин для вугілля, що видобувається змінюється від 43,2 до 35,9%. Відповідно до Міжнародної класифікації вугілля відноситься до типу С.

Вугілля в басейні міцне і в'язке. Вугілля гумусове, переважно напівблискуче, з рідкими скупченнями ліптобіолітів. В нижніх горизонтах переважають сапропеліти. Вміст вітрону і кларену становить близько 55% , дюрону - 30%, фюзену - 10% і мінеральних домішок - до 5%. Детальне вивчення вугілля басейну показало, що між змінами двох показників ступеня метаморфізму – виходом летких речовин і величиною відбиття вітриніту існують відмінності. Величина відбиття вітриніту рівномірно збільшується від верхніх шарів до нижніх, і по площі їх поширення. Вміст летких речовин змінюється в широких діапазонах. Так, на шахті «Симон» і навіть на шахті «Сент-Фонтен» (жирне вугілля В) вихід летких речовин досягає максимальних значень (43%). Для сухого полум'яного вугілля шахти «Ля-Ув» він становить 39%. Пояснюється це підвищенням вмістом мікрокомпонентів групи ліптиніту і наявністю в складі вугілля сапропелітового матеріалу.

При відпрацюванні вугільних пластів північної групи шахт частими явищами були підземні пожежі. На північному сході, де розташована група шахт «Птіт-Россель», починаючи з 1978 року на глибині понад 1200 м було відзначено 26 викидів пісковику і метану. Вихід летких речовин у вугільних пластів, що видобуваються, змінюється від 36% до 39,7%. Пісковики характеризуються низьким опором на стискання і підвищеною пористістю. На великих глибинах (1250м) в складі газу, що викидається, відзначається присутність важких вуглеводнів і двоокису вуглецю. Викиди відбуваються тільки в певних шарах пісковику. Їх сила досягає 300 т породи і 2000 м<sup>3</sup> газу. Крім того, з тріщинуватих порід при проходці квершлагів виникають суфлярні виділення метану. З веденням гірничих робіт на вугільних шахтах Лотарингії також пов'язана сейсмічна активність гірських порід і виникнення гірничих ударів.

Поодинокі прояви викидів пісковика відзначаються у Валансьєнському басейні у Франції (4 викиди).

Валансьєнський басейн розташований у північній частині країни. Простягається вузькою смугою довжиною понад 100 км та шириною 10-20 км. У тектонічному плані басейн є складно побудованою синкліналь з пологим північним крилом і більш крутим південним. Для басейну характерна блокова структура та луската будова. Вугленосна товща характеризується паралічним типом вугленакопичення і відноситься до вестфальського ярусу. Вона представлена перешаровуванням пісковиків і сланців потужністю понад 2000м. У верхній частині розташовано до 70 вугільних пластів, з яких 50-60 досягають робочої потужності (не менше 0,60м.). У нижній частині залягають два пласти робочої потужності. Сумарна потужність пластів 35-45м. Пласти тонкі (1,0-1,1м.), відносно стійкі та зберігають робочу потужність на ряді шахт, а окремі пласти по всій площі басейну.

За петрографічним складом вугілля гумусове, полосчасте, блискуче і напівблискуче. Вугільні пласти зазвичай складені смужками кларену, що чергуються, і лінзами вітрена. Рідше присутні напівматові та матові різниці дюрена. Фюзен зустрічається як незначних примазок. При виході летких речовин більше 26% вугілля характеризується тим, що містить багато екзин спор, пилку та незначну кількість фюзену, ксилену та ксиловітрону. При виході летких речовин менше 26% вугілля, як правило, містять дуже мало спор, кутикули. Згідно з французькою класифікацією в басейні поширене вугілля марок від худих (А2) до жирних довгопламенних (В3). Вихід летких речовин змінюється у межах від 10 до 35%. Вугілля характеризуються сірчистістю не більше від 0,5 до 2,0%. Величина відбиття вітриніту змінюється в межах від 0,95 до 3,11%, що відповідає широкій гамі промислових марок. Вугілля з високим виходом летких речовин і низькою величиною відбиття вітриніту локалізувалося в західній частині південного крила. Худі напівжирні і жирні полум'яні вугілля поширені по всьому простиранні північного крила.



Природна газоносність вугільних пластів становить 13-15 м<sup>3</sup>/т. Газ представлений метаном. [2,4,10].

У Валансьєнському басейні роботи велися в основному на глибинах 800-1100м. Розробки були сконцентровані на шести шахтних полях, де видобувають переважно вугілля з тонких пластів потужністю 0,7-1,2м, з виходом летких речовин від 29,8 до 11,7% і величиною відображення вітриніту від 1,19 до 2,27%. . Середній геотермічний градієнт у басейні 1 ° на 34м. Однак, зустрічаються зони, де ця величина значно вища. Відпрацювання пластів у цьому басейні супроводжується проявом раптових викидів вугілля та метану. За період із 1912 по 1990 рік їх налічується 169. Найбільш викидонебезпечними є шахти «Ленс», «Льовен», «Брюе» та «Валансьйон». Викиди в них зазвичай характеризуються місцевим руйнуванням покрівлі порід, що вміщують. Майже завжди речовиною, що викидається, було вугілля, іноді з домішкою породи. Відомо лише чотири викиди породи.

### 3.1.2 Німеччина

На вугільних шахтах Німеччини можна спостерігати практично всі види динамічних явищ, особливо виділяють: викиди вугілля та газу, виділення газу з ґрунту, викиди породи та газу. Геодинамічні явища відзначаються під час відпрацювання пластів у Рурському, Іббенбюрському, Аахенському басейнах. На шахтах Рура сталося 62,9% усіх геодинамічних явищ. Перед Аахенського басейну припадає лише 1,2%. У видовому складі переважають гірські удари (46,4%) та власне раптові викиди вугілля та газу (34,2%). Викиди порід становлять 7,2%, а прориви газу із ґрунту пластів – 2,6%.

Кожен вугільний басейн характеризується певним набором та співвідношенням геодинамічних явищ.

В Іббенбюрському басейні переважають власне раптові викиди вугілля та газу (79,6%). Це становить 84% від загальної їх кількості, зареєстрованих на шахтах Німеччини. Викиди породи та газу зустрічаються лише на шахті

«Іббенбюрен» і становлять 31,1%. Відсутні тут гірські удари та прориви газу із ґрунту пластів. У поодиноких випадках відбуваються інші геодинамічні явища.

Викиди пісковику та газу відзначаються тільки на шахті Іббенбюрен починаючи з 1962 р. Середня сила викидів під час вибухових робіт становить 5-10 т., пісковику та 6,5 тис. м<sup>3</sup> метану. Найбільший із викидів досягав величини 1800т., викинутої маси та близько 6500м<sup>3</sup> метану. Після викиду помічено значне подрібнення викинутих порід до зерен розміром менше 1 см. Відзначається поділ керна на характерні диски шириною 5 - 50 мм, в міру наближення до небезпечної зони. До 1988 р. було зареєстровано 47 викидів пісковика та газу. Вони обмежувалися обр'ями пісковику вестфальського ярусу. Потужність цих горизонтів може досягати кількох метрів. Найближче до поверхні відзначаються викиди газу та пісковику в середніх шарах розрізу С вестфальського ярусу на глибині 700м. Найглибше місце виникнення викиду знаходиться на глибині 1025м., у нижньому шарі розділу з вестфальського ярусу. Характерною особливістю раптових викидів пісковику та газу є виділення газу з типовим запахом бензолу чи нафти.

Небезпечні раптові викиди пісковиків часто характеризуються більшою крупно зернисті порівняно з навколишніми породами. Зрозуміло, у таких породах вміст глини нижче, а пористість і проникність вищі. Крім того, небезпечні пісковики часто містять менший відсоток порожнинного цементу. У зв'язку вони менш міцні, що в більшості випадків можна встановити макроскопічними дослідженнями.

На відміну від викидів вугілля, диспозиція викидів пісковика не пов'язана з порушеннями, зонами додаткового тиску та іншими аналогічними факторами. Тут найчастіше йдеться про чисто фаціальне виділення газу. У пісковиках, схильних до викидів, очевидно, створювалась перешкода для цементації порожнинного простору в окремі геологічні формації через раннє заповнення породи газом, як це було встановлено в численних родовищах

нафти та природного газу. У зв'язку з цим «скам'яніла» пористість породи, так би мовити, зберігається.

У небезпечних пісковиках, що викидаються раптово, так само можуть зберігатися підвищені тиски газу, оскільки йдеться про виділення газу в закритому просторі. Виміри тиску газу, проведені в небезпечних пісковиках, що викидаються раптово, показали надзвичайно високі тиски. Ймовірно, такі великі тиски газу є причиною високої вибуховості деяких викидів газу і пісковика в останні роки.

Зрозуміло, що навіть найвищі можливі тиски газу нижчі за міцність на стиснення небезпечних пісковиків. Тому в Німеччині та в інших країнах ніколи не відбувалося самовільного викиду газу і пісковика, що би викликали його вибухові роботи. Єдиним виправданим методом прогнозу схильності до викидів пісковиків до сих пір був "фрайберзький ядерний прогноз".

Викиди газу і пісковика досі виникали лише в обмеженій області, де пластові породи у геологічно молодий період піддалися подальшому метаморфізму. При цьому утворювалися нові обсяги газу, а пористість пісковика значно зменшувалася. Утворення небезпечних пісковиків, що викидаються раптово, очевидно, пов'язане з певною попередньою історією, яка, щастям, дуже рідко має місце в вугільних басейнах Німеччини.

Викиди газу і пісковика, навпаки, не пов'язані з тектонічними порушеннями. Небезпечні пісковики, що викидаються, відрізняються від звичайних пісковиків більшим об'ємом пор і меншою міцністю. Однією з основних передумов викидів газу і пісковика є концентрація високих тисків газу в закритому поровому просторі.

Зрозуміло, виникає питання, чому до цього часу викиди газу з пісковиком відбувалися лише в Іббенбюренському басейні. Відповідь на це питання можна знайти тільки в особливостях структури та перебігу процесу вуглеціфікації Іббенбюренського горста. Видатною геологічною подією в цій зоні було сильне плутонічне нагрівання в верхньому крейдяному періоді, спричинене брамшським інтрузивом, верхня межа якого проходить під

Іббенбюренським карбоновим пластом на глибині між 7 і 8 км. Виверження магматичних порід спричинило сильну наступну вуглеціфікацію з виділенням газу, яка була значно сильнішою, ніж викликана осіданням наступна вуглеціфікація на півночі Рурського басейну.

Встановлено, що викиди пісковика і газу відбуваються при розробці пластів з певним ступенем метаморфізму. Вони зафіксовані тільки на шахтах Іббенбюренського басейну. Викиди пісковика і газу відбуваються при розробці антрациту з виходом летких речовин менше 10%.

У газоносних пісковиках максимальний природний тиск метану складає 6 МПа. Природна газоносність антрацитових пластів досягає 14-16 м<sup>3</sup>/т, а пісковиків, при високій загальній пористості, 2,7-3,6 м<sup>3</sup>/т. Максимальне вимірне значення природного тиску газу в вугільних пластах шахт Німеччини встановлено для шахти "Іббенбюрен" на глибині 1338 м, і воно становило 8,5 МПа.

У складі викинутого газу переважав метан (80-98,5%), а також спостерігалась незначна кількість важких насичених вуглеводнів - етилену (до 1,75%), пропілену (до 1%) та насичених важких вуглеводнів - етану (до 0,9%) та пропану (до 0,75%), а також інертного газу - гелію (до 1%).

Газоносність антрацитових пластів, що знаходяться на глибині 1400-1600 м, що видобуваються на шахті "Іббенбюрен", становить приблизно 20 м<sup>3</sup>/т.

Газоносність пластів залежить від формування структури та ходу процесу вуглефікації в геологічному минулому, а також від сучасного геологічного положення відповідного тектонічного блоку. Вугільні пластини є батьківською породою для газів з вуглеводневим складом які знаходяться в вугільних пластах.

Якщо аналізувати історію вуглефікації видобутих на даний час пластів 53 і 54, то можна отримати наступну послідовність ходу цього процесу.

Значна газоутворення могла відбуватись тільки після верхнього карбону. Перший пік виділення газу відбувся в нижньому меловому періоді. До початку верхнього мелового періоду пластів 53 і 54 досягли, принаймні, стадії

розпеченого вугілля. Тоді вони знаходилися на глибині 3500 м, температура гірських порід становила 145-195 С°.

Брамшський інтрузив спричинив підвищення цих температур до 240-280° С протягом декількох сотень тисяч років; внаслідок цього ступінь вуглефікації різко збільшився - від тонкого вугілля до антрациту. Одночасно відбувся другий пік газоутворення. Паралельно з сильною наступною вуглефікацією відбувалося інтенсивне діагенетичне перетворення бічних порід, отже, і пісковиків. У верхньому крейдовому періоді (кемпанський вік) вуглефікація та газоутворення в іббенбюренському карбоні завершилися.

Газ, який накопичився в порах небезпечних для викидів пісковиків, повинен був пересунути з них, ймовірно, в той період, коли ці пісковики ще мали вищу проникність і, можливо, більшу пористість. Ймовірно, міграція газу відбулася в нижньокрейдovому періоді, оскільки пласти Іббенбюренського басейну, які знаходяться на більш глибокій глибині, вже мали стадію жирних вугілля, коли виділення газу повинно було бути максимальним.

Припущення про формування газового родовища під впливом термічного впливу в більш ранній геологічний період не можна прямо довести, оскільки сучасна тектонічна структура іббенбюренської карбонovої гліби сформувалася лише наприкінці мелового періоду після брамшської інтрузії. Проте відомо, що на південному краю Нижньосаксонського басейну, в зоні між найближчими до поверхні юрськими та нижньомеловими шарами, відбулися тектонічні зсуви з нахилами гліб, що могли призвести до формування відповідних "уловлюваних" структур в межах карбону.

### **3.1.3 Польща**

У Нижньосілезькому басейні Польщі відбувалися окремі викиди пісковуку та вуглекислого газу.

Нижньосілезький кам'яновугільний басейн розташований у південно-західній частині Польщі, на кордоні зі Словенією і відомий під назвою як Валбжихський басейн. Басейн відноситься до лімнічного типу басейнів.

Басейн є мульдою, витягнутою в південно-східному напрямку, довжиною близько 60 км і шириною 30-35км. Зі сходу, півночі та заходу басейн обмежений давніми метаморфічними та виверженими породами відрогів Судетських гір. Вугленосні відкладення складають периферичну частину мульди. Шари карбону залягають із падінням до центру мульди під кутом 30-45°. У напрямку центру вони йдуть на велику глибину, близько 1000м.

Тектоніка басейну складна. Кути падіння порід на північному та східному крилі мульди досить круті (55-70 °), на заході та в центрі – пологі. Найбільш складна будова в районі Валбжих та на південному сході.

Вулканізм у басейні виявлявся у кілька фаз. Найбільша вулканічна діяльність досягла в післякарбонівий час, утворюючи ряд тріщинуватих порфірових масивів, через які у вугільні пласти проникає вуглекислий газ. Велика його частина сорбується вугіллям, а решта знаходиться у вільному стані в порах та тріщинах вугільного речовини. Далі помітно зменшуючись, вона виявлялася до третинного часу.

Вугленосні відкладення представлені трьома свитами: Валбжихською, Білокам'янською, Жацлерською.

Перша свита потужністю 220м. має 22 вугільні пласти, з них робочих – 12. Білокам'янська свита (300м.) складена майже цілком конгломератами і грубозернистими пісковиками, з окремими вугільними пластами у верхній частині. У Жацлерській свиті виділяються: нижня (150м.) частина багата на пласти вугілля і верхня (до 640м.) з рідкісними малопотужними пластами. Вище безкутні стефанські відклади мають червоно-буре забарвлення і поступово переходять у відкладення «червоного лежання».

Потужність вугільних пластів дуже мінлива за площею їхнього поширення.

Метаморфізм вугілля змінюється від середнього до високого ступеня метаморфізму.

Закономірного зв'язку між метаморфізмом вугілля та стратиграфічним положенням даного пласта не встановлено. Ступінь метаморфізму одного і того ж пласта іноді різко змінюється, як падіння, так і простягання. Пояснюється це впливом на вугілля тіл вивержених порід, переважно пермського часу. Деякі дослідники припускають наявність динамометаморфізму.

Вугілля, як правило, роздроблене, катаклазоване і милонітизоване. За петрографічним складом вугілля відносяться до кларенових. Мікрокомпоненти групи вітриніту становлять понад 90%.

Вихід летких речовин змінюється від 7 до 33%. Вміст аналітичної вологи становить у середньому 3,5 %. Вміст сірки змінюється не більше від 0,3 до 1,3 %, частіше 0,65 %. Вміст мінеральних домішок (Ad) становить від 11% (район Валбжиха) до 13-14% (район Нова-Руда). Питома теплота згоряння вугілля (Q<sub>gr</sub>) коливається від 31,4 МДж/кг у районі Валбжиха до 26,8 МДж/кг у районі Нова-Руда.

Вугілля, відповідно до класифікацій прийнятого в Польщі, належать до марок 34-42, що відповідають маркам Г – А за класифікацією прийнятою в Україні. Вугілля марок 36-38 (марки К-П) відсутні.

Видобуток вугілля у басейні велася підземним способом у двох районах: Валбжихському та Новорудському. У басейні діяло чотири шахти потужністю близько 3 млн.т. вугілля на рік. У Валбжихському районі працювало чотири шахти: Валбжих (поле «Хоробри»), Вікторія (поля «Барбара» та «Вітольд»), «Торез» та «Цезар-Софія». У Новорудському районі діяла одна шахта - "Нова-Руда", "Вецлав", "Пняки", "Слупець"). Відпрацьовувалися переважно пологі, порушені пласти потужністю 1,0-2,0м, що залягають на глибині понад 400м.

Відпрацювання вугільних пластів супроводжувалося частими і дуже сильними раптовими викидами вугілля та вуглекислого газу або (рідше) вугілля та метану, іноді вугілля та суміші цих газів. Басейн відноситься до



найбільш викидонебезпечних басейнів світу. За період із 1894 по 1990 рік кількість викидів становила 1915 штук. До закриття шахт у Нижній Сілезії щорічно відбувалося 10-20 спровокованих вибухами викидів вугілля та газу ( $\text{CO}_2$ , суміші  $\text{CO}_2+\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_4$ ). У 37 випадках вони викликали перерви в роботі шахт і спричинили людські жертви, внаслідок чого загинуло 487 шахтарів. Найчастіше вони відбувалися на шахтах "Нова-Руда", "Горез", "Цезар Софія". Переважали викиди вугілля та вуглекислого газу (>97%). Викиди вугілля та суміші вуглекислого газу та метану склали 0,85%. Викиди вугілля та метану до 1979 року відзначалися лише на полі «Хоробри» шахти «Валбжих». У наступні роки вони у поодиноких випадках були відзначені в Новорудському районі.

У Новорудському районі, лише з 1894 по 1979 рік було відзначено 1293 викидів вугілля та газу, у тому числі і викиди вогнетривкого сланцю, з прошарками вугілля.

На шахті «Нова-Руда», де відпрацьовуються пласти з виходом летких речовин від 19,4 до 29,4 %, сила викидів вугілля та вуглекислого газу досягає 4-5 тис.т. на один випадок.

На шахті «Нова-Руда» відзначені поодинокі викиди пісковика та вуглекислого газу. Вони відбулися при проходці розвідувального польового штреку С на рівні на відносній глибині 575 м.

Вугільні пласти в районі викидів пісковика та газу характеризувалися виходом летких речовин від 28 до 38%. В результаті одного з викидів було засипано 187 метрів польового штреку. Викид досяг величини 1840 т. викинутої породи та близько 2000  $\text{m}^3$  вуглекислого газу. Під час проходження наступних 11 метрів польового штреку стався другий викид пісковика і газу. Викинутою породою було засипано 178 метрів штреку. Величина викиду досягла 1255 т. викинутої породи та близько 13000  $\text{m}^3$   $\text{CO}_2$ . Після цього викиду прохід польового штреку було затримано на період понад п'ять років.

Викидонебезпечним є аркозовий піщаник світло-сірого кольору з домішкою зерен гірської породи рожевого відтінку. Структура пісковика



псамітова (з величиною зерен до 2мм) з домішкою псефітових зерен (зерно понад 2 мм). Текстура безладна. Вміст цементу загалом понад 15%. За складом він кремністо-глинистий. Пористість пісковика змінюється від 6,8 до 8,4%. Тиск газу становить понад 39,9 МПа. Пісковики Валбжихського району мають більш однорідну структуру, майже не мають домішок сполучної речовини. Вони характеризуються більшою механічною міцністю і мають нижчу пористість (в середньому близько 5%). Тиск газу в свердловинах, пробурених піщаником, не перевищував 0,39 МПа (4 атм.). Пісковики залягають поблизу значно менших газоносних вугільних пластів, ніж у Новорудському районі.

Крім того, на полі «П'яст» шахти «Нова Руда» були відзначені викиди вогнетривкого сланцю, що залягає нижче вугільних пластів. Їх виникнення пов'язане з пропластками кам'яного вугілля, що супроводжують шари вогнетривкого сланцю. Наголошується дуже висока зольність такого вугілля (до 40% і вище). Питома вага їх на шахті відносно невелика (17%). Потужність викидів мала та середня. Максимальна потужність викидів становила 700 т. Відбуваються вони різних глибинах, зокрема і 800м. Приурочено викиди виключно до підготовчих виробок, до зон тектонічних порушень.

### 3.1.4 Чехія

Остравсько-Карвінський басейн – основний вугільний басейн Чехії. Розташований у Північно-Моравській області біля кордону Чехії з Польщею, є південно-західним замиканням Верхнесилезького басейну Польщі. За будовою виділяються дві частини: північна - з діючими шахтами та південна - відома лише по свердловинах. Вугленосна товща Остравсько-Карвінського басейну представлена Остравською та Карвінською серіями. Синклінально залягаючі пласти перебувають у базальній частині Карвінської почту. У Західно-Острівській паралічній рухомій зоні залягають пласти потужністю від 0,50 до 0,90м. Вугілля відносяться до гумусового. У петрографічному складі їх переважають мікрокомпоненти групи вітриніту, що становлять від 75 до

85% органічної частини вугілля. Продуктивні лімнічні шари Карвінської серії мають меншу кількість вугільних пластів за більшої їх потужності. Пласти щодо простої будови та містять мінімальну кількість пропластків. У складі товщі, що вміщає, переважають ( $\approx 75\%$ ) грубозернисті псефітові і псамітові породи. Пласти складені дюрено-клареном та кларено-дюреном. Дюренові та змішані складові супроводжуються великими скупченнями екзинітових елементів. У великих кількостях є мікрокомпоненти групи інертиніту. Фюзен, як правило, мінералізований. У багатьох місцях у покрівлі пластів залягає сапропелевий аргіліт. Вугілля в таких зонах кеннелеподібне. Діапазон вуглефікації синклінальних пластів – від газових до коксових. В Остравській частині басейну при відпрацюванні пластів на захід від Михалковицького порушення відзначаються раптові викиди вугілля та газу, а також викиди пісковика та газу. Викиди вугілля і газу відбуваються в шахтах Ян Шверма (180), Пасков (136), Старжич (125), Червоний Жовтень (7) та ім. Лютневої Перемоги (13). Викиди пісковика відбуваються на шахті «Старжич» (3). Небезпека гірських ударів існує переважно на схід від Михалковицького порушення. 1992 року до ударонебезпечних належало 30 лав, що давали 31% загального видобутку в басейні, де відпрацьовувалися пласти з виходом летких речовин від 26 до 38%. У петрографічному складі цього вугілля переважали дюрени з підвищеним вмістом ліптиніту.

### 3.1.5 Словаччина

У середньочешській кам'яновугільній області поблизу м. Слани є самостійне вугільне родовище. Воно розташоване в північній частині Кладненсько-Раковицької мульди. На глибині від 900 до 1300 м виявлено 3 вугільні пласти робочої потужності. Техніко-економічне вивчення, яке було проведено в 1972 році показало, що родовище може бути промислово використано, з річним видобутком до 2,4 млн.т. це послужило підставою для проведення детальної розвідки родовищ, яка розпочалася у 1979 році. Воно

тягнеться від північно-Західної до північно-східної околиці м. Слани. Сланська мульда виникла як постгеосінклінальна депресія. Підстилаючими породами мульди є метаморфізовані породи типу філітових і серіцитових сланців. Над протерозоем на всій території родовища залягають всі верстви карбону. Нижні сірі шари потужністю від 350 до 450 м є основними вуглевмісними породами. Вони представлені брекчіями, подрібненими пісковиками, аргілітами і алевролітами, серед яких знаходиться пласт Основний, що має найбільшу прощадне поширення на родовищі. Повсюдно він розчеплений на 2 нирки, а в північно-східній частині і більше. Потужність нирки змінюється від 0,8 до 3,4 м. Переважають вугілля з коксівними властивостями. Покрівля пласта утворена в основному туфами і туффітами потужністю 5-25 м. Над цими відкладеннями знаходиться пласт Головний, який є найбільш потужним і найбільш витриманим. На Сланському родовищі він частіше одониркової будови і тільки на сході і північному сході він представлений двома і більше шарами. Потужність змінюється від 0,8 до 5,5. Сланське родовище має типову каскадову будову з широко розвиненою порожньою мережею тектонічних порушень з амплітудою порядку від  $10^{-1}$  до  $10^1$ . У кам'яновугільних та крейдяних утвореннях на родовищі розвинені 3 обводнених горизонта: крейдяний, верхньокам'яновугільний і нижньокам'яновугільний. Особливе значення має нижньокам'яновугільний обводнений горизонт, що знаходиться в покрівлі пластів. Головною колекторською залежю є аркозовий піщаник потужністю 40-120 м. Води, пов'язані з цим горизонтом, сильно мінералізовані (до 73 г/л, типу NaCl) і насичені газом (особливо CO<sub>2</sub>). Загальний тиск насичення газу становить 0,04 до 7,75 МПа. Предметом експлуатації на родовищі Слани є пласти, що залягають на глибині від 900 до 1300 м від поверхні. Потужність вугільних пластів змінюється від 0,5 до 5,5 м. Більше 80% всіх запасів представлені коксівним вугіллям, 8% - енергетичними. Залягання пластів, в основному, полого (кут від 5 до 10 °). На родовищі відзначається значна кількість тектонічних порушень з амплітудою зміщення від 10 до 110 м. У покрівлі

пластів знаходиться головний водоносний колектор сильно мінералізований і насичений CO<sub>2</sub>. Перший видобувний горизонт закладений на глибині -750 м, другий - -850 м і третій на глибині -950 м. Температура на глибині 1000 м складає 36,5°C, а передбачувана газонасиченість змінюється від 15 до 18 м<sup>3</sup>/т (в основному CO<sub>2</sub>). При проходженні стволів на шахті "Інріжік" були відзначені викиди пісковику і газу у кількості 5 штук.

Рослуцко-Ослованське родовище розташоване в південній частині країни (біля міста Брно). Воно являє собою мульду довжиною до 80 км і шириною 5-12 км. По західній околиці цієї мульди поширена невелика зона відкладень верхньої частини Стефанського ярусу з трьома крутопадаючими пластами. Вугілля коксівне, багатосірнисте. Видобуток становить близько 0,7 млн т в рік. При відпрацюванні пластів на глибині понад 500 м відзначаються поодинокі випадки раптових викидів вугілля і метану.

У 1973 року на глибині 420 м підготовчої виробки, що проводиться змішаним забоем по вугіллю і породі, відбулося цікаве явище - викид породи і газу безпосередньо під вугільним пластом. На думку дослідників це підтверджує думку про те, що газодинамічні явища в шахтах мають єдину природу, відбуваються не в найслабших частинах вугленосних відкладень, а в гірських породах зі значним запасом потенційної енергії, звільнених в умовах розвантаження.

### 3.1.6 Японія

Японія відноситься до країн, які мають відносно невеликі вугільні ресурси. Найбільше значення має вугленосність кайнозойського віку, переважно палеогену, а в меншій мірі - неогену. Основні вугільні басейни розташовані на острові Хоккайдо та острові Кюсю і характеризуються геосинклінальним режимом утворення вугілля.

Видобуток вугільних пластів в складних гірсько-геологічних умовах супроводжується проявом різних видів геодинамічних явищ. Від успішного

вирішення питань боротьби з цими явищами в багатому ступені залежить розвиток вугільної промисловості. Вирішити цю проблему можна шляхом комплексного вивчення геологічних особливостей прояву всіх видів геодинамічних явищ з урахуванням їх генетичної єдності. Особливий інтерес з цієї точки зору представляють вугільні басейни Японії, формування яких відбувалося в особливих геотермічних умовах, а при видобутку вугільних пластів відбувалися практично всі види геодинамічних явищ.

Головні родовища острова Хоккайдо розташовані на схилі хребта Хідака і складають найбільший і найбільш вивчений в Японії басейн Ісікарі. Він має довжину до 110 км і ширину від 15 до 30 км. Палеогенові відклади характеризуються товщиною від 700 до 3000 м і складаються з глинистих і піщаних порід з прослоями вугілля [2]. В тектонічному відношенні басейн представляє собою сильно дислокований синклінальний хребет з численними відкладаннями і наїздами. Відкладання Помбецу розділяє басейн на північну і південну частини. У північній частині розташоване родовище Сораті, основними структурами якого є дві складчасті антикліналі, які простягаються в меридіональному напрямку. У південній частині басейну розташоване родовище Юбарі. Кількість пластів і підпластків вугілля становить близько 150.

Найбільш продуктивні пластові послідовності розташовані в центральній частині басейну. Пласти зазвичай мають складну будову і нерівномірну товщину. Середня товщина пластів становить 0,7 - 4,0 м. Властивості вугілля суттєво змінюються в одних і тих самих пластах на невеликій відстані. Вуглі представлені некоксуєчими напівбітумінозними (С, Д) до коксуєчого бітумінозного (В2). Вуглі верхніх послідовностей за властивостями наближені до коричневого вугілля. Пласти в основному складаються з кларенових петрографічних різниць, рідше - дюрено-кларенових. На родовищі Сораті вміст летких речовин змінюється від 39 до 42-48%. Вуглі мають низький вміст сірки та середній зольний вміст. У північній частині родовища Юбарі вміст летких речовин становить від 36,0 до

42,0%. Вуглі мають вищий зольний вміст (10-11%) порівняно з вуглями родовища Сораті [3].

Найбільше поширення у зарубіжних басейнах викиди пісковику і газу отримали у вугільних шахтах Японії, де з 1925 по 1969 роки їх було відзначено понад 200. Значна їх частина відбувалася на шахті "Понбецу" на глибині 1300 м при відпрацюванні вугільних пластів з виходом летючих речовин 35-44% та величиною відбиття вітриніту 0,84%.

Широке поширення на шахтах Японії набули викиди пісковику та газу. З 1925 по 1989 роки їх було відзначено 205. Найбільша їх кількість зафіксована на шахті «Понбецу» у басейні Ісікарі. Вони відбуваються у певних ділянках шахтного поля на глибині 1300 м. За 15 місяців було зареєстровано 100 викидів породи та газу. Середня інтенсивність склала 70м.3 породної маси та 1200м.3 метану, при максимальній силі 1200м3 породи та 1500м. 3 метану. Особливістю прояву викидів пісковику полягає в тому, що вони з'являються з глибини не менше 1300 м і виникають тільки після підривання. У порівнянні з викидами вугілля тут виділення метану значно нижче. Викинута порода дуже роздроблена. Під час викиду відчувається запах нафти. На ділянках шахти, в яких виникають ці явища, спостерігалися цибулини розшарування і відскакування тонких породних пластин при бурінні свердловин невеликих діаметрів. Крім того, на шахті «Помбецу» відзначаються стріляння породних шматків і частинок. Такі газодинамічні явища спостерігалися на шахті, починаючи з глибини 350м. нижче за рівень моря. Виявляються вони раптово як обвалення покрівлі або пучення ґрунту та супроводжуються руйнуванням стінки вибою або підготовчого виробітку. Стріляння породних шматків і частинок аналогічно до описаного явища в Німеччині. Вважається, що вони за своїм походженням відрізняються від викидів порід і газу.

### 3.1.7 Австралія

На шахтах Австралії найбільшого розповсюдження набули раптові викиди вугілля і газу, викиди пісковика, тарілки вибухи місцеві скупчення метану в гірничих виробках.

Найбільший викид на шахтах Австралії був інтенсивністю 600 т. Облік кількості викидів не ведеться. За неповними даними на шахтах Австралії стався до 100 раптових і спровокованих викидів. В Австралії відсутня класифікація шахт по газоносності, проте дослідження в цьому напрямку ведуться.

Вугільні басейни Австралії, на яких відбуваються геодинамічні явища відносяться до крайових прогинів.

Потужність вугільних пластів, на яких відбуваються геодинамічні явища коливається у межах від 2,8 до 6,0м.

Басейн Сіднея (штат Новий Південний Уельс) розташований на півдні Тасманської геосинкліналі. Тут видобувається близько 80% всього підземного видобутку в країні. Вуглевіддача пов'язана з пермськими відкладеннями. Кут нахилу пластів досягає 48-50°. Вугільні пласты характеризуються міцністю 1,2-6,0 метра. На шахті "Метрополітен" видобувається вугільний пласт товщиною 2,8 метра на глибині 460 метрів. Вміст летючих речовин становить 23-26%. Відносна газонефтегазонабіжність досягає 25 м<sup>3</sup>/тонни при тиску газу в пласті 3,5 МПа. Під час видобутку пласту відбуваються раптові викиди вугілля та вуглекислого газу. Максимальна інтенсивність викидів становить 450 тонн, максимальний викид вугілля - 20 метрів. Багато викидів сталися під час вибухання. Зони з викидною небезпекою в пласті зустрічаються відносно рідко і пов'язані з тектонічними порушеннями типу скидів.

Шахта "Еппінг" відпрацьовує пласт товщиною 2,8 метра на глибині близько 500 метрів. Вуглі суббітумінозні, малосернисті та малозольні з середнім вмістом летких речовин (27%). Відносна газонефтегазонабіжність становить 15 м<sup>3</sup>/тонни, а абсолютна - 30 м<sup>3</sup>/тонни. Викиди вугілля та газу пов'язані з тектонічними порушеннями, де вугілля сильно складене.



На шахті 29 "Грейс-Бей" було зафіксовано 37 викидів пісчаника та газу. Викидонебезпечним є русловий пісчаник, що лежить безпосередньо в покрівлі вугільного пласта. Тиск газу в ньому підвищений і становить 2,8-2,9 МПа. У вуглі, алевроліті, аргіліті та вапняку тиск незначний. Крім того, було зафіксовано кілька випадків викидів газу під час буріння з земної поверхні на глибину 1000 метрів. Мінімальна глибина прояву викидів - 200 метрів. Зауважено, що виділення газу більше, чим глибше шахта.

Хоча рудні гази, що містяться у вугільних пластах, і змінюються за складом, найчастіше тут зустрічається метан.

Вплив метаморфізму на прояви викидів вугілля і газу розглянемо на прикладі басейну Боуен.

В басейнах переважає регіональний метаморфізм. Наприклад у басейні Боуен (штат Квінсленд) який представляє собою синклінорій субмеридіонального простягання, стадія метаморфізму зменшується у західному та південно-західному напрямках. На сході і північному сході розповсюдження отримали антрацити. У північно-західному напрямку вони переходять у суббітумінозне вугілля. В басейні встановлено контактний метаморфізм, який пов'язаний з інтрузіями гранітів та гранодіоритів. Вихід летких по басейну змінюється у межах 10,7-34,5%. Вугілля малозольне. Вміст сірки, як правило, не перевищує 0,72%.

Викиди вугілля на шахтах цього басейну відзначаються у незначній кількості. Викидонебезпечні зони зустрічаються рідко. Переважна їх частина приурочена до скидів з амплітудою зміщення до 1 м., або на підступах до крупних геологічних порушень (скиди з амплітудою зміщення до 3-12м). Значна їх кількість викидів належить до спровокованих. Вони відбуваються після застосування камуфлетно-струсного підривання, взривня шпурів.

Особливістю вугілля, яке приймає участь у викидах, є відсутність у його складі «скаженої муки» - вугілля з розміром частинок менше 0,02мм. За звичай, при викидах вугілля у шахтах Європи карбонового віку, таке вугілля присутнє у значній кількості. За інтенсивністю викиди в шахтах Австралії



також відрізняються від інтенсивності викидів у шахтах Європи. Викидів зі значною кількістю вугілля у шахтах Австралії менше, а за абсолютними значеннями вони менше. Пояснити такі особливості проявів викидів вугілля і газу пояснюється їх петрографічним складом. За петрографічним складом вугілля басейнів Австралії характеризується незначною кількістю групи вітриніту (45-60%), та підвищеним вмістом мацералів групи інертинту (40-55%), при майже повній відсутності мацералів групи ліптиніту. Тому вугілля пластів характеризується підвищеною міцністю.

Викиди з вмістом вуглекислого газу за кількістю викиданого газу та вугілля більша, ніж при викидах вугілля тільки за участю метану. .

Для вугільних пластів карбонового віку було встановлено, що викиди вугілля відбуваються при видобутку вугільних пластів з виходом летких менше за 35%. Така закономірність встановлена і для вугільних басейнів Австралії. Вихід летких викиднебезпечних вугільних пластів коливається у межах 15-30%.

Викиди пісковіку і газу на шахтах Австралії відбуваються у незначній кількості. Як і на шахтах Європи, вони зустрічаються виключно у русловому пісковіку і при виході летких вугільних включень у пісковіку до 35%. русловому пісковіку.

Таким чином до головних геологічних факторів, які контролюють прояви геодинамічних явищ в вугільних шахтах Австралії слід віднести метаморфізм та петрографічний склад вугільних пластів.

Викиди руслового піщанику в кількості 37 штук зареєстровані на шахті 29 Грейс-Бей при відпрацюванні коксового вугілля з виходом летючих речовин 26-32%.

Зведення про розповсюдження викидів пісковіку та газу в вугільних шахтах інших країн вкрай обмежене.

У Китаї відпрацювання пластів Фушунського басейну з виходом летких речовин понад 41% і родовища Бейпяо, де вугілля характеризується

величиною цього показника 25-32%, супроводжується проявом викидів пісковика та газу.

У поодиноких випадках викиди пісковиків і газу зустрічаються при відпрацюванні вугільних пластів марки Ж у Кізелівському та Кузнецькому басейнах. Вугілля цих шахт належить до марки Ж і відноситься до II-III та III стадій метаморфізму.

Розгляд геологічних факторів розповсюдження викидів пісковика у вугільних шахтах Світу дозволяє зробити висновок, що вони відбуваються при розробці вугільних пластів різних марок з різним ступенем метаморфізму і різноманітним петрографічним складом. Вихід летких коливається у широких інтервалах значень. Для вибору показника метаморфізму з метою удосконалення прогнозування геодинамічних явищ необхідно розглянути особливості їх застосування.

### **3.2 Обґрунтування показника метаморфізму для удосконалення прогнозу геодинамічних явищ**

На даний час для прогнозування проявів викидів вугілля і газу та викидів пісковика і газу в якості показника метаморфізму використовується вихід летких речовин. Крім того, для визначення комплексного показника метаморфізму використовується ще такий показник як товщина пластичного шару, яка визначається за методом О.О.Сапожнікова.

В практиці геологорозвідувальних робіт для вираження ступеня метаморфізму вугілля використовуються різні показники: вихід летких речовин ( $V^{dav}, \%$ ), вміст вуглецю на гарючу масу ( $C^{daf}, \%$ ), ступінь відбиття вітриніту в іммерсії ( $R^0, \%$ ), його мікротвердість, питома електропровідність ( $\lg P$ ).

Перш за все, як справедливо зазначалося, ідеальний показник ступеня метаморфізму повинен відповідати таким умовам: зі зростанням ступеня

метаморфізму змінюватись односпрямовано і рівномірно, практично не залежить від петрографічного складу вугілля, їх генетичного типу по відновленістю і складу мінеральних компонентів. Показник ступеня метаморфізму, який використовується для прогнозу геодинамічних явищ у вугільних шахтах, крім того, повинен володіти високою чутливістю, особливо на низькій і високій стадії вуглефікації, тобто там, де для поділу вугілля на викидонебезпечні і викидобезпечні досить знати лише величину цього показника. Розглянемо, як перелічені показники метаморфізму відповідають зазначеним вище вимогам.

Вихід летючих речовин як показник ступеня метаморфізму вперше був використаний в кінці 70-х років поза минулого століття при розробці класифікації вугілля. Він закономірно змінюється зі зростанням ступеня метаморфізму від бурого вугілля до антрацитів. Перевагою цього показника є швидкість і точність визначення. Вихід летючих речовин і в даний час є одним з класифікаційним параметром вугілля на території колишнього СРСР так і за кордоном.

У цілому при підвищенні стадії метаморфізму вихід летючих речовин зменшується.

Як зазначалося І.І. Амосовим, Л.Л. Нестеренко, А.А.Травіним і іншими дослідниками, для вугілля яке має складний петрографічний склад, вихід летючих не відображає справжню стадію метаморфізму. Так вихід летючих речовин з бурого вугілля Ангренового родовища у зв'язку з високим вмістом в них мікрокомпонентів групи фюзиніту (до 84%), відповідає кам'яному вугіллю Донецького басейну II-II стадії метаморфізму. З цієї причини показник неприйнятний для характеристики ступеня метаморфізму вугілля балахонської серії Кузбасу, нижньокарбонів вугілля Західного Донбасу, вугілля Карагандинського басейну і для інших родовищ, що мають складний петрографічний склад.

Вплив петрографічного складу на значення виходу летючих добре пояснюється на прикладі вугільних басейнів Японії. Слід зазначити, що

вугілля Японії кайнозойського віку зазвичай слабо вуглефіковане та перебуває на буровугільній стадії. Однак вугілля Японії представлено в основному кам'яними різницями, що також пов'язане з інтенсивними тектонічними рухами та активною вулканічною діяльністю. Згідно з прийнятою в Японії класифікацією викидонебезпечні вугільні пласти є кам'яними і відносяться до класів С, Д, Е. Встановлено, що зі збільшенням стадії метаморфізму викидонебезпечність вугільних пластів зростає. Це узгоджується з даними, отриманими для басейнів інших країн. Однак, якщо потенційна викидонебезпека у Донецькому басейні виникає при відпрацюванні вугільних пластів з  $V_{daf} \leq 35\%$ , то на вугільних шахтах Японії вони відбуваються на пластах складених вугіллям з  $V_{daf} = 44\%$ . Пояснюється це петрографічними особливостями японського вугілля [6].

На відміну від вугілля Америки та Європи ці вугілля походять з широколистяних і хвойних рослин. Для них характерна присутність у складі вуглеутворюючої речовини великої кількості смоляних тіл і пилку, при майже повній відсутності спор. Вітриніт вугілля значною мірою представлений мелнітом, тобто структурними його різновидами. Найчастіше при вивченні вугілля під мікроскопом відзначається вторинний гумініт (ексуданіт). З особливостями петрографічного складу вугілля пов'язана надмірна їх спікливість і підвищений вихід летких речовин проти типового вугілля Америки та Європи. Виявлено, що вихід летких речовин не є класифікаційним показником для вугілля низької стадії вуглефікації, а визначення товщини пластичного шару такого вугілля за методом Сапожнікова дуже ускладнено, так як пластична маса вугілля містить близько 80 % рідкої фази і при проведенні аналізу впливає з пластометричного апарату.

Вивчення вугілля басейну Ісікарі показало, що при виході летких речовин, що дорівнює 43,3%, вони характеризуються такими значеннями показників властивостей і якості:  $R^o = 0.82\%$ ,  $C^o = 85,8\%$ ,  $H^o = 6,4\%$ ,  $RI = 84$  ум.од.,  $Y = 33$  мм. Відповідно до ГОСТ 25543 - 88 вони належать до марки Ж, групи 2Ж. За чинним стандартом (ГОСТ 21489 – 76) вугілля знаходиться на II

стадії метаморфізму. Відповідно до еталонної шкали метаморфізму кларенового вугілля Донбасу вони відповідають групі 3Г, мають умовний показник метаморфізму (М, ус.) рівний 26,6 і відповідно до прийнятої інструкції відносяться до загрозованих до викидів вугілля і газу.

Вихід летких речовин також залежить від складу і кількості мінеральних домішок. Крім того на вихід летючих речовин суттєво впливає і ступінь відновленості вугілля.

На ступінь достовірності отриманих результатів визначення виходу летких речовин впливає метод відбору проб вугілля. В.І.Скок показав, що для Кузнецького басейну при випробуваннях вугільних пластів спостерігається помилка в визначенні  $V^{daf}$  за даними кернових проб, в порівнянні з пробами з гірських виробок, в межах 1-5%. Пояснюється це тим, що у петрографічно складних вугільних пластах, блискучі типи вугілля подрібнюються сильніше інших і вибірково фарбуються і вимиваються з кернових проб.

У вугіллі високого ступеня вуглефікації для визначення ступеня метаморфізму використовується не ваговий, а об'ємний вихід летких речовин, який також не позбавлений перерахованих вище недоліків. Деякими дослідниками було запропоновано визначити об'ємний вихід летких речовин не за середніми пробам, а з вітрени.

Широкий діапазон зміни виходу летких речовин на кожній стадії метаморфізму знаходиться в залежності від петрографічного складу, ступені відновленості і зольності вугілля.

Зміст вуглецю в якості показника ступеня метаморфізму також вперше було використано в кваліфікації Грюнера а потім і багатьма іншими авторами. Перевагою цього показника ( $V^{daf}$ ), є закономірне зменшення його зі зростанням вуглефікації. До недоліків відноситься залежність від петрографічного складу, ступеня відновленості, кількості і складу мінеральних домішок. Найбільша відмінність у змісті вуглецю різних петрографічних компонентів спостерігається в слабометаморфізованому вугіллі. Так, для першої і другої стадії метаморфізму воно становлять 3-8%, а

для більш високих 1,5-2%. Крім того більш відновлене вугілля містить в середньому на 1% більше вуглецю ніж мало відновлене. Велике значення має як і для виходу летючих речовин так і для вмісту вуглецю, вихід керна при геологорозвідувальних роботах, що обумовлює наочність проб.

В якості показника ступеня метаморфізму сильно метаморфізованого вугілля, при прогнозі викидонебезпечності використовуватися логарифм питомого електроопору. З збільшення ступеня метаморфізму в антрацитах величина питомого електричного опору зменшується. Недоліком цього параметра є залежність від вологості, характеру і ступеня мінералізації, складу мінеральних домішок, ступеня відновленості і вторинної окислюваності.

Багато авторів кращим показникам ступеня метаморфізму вважають ступінь відбиття вітриніту. Перевагою цього показника є закономірне збільшення зі зростанням ступеня метаморфізму, а також незалежність від петрографічного складу і мінеральних домішок. Крім того при порівнянні цього показника з іншими слід враховувати, що точність вимірювань відбивної здатності становить 2-4% відносних, а визначення виходу летких речовин і вмісту вуглецю - 1% абсолютний. До переваг відбиття вітриніту слід віднести і те, що він прийнятний для всієї гама вугілля від бурого до антрацитів і що для визначення його можна використовувати проби з неповним виходів керна, а також дрібні включення вугільної речовини в породах вугленосної товщі. Але і цей показник не позбавлений недоліків, так як, хоча і менше але залежить від ступеня відновленості вугільної речовини - більш відновлені вугілля мають меншу ступінь відбиття 0,2-0,3% абсолютних в порівнянні з мало відновленим. З метою уникнення цих недоліків вимір  $R^0$  чи  $R^a$  можна виробляти по вітринітом одного генетичного типу або враховувати генетичний тип, за яким проведені заміри. У вугіллі високих стадій метаморфізму точність вимірювань відбиття вітриніту зменшується.

Одним з надійних показників ступеня метаморфізму антрацитів є мікротвердість вітриніту. Вона не залежить від петрографічного складу, органічних і мінеральних компонентів. Вплив генетичних особливостей на

мікротвердість порівняно невелике і рідко виходить за межі точності визначення.

Таким чином, всі показники ступеня метаморфізму мають певні переваги і недоліки. Розрізнявальна здатність розглянутих показників на різних стадіях метаморфізму нерівноцінна.

Для прогнозу проявів різних видів геодинамічних явищ бажано використовувати один показник ступеня метаморфізму вугілля. Слід відзначити, що на даний момент за основу підрозділу, як бурого, кам'яного вугілля, так антрациту на стадії метаморфізму прийнято такий показник як показник відбиття вітриніту (ИСО 7404-5). Використовується цей показник і для визначення марочного складу вугілля України (ДСТУ 3479-2015) і проведення Міжнародної класифікації вугілля у пластах, яка розроблена ЄЕК ООН (Табл. 3.1).

Перевагу відбивної здатності вітриніту, як показника метаморфізму вугілля, над таким показником як вихід летких добре демонструється на прикладі ДСТУ 3479-2015. Вугілля з однаковими значеннями виходу летких (35%) може знаходитись на різних стадіях метаморфізму і належати до різних марок (Табл.3.2).

За діючим стандартом в Україні вугілля п'яти марок можуть характеризуватися значеннями виходу летких 35,0%

Вплив петрографічного складу та ступені відновленості вугілля суттєво впливають на достовірність виходу летких як показника ступені метаморфізму, особливо для вугілля низьких та середніх стадій. Саме в цьому інтервалі ( $V^{daf}=35\%$ ) відбувається визначення пластів вугілля і пісковиків на небезпечні та безпечні. При розгляді пластів, на яких відбуваються різні види геодинамічних явищ з виходом летких близьким до 35%, ступінь їх вуглефікації змінюється від 0 до III стадії.

Застосування показника відбиття вітриніту дозволить уточнити інтервали метаморфізму вугілля в межах яких розповсюджені ті чи інші види геодинамічних явищ, у тому числі викиди пісковіку і газу.



Таблиця 3.1 - Стадії та класи метаморфізму вугілля України з виходом летких 35% (ДСТУ 3472-2015)

Марка вугілля	Позначення	Класифікаційні показники			
	Марка	Вихід летких речовин на сухий беззолний стан $V^{daf}$ , %	Середній довільний показник відбиття вітриніту $\bar{R}_{o,r}$ , %	Стадія метаморфізму	Клас метаморфізму
Довгополум'яне	Д	35	0,5	I-	10-
Довгополум'яне газове	ДГ	35	0,65	I-II-	11-
Газове	Г	35	0,75	II-	12-
Газове жирне піснувате	ГЖП**	35	0,85	II-III-	13-
Газове жирне	ГЖ	35	0,89	II-III-	13-
Жирне	Ж	35	1,10	III-	14-



Таблиця 3.2 - Розповсюдження різних видів геодинамічних явищ у вугільних пластах з виходом летких близьким до кордонного 35%

№ п/п	Басейн, родовище	Шахта	Індекс пластів,	Вихід легких речовин, %	Відбивна здатність вітрингу, %	Стадія, клас метаморфізму	Марка вугілля ДСТУ 342-	Тип вугілля, за Міжнародною класифікацією	Вид геодинамічного явища
1	Шурабське	№8	d <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	36,0	0,50	I стадія, 10 клас	Б	Низький тип, А	Гірничі удари
2	Сулюктинське	№4	f	34,0	0,50	I стадія, 10 клас	Б	Низький тип, А	Гірничі удари
3	Донецький	РККА Засядько	m <sub>4</sub> <sup>o</sup> m <sub>3</sub>	36,0 35,0	0,84 0,90	II стадія, 12 клас II- III стадія, 13 клас	ГЖ П Ж	Середній тип, С Середній тип, С	Віджим Віджим
4	Печорський	№18	Потужний	34,0	0,72	I-II стадія, 11 клас	Г	середній тип, С	Раптові викиди, гірничі удари
5	Донецький	Дзержинського Скочинського Артема Комсомолец	m <sub>4</sub> h <sub>7</sub> l <sub>5</sub> m <sub>5</sub>	34,0 33,0 33,0 35,0	0,89 1,05 1,10 1,08	II- III стадія, II- III стадія III стадія II- III стадія	ГЖ Ж Ж Ж	середній тип, С середній тип, В середній тип, В середній тип, В	Гірничі удари Раптові викиди Стріляння Гірничі удари
6	Ткібулі-Шаорський	Капітальна	iv	35,1	0,78	II стадія, 12 клас	Ж	середній тип, В	Гірничі удари

### 3.3 Вплив метаморфізму на розповсюдження викидів пісковика у вугільних шахтах Донбасу

Відомості про викиди пісковика та газу в Донбасі та ступеня метаморфізму найближчих до них вугільних пластів наведені у таблиці 3.3 [2].

Перший викид в 1955 р. мав місце в шахті Кочегарка в Центральному районі в вибої горизонтального вироблення, що проходила на глибині 750 м.

Він пішов із пласта кварцового пісковика світло-сірого кольору, однорідного, крупнозернистого, потужністю 23 м. Викинута порода була сильно подрібнена і в основному являла собою дрібні шматочки-пластинки товщиною 0,5-1,5 см; загальна маса досягала 300 т. Наступного року у вибої ствола Нового у шахті Кіровська Донецько-Макіївського району стався викид 1000 т породи з потужного пласту пісковика, що залягає нижче вугільного пласта  $h_7$ , на горизонті 800 м. [8].

Надалі викиди відбувалися у низці глибоких шахт, головним чином Донецько-Макіївському районі. До 1974 р. зареєстровано понад 2000 викидів породи в 12 шахтах басейну, що відбулися під час проведення гірничих робіт з 16 пластів пісковиків; інтенсивність викидів від 5 до 3400 т. Усі викиди були викликані вибуховими роботами. В основному викидонебезпечні пісковики належать до алювіально-дельтових і рідше - до прибережно-морських [8,5].

Газоносність пісковиків на глибині 1000 м зазвичай становить 2-3 м<sup>3</sup>/т при тиску метану 80-100 кгс/см<sup>2</sup>. Внаслідок цього при невеликих викидах пісковика та непорушеної вентиляції в тупиковій виробці при провітрюванні протягом 30 хв після вибуху може не спостерігатися підвищеного вмісту метану у виробленні. При великих викидах у сотні чи тисяч тонн пісковика, при активному провітрюванні, виробки розгазовуються за 2—3 год. Проведені виміри показали, що метаноносність порід при викидах становить 0,5—1 м<sup>3</sup>/т.

Таблиця 3.3 - Відомості про викиди пісковика та газу в Донбасі та ступеня метаморфізму найближчих до них вугільних пластів [2]

№ п/п	Шахта	Кількість, % викидів	Вихід легких, $V_{daf}$ , %	Товщина пластичного шару, $Y$ , мм %	$R^\circ$ , %	Стадія	Клас	Група	Марка ДСТУ 3472-2015	Тип ЕСК ООН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЧЕРВОНОАРМІЙСЬКИЙ РАЙОН										
1.	ім. А.Стаханова	63/1,69	39,0	21	0,96	II-III	12	2ГЖ / 3Г	ГЖ	С
2.	«Краснолиманська»	3/0,08	34,0	12	0,97	II-III	13	2ГЖОВ / 3Г	ГЖ	С
ДОНЕЦЬКО-МАКІЇВСЬКИЙ РАЙОН										
3.	«Жовтневий рудник»	69/1,86	38,0	14	0,94	II-III	13	2ГЖОВ / 3Г	ГЖП	С
4.	«Бутівська»	1/0,03	38,3	17	0,87	II-III	13	2ГЖ / 3Г	ГЖ	С
5.	ім. Засядько,	64/1,73	35,0	18	0,91	II-III	13	2Ж / 4Ж	Ж	С
6.	№ 29	8/0,21	34,0	12	0,91	II-III	13	2ГЖОВ / 3Г	ГЖ	С
7.	№ 4-21,	63/1,69	33,6	13	0,92	II-III	13	2ГЖОВ / 3Г	ГЖ	С
8.	ім. А.А. Скочинського,	3259/87,5	33,0	12	1,09	III	14	3Г	ГЖ	С
9.	«Кіровська»	2/0,05	28,0	22	1,11	III	14	КЖ / 4Ж	Ж	В
10.	ім. Поченкова	79/2,13	28,0	26	1,02	III	14	КЖ / 4Ж	Ж	В
11.	ім. Горького	6/0,16	24,0	18	1,31	IV	16	2КВ / 5К	К	В
12.	«Заперевальна»	2/0,05	19,0	12	1,45	IV	16	10П/6ПС	К	А
13.	«Червоноармійська»	21/0,56	31,0	15	1,10	III	14	1Ж / 4Ж	К	В
14.	ім. Орджонікідзе	6/0,16	25,1	21	1,31	IV	16	2КВ / 5К	К	В
15.	«Пролетарська Глибока»	3/0,08	23,0	16	1,46	IV	16	1КВ / 5К	К	А
16.	ім. Батова	7/0,19	18,0	9	1,65	IV-V	17	2КВ / 6ПС	ПС	А

Закінчення таблиці 3.3.

ЦЕНТРАЛЬНИЙ РАЙОН										
17.	ім. Держинського	15/0,40	31,0	32	1,07	III	14	2Ж / 4Ж	Ж	В
18.	«Кочегарка»	10/0,27	26,0	21	1,15	III- IV	14	КЖ / 4Ж	Ж	В
19.	ім. Гагаріна	2/0,05	29,0	27	1,21	III- IV	15	2Ж / 4Ж	К	В
20.	ім. Ворошилова	15/0,40	29,0	22	1,15	III- IV	14	КЖ / 4Ж	Ж	В
21.	ім. Артема	8/0,21	29,0	27	1,07	III	14	2Ж / 4Ж	Ж	В
22.	«Комсомолец»	2/0,05	37,0	27	1,01	III	14	2Ж / 4Ж	Ж	В
23.	ім. Румянцева	2/0,05	22,0	12	1,42	IV	16	10П / 6ПС	К	А
АЛМАЗНО-МАР'ЄВСЬКИЙ РАЙОН										
24.	ім. Менжинського	10/0,27	33,0	24	1,0	III	13	2Ж / 4Ж	Ж	В
КРАСНОДОНСЬКИЙ РАЙОН										
25.	«Самсонівська Західна»	1/0,03	34,3	13	0,92	II-III	13	2ГЖОВ / 3Г	Ж	С
26.	«Суходольська Східна»	3/0,08	29,0	30	1,18	III- IV	15	2Ж / 4Ж	Ж	В

\*Назва шахт на період моменту викиду пісковиків

103-20СК-1

Усього на 26 шахтах Донбасу, в 5-ти геолого-промислових районах зафіксовано близько 4 тис. викидів пісковика і газу. Найбільша їх кількість (3259 штук) зафіксовано на шахті ім. Скочинського у Донецько-Макіївському геолого-промисловому районі (Табл.3.3).

На другому місці по розповсюдженню викидів пісковика і газу знаходиться шахта ім. Поченкова (79 штук). На інших шахтах району їх кількість коливається в межах від 69 до 2 штук.

Кількість викидів пісковика і газу на шахтах Червоноармійського і Центрального геолого-промислових районів майже однаковий і дорівнює відповідно 66 і 54 штукам.

В Алмазно-Марьівському геолого-промисловому районі викиди у кількості 10 штук відмічаються виключно на одній шахті – шахті ім. Менжинського. Ще менша їх кількість (4 штуки) встановлена для Краснодонського геолого-промислового району.

У подальшому нами для найближчих вугільних пластів до пісковиків на яких зафіксовані викиди були визначені і проаналізовані дані з виходу летких, товщини пластичного шару, генетичного типу вугілля і значень відбиття вітриніту. За діючими стандартами була визначена стадія, клас і група метаморфізму, встановлена марка вугілля за діючим в Україні стандартом. За стандартом ЕСК ООН встановлений тип вугілля.

Роботами, проведеними раніше В.І.Ніколіним та ін. [4], було встановлено, що викидонебезпечність порід на Донбасі відсутня в товщах, що містять вугільні пласти з виходом летких речовин менше 11% і більше 44% [7]. Встановлено, що за виходом летких викиди пісковика розповсюджені вкрай нерівномірно. Переважно їх більшість відбувається в інтервалі значень 27-40%. Перші викиди пісковика і газу починаються при значенні виходу летких 40-37 % (Рис. 3.4 ).

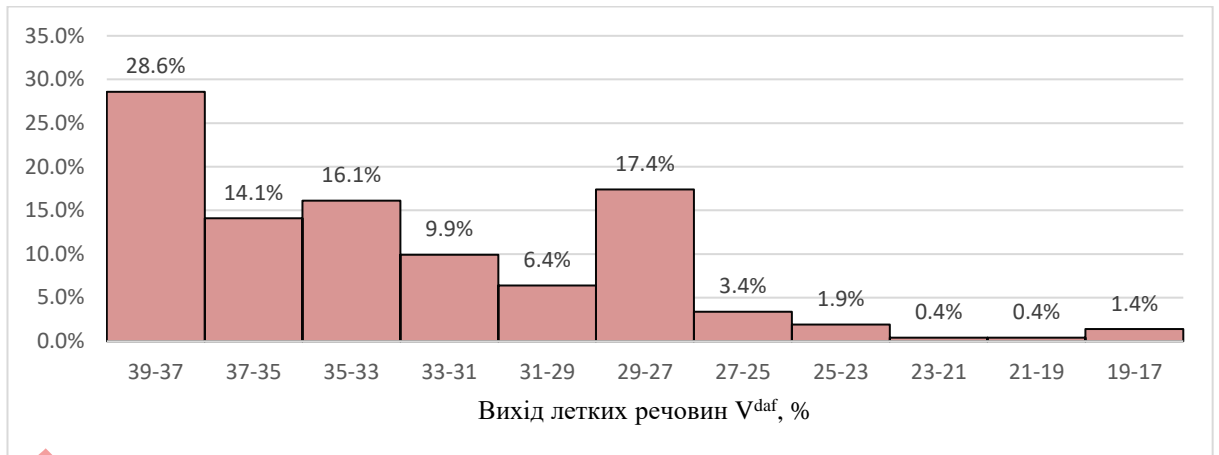


Рисунок 3.1. – Кількість викидів пісковику відповідно до виходу летких речовин- $V^{daf}$ , %. (Без урахування даних по шахті ім. Сковинського)

17% викиди пісковику і газу в вугільних шахтах Донбасу не відбуваються (Рис. 3.5.).

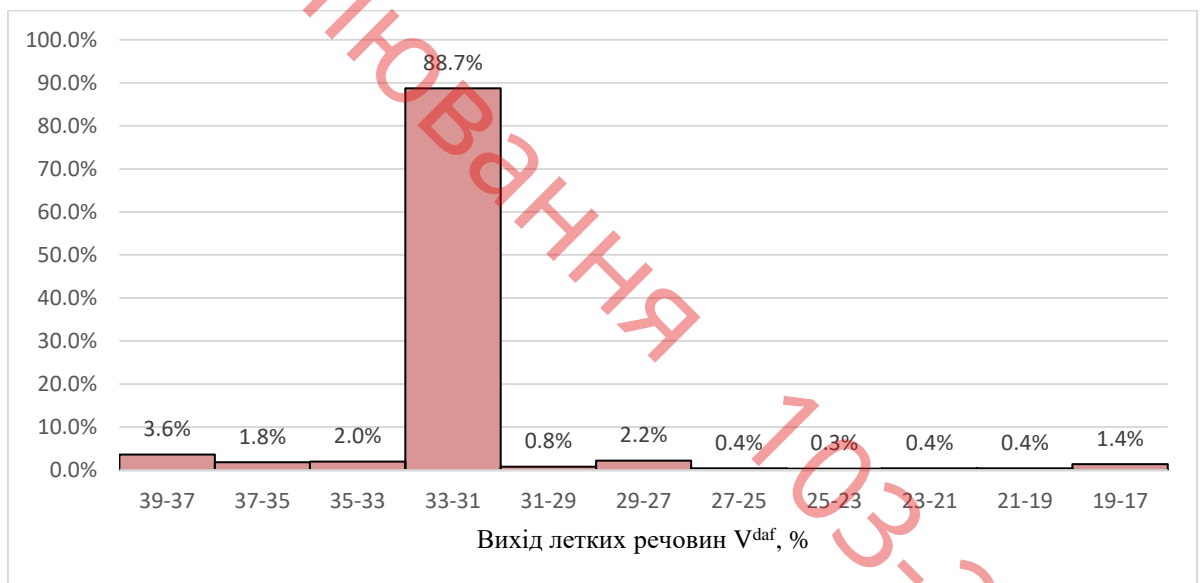


Рисунок 3.2. – Кількість викидів пісковику відповідно до виходу летких речовин- $V^{daf}$ , %. (З урахуванням даних по шахті ім. Сковинського)

Визначення верхньої та нижньої меж метаморфізму викидонебезпечних пісковиків було проведено під керівництвом М.Л. Ленвенштейна з використанням еталонної шкали метаморфізму Донбасу. На вказану шкалу були нанесені дані щодо 38 викидонебезпечних пісковиків з 20 шахт. Це дозволило встановити, що вони розташовані в інтервалу метаморфізму 3Г-

бПС. Встановлено їх відсутність в 0-2 та 7-14 групах метаморфізму

Для визначення впливу метаморфізму на розповсюдження викидів пісковика і газу нами був застосований стандарт класифікації вугілля по стадіям метаморфізму (ГОСТ 21489-76). Розповсюдження викидів пісковика, за нашими результатами, відповідно до показника відбиття вітриніту, наведено на рисунках 3.6-3.7. Встановлено, що вони відбуваються в інтервалі значень від 0,85 – 1,74%, що відповідає 14-17 класам метаморфізму та II - VI стадіям метаморфізму. За шкалою метаморфізму їх кількість розташовується нерівномірно. Найбільша їх кількість розташована в інтервалі значень відбивної здатності вітриніту в межах 0,85- 1,14%, що відповідає 13 та 14 класам, II та II-III стадіям метаморфізму. Встановлено, що з підвищенням метаморфізму кількість викидів пісковика значно зменшується і при значенні 1,74% вони не відбуваються.

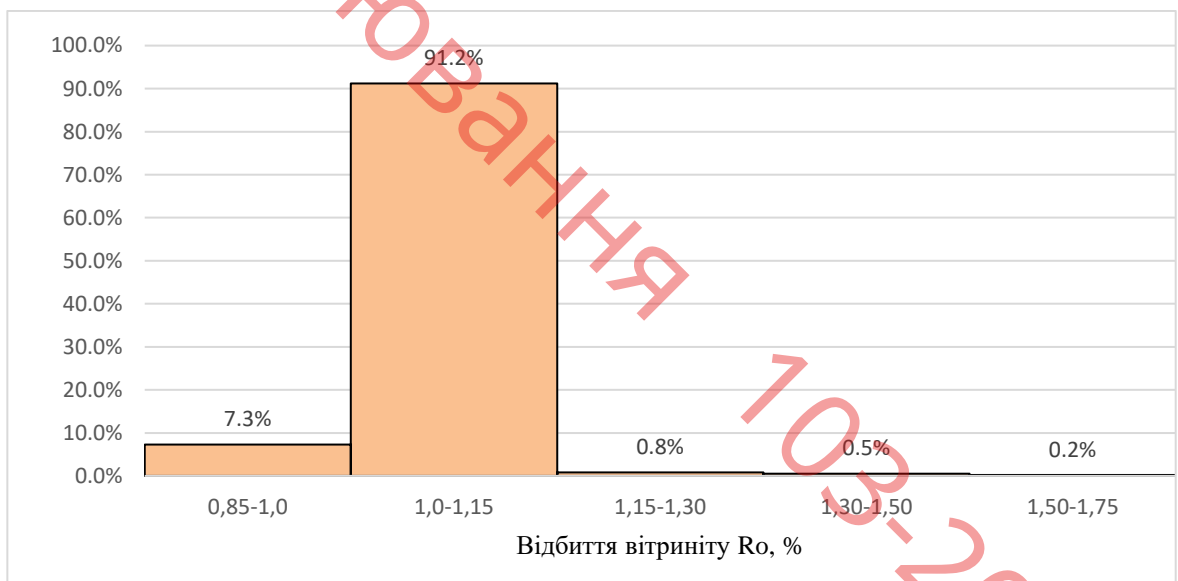


Рисунок 3.3. – Кількість викидів пісковика відповідно до показника відбиття вітриніту (з урахуванням даних по шахті ім. Скочинського)

При урахуванні даних з прояву викидів пісковика на шахті ім. Скочинського максимум викидів приурочено до інтервалу значень відбивної здатності вітриніту в межах 1,0-1,14%, що відповідає 14 класу III стадії метаморфізму.

При узагальненні матеріалів без даних по шахті ім. Скочинського,

максимальна кількість викидів встановлена для 13 класу II-III стадії метаморфізму.

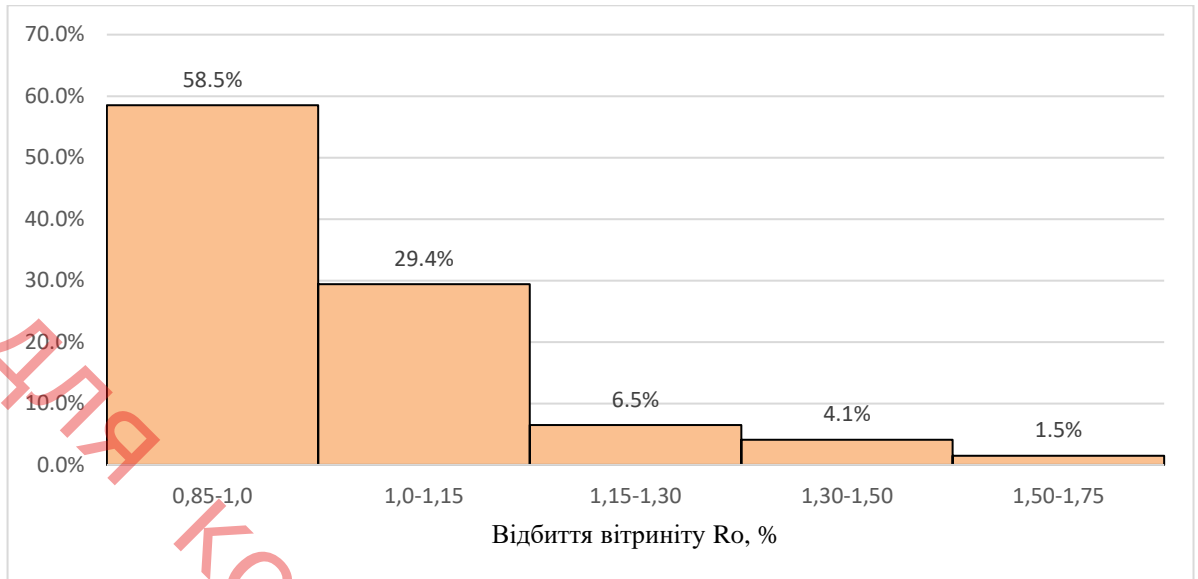


Рисунок 3.4.– Кількість викидів пісковику та газу відповідно до показника відбиття вітриніту (Без даних по шахті ім.. Скочинського)

У цілому загальна закономірність у зміні викидонебезпечності пісковиків в залежності від метаморфізму не змінюється.

Нами розглянуто вплив марочного складу вугілля за діючим в Україні стандартом (ДСТУ 3472-2015) на розподіл викидів пісковику. Встановлено, що більшість їх проявів відбувається при відпрацюванні пластів марки Ж та К та ГЖ. Чіткої закономірності не встановлено (рис.3.8).

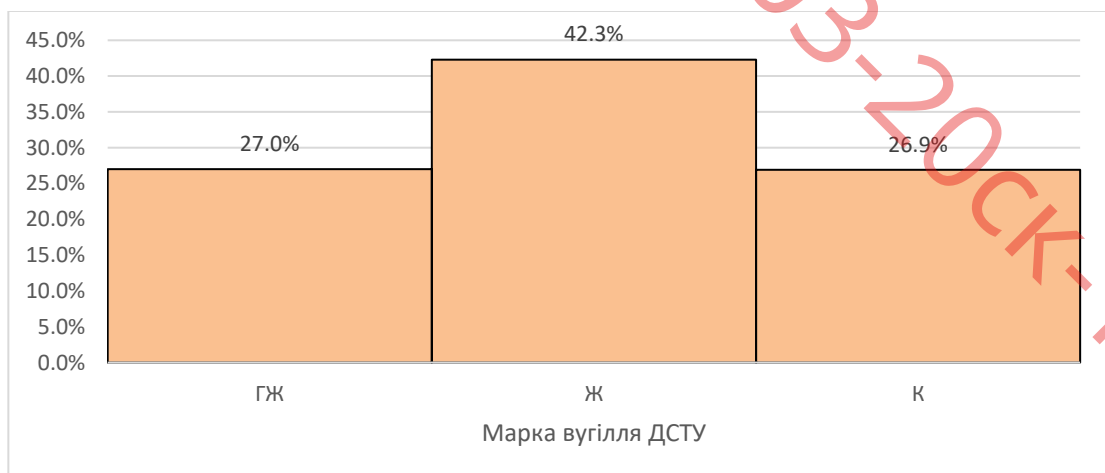


Рисунок 3.5 – Кількість викидів пісковику та газу відповідно до марочного складу (ДСТУ 3472-2015)



За Міжнародною класифікацією викиди пісковиків відбуваються при видобуванні тільки бітумінозного вугілля. Типи вугілля у цій класифікації визначаються за значеннями показника відбиття вітриніту. Вони розповсюджені у вугіллі середнього типу С, В та А (Рис. 3.9).

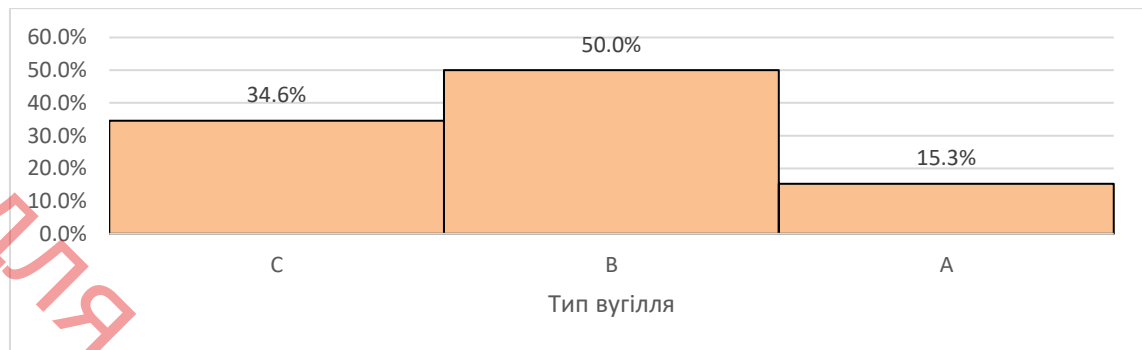


Рисунок 3.6. – Кількість викидів пісковіку та газу відповідно до типу бітумінозного вугілля (ЕСК ООН)

Отримані данні вказують на значний вплив метаморфізму на прояви викидів пісковіку та газу на родовищах де відзначається регіональний метаморфізм. Встановлено, що вони відбуваються в інтервалі значень від 0,85 – 1,74%, що відповідає 14-17 класам метаморфізму та II - VI- VI стадіям метаморфізму. Отримані результати підтверджуються даними по розповсюдженню викидів пісковіку в інших басейнах. Так, у поодиноких випадках вони зустрічаються при відпрацюванні вугільних пластів марки Ж у Кізелівському басейні. Найбільше поширення у зарубіжних басейнах викиди пісковіка і газу отримали у вугільних шахтах Японії, де з 1925 по 1969 роки їх було відзначено понад 200. Значна їх частина відбувалася на шахті "Понбецу" на глибині 1300 м при відпрацюванні вугільних пластів з виходом летючих речовин 35-44% та величиною відображення вітриніту 0,84%. Приблизно на такій же глибині (1200 м) відзначаються викиди піщанику та газу (26 викидів) у Лотарингському басейні, де відпрацьовуються вугілля з виходом летких речовин 36-39%. У Китаї відпрацювання пластів Фушунського басейну з виходом летких речовин понад 41% і родовища Бейпяо, де вугілля характеризується величиною цього показника 25-32%,

супроводжується проявом викидів пісковика та газу. Викиди руслового піщанику в кількості 37 штук зареєстровані на шахті 29 Грейс-Бей при відпрацюванні коксового вугілля з виходом летючих речовин 26-32%. Поодинокі прояви викидів пісковика відзначаються у Валансьєнському басейні у Франції (4 викиди) та Остравсько-Карвінському.

На вугільних родовищах з проявами термального метаморфізму закономірності розповсюдження викидів пісковика та газу інша. Вони можуть відбуватися і при видобутку антрациту, який значно більше метаморфізований. У їх прояві приймає участь вуглекислий газ.

У Нижньосілезькому басейні Польщі відбувалися окремі викиди пісковика та вуглекислого газу. Вони характеризувалися великою інтенсивністю. Так, у першому випадку було викинуто 1840 т породи та близько 2000 м<sup>3</sup> вуглекислого газу, у другому - викид досяг величини 1255 т породи та 1300 м<sup>3</sup> вуглекислого газу. Після цього викиду прохідка польового штреку була затримана на період більше 5 років.

### **Висновки за розділом**

1. Викиди пісковика і газу розповсюджені значно в меншій кількості, ніж викиди вугілля і газу.
2. Вони відбуваються в басейнах з проявами як регіонального, так і термального метаморфізму.
3. В басейнах з регіональним (пропорціональним) метаморфізмом відбуваються викиди пісковика і газу, який представлено метаном. При наявності термального (непропорційного) метаморфізму газ, який бере участь у викидах, представлено вуглекислим газом з домішками метану.
4. Викиди пісковика та вуглекислого газу більш сильні, часто катастрофічні, а викиди пісковика та метану – переважно середньої та слабкої сили, і тільки інколи катастрофічні.

5. У вугільних басейнах Світу з розповсюдженням регіонального метаморфізму, потенційна можливість їх прояву контролюється ступенем метаморфізму вугілля.

6. Найкращим показником визначення ступню метаморфізму вугілля є відбивна здатність вітриніту. Складний петрографічний склад вугілля і різні ступінь їх відновленості, не дозволяє застосовувати для прогнозу проявів геодинамічних явищ, у тому числі і викидів пісковика і газу, такий показник як вихід летких речовин.

7. Викиди пісковика та газу у Донецькому басейні розповсюджені нерівномірно і контролюються ступенем метаморфізму вугілля.

8. Використання виходу летких в якості показника метаморфізму дозволяє визначити тільки інтервали розповсюдження викидів пісковика і газу. Чіткої закономірності їх прояву в залежності від виходу летких не встановлено.

9. Переважно їх більшість відбувається в інтервалі значень 27-40%. Перші викиди пісковика і газу починаються при значенні виходу летких 40-37%. В цьому інтервалі значень їх більшість найбільша. У подальшому, при зменшенні виходу летких в інтервалі значень 27-17% їх кількість зменшується. При значеннях менше 17% викиди пісковика і газу в вугільних шахтах Донбасу не відбуваються.

10. Нами розглянуто вплив марочного складу вугілля за діючим в Україні стандартом (ДСТУ 3472-2015) на розподіл викидів пісковика. Встановлено, що більшість їх проявів відбувається при відпрацюванні пластів марки Ж та К та ГЖ. Чіткої закономірності не встановлено.

11. Використання відбивної здатності вітриніту у якості показника метаморфізму дозволило визначити для Донецького басейну стадії та класи метаморфізму з розповсюдження викидів пісковика і газу.

12. Розповсюдження викидів пісковика, за нашими результатами, відповідно до показника відбиття вітриніту, наведено на рисунку 3.3. Встановлено, що вони відбуваються в інтервалі значень від 0,85 – 1,74%, що

відповідає 14-17 класам метаморфізму та II - VI- VI стадіям метаморфізму. За шкалою метаморфізму їх кількість розташовується нерівномірно. Найбільша їх кількість розташована в інтервалі значень відбивної здатності вітриніту в межах 0,85- 1,14%, що відповідає 13 та 14 класам, II та II-III стадіям метаморфізму. Встановлено, що з підвищенням метаморфізму кількість викидів пісковика значно зменшується і при значенні 1,74% вони не відбуваються.

13. За Міжнародною класифікацією вугілля (ЕСК ООН) викиди пісковиків відбуваються при видобуванні тільки бітумінозного вугілля. Типи вугілля у цій класифікації визначаються за значеннями показника відбиття вітриніту. Вони розповсюджені у вугіллі середнього типу С, В та А.

## ВИСНОВКИ

За результатами виконаної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Із всіх існуючих класифікацій геодинамічних явищ найбільшого значення набуває генетична класифікація, яка розроблена В.Ю. Забігайло. Вона відбиває єдність і різницю як між класами, дозволяє обґрунтовано виділяти головні фактори їх прояву.
2. Одним з головних факторів який контролює викиди пісковика і газу у Донецькому басейні є метаморфізм вугілля
3. Встановлено, що за виходом летких викиди пісковика розповсюджені вкрай нерівномірно. За його допомогою можна визначати тільки інтервали розповсюдження викидів пісковика і газу.
4. Не встановлено чіткої закономірності у розповсюдженні викидів пісковика і газу в Донецькому басейні і за марочним складом (ДСТУ 3472-2015). Більшість їх проявів відбувається при відпрацюванні пластів марки Ж та К та ГЖ.
5. Використання відбивної здатності вітриніту у якості показника метаморфізму дозволило встановити для Донецького басейну чітку закономірність у їх розповсюдженні і визначити стадії та класи метаморфізму з розповсюдження викидів пісковика і газу.
6. За Міжнародною класифікацією вугілля викиди пісковиків відбуваються при видобуванні тільки бітумінозного вугілля. Вони розповсюджені у вугіллі середнього типу С, В та А. Типи вугілля у цій класифікації визначаються за значеннями показника відбиття вітриніту, тому закономірності у розповсюдженні викидів пісковика і газу більш чіткі, ніж за марочним складом визначеним за ДСТУ 3472-2015.
7. Найкращим показником визначення ступню метаморфізму вугілля є відбивна здатність вітриніту. Складний петрографічний склад вугілля і різна

ступінь їх відновленості, не дозволяє застосовувати для прогнозу проявів геодинамічних явищ, у тому числі і викидів пісковика і газу, такий показник як вихід летких речовин.

8. У вугільних басейнах Світу з розповсюдженням регіонального метаморфізму, потенційна можливість їх прояву контролюється ступенем метаморфізму вугілля.

9. Отримані результати підтверджуються даними по розповсюдженню викидів пісковика в інших басейнах Світу.

Не для копіювання 103-20СК-1

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Романченко В.О. Державний баланс запасів корисних копалин України. Вугілля. Випуск 22, кн.1. Київ, 2017. С. 129.
2. Вергельська Н.В., Пімоненко Л.І., Скіпченко І.М. Гірничо-геологічні особливості прогнозування динамічних явищ у вугільних шахтах. *Гірнича геологія та геоecологія*. 2022. №1(4) С. 5-15. <http://journal.geokomine.com.ua/article/view/273777>
3. ДСТУ 3472:2015 Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація. [Чинний від 29.12.2015 № 212]. К.: Держстандарт України, 2015. 4 с.
4. Іванова А.В. Визначення факторів газоносності вугільних пластів Донбасу. *Геологічний журнал*. 2001. №1. С. 54-60.
5. Михайлов В.А., Курило М.В., Омельченко В.Т. Горючі корисні копалини України: підручник. К: КНТ, 2009. 376 с. [http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/RKK\\_goryuchi\\_kk.pdf](http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/RKK_goryuchi_kk.pdf)
6. Нагорний Ю.М., Нагорний В.М., Приходченко В.Ф. Геологія вугільних родовищ: навч. посіб./ Дніпропетровськ: НГУ, 2005. 338 с.
7. Іванців О.Є., Лизун С.О., Дудок І.В. Критерії оцінки природної метаноносності вугільних родовищ України. *Геотехнічна механіка*. 2000. Вип. 17. С. 83-90.
8. Маметова Л.Ф. Катагенез газоносних пісковиків Алмазно-Мар'ївського району Донбасу. *Геотехнічна механіка*. 2012. № 102. С. 183-189.
9. СОУ 10.1.00174088.011—2005. «Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ». — Київ: Мінвуглепром України, 2005. — 225 с. URL: <https://issuu.com/mitc2/docs/026>
10. Методи прогнозу гірничо-геологічних умов розробки вугільних родовищ : навч. посіб. /В. В. Лукінов та ін. Дніпро: ДВНЗ "НГУ", 2016. 215 с.

## ДОДАТОК А

## Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	2	3	4	5	6
			Документація		
1	A4	ТСТ.ОППМ 23.06.ПЗ	Пояснювальна записка	79	
2			Графічні матеріали		Електронний ресурс
3			Презентація Microsoft PowerPoint	15	Слайди

Не для копіювання 103-20СК-1



## ДОДАТОК Б

## Відомості про викиди пісковика та газу у вугільних басейнах Світу та ступеня їх метаморфізму

№ п/п	Країна	Басейн, родовище	Вік	Глибина прояву, м	Потужність пластів, м	Вихід легких речовин, %	Відбивна здатність вігтриніту, %	Стадія, клас метаморфізму	Тип вугілля, за Міжнародною класифікацією	Кількість та клас викидів пісковика та газу	Особливості прояву викидів пісковика, склад газу
1	Франція	Лотарінгський	С	1200	1,5-2,5	36,0-39,7	0,68-1,0	II та II-III стадії, 11,12,13 класи	Середній тип, С	Близько 30 викидів, сильного та середнього класу	У газі присутні важкі вуглеводні та двоокисд вуглецю
2		Валансьєнський	С	800-1000	0,7-1,2	29,8-11,0	1,19-1,73	III-IV, V стадії, 15,16,17 класи	Середній тип, В, А	4 викиди середнього класу	Викиди пісковика та метану
3	Німеччина	Ібенбюрський	С	>700	1,0-1,1	10-15	>2,0 <3,0	VI, VII-VIII стадії	Високий тип, С	47 викидів, слабкі за кількістю пісковика та сильні за кількістю газу	Пористість 10-14% Виділення газу з запахом бензолу чи нафти

4	Польща	Нижньо-сілезьський	С	575	1,5-2,0	28,0-38,0	1,1-1,3	III, III-IV стадії, 14, 15 класи	середній тип, С,В,	Незначна кількість переважно сильного і катастрофічного, інколи середнього класу	Пористість 6,8-8,4% Викиди пісковику та вуглекислого газу
5		Нижньо-сілезьський	С	800	1,5-2,0	19,4-29,4	1,2-1,5	III-IV, IV стадії, 15, 16 класи	середній тип, В, А	Викиди вогнетривкого сланцю і газу з підшви вугільного пласту. Малий та середній клас	Тільки в підготовчих виробках, в зонах тектонічних порушень
6	Чехія	Остравсько-Карвінський (шахта Старжич)	С	400	0,5-3,0	26,0-38,0	0,6-1,0	II та II-III стадії, 11,12,13 класи	середній тип, С	3 викиди які належать до класу - малого	
7	Словаччина	Сланське	С	814	0,5-5,5	20-30	1,0-1,5	III, III-IV, IV стадії, 14, 15, 16 класи	середній тип, В, А	Викиди пісковику та газу Переважно катастрофічного та сильного класу	Пісковик та газ метан

8		Рослуцько-Ославанське			1,5-2,60	18-30	1,0-1,5	III, III-IV, IV стадії, 14, 15, 16 класи	середній тип, В, А	Викиди породи і газу під вугільним пластом	Пісковик та газ метан
9	Японія	Ісікарі	g	1300	0,7-4,0	43,0-36,0	0,75-0,85	II стадія, 12 клас	Середній тип С	Переважно сильні, іноді катастрофічні	Відчувається запах нафти. З глибини 350м відбуваються стріляння гірничих порід.
10	Австралія	Сідней (штат Новий Південний Уельс) Шахта 29 Грейс-Бей	P	500	2,8	26-36,0	1,0-1,20	III, III-IV стадії, 14, 15 класи	Середній тип, В	37 викидів слабкої та середньої сили	Викиди руслового пісковику
11		Боуен (штат Квінсленд) Лайкхарт	P	200	5,9	23-30	1,1-1,4	III, III-IV, IV стадії, 14, 15, 16 класи	Середній тип, В	Поодинокі викиди слабкої та середньої сили	Викиди руслового пісковику і суміші газів $CH_4 + CO_2$

103-20СК-1

## ДОДАТОК В

## ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи

на тему

«Вплив метаморфізму на прояви викидів пісковиків та газу»

студента групи 103-20ск-1 ФПНТ Головченко Олексій В`ячеславович.

Завдання кваліфікаційної роботи відповідає вимогам освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів за напрямом «Геологія, гідрогеологія та геофізика».

Об'єкт дослідження – викиди пісковиків і газу у вугленосних відкладах Донбасу.

Предмет дослідження – геологічні чинники прояву викидів пісковиків і газу.

Мета роботи – вивчити вплив метаморфізму на динаміку розповсюдження викидів пісковиків і газу у вугільних шахтах Донбасу.

Методи дослідження - в процесі роботи використовувалися такі загальнонаукові методи, як метод узагальнення, аналізу та синтезу.

Встановлено інтервали стадій метаморфізму з розповсюдження викидів пісковиків і газу. Визначено що по стадіям метаморфізму вони розповсюджуються нерівномірно, створюючи зони максимального та мінімального їх прояву. Визначені зони характеризуються різною силою їх прояву та особливостями прояву.

Взаємозв'язок з іншими роботами – продовження наукової діяльності кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» в сфері вивчення геодинамічних явищ у вугільних басейнах.

Сфера застосування - роботи з вивчення генетичної єдності геодинамічних явищ і їх прогнозу на стадії геологорозвідувальних робіт.

*Актуальність — визначення впливу геологічних чинників на видовий склад і прояви геодинамічних явищ дозволить створити єдину систему їх прогнозування і використовувати більш прості і надійні засоби боротьби з геодинамічними явищами.*

Практична значимість кваліфікаційної роботи – удосконалення безпеки видобутку вугілля.

Предмет дослідження – геологічні чинники прояву різних видів геодинамічних явищ.

Мета роботи – вивчити вплив метаморфізму на динаміку розповсюдження викидів пісковика і газу у вугільних шахтах Донбасу.

Методи дослідження - в процесі роботи використовувалися такі загальнонаукові методи, як метод узагальнення, аналізу та синтезу.

Вирішення цієї проблеми, яка має велике соціальне і промислове значення, залежить в першу чергу, від створення надійних методів прогнозу викидів пісковика і газу.

Зміст роботи у повному обсязі відповідає дескрипторам національної рамки кваліфікації - знання і розуміння основних процесів, історії та складу Землі як природної системи. При виконанні роботи застосовані основні професійні компетентності фахівця в галузі геології - здатність вивчати, аналізувати геологічну будову вугільного родовища, виконувати збір та підготовку текстової, числової та графічної геологічної інформації, необхідної для складання звіту, з подальшою обробкою отриманих даних з використанням математичних методів і комп'ютерних технологій.

Інноваційність отриманих результатів полягає у встановленні інтервалів стадій метаморфізму з розповсюдження викидів пісковика і газу. Доведено що по стадіям метаморфізму вони розповсюджуються нерівномірно, створюючи зони максимального та мінімального їх прояву. Визначені зони характеризуються різною силою їх прояву та особливостями прояву.

Практичне застосування результатів роботи буде корисним при удосконаленні прогнозу викидів пісковика і газу за геологічними показниками.

Кваліфікаційна робота виконана самостійно, під час виконання застосовані комп'ютерні програми Word, Excel, Surfer, Statistica.

Пояснювальна записка, як і презентація, оформлена з урахуванням діючих стандартів.

Рекомендована оцінка за умови активного захисту «відмінно» (92), автор

Головченко О. В. заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації бакалавра за програмою «Геологія».

Керівник роботи

Док. геол .наук, професор

Савчук В. С.

## ДОДАТОК Г

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу  
на тему

«Вплив метаморфізму на прояви викидів пісковиків та газу»

студента групи 103-20ск-1 ФПНТ Головченко Олексій В`ячеславович.

Завдання кваліфікаційної роботи відповідає вимогам освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів за напрямом «Геологія, гідрогеологія та геофізика».

Об'єкт дослідження – викиди пісковиків і газу у вугленосних відкладах Донбасу.

Предмет дослідження – геологічні чинники прояву викидів пісковиків і газу.

Мета роботи – вивчити вплив метаморфізму на динаміку розповсюдження викидів пісковиків і газу у вугільних шахтах Донбасу.

Методи дослідження - в процесі роботи використовувалися такі загальнонаукові методи, як метод узагальнення, аналізу та синтезу.

Актуальність теми обумовлена необхідністю розробки нових критеріїв для прогнозу викидів пісковиків і газу у вугільних шахтах Донбасу.

В роботі застосовані технологічна та проектувальна компетентності фахівця в галузі геології. Продемонстровано здатність розробляти геологічні завдання, вивчати та аналізувати геологічну будову родовища, виконувати збір та підготовку текстової, числової та графічної геологічної інформації необхідної для складання звіту.

Зміст роботи у повному обсязі відповідає дескрипторам національної рамки кваліфікації – знання і розуміння основних процесів, історії та складу Землі як природної системи. При виконанні роботи застосовані основні професійні компетентності фахівця в галузі геології – здатність вивчати, аналізувати умови прояву викидів вугілля і газу, виконувати збір та підготовку текстової, числової та графічної геологічної інформації, необхідної для складання звіту. Виконувати обробку інформації в ПЕОМ

Іноваційність отриманих результатів обумовлена обґрунтуванням кордонних значень метаморфізму для прогнозу викидів пісковиків і газу у вугільних шахтах Донецького басейну.

Практичне значення обумовлено можливістю розробки нових прогностичних критеріїв.

Пояснювальна записка, як і презентація, оформлена з урахуванням діючих стандартів НТУ «Дніпровська політехніка вчасно та охайно. Рекомендована оцінка за умови активного захисту «відмінно» (91). автор

Головченко О. В. заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації бакалавра за програмою «Геологія».

Рецензент

канд. геол .наук, доц.каф. ЗСГ

Шевченко С.В.

Не для копіювання 103-20СК-1