

15. Вільна енциклопедія «Вікіпедія». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Уранові\\_руди](http://uk.wikipedia.org/wiki/Уранові_руди)

16. Andrievskiy's Blog. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://andrievskiy.wordpress.com/category/державне-регулювання-користування/>

17. Ємець, О. Послідовність мінералоутворення та механізм формування уранового зруденіння в натрієвих метасоматитах Новокосятинівського уранового родовища / О. Ємець // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – К.: ВПЦ «Київський університет», вип. 54. – 2011. – С. 44 – 54.

18. Макаренко, М., Широкомасштабне застосування літогеохімічних пошуків уранових родовищ на Хмільницькій площі / М. Макаренко, В. Карли, В. Степанюк та ін. // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – К.: ВПЦ «Київський університет», Вип. 52. – 2011. – С. 41 – 45.

19. Про видобування і переробку уранових руд: Закон України від 9 листопада 1997 року № 645/97-ВР (зі змін. і доп.).

20. Андрієвський, І.Д., Реформування економічного механізму користування надрами: регулятора економічної, екологічної та соціальної безпеки країни: Монографія / І.Д. Андрієвський, М.М. Коржнев, П.І. Пономаренко. – К.: Київський університет, 2005. – 194 с.

*Стаття надійшла до редакції 19.05.2015 р.*

УДК 622(082)

**В. В. Бойко**, д.т.н., проф., **М. І. Половінкін** асп. (Інститут Гідромеханіки НАН України)

## **АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ КРИТЕРІЇВ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ**

**V. V. Boyko, M. I. Polovinkin** (Institute of Hydromechanics of NAS Ukraine)

### **ANALYSIS OF WORLD EXPERIENCE OF DETERMINING THE BASIC CRITERIA OF OUTBURST DANGER**

*Проведено аналіз світового досвіду щодо раптових викидів та газових емісій в шахтах. Визначено найбільш важливі параметри, що характеризують схильність вугільного пласта до викидів. Встановлено фактори, що впливають на викиди в шахтах. Запропоновані основні критерії щодо оцінки імовірності викиду породи та емісії газу в шахтах.*

**Ключові слова:** викидонебезпечність, шахта, вугільний пласт, газ.

*Проведен анализ мирового опыта касательно внезапных выбросов и газовых эмиссий в шахтах. Определены наиболее важные параметры, которые характеризуют склонность угольного пласта к выбросам. Определены факторы, которые влияют на выбросы в*

*шахтах. Разработаны основные критерии, влияющие на оценку вероятности выброса породы и эмиссии газа в шахтах.*

**Ключевые слова:** выбросоопасность, шахта, угольный пласт, газ.

*The analysis of world experience of sudden gas emissions and emissions in the mines. Defined the most important parameters that characterize the susceptibility of coal seam emissions. Revealed the factors affecting the emissions in the mines. The basic criteria for the evaluation of the probability of emission gas emissions and rocks in the mines offered.*

**Keywords:** outburst danger, mine, coal seam gas.

**Вступ.** Раптові викиди та газові виділення в шахтах є проявами умов, які пов'язані з високим вмістом газу в вугільному пласті що розробляється, а також в оточуючих пластах. Викид - це явище під час якого вугілля, або інша порода викидається з масиву з виділенням багатой кількості газу. Цей феномен проявляє себе протягом часу, який триває від секунди до декількох хвилин. Він складається з серій подій, які проявляються в певній послідовності. Кількість вугілля та породи, що викидається може різнитися від тонни до декількох тисяч тон. У викидів вугілля та газу в підземному вугледобуванні багата історія і вони траплялися в багатьох країнах - виробниках вугілля світу. За останні 150 років було зафіксовано майже 30000 аналогічних випадків з різною кількістю викидів вугілля та породи, найбільший викид становив приблизно 14500 тон вугілля разом з 60000 м. куб. метану [1,5].

**Мета та завдання.** Метою роботи є визначення основних факторів викидонебезпечності вугільних пластів на підставі застосування результатів аналізу світового досвіду. Завданням представленої статті є встановлення причин, які характеризують схильність вугільного пласта до викиду.

**Результати досліджень.** Сильні газові виділення можуть виникати без вибросу вугілля або породи, коли вугілля нещільне і рівні тиску низькі, а міцність висока. Пласти вугілля, які при низьких рівнях тиску показують високі газові виділення, постійно зазнають викиди коли міцність вугілля низька або рівні тиску високі.

Газові викиди пов'язані не тільки з метаном, а із діоксидом карбону. Викиди, які пов'язані з діоксидом карбону більш різкі, більш складні в контролі та більш небезпечні через більшу сорбцію вуглекислого газу. Однак, більшість викидів пов'язано з метаном, який формується під час вуглефікації. Викиди виникають в пластах вищого порядку частіше через те, що ті мають більшу здатність до абсорбування газу при даному тиску, більші внутрішні площі поверхні, меншу пористість та меншу проникність. Декілька схожих викидів виникло в деяких лігнітових шахтах в Валенійській шахті в Словенії [4].

Метан, що присутній в вугіллі, формується під час вуглефікації або бактеріологічними процесами, або їх поєднанням. Вуглекислий газ зазвичай потрапляє з зовнішнього джерела такого як магматична активність та проникає в вугільні пласти, разом з циркулюючими рідинами через тріщини та порожнинні системи. Деколи це може повністю замінити присутній метан.

Газовий вміст в ділянці цих структур може різнитися в 100% метану до майже 100% вуглекислого газу, якщо вугільне поле було піддане запальному втручанню. До цього часу викиди вуглекислого газу були лише в Австралії, Польщі, Канаді, Чехії та Франції.

Таблиця 1

Появи викидів в різних країнах

Країна	Вугільні або породні викиди	Тип газу	Кількість викидів
Австралія	Вугілля	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	> 669
Бельгія	Вугілля	CH <sub>4</sub>	487
Болгарія	Вугілля	CH <sub>4</sub>	250
Канада	Вугілля/порода	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	411
Китай	Вугілля/порода	CH <sub>4</sub>	> 14,297
Чехія	Вугілля/порода	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	482
Франція	Вугілля/порода	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	> 6,814
Германія	Вугілля/порода	CH <sub>4</sub>	359
Венгрія	Вугілля	CH <sub>4</sub>	~600
Японія	Вугілля	CH <sub>4</sub>	920
Казахстан	Вугілля	CH <sub>4</sub>	45
Польща	Вугілля	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	1,738
Румунія	Вугілля	CH <sub>4</sub>	20
ЮАР	Вугілля	CH <sub>4</sub>	5
Росія	Вугілля/порода	CH <sub>4</sub>	521
Тайвань	Вугілля	CH <sub>4</sub>	60
Турція	Вугілля	CH <sub>4</sub>	58
Україна	Вугілля/порода	CH <sub>4</sub>	4,689
Великобританія	Вугілля	CH <sub>4</sub>	>219

До теперішнього часу не встановлено чіткого взаємозв'язку між частотою та масштабом викидів з параметрами, що впливають на викиди. Проте, розмір викиду пов'язаний з розміром геологічної структури на якій він виникає. Всі інші фактори залишаються постійними, глибина або тиск збільшують розмір, але на відносно невелику величину. Мінімальна глибина, на якій відбувається викид, залежить від специфічних місцевих умов. Максимальна глибина викидів становила 1150 метрів та була зафіксована в Іббенбюреньській вугільній копальні, яка є найглибшою антрацитовою вугільною шахтою в Германії, яка розташована в Рурському вугільному басейні.

В той самий час як великий обвал або розтріскування опори або частини вугільного зрізу можуть призвести до великих газових виділень, разом із зміщенням вугілля це явище повинно бути відділене від викиду. Звичайний викид асоціюється з різким викидом вугілля та виділенням газу. Порожнина,

яка сформована викидом вугілля, має типову форму конуса або повторює контури структури, з котрою викид пов'язаний [2,8].

В шахтах, які функціонують на глибині, викиди виникають в лавах, зокрема, де вони проходять залишками, де високі тиски виходять в пониженні проникності та руйнуванню вугілля. Викиди рідко виникають в вугільних пластах, які були розслаблені та дегазовані як результат розробки сусідніх пластів. При цьому, можна визначити найбільш важливі параметри, які характеризують схильність вугільного пласта до викиду:

високий газовий вміст (вміст газу (метану) більше  $8 \text{ м}^3/\text{т}$ ):

низька проникність вугільного пласта (проникність нижче  $2\text{mD}$ ):

високий рівень виділення газу під час руйнування вугілля (механічна сила менша найнижчого основного тиску).

В шахтах з вуглекислим газом, в якості головного пластового газу, нижчий газовий вміст ніж метану може призвести до викиду [1,10].

Присутність геологічної структури або розриву вугільного пласта дуже часто пов'язують з викидами. Сам по собі газ необов'язково викликає викид, хоча деякі досліді показують, що присутність газу зменшує міцність та викликає великі тиски. Це також викликає сили породного тіла, які можуть призвести до викиду.

Додатково до вищевказаного, розробки в гірничих технологіях та наступні розробки шляхів та проведення розробок лавовим способом, роблять свій внесок в прояв газового викиду як результат постійного зменшення часу породних шарів, а також вугільних пластів до досягнення нового стану рівноваги.

Через велику різноманітність умов під якими виникають викиди немає єдиної теорії, що могла б пояснити цей феномен.

Деякі з ранніх понять природи газових емісій, газового тиску та властивості вугілля були покладені в базову теорію газового тиску з метою пояснення раптових емісій газу та викидів [6]. В подальшому в теорію викидів було введено роль тиску та механічної енергії [5,6] та обґрунтовано механізми сорбції та десорбції газу та тиску в виникненні викидів [9,5]. Зокрема, було встановлено, що виникнення викидів пов'язано із взаємодією наступних параметрів [2,7]:

1) Тиск вищерозміщеної товщини.

Це пов'язано із зламом вугілля на краях розробки, його розслабленням та зменшення міцності, змінами в проникності вугільних пластів, перерозподіленні газового тиску та виділенні великого об'єму газу. Перехід гірничого тиску від статичної фази в динамічну як результат руйнування вугільного пласта близького до забою або через втрату супротиву покрівлі. Це призводить до подальшого руйнування та як наслідок створення нових поверхонь, що збільшує десорбцію. Це веде до формування газової транспортної системи, що приводить до падіння газового тиску та вивільнення його потенціальної енергії. Вивільнення еластичної енергії вугілля разом з гравітаційною енергією, котра

перетворюється в динамічну енергію вугілля в русі та збільшенні раптових викидів.

2) Присутній в вугіллі газ.

Статичний та динамічний газовий тиск в вугіллі під нормальним градієнтом газового тиску не може ініціювати викид якщо не виповниться три наступних умови: достатньо великий вміст газу в вугіллі; велика швидкість розвинення тріщин та розлам вугілля внаслідок розробки, разом з утворенням великої кількості нових поверхонь, що забезпечать інтенсифікацію десорбції та проникнення газу; утворення тріщин достатньої довжини та об'єму в розколотому вугіллі, що забезпечить розслаблення, потік газу в забій та зниження газового тиску між забоєм та вугіллям де газ десорбується.

Зокрема, слід враховувати, що раптове падіння газового тиску може визвати руйнівну хвилю яка проникне на певну глибину в гірський масив. Під час викиду, газ присутній в вугіллі, розпилює частки в дрібний пил та збільшує потік газу та часток вугілля в забій. Об'єму газу, який звільнений з розламаного вугілля, цілком достатньо для утворення викиду, якщо газовий тиск становить хоча б 0,3 – 0,6 МПа.

3) Фізико-механічні властивості вугілля та мікро і макроструктури вугільного пласта.

Структура вугілля визначає наступне:

Міцність вугілля та його супротив стискуванню;

Величину газової емісії та роботу, яка виконується газом під час його емісії;

Кількість газу в вугіллі та повну потенціальну енергію, що доступна в викиді.

Гравітаційна сила стає ефективною в крутопадаючих пластах та виробках після викиду. Кінетична енергія збільшує ефект гравітації та наближається до рівня рівного газу в випадку, коли утворюються каверни в лінію по підйому пласта.

Гірський тиск не основний фактор, який викликає викид, скоріше це газ відповідає за розвиток та підтримку викидів. Роль тектонічних сил в процесі викиду не враховується через наступне [2,8] :

Не існує методу для визначення залишкових тектонічних напруг.

Дуже часто два вугільних пласта лежачих на відстані 20 - 30 м один від одного відрізняються схильністю до викидів незважаючи на однаковий метод розробки.

Вугільні пласти та оточуючі породи пересічені мікро та макро тріщинами.

Гірського тиску не достатньо для виклику викиду.

На підставі досліджень світових вчених були розширені наукові поняття та розроблені математичні теорії [5,6] . Зокрема, розроблено теорію нищівної хвилі та віднесено процес викидів до складної функції природнього тектонічної та викликаной напруг, які спричиняють початок викиду, а вільний газ присутній в поровому просторі переносить зламані матеріали [3]. Нищівна хвиля подорожує від злама породи до тверді, знищуючи шари вугілля в зворотньому напрямку від руху ламаної маси. Ці хвилювання дестресуючі хвилі і отримують енергію від стиснутого газу в поровому просторі. Диференційний газовий тиск



на грані хвилі рівний або більший ніж сила розтягнення вугілля. Це призводить до розділення вугілля в малі шари або диски.

Останнім часом вугілля під високим газовим тиском розглядається як ретроградний матеріал з газом в якості твердої суміші в вугільній матриці. Газ піддається зміні як наслідок змін термодинамічних умов.

Велика кількість дослідників пов'язує викиди газу та викиди породи в єдине явище з різницею в тому, що газ може бути відсутнім, або газ може бути другорядним фактором викиду породи. Багато моделей, що використовують силу розтягнення як критерій розпаду були використані для передбачення викидів [3,4].

### Висновки

Таким чином, можна зробити висновок, що критеріями імовірних викидів газу та викидів порід у шахтах є наступні:

- Геологічна структура шахти;
- Статичні та динамічні напруги в сусідніх виробках;
- Нижча міцність вугільного пласта в зв'язку з рівнями напруги;
- Газовий тиск та вміст газу в вугільному пласті;
- Рівень газової десорбції;
- Раптове оголення вугільного пласта;
- Наявність частини виробки, що формує круте падіння породи.

### Список використаних джерел

1. Halbaum, H., W. (1989-1990). Discussion of J. Gerrard's paper "Instantaneous outbursts...", Trans. Inst. Min. Engns, Vol. XVIII, p. 258.
2. Pechuk, I.M. (1933). Results of inducer shortfiring in Krasnyiprofintern Mine, Ugol, No. 95. Rowan, H. (1911-12). An Outburst of Coal and Firedamp at Valley Field Colliery, Newmills, Fife, Trans. Inst.
3. Telfer, W.H. (1911-12). Discussions of Rowan's paper on "An outburst of coal and firedamp at Valley Field Colliery, Newmills, Fife". Trans. Inst. Min. Engrs, Vol. XLII, p.274.
4. Belov, V.I. (1931). New explanation of sudden outbursts of methane, Gornyi Zhurnal, No. 6, p.46.
5. Khristianovich, S.A. (1953). On the outburst wave, AN USSR, Otd. Tekhm. Nauk, No. 12, p.1679.
6. Skochinski, A. A. (1954) Modern concepts on the nature of sudden outbursts of gas and coal and control techniques, Ugol, No. 7, p. 410.
7. Paterson, L. (1986). A model for outbursts in coal, Int. J. Rock Mech., Min. Sci., & Geomech. Abst., vol. 23, No. 4, p.327.
8. Большинский, М.И. Газодинамические явления в шахтах / М.И. Большинский. – Севастополь: Вебер, 2003. — 285 с.

9. Волошин, Н.Е. Основы тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах / Н.Е.Волошин. – Донецк: СПД Дмитренко, 2007 – 64 с.

10. Кауфман, Л.Л. Зарубежный опыт прогнозирования внезапных выбросов пород при сооружении туннелей. Геотехническая механика / Л.Л. Кауфман. – 2010, №91. 260 с.

*Стаття надійшла до редакції 02.09.2015 р.*

УДК 502(075.8)

**А. В. Бодюк**, к.е.н., с.н.с., в.о. (Київський університет управління та підприємництва)

## **НАДРО-РЕСУРСНОЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК ОБ'ЄКТИ ЕКОНОМІЧНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

---

---

**A. V. Bodiuk** (Kiev Management and Entrepreneurship)

### **BOWELS OF THE EARTH RESOURCE PRODUCTIONS AS OBJECTS ECONOMIC USING NATURE**

*Розробляються теоретичні положення про надро-ресурсне виробництво та логічне його відображення у вартісних оцінках. Проаналізовано економічні й технологічні особливості розвідування автогенезних ресурсів та їх вилучення з природного середовища. Запропоновано обліковувати види затрат на організоване надро-розвідувальне виробництво.*

**Ключові слова:** потреби, суспільне виробництво, природо-користування, надра, ресурси, надрокористування, процесори, витрати.

*Разрабатываются теоретические положения о надро-ресурсном производстве та логическом его отображении у стоимостных оценках. Проанализированы экономические и технологические особенности разведки автогенезных ресурсов и их извлечения из природной среды. Предложено учитывать виды затрат на организованное надро-разведывательное производство.*

**Ключевые слова:** потребности, общественное производство, природопользование, надра, ресурсы, недропользование, процессоры, расходы.

*Theoretical position on Mineral resource production and its logical reflected in the valuation. Analyzes economic and technological features of exploration avtoheneznyh resources and their removal from the environment. A expenses accounted types of organized womb exploration industry.*

**Keywords:** necessities, social production, bowels of the earth, resources, using the bowels of the earth, processors, charges.