

22. Паразитарные болезни // Научная деятельность Украинского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии (1946–1956) / Б. Г. Петренко. — Х., 1957. — С. 23–26. 23. Прудкина Н. С. О формировании фауны кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) в зоне влияния водохранилища на юге лесостепи Левобережной Украины / Н. С. Прудкина, Г. И. Наглова // VII междунар. симп. по энтомофауне Средней Европы (Ленинград, 19–24 сент. 1977 г.): материалы. - Л., 1979. - С. 329–331. 24. Прудкина Н. С. Особенности экологии кровососущих комаров в условиях урбанизации ландшафта в Восточной Украине / Н. С. Прудкина, В. С. Солодовникова, Г. И. Наглова // Кровососущие двукрылые и их контроль: сб. тр. - Л.: Наука, 1987. - С. 113–115. 25. Пула О. М. Гіподермоз великої рогатої худоби і розробка методів боротьби з ним в умовах лісостепової зони України: дис. ... канд. вет. наук. - Х., 2004. - 148 с. 26. Скиба О. В. Облігатні порожнинні і тканинні міази овець Лівобережжя України (епізоотологія, лікування та заходи профілактики): дис. ... канд. вет. наук. - Х., 2004. - 165 с. 27. Тараник К. Т. Распространение эстрова и биологические особенности овечьего овода на Украине / К. Т. Тараник // Ветеринария : респ. межвед. темат. науч. зб. - К., 1989. - Вып. 64. — С. 55–57. 28. Федоров Э. И. Фауна и экология кровососущих двукрылых Харьковской области и их эпидемиологическое значение / Федоров Э. И., Прудкина Н. С., Солодовникова В. С. // Экологические проблемы Харьковской области: тез. докл. обл. науч.-практ. конф. (Харьков, 25–27 дек. 1995 г.). - Х, 1995. - С. 95–97. 29. Фірсов І. М. Український інститут експериментальної ветеринарії до 19 річниці Жовтня / І. М. Фірсов // Вет. справа. - 1936. - № 2. - С. 3–9. 30. Шевченко А. К. Эколого-фаунистические исследования кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) на Украине / А. К. Шевченко // Вестн. зоологии. - 1968. - №3. - С. 62–70. 31. Ярошевский В. А. Список двукрылых насекомых (Diptera), собранных преимущественно в Харькове и его окрестностях / В. А. Ярошевский // Тр. о-ва испыт. природы. - 1876. - Т. 10. - С. 1–49.

*Надійшла до редколегії 25. 01. 08*

УДК 622.81(09)

**А. В. СЮХ**, Дніпропетровський національний університет

## **ПЕРШІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗДАТНОСТІ ДО ВИБУХУ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО ПИЛУ.**

Стаття присвячена вивченню початкових етапів досліджень здатності до вибуху кам'яновугільного пилу, що проводилися в XIX ст. Проаналізовано основні підходи та методики досліджень вибухових властивостей вугільного пилу.

The paper is dedicated to the pioneering stage of carboniferous dust possibility explosion researches which were conducted in the XIX-th century. The main approaches to and techniques of explosive properties research have been analyzed.

Історично склалося, що причиною вибухів в копальнях вважали гримучий газ, який є невід'ємною складовою всього вугілля. Вибухи гримучого газу відбувалися не тільки в копальнях, а і в сховищах. Від вибухів цього газу постраждали декілька вантажних кораблів котрі перевозили вугілля. Великого значення знаходження в копальні вугільного пилу не приділялося, адже більшість науковців поділяли думку, що без наявності гримучого газу вугільний пил вибухнути не може. Знадобилося більше 100 років

для того щоб наукове суспільство визнало небезпечність не тільки вугільного пилу, а і пилу органічних речовин, які здатні вибухати при певних умовах.

Історія досліджень здатності до вибуху кам'яновугільного пилу в історико-науковій літературі фактично відсутня. В той же час дослідження здатності кам'яновугільного пилу до вибуху сприяли початку досліджень фізики горіння та вибуху. Важливим є з'ясування моменту усвідомлення вибухових властивостей пилу різних речовин.

Метою даної роботи було з'ясування та вивчення перших досліджень здатності до вибуху кам'яновугільного пилу, як одного з можливих чинників вибухів у копальнях.

Вперше наявність вибухових властивостей кам'яновугільного пилу було встановлено в Англії ще у 1803 році, але перші наукові досліди відбулися тільки в другій половині XIX сторіччя. Першим хто розпочав досліди з вугільним пилом був Фарадей. У 1844 році виходить його замітка де розглядається вибух на руднику Haswell. Він вказує на наявність відкладень пилу, що нагадували злиплу масу у вигляді ламкого коксу, яка залишається після згорання кам'яновугільного пилу. Фарадей висловлює думку, що під дією полум'я гримучого газу деяка кількість світільного газу вийшла із цього пилу в рудничну атмосферу, з іншого боку частина вуглецю, яка знаходилася в вугільному пилу, залишилася неспаленою в наслідок недостатньої кількості кисню [1].

Окремо від Фарадея в 1855 році французький інженер Du Souich досліджуючи вибух у руднику Firmini вказує також на наявність корки коксу, яка залишилася на стінах після вибуху, що на його думку є доказом участі у вибуху вугільного пилу.

У 1867 році Verpilleaux виконав ряд дослідів над вугільним пилом, та дійшов до висновку, що останній є важливим фактором у вибухах.

У 1870 році в Англії Galloway розпочинає роботу над дослідженням причин рудничних вибухів і одразу вказує, що великі вибухи відбувалися зокрема тільки в сухих та заплених рудниках. Galloway одним з перших почав проводити лабораторні дослідження вибухових властивостей вугільного пилу, його досліди відносяться до 1878 року. Він проводив досліди в дерев'яному ящику довжиною 5,71 м через який проходив рівномірний потік повітря. З одного боку була встановлена воронка, яка слугувала для введення в ящик вугільного пилу, котрий підхоплений потоком повітря піддавався дії відкритого полум'я. Galloway проаналізувавши результати дослідів висловлює думку: „Суміш повітря та вугільного пилу безпечна при атмосферному тиску”. Однак подальші досліди виявили, що невибухова суміш метану з повітрям при наявності вугільного пилу, а також вугільний пил, підвішений в повітрі без домішок газу, може стати єдиною причиною вибуху в копальні. Перевіряючи досліди Galloway'я професор Abel використовував десять різновидів вугільного пилу. Дослідження проводилися

на аналогічному приладі, але Abel не зміг виявити здатність вугільного пилу до вибуху.

В 1875 році Vital займаючись вивченням вибуху в руднику Campagne (Франція), провів дослідження, які вказували, що дуже тонкий пил, який багатий горючими речовинами, повинен збільшувати силу вибуху гримучого газу, а також поширювати його дію. Дослідження він проводив на приладі який складався з трьох частин. Перша частина – вибухова штольня, яка представляла собою пряму скляну трубку діаметром 3,5 см та довжиною 2 м, один кінець її був розширений, а інший звужений. Друга частина – джерело запалювання, воно складалося з пальника розміщеного біля розширеного кінця скляної трубки. Третя частина – прилад для вимірювання сили вибуху. Вугільний пил вдувався в розширений кінець трубки, де він запалювався пальником. Сила вибуху вимірювалася відхиленням підвішеної кульки, яка відхилялася в звужений бік скляної трубки. Було помічено, що деяка частка пилу після займання залишалася в трубці. Проаналізувавши свої дослідження Vital прийшов до висновків:

- деякі види тонкого пилу, багаті летючими речовинами, при розкладанні, утворюють з повітрям вибухову газову суміш, яка запалюється при використанні в копальні вибухових речовин;

- полум'я триває не довго і спалює або змінює состав пилу;

- Інтенсивність явища тісно пов'язана з характером пилу. Явище запалювання практично не відбувається якщо розмір частинок пилу перевищує 1 мм;

- наявність вугільного пилу в пороху полегшує виникнення вибуху.

В 1876 році Henry Hall, англійський рудничний інспектор, провів перші масштабні досліди з вугільним пилом. Вони проводилися в St. Helens з використанням шахти довжиною 41 метр з кутом нахилу в 1/3. Пил розсипався по шахті, запалювання відбувалося за допомогою заряду пороху. При проведенні дослідів виявилось можливим домогтися вибуху такої сили, що полум'я виходило назовні на декілька десятків метрів. Але при наявності переконливих доказів вибуху вугільного пилу без присутності гримучого газу ця можливість ще відхилялася багатьма дослідниками.

В цьому ж році Hall та Clark провели спільні дослідження, на меті яких було вивчення впливу джерела запалювання – розміру заряду. Досліди проводили в дерев'яному 36 м ящику, який був закритий з одного боку де розмішували невелику мортиру. Результати дослідів показали, що різний за характером вугільний пил веде себе не однаково. В деяких випадках вибух був настільки потужним, що ящик було розтрощено, в інших вибух був ослабкий. Однак виявилось, якщо в ящику створити пилову хмару, то вибух набуває потужної сили.

В 1879 році Marteco та Morison для вивчення вибухових властивостей вугільного пилу кидали 5 л його у вигляді тонкого порошку з висоти 6 м на

сильне полум'я пальника. В одному випадку полум'я після вибуху підніма-лося на висоту до 10 метрів, а в іншому зовсім не викликало ніякого вибуху.

Значний внесок у розвиток досліджень вибухів гримучого газу та кам'яновугільного пилу у світовому масштабі зробили Mallard та Le Chate-lier. В 1882 році вони займалися вивченням факторів, які впливають на займання та вибухові властивості вугільного пилу. Їх лабораторні дослідження склалися з трьох частин.

1. Вивчення сумішей вугільного пилу з повітрям, яке не містить метану.

2. Вивчення сумішей вугільного пилу з повітрям, яке містить метан з концентрацією, що не є вибуховою.

3. Вивчення сумішей вугільного пилу з вибуховими сумішами метану та повітря.

– вивчалися наступні фактори впливу:

– вивчення впливу розміру полум'я;

– швидкості повітряного потоку;

– розміри частинок пилу;

– природа вугілля;

– відносні пропорції пилу та повітря;

– швидкості поширення полум'я.

Вчені проводили свої досліди за допомоги двох приладів. Перший це – дерев'яний ящик довжиною 4 м та поперечним перерізом  $0,4 \times 0,15$  м. Один кінець якого був з'єднаний з вентилятором, що подавав повітря. У 50 см від цього кінця був розташований прилад, що контролював силу потоку повітря, ще далі на 25 см зверху ящика робився отвір для введення вугільного пилу. Інший кінець був відкритий. Другий прилад нагадував великий куб, у центрі якого розміщували пальник. Пил сипали з висоти 1,5 м. При проведенні дослідів вчені спостерігали займання тонкого пилу від:

– нормального полум'я лампи Devy;

– 5 см полум'я лампи Devy;

– великого газового полум'я;

– палаючого паперу.

Mallard та Le Chatelier на основі досліджень зробили висновки. Вибухова суміш вугільного пилу з повітрям для свого запалювання потребує полум'я деякого мінімального об'єму, котрий змінюється в залежності від характеру вугілля. При збільшенні цього мінімального об'єму швидкість спалахування збільшується. Було виявлено, що для більш тонкого пилу об'єм полум'я значно менший. Швидкість повітряного потоку також мала вплив на вибуховість пилу, в проміжку від 1м/с до 4м/с запалювання пилу відбувалося завжди. Mallard та Le Chatelier вперше на основі експерименту перевірили зв'язок вибуховості пилу з газовим характером вугілля. Встановивши за допомогою двох апаратів, що різні види сортів ведуть себе однаково, дослідники розділили пил наступним образом:

Займистий пил, проба №	Відсотковий вміст летючих речовин	Не займистий пил, проба №	Відсотковий вміст летючих речовин
1	32,0	1	19,5
2	35,0	2	24,6
3	39,0	3	19,0
4	50,0	4	18,0

На їх думку з цього випливає, що вибуховий пил повинен мати вміст летючих речовин не менше 30%. Лігніт з вмістом 50% летючих речовин виявився найбільш вибуховим, але при цьому пил цього вугілля дослідники вважали не вибуховим. Розглядаючи свої досліді в масштабі шахти Mallard та Le Chatelier приходять до несподіваних висновків. Вибухи в шахті, які трапилися від вугільного пилу, є винятковими і полум'я поширюється на відстань не більш 50 м, крім того для запалювання, згідно з дослідями, необхідні такі концентрації пилу в повітрі, які не спостерігаються в найбільш запилені шахтах. Згідно з дослідями швидкість поширення полум'я суміші вугільного пилу з повітрям дуже низька. Опираючись на проведені дослідження Mallard та Le Chatelier зробили висновок, що вугільний пил не є небезпечним.

У 1885 році в Австрії була створена комісія з вивчення рудничних вибухів. У 353 дослідах піддавалося випробовуванню 345 сортів пилу без домішок газів. Всі сорти вдавалося підірвати 300 г, а більшість і 100 г динаміту [2].

В 1890 році Henry Hall знову проводить ряд дослідів використовуючи занедбану шахту Big Lady довжиною 192 м. Перевіливши здатність великої кількості сортів пилу вибухати констатує, що запалювання порошу в сухий та запиленій шахті може бути причиною значного вибуху без наявності гримучого газу.

З появою електричного струму в шахті постає питання можливості вибуху вугільного пилу від електричних пристроїв. В 1899 році інженер-технолог С. Кричевський в своїй книзі наводить дослідження з дуговими лампами. Досліди проводилися з вугільним пилом який був підвішений у атмосфері лампи. При проведенні досліджень використовували постійний та змінний струми. З'ясувалося, що вугільний пил без домішок гримучого газу не дає вибуху при вмиканні електричного струму який розжарював дугу лампи, але при внесенні достатньої кількості гримучого газу вибух відбувався миттєво [3]. Також було проведено досліді, в яких за допомогою розжарення залізного прута викликали спалахування вугільного пилу, від чого утворювалася сильна дуга, яка займала вугільний пил через деякий час. Далі утворювали вихор з вугільного пилу, який направляли на палаюче вугілля, але вибух не відбувався незважаючи на сильне полум'я. З цього було

зроблено висновок, що вугільний пил сам по собі є безпечним, і що при його наявності можливо допускати дугове освітлення.

В 1906 році всі суперечки щодо можливості вибуху кам'яновугільного пилу було знято після катастрофи на руднику Кур'єр (Франція). Полум'я охопило більше ніж 100 км виробітки. Наявності гримучого газу виявлено не було. Починаючи з цього часу вивчення властивостей кам'яновугільного пилу до вибуху переходить на новий якісний рівень. Досліди починають проводити на штучно влаштованих штольнях. Так на теренах сучасної України в Макіївці в 1913 році була створена штольня довжиною 30 м. яка дозволяла вивчати тільки початкову фазу вибуху вугільного пилу [4].

В 1908 році проф. Henry Payne 8-го липня в Пенсільванії робить доповідь „Кам'яновугільний пил, як один з факторів вибухів в кам'яновугільних копальнях,“ де приділяє увагу питанню про здатність кам'яновугільного пилу вибухати. Він вказує на розбіжність думок, які зводяться до двох напрямів. Перші тримаються думки, що вибух можливий тільки за наявності гримучого газу, тоді як інші стверджують, що при відомих умовах: тонкості пилу, температурі, при деякій кількості пилу, яка знаходиться в повітрі, будь-який органічний пил має здатність до вибуху [5].

На підтримку цієї думки наведені приклади вибухів описані та досліджені проф. Пекгамом (Pekham). Перший зареєстрований вибух відбувся в 1878 році на борошномельних млинах поблизу Міннеаполіса. Вибух відбувся від іскри, яка проскочила між жерновами млина, що і зайняло борошняний пил в конвеєрах та пиловий камері, викликавши вибух. Причому Пекгам відмічає, ніяких вибухових матеріалів поряд не знайдено, а також нічого не вказувало на гримучий газ. Проаналізувавши дані хімічних аналізів пшеничної муки, температур, до яких нагрівається мука, яка виходить з жернову млина, Пекгам робить висновки: при сухий перегонці пшеничної муки серед продуктів розкладання повинні бути вільний водень та метан, звідси випливає, що мучний пил вибухонебезпечний, якщо він тонкий, сухий та достатньо нагрітий.

У 1890 році відбувся вибух на миловарному заводі поблизу Прованса, за кілька місяців до цього відбувся вибух на цукровому заводі в Парижі. Після цих випадків Пекгам проводить досліди з мукою, цукровою пудрою, порошкоподібним милом, асфальтом та іншими подібними речовинами. Він виявив, що кожна з цих речовин може давати вибух при умові, якщо вона знаходиться у вигляді тонкого порошку, який висить у повітрі утворюючи однорідну хмару, змішану з достатньою кількістю повітря.

Після дослідів на Гельзенкирхенській станції, а також дослідів Таффанеля на станції Lievin був розрахований мінімум вмісту пилу в повітрі, при якому відбувався вибух, що дорівнював 70 гр. на куб. метр. Henry Payne наводить результати дослідів, з яких виявилось, що при збільшенні відсоткового вмісту летючих речовин вірогідність запалювання вугільного

пилу швидко зростає і досягає максимуму при 29%, після чого також швидко зменшується.

Фостер та Халдон відмічають: для утворення гримучої суміші необхідна велика кількість вмісту метану в повітрі копальні, що для більшості копалин є винятком, однак вугільний пил і метан можуть діяти сумісно, в такому разі в будь-якій копальні виникають сприятливі умови для вибуху. Це підтвердила Прусська комісія, яка прийшла до висновку, що в присутності непомітної кількості гримучого газу та незначного вмісту в повітрі кам'яновугільної копальні вугільного пилу може відбутися сильний вибух.

Проаналізувавши роботи з даної теми та на основі своїх досліджень Рауне робить такі висновки: початковий вибух може давати тільки найдрібніший кам'яновугільний пил; цей пил під впливом повітря через кілька годин починає розкладатися, виділяючи гази що входять до його складу; головний продукт вибуху пилу – окис вуглецю, який рухаючись назустріч свіжому повітрю продовжує горіти, отримуючи кисень, розповсюджуючись на великі відстані; вибух тільки гримучого газу обмежується невеликим простором; вибуховість вугільного пилу прямо пропорційна кількості яка утримується в ній, летючих речовин; зміна барометричного тиску відзначається зростанням умов для вибуху.

На початку двадцятого сторіччя в Україні мало було відомо про властивості вугільного пилу. Роботами Д. Г. Левицького й М. М. Черниціна, проведеними в 1914-1915 роках, були визнані небезпечними за вибуховими властивостями 24 шари на шахтах Донбасу [6].

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновки. Перші наукові дослідження здатності до вибуху кам'яновугільного пилу почалися лише у другій половині ХІХ сторіччя. Майже одразу було встановлене, що кам'яновугільний пил є важливим чинником вибухів у копальнях. В цей же період були сформовані два основних підходи до вивчення вибухових властивостей кам'яновугільного пилу: лабораторні і масштабні (досліди в занедбаних шахтах та штучно утворених). Хоча лабораторні дослідження і не могли показати всієї картини вибуху в шахті, вони грали не останню роль в дослідях і були невід'ємною складовою при дослідженнях у великому масштабі. Методи досліджень того часу були різноманітні, але всі вони мали на меті єдину ціль: зняти питання що до вибухової властивості кам'яновугільного пилу

**Список літератури:** 1. Долгов Б. Е., Левитский Д. Г. Взрывчатость каменноугольной пыли // Харьков – Одесса: Вугілля і руда. – 1933. 2. Воспламеняемость угольной пыли. – б.и. – 1914. 3. Кричевский С. Опыты над взрываемостью рудничных газов и угольной пыли посредством электричества // Харьков 1899. 4. Скопинский А. А. Краткий конспект цикла лекций о взрывах газа (метана) и пыли в угольных шахтах. //М.: Гостоптехиздат. – 1940. 5. Н. Рауне. Каменноугольная пыль, как один из факторов взрывов в каменноугольных коях // Горный журнал. – 1908. – т.3 – № 9 – С. 342 – 358. 6. <http://infodon.org.ua>

*Надійшла до редколегії 11. 03. 08*