

УДК 622.812.2:622.817

**О ВЗРЫВЕ МЕТАНА НА ШАХТЕ «НОВОДОНЕЦКАЯ»****<sup>1</sup>Минеев С.П.**<sup>1</sup>*Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины***ПРО ВИБУХ МЕТАНУ НА ШАХТІ «НОВОДОНЕЦЬКА»****<sup>1</sup>Мінєєв С.П.**<sup>1</sup>*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України***ABOUT THE METHANE EXPLOSION IN THE NOVODONETSKAYA MINE****<sup>1</sup>Mineev S.P.**<sup>1</sup>*Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Polyakov of National Academy of Science of Ukraine*

**Аннотация.** Рассмотрены результаты расследования аварии с групповым несчастным случаем, которая вызвана взрывом метана и произошла 12 июня 2017 года в 21 часов 05 минут в выработках 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  на шахте «Новодонецкая» Шахтоуправление «Белозерское» ООО «ДТЭК Добропольеуголь». Аварийный участок был изолирован. Дальнейшие работы по разгазированию аварийного участка и запуску очистного забоя в эксплуатацию выполняются по рекомендациям ИГТМ НАН Украины и одобрены техническим советом шахтоуправления при участии ГВГСС и других организаций.

Основной причиной аварии явилось неудовлетворительное состояние крепления горной выработки, что сделало невозможным нормальное проветривание выработок 3 северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  гор. 580 м и привело к местному скоплению метана в плохо проветриваемой части просека и части недостаточно проветриваемого вентиляционного штрека. Наличие произошедшего сплошного обрушения горных пород в районе сопряжения 3-й северной лавы с вентиляционным штреком сделало невозможным нормальное проветривание выработок 3-й северной лавы и привело к накоплению метана выше предельно допустимого уровня в части просека или вентиляционного штрека 3 северной лавы. Необходимо учитывать, что выемочный участок 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  на момент аварии не был обеспечен расчётным количеством воздуха ( $Q_{\text{участ.расчет.}} = 687 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $Q_{\text{участ.факт.}} = 270 \text{ м}^3/\text{мин}$ ), что привело к накоплению метана в недостаточно проветриваемой части просека или не проветриваемой части вентиляционного штрека.

В качестве мероприятий по предупреждению подобных аварий предложено привести сечения горных выработок 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  соответствии с требованиями проекта и документов по охране труда и промышленной безопасности. Для повышения безопасности работы в 3-й северной лаве ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  рекомендовать проведение вприсечку нового вентиляционного штрека. До выполнения работ аварийный участок было предложено изолировать. На период восстановления проветривания 3-й северной лавы осуществлять отбор проб воздуха. Оборудовать замерными станциями участковый дегазационный трубопровод для обеспечения контроля работы дегазации.

**Ключевые слова:** метановыделение, слоёвое скопление метана, авария, расследование, концентрация метана, источник возгорания, взрыв, причины аварии, мероприятия

Поле шахты «Новодонецкая» ПСП «Шахтоуправление «Белозерское» ООО «ДТЭК Добропольеуголь» расположено в Красноармейском углепромышленном районе Донбасса, в административном отношении относится к Александровскому и Добропольскому районам Донецкой области. Шахта «Новодонецкая» введена в эксплуатацию в 1968 году с мощностью 1200 тыс. тонн угля в год. Установленная производственная мощность шахты составляет 1000 тыс. т в год.

Размеры шахтного поля по простиранию – 6,9 км, по падению – 2,5 км. Основные угольные пласты  $\ell_3$ ,  $k_7^2$ ,  $k_7^1$  и другие в пределах поля шахты «Новодонецкая» – газоносные, верхний предел метановой зоны находится на глубине порядка 175-225 м. Естественная газоносность пластов составляет 7,5-13,0 м<sup>3</sup>/т с.б.м. По метану шахту «Новодонецкая» относится к III категории.

Шахтное поле раскрыто двумя вертикальными центрально-сдвоенными стволами, пройденными к горизонту 320 м, и квершлагами на северном и южном крыльях. Для обеспечения нормального режима проветривания шахты на северном и южном крыльях поля пройдены вентиляционные шурфы: № 1, № 2, № 3 и № 4.

Схема подготовки шахтного поля – панельная, система разработки – длинные столбы по простиранию с отработкой выемочных полей обратным ходом. Яруса в панелях отрабатываются в нисходящем порядке.

Проветривание шахты осуществляется по комбинированной схеме, способ проветривания – всасывающий с помощью вентиляционных установок главного проветривания: ВОКД-2,4 ВЦД-31,5 и ВОКД-1,8. Очистные забои проветриваются за счёт общешахтной депрессии, тупиковые подготовительные – вентиляторами местного проветривания.

Транспортировка угля от добывающих участков в загрузочного устройства угольного подъёма осуществляется конвейерами. На выемочных участках применяются ленточные конвейеры типа 1Л1000, 1Л800Д, 2ЛТ1000, 1ЛТ1000, 1ЛТП800К и 2ЛТ80П с шириной ленты 800 мм и 1000 мм. На пересечении уклонов с магистральными выработками сооружены аккумулирующие бункеры ёмкостью 250-450 м<sup>3</sup>. Для транспортировки породы, перевозки людей, материалов и оборудования по горизонтальным выработкам применяется локомотивная откатка с использованием электровозов АМ-8Д. Ширина колеи рельсового пути – 600 мм, а тип грузовой вагонетки – ВГ-1,6.

Распределение электроэнергии в шахте осуществляется от центральной подземной подстанции, расположенной в околоствольном дворе горизонта 320 м в блоке с насосной камерой главного водоотлива.

На шахте действует система автоматического централизованного контроля метана, которая выполняет непрерывный контроль содержания метана в шахтном воздухе во всех очистных и подготовительных выработках.

Авария произошла в 3-й северной лаве ступенчатого уклона № 1 угольного пласта  $\ell_3$ . Очистные работы в этой лаве проводились по простиранию по столбовой системе разработки. Лава подготовлена 3-м северным конвейерным штреком и 3-м северным вентиляционным штреком ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ . Длина выемочного столба – 1530 м. Длина лавы – 245 м. Управление кровлей – полное обрушение.

3-й северный вентиляционный штрек ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  предназначен для выдачи исходящей струи воздуха, доставки материалов и оборудования, передвижения людей. Штрек пройденный комбайном КСП-32 в присичку к выработанному пространству. Проектная длина выработки – 1710 м. Крепление штрека выполнено металлическим арочным креплением КШПУ 15,0 с шагом установки – 0,8-1,0 м. Для доставки материалов и оборудования, штрек был оборудован рельсовым путём рельсами Р-24 шириной 600 мм.

3-й северный конвейерный штрек ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  предназначен для подачи свежей струи воздуха в лаву, для транспортировки горной массы из очистного забоя, для доставки оборудования и материалов в лаву, а также передвижения людей. Штрек пройденный в целике угля комбайном

ЕВЗ-160. Проектная длина выработки – 1710 м. Крепление штрека выполнено металлическим арочным креплением КШПУ 15,0 с шагом установки – 1,0 м. Между рамами устанавливалась анкерная крепь. Затяжка кровли и боков обеих выработок на участке в 100 м, примыкающе к ступенчатому уклону № 1 – железобетонная, далее – деревянная.

Лава была оборудована механизированным креплением ЗКД-90Т в количестве 166 секций, очистным комбайном 2ГШ-68Б и скребковым конвейером СПЦ-271. Проектная нагрузка на лаву была принята 2044 т/сутки.

Угольный пласт  $\ell_3$  на основной площади выемочного участка 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 представлен тремя угольными пачками, разделёнными породными прослойками алевролита и аргиллита мощностью 0,04 м и 0,06 м соответственно. Общая мощность пласта составляет 1,79 м, полезная мощность – 1,70 м, угол падения –  $13^\circ$ , марка угля – Г. Угольный пласт относительно выдержан по мощности, залегание волнистое. Основная масса углей однородная, насыщенная большим количеством микроспор, обрывков фюзенизированных тканей, глиной и пиритом. Реже встречаются линзочки и примазки пирита. Тектоника пласта простая.

Угольный пласт  $\ell_3$  опасный по взрывчатости угольной пыли, не склонен к самовозгоранию, безопасен по внезапным выбросам угля и газа, газоносность пласта –  $12 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$ . Приток воды на вентиляционном штреке составляет  $10\text{--}12 \text{ м}^3/\text{ч}$ , иногда до  $18 \text{ м}^3/\text{час}$ . Непосредственная кровля пласта представлена аргиллитами мощностью 4,1 м, категории по устойчивости Б3.

Основная кровля пласта представлена алевролитом мощностью 8-17 м, категории по обрушиваемости А2.

Почва пласта представлена аргиллитами мощностью 0,5-3,3 м, категории по устойчивости П2.

При ведении очистных работ одним из усложняющих факторов является поддержание удовлетворительного состояния вентиляционного штрека, так как в процессе отработки имеет место интенсивное пучения подошвы выработки, что приводит к уменьшению сечения штрека до критического состояния. «Паспортом отработки участка 3-й северной лавы...», было предусмотрено ведение очистных работ на верхнем сопряжении с оставлением охранного целика шириной 1,5-2,5 м, а связь лавы с вентиляционным штреком осуществлять по запасным выходам, построенными через каждые 2-2,5 м сечением  $1,9 \text{ м}^2$ .

Крепление верхнего сопряжения лавы было предусмотрено осуществлять: смешанным трапецевидным креплением штрека (металлические верхняки, деревянные ножки) установленным через 0,5 м; подхватами из бруса под деревянную стойку; гидростойками; затяжкой кровли брусом; подхватом из бруса; органным креплением тупика; кровля и стороны выработки затягивать деревянной затяжкой. Для усиления крепления верхнего штрека и сопряжения с опережением 30 м от забоя по центру выработки под каждый верхняк трапецевидного крепления предусмотрено пробивать подхваты из бруса под стойки диаметром 180-200 мм, которые устанавливаются под отрезки бруса сечением  $3500 \times 100 \times 140 \text{ мм}$ .

Проветривание выемочного участка 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  осуществлялось по обратноточной схеме проветривания на массив угля типа 1-М-Н-в-вт. Свежая вентиляционная струя поступает в лаву по 3-му северному конвейерному штреку ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ , а отработанная отводится по 3-му северному вентиляционному штреку ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ . Эскиз места аварии, произошедшей на шахте приведены на рисунке 1. А паспортное положение забоя выработок в сопряжении 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  приведено на рис. 2.

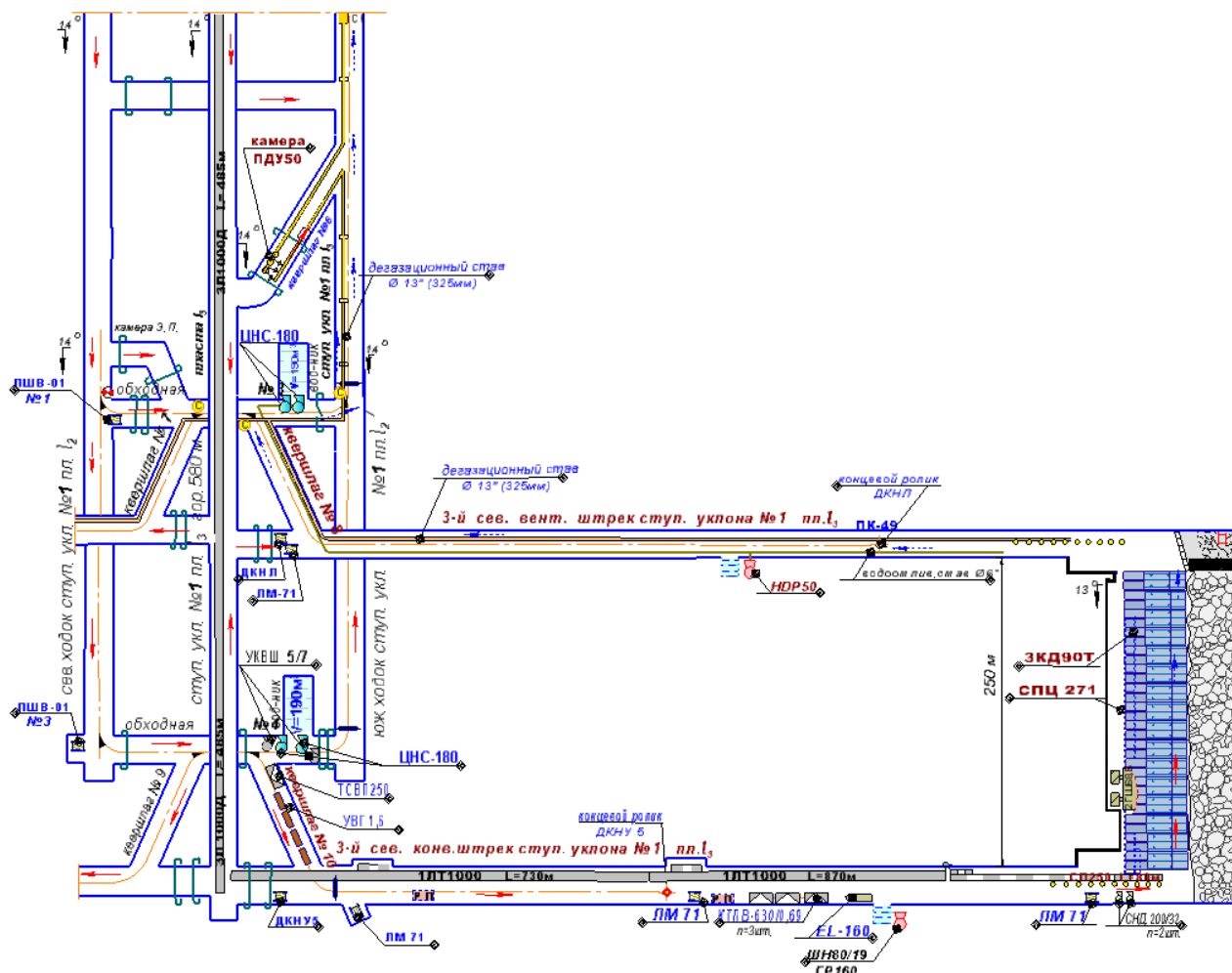


Рисунок 1 – Эскиз аварийного участка на момент вспышки метана на шахте «Новодонецкая»

Для снижения метановыделения в горные выработки на участке применялась дегазация выработанного пространства «свечами» по трубному ставу диаметром 325 мм. Дегазация осуществлялась на передвижную дегазационную установку ПДУ-50, расположенную в специально оборудованной камере на заезде на ступенчатый уклон № 1 пласта  $\ell_3$ . Расчётный общий дебит каптуемого метана, согласно «Проекта дегазации...», составляет 1,84 м<sup>3</sup>/мин. По состоянию на 12.06.17 г. 3-я северная лава ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  отошла от монтажного прохода на 551 м по 3-м северному конвейерному штреку и на 507 м по вентиляционному штреку.

12.06.2017 г. в 3-ю смену был выдан наряд на ведение работ в выработках 3-й северной лавы работникам участка, которые должны были выполнять: пере-



Экспертной комиссией с учётом результатов обследования выполненным командным составом 10 ВГСО были установлены основные обстоятельства при которых произошла авария. Так, результаты измерений состояния горных выработок, проведённый маркшейдерской службой шахты 17.05.17г показали, что на всём протяжении 3-го северного конвейерного штрека ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  выработка находится в неудовлетворительном состоянии. В интервале ПК56-ПК58 + 10 площадь поперечного сечения 3-го северного вентиляционного штрека составляла до  $4,8 \text{ м}^2$ , а в районе ПК73 площадь поперечного сечения составляла  $4,0 \text{ м}^2$  при паспортной  $12,1 \text{ м}^2$ .

По результатам разведки ВГСЧ совместно с шахтой был разработан оперативный план ликвидации аварии в котором были предусмотрены основные стратегические направления по ликвидации аварии.

Концентрация метана по показаниям датчиков стационарной аппаратуры АГК, установленных в 3-м северном вентиляционном штреке ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ , 13.06.2017 г показана на диаграммах (см. рис. 4 – рис. 6). Анализ приведенных на рисунках 4-6 данных работы датчиков концентрации метана показывает, что датчик концентрации метана Д1и-1, расположенный на исходящей струе участка в 3-м северном вентиляционном штреке ступенчатого уклона №1 пласта  $\ell_3$  3-й северной лавы в 10-20 м от сопряжения с квершлагом № 8 и был настроен на уставку срабатывания 1,3 %. В день аварии 12.06.17 г., согласно диаграмме, в период с 14 часов до 21 часа его показания с небольшими отклонениями колебались в пределах 0,5 % содержания метана. В дальнейшем в период с 21 часов до 22 часов происходил рост показаний метана до 0,75 %, и около 22 часов резкий скачек концентрации метана до 2,5 %, а затем с 22 часов до 23 часов 20 минут повышения до 3,1 %. Эти показания держались до 12:00 следующих суток (13.06.2017 г.).

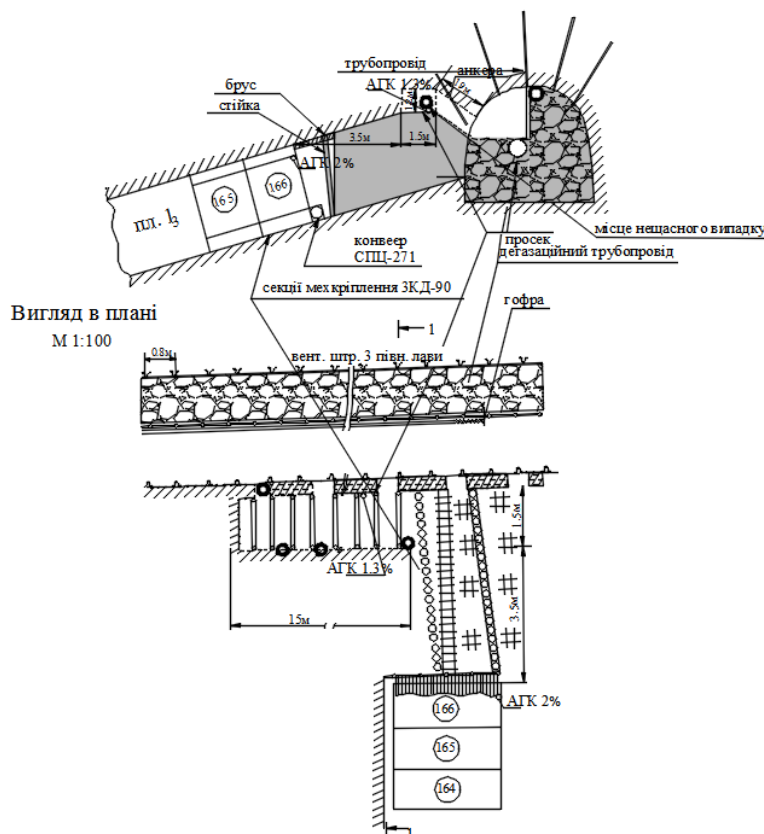


Рисунок 3 – Вероятное положение забоя в месте аварии на шахте «Новодонецкая» в 21<sup>05</sup> 12 июня 2017 г

Датчик концентрации метана Д2и-1, согласно проекту АГК должен быть размещен на исходящей струе в 10-20 м от окна лавы в 3-м северном вентиляционном штреке ступенчатого уклона № 1 и был настроен на уставку срабатывания 1,3 %. В день аварии 12.06.2017 р. показания датчика с 14 часов до 21 часа стабильно держались на уровне 0,6 % концентрации метана. В 21 час после небольшого перепада показания снизились до 0,4 % и до 22 часов 15 мин до 0,3 % концентрации метана. В 4:00 следующих суток показания незначительно выросли до 0,4 % и в дальнейшем оставались на одном уровне.

Датчик концентрации метана Д3и-1, согласно проекту АГК, расположенный в тупике погашения в 3-м северном вентиляционном штреке и настроенный на уставку срабатывания 2 %. В день аварии 12.06.2017 с 14 часов до 21 часа показания датчика с небольшими отклонениями держались на уровне 0,75 % концентрации метана. Затем после незначительного снижения в 21 часов 45 минут произошёл резкий скачок концентрации до 22 часов 15 минут, достигший уровня 2,3 %, и в 22 часов 18 минут произошло отключение датчика и его показания в дальнейшем были нулевыми. Фактическое расположение датчиков концентрации метана Д2и-1 и Д3и-1 комиссия не установила.

Обследование выработок аварийного участка был проведён членами комиссии по специальному расследованию, экспертной комиссии и работниками шахты в период с 12:30 по 18:20 23.06.17 г. При осмотре места несчастного случая было установлено следующее.

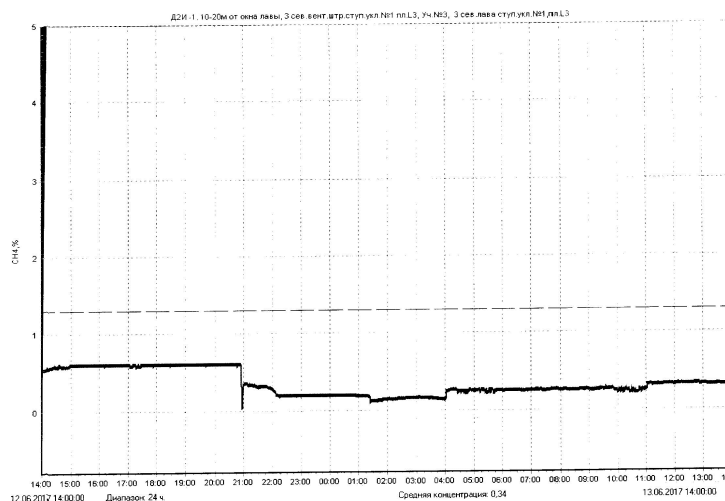


Рисунок 4 – Концентрация метана по показаниям датчика Д1и-1 стационарной аппаратуры АГК, установленных в 3-м северном вентиляционном штреке ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  (в период с 14 ч 00 мин по 14 ч 00 мин 13.06.2017 г.)

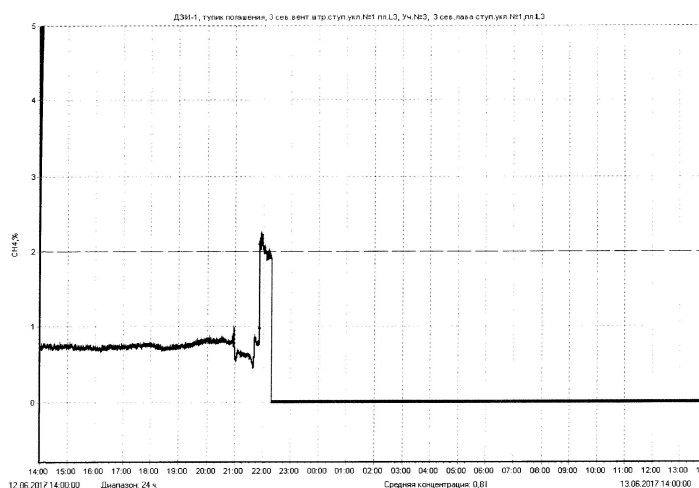


Рисунок 5 – Концентрация метана по показаниям датчика Д2и-1 стационарной аппаратуры АГК, установленных в 3-м северном вентиляционном штреке ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  (в период с 14 ч 00 мин по 14 ч 00 мин 13.06.2017 г.)

Место несчастного случая в полном объеме не сохранено в связи с наличием значительных обрушений горных пород в сопряжении лавы со штреком и просеке.

Обследование вентиляционного штрека 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  и просека было невозможно, в связи с отсутствием проектного проветривания выработки, проектного сечения выработки и наличием обрушений горных пород сопряжении и в просеке.

В устье вентиляционного штрека 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  содержание  $\text{CH}_4$  – 0,2 %; температура – 33 °С и влажность – 92 %. Местные скопления метана на ПК56 + 5 в кровле выработки составили до 5 %.

На момент обследования в 3-й северной лаве ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  велись аварийно-спасательные работы подразделениями 10 ВГСО. Проветривания лавы осуществлялось с помощью вентилятора ВМЭ-8. По конвейерному штреку проложен вентиляционный трубопровод Ø1000 мм, который затем переходит в лаву. В призабойном пространстве, проложен вентиляционный трубопровод Ø800 мм. По задним и частично по передним стойкам механизированного комплекса ЗКД-90Т была натянута полиэтиленовая пленка. Выемочный комбайн 2ГШ-68Б на момент обследования лавы находится на секции механизированной крепи № 5-10.

Необходимо отметить, что проведенный комиссией осмотр забоя 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  показал, что электрооборудование и кабельная продукция не были источником искр, то есть не была источником воспламенения метано-воздушной смеси.

Как было установлено, основными причинами накопления метана в вентиляционном штреке 3-й северной лавы явились в следующие. Расход воздуха составлял 161 м<sup>3</sup>/мин. Отделение ВГСЧ, обследующее аварийную лаву, отоборало пробы воздуха. Газовая обстановка, установленная на 3 час 10 мин экспрес методом около верхнего сопряжения (секция № 166) была следующая:  $\text{CH}_4$  = 1,1 %;  $\text{CO}$  = 0,0 %; в типике –  $\text{CH}_4$  = 2,2 %;  $\text{CO}$  = 0,0 %. Расход воздуха в трубопроводе дегазации – 62 м<sup>3</sup>/мин,  $\text{CH}_4$  = 10,0 %. Кроме того, показаниями датчика АГК, рис. 4, подтверждается быстрое повышение концентрации метана (от 0,6 до 2,5 % и выше) в вентиляционном штреке 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ .

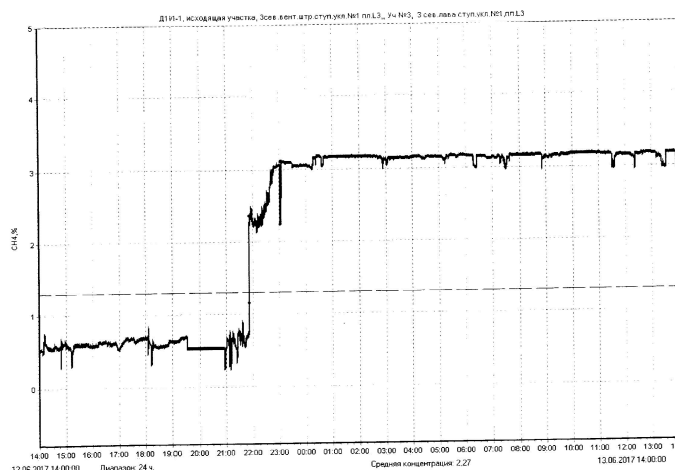


Рисунок 6 – Концентрация метана по показаниям датчика ДЗи-1 стационарной аппаратуры АГК, установленных в 3-м северном вентиляционном штреке ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  (в период с 14 час 00 мин по 14 час 00 мин 13.06.2017 г.)

На основании анализа полученных данных комиссия посчитала, что одной из причин увеличения метановыделения в районе верхнего сопряжения явилась посадка основной кровли пласта, которая привела к некоторому уменьшению сечения вентиляционного штрека и уменьшению количества воздуха, подаваемого в очистной забой 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ , что в итоге и стало одной из причин образования взрывоопасной концентрации метано-воздушной смеси в завальный части вентиляционного штрека 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ , смежной с опережающим просеком.

Также экспертная комиссия, анализируя характер травм у пострадавших, отсутствие следов воздействия взрывной ударной волны на элементах деревянного крепления верхней части лавы, не исключает, что количество метана, принявшее участие во взрыве, было незначительным. Отсутствие следов пламенного горения на элементах деревянного крепления верхней части лавы, также свидетельствует о том, что в указанной части лавы, не было опасных скоплений метана. Метан мог собраться в завальный части вентиляционного штрека 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ , смежной с опережающим просек, в виде местного скопления взрывоопасной концентрации. Причиной образования опасного скопления метана в завальный части вентиляционного штрека 3-й северной лавы смежной с опережающим просеком, могла стать наличие сплошного обрушения горных пород в районе сопряжения 3 с вентиляционным штреком, что сделало невозможным нормальное проветривание выработок 3 северной лавы ступенчатого уклона № 1 пл.  $\ell_3$  гор. 580 м.

Как обычно при расследовании подобных аварий следующей задачей были анализ и установление возможных причин воспламенения метана.

Исходя из обстоятельств аварии, экспертная комиссия рассмотрела следующие возможные источники взрыва метана: взрывные работы; огневые работы; электрооборудования; электростатическое искрение; пневмоэнергии; головные светильники и сигнализаторы метана; курение; фрикционное искрение; самоспасаатели; самовозгорания угля; искрообразование за счет резкого, в виде скачка, перехода из сцепления в скольжение в замках крепления.

1. Взрывные работы на шахте не велись и потому не могли быть источником воспламенения метано-воздушной смеси.

2. Огневые работы. При обследовании 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ , признаки ведения огневых работ, в обследованных выработках аварийного участка, не обнаружено.

3. Электрооборудование и кабели, расположенные на аварийном участке, как установлено при обследовании места аварии также не были источником воспламенения метано-воздушной смеси.

4. Электростатическое искрение. Версия воспламенения метановоздушной смеси от искр статического электричества также была отклонена.

5. Пневмоэнергия. При обследовании участка установлено наличие трубопровода сжатого воздуха, проложенного по выработке. Поэтому версия возгорания метано-воздушной смеси на аварийном участке от использования пневматической энергии (пневмоинструмент для резки металла) не может быть исключена.

6. Главные светильники и сигнализаторы метана, по результатам проведенных исследований, также не были источником воспламенения.

7. Курение. Экспертная комиссия на основании проведенного анали за исключила курение, как возможный источник воспламенения метано-воздушной смеси.

8. Фрикционная искрение. При осмотре экспертной комиссией 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  гор. 580 м, в обследованных выработках не обнаружены ни следы ведения работ с применением инструмента или оборудования, способного образовывать фрикционная искрение. Однако при осмотре верхней части лавы, установлено наличие пневматических шлангов питания, идущих в завальную часть верхнего сопряжения. Кроме этого, принятый на шахте способ проведения просека (отбойные молотки) требует применения пневмоэнергии. Доступ членов экспертной комиссии для осмотра в опережающий просек (непосредственно места, где произошёл взрыв) был невозможен. Поэтому, учитывая изложенное, приняв во внимание тот факт, что в опережающем просеку велись горные работы по проведению выработки в присичку к вентиляционного штрека, который закреплён комбинированным креплением (рамная арочное крепление в комбинации с анкерной), экспертная комиссия не может полностью исключить, что источником воспламенения метановоздушной смеси, могло стать применение ручного пневматического инструмента для выпиливания металлических элементов крепления выработки.

9. Самоспасатели. На основании полученных данных экспертная комиссия версию самоспасателя тоже отклонила.

10. Самовозгорание угля. При обследовании аварийной выработки, продуктов горения или окисления угля не обнаружено. Кроме того, пласт является не склонным к самовозгоранию. На основании вышеизложенного, экспертная комиссия версию самовозгорания угля отвергла.

11. Искры, образующиеся за счёт резкого в виде скачка при переходе податливого узла крепи от сцепления в проскальзывание. Данный эффект исследовался многими учеными [5-7], причём наиболее широкие исследования в данном вопросе провёл Халимендик Ю.М. и его ученики [5]. Необходимо также отметить, что при расследовании аварии на шахте «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь» было установлено, что там произошло образование взрывной концентрации метановоздушной смеси с металлическим креплением, а резкий сдвиг пород привел к проскальзыванию элементов крепи в узле податливости с последующим возникновением температурного импульса, который привел к взрыву.

Но, учитывая то, что члены экспертной комиссии не смогли добраться до тупиковой части просека, объективно и достоверно установить источник взрыва метана комиссия считает невозможным.

Экспертная комиссия анализируя характер травм у пострадавших, приняв во внимание обстоятельства указанные в протоколах опроса потерпевших, констатируя факт отсутствия следов пламенного горения и термического воздействия на элементах деревянной затяжки кровли выработки считает, что травмы

пострадавших произошли в результате вспышки метановоздушные смеси, возможным эпицентром которого могла быть непроветриваемая часть просека или непроветриваемая часть вентиляционного штрека.

Экспертная комиссия классифицировала данную аварию, как взрыв метановоздушной смеси, образовавшейся в не проветриваемой части вентиляционного штрека 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$ , смежной с опережающим просеком или непроветриваемой части просека на шахте «Новодонецкая» ПСП «Шахтоуправление «Белозерское» ООО «ДТЭК Добропольеуголь». При этом взрыв метановоздушной смеси не вызвал взрыв пылевоздушной смеси.

### Выводы

1. Причиной аварии явилось неудовлетворительное состояние крепления горной выработки, что сделало невозможным нормальное проветривание выработок 3 северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  гор. 580 м и привело к местному скоплению метана в плохо проветриваемой части просека и части недостаточно проветриваемого вентиляционного штрека. Наличие произошедшего сплошного обрушения горных пород в районе сопряжения 3-й северной лавы с вентиляционным штреком сделало невозможным нормальное проветривание выработок 3-й северной лавы и привело к накоплению метана выше предельно допустимого уровня в части просека или вентиляционного штрека 3 северной лавы.

2. Выемочный участок 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  на момент аварии не был обеспечен расчетным количеством воздуха ( $Q_{\text{участ.расчет.}} = 687 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $Q_{\text{участ.факт.}} = 270 \text{ м}^3/\text{мин}$ ), что привело к накоплению метана в недостаточно проветриваемой части просека или не проветриваемой части вентиляционного штрека.

В качестве мероприятий по предупреждению подобных аварий предложены следующие:

1. Провести внеплановые целевые проверки состояния горных выработок, контроля пылегазового режима и взрывозащиты электро- и горно-шахтного оборудования, схем электроснабжения и соответствие их фактическому состоянию.

2. Привести сечения горных выработок 3-й северной лавы ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  соответствии с требованиями проекта и документов по охране труда и промышленной безопасности. Для повышения безопасности работы в 3-й северной лаве ступенчатого уклона № 1 пласта  $\ell_3$  рекомендовать проведение вприсечку нового вентиляционного штрека.

3. До выполнения работ участок заизолировать. На период восстановления проветривания 3-й северной лавы осуществлять отбор проб воздуха, а также оборудовать замерными станциями участковый дегазационный трубопровод для обеспечения контроля работы дегазации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.: Основа, 2010. – 218 с.
2. ДНАОП 10.0-7.08- 93 Керівництво щодо проектування вентиляції вугільних шахт. – К.: Основа, 1993. – 152 с.
3. Минеев, С.П. Расследование аварии с двумя взрывами метановоздушной смеси / С.П. Минеев, В.Н. Кочерга, А.И. Дубовик, В.И. Лосев, М.А. Кишкань // Уголь Украины, 2016, №9-10. С. 14-22.

4. Грядущий, Б.А. Об аварии, произошедшей на шахте «Степова» / Б.А. Грядущий, С.П. Минеев, И.А. Яценко, А.И. Холод, И.Б. Беликов // Уголь Украины, 2017, № 7-8. – С. 48-53.
5. Халимендик, Ю.М. Безопасное использование замковых соединений арочной крепи / Ю.М. Халимендик, А.С. Баришников, В.Ю. Халимендик // Уголь Украины, 2017, № 1-2. – С. 31-34.
6. Ботвенко, Д.В. Разработка методики оценки и классификации фрикционной безопасности горных пород: Дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. / Д.В. Ботвенко. – Кемерово, 2004. – 147 с.
7. Денгис, В.Р. Ликвидация аварии на шахте «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь» / В.Р. Денгис // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 12. – С. 20-25.
8. Медведев В.Н. Контроль содержания метана в шахтной атмосфере / В.Н. Медведев // Уголь Украины. – 2008, № 3. – С. 37-39.

#### REFERENCES

1. *Safety rules in coal mines* (2005), Osnova, Kyiv, Ukraine.
2. Ukraine Ministry of Coal Industry (1996), DNAOP 10.0-7.08-93. *Keryvnystvo shchodo proektuvannya ventylyatsiyi vuhilnykh shakht* [DNAOP 10.0-7.08-93. Crafting on the design of coal mine ventilation], Osnova, Kiev, Ukraine.
3. Mineev, S.P., Kocherga, V.N., Dubovik, A.I., Losev, V.I. and Kishkan, M.A. (2016), "Investigation of an accident with two explosions of methane-air mixture", *Coal of Ukraine*, no. 9-10, pp. 14-22.
4. Griadushchyi, B.A., Mineev, S.P., Yashchenko, I.A., Holod, A.I. and Belikov, I.B. (2017), "About the accident that occurred at the Stepova mine", *Coal of Ukraine*, no. 7,8. pp. 48-53.
5. Halimendik, Yu.M., Barishnikov, A.S. and Halimendik, V.Yu. (2017), "Safe use of interlocking joints of arch support", *Coal of Ukraine*, no. 1-2, pp. 31-34.
6. Botvenko, D.V. (2004), "Development of methods for assessment and classification of frictional safety of rocks", Ph.D. Thesis, 05.26.03 Fire and industrial safety, Research Center East Scientific Research Institute, Kemerovo, RF.
7. Dengis, V.R. (2007), "Elimination of the accident at the Komsomolskaya mine JSC Vorkutaugol", *Bezopasnost truda v promyshlennosti* [Safety of work in industry], no. 12. pp. 20-25.
8. Medvedev, V.N. (2008), "Control of methane content in the mine atmosphere", *Coal of Ukraine*, no. 3, pp. 37-39.

#### Об авторах

**Минеев Сергей Павлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, Днепр, Украина, sergminee@gmail.com

#### About the authors

**Mineev Sergey Pavlovich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of the department, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Polyakov of National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, sergminee@gmail.com

**Анотація.** Розглянуто результати розслідування аварії аварії з груповим нещасним випадком, яка викликана вибухом метану і сталася 12 червня 2017 року 21 годин 05 хвилин в виробках 3-й північної лави ступеневої ухилу № 1 пласта  $\ell_3$  на шахті «Новодонецька» Шахтоуправління «Білозерське» ТОВ «ДТЕК Добропільвугілля». Аварійна ділянка була заізолювана. Подальші роботи з розгазування аварійної ділянки і запуску очисного забою в експлуатацію виконуються за рекомендаціями ІГТМ НАН України і схвалені технічною радою шахтоуправління за участю ДВГРС та інших організацій.

Основною причиною аварії стало незадовільний стан кріплення гірничої виробки, що унеможливило нормальне провітрювання виробок 3 північної лави ступеневої ухилу № 1 пласта  $\ell_3$  гор. 580 м і призвело до місцевого скупчення метану в погано провітрюваній частини просіка і частини недостатньо провітрюється вентиляційного штреку. Наявність події суцільного обвалення гірських порід в районі сполучення 3-й північної лави з вентиляційним штреком унеможливило нормальне провітрювання виробок 3-й північної лави і призвело до накопичення метану вище гранично допустимого рівня в частині просіка або вентиляційного штреку 3 північної лави. Необхідно врахувати, що виїмкових ділянку 3-й північної лави ступеневої ухилу № 1 пласта  $\ell_3$  на момент аварії не був забезпечений розрахунковою кількістю повітря ( $Q_{\text{участ.расчет.}} = 687 \text{ м}^3/\text{хв}$ ;  $Q_{\text{участ.факт.}} = 270 \text{ м}^3/\text{хв}$ ), що призвело до накопичення метану в мало провітрюваної частини просіка або не провітрюється частини вентиляційного штреку.

Як заходів щодо попередження подібних аварій запропоновано привести перетину гірничих виробок 3-й північної лави ступеневої ухилу № 1 пласта  $\ell_3$  відповідно до вимог проекту і документів з охорони праці та промислової безпеки. Для підвищення безпеки роботи в 3-й північній лаві ступеневої ухилу № 1 пласта  $\ell_3$  рекомендувати проведення впрісечку нового вентиляційного штреку. До виконання робіт аварійну ділянку було запропоновано заізолювати. На період відновлення провітрювання 3-й північної лави здійснювати відбір проб повітря. Обладнати вимірні станції дільничний дегазаційний трубопровід для забезпечення контролю роботи дегазації.

**Ключові слова:** метановиділення, шарове скупчення метану, аварія, розслідування, концентрація метану, джерело займання, вибух, причини аварії, заходи.

**Abstract.** Results of the investigation of the group accident caused by methane explosion, which happened on June 12, 2017 at 21:15 in the roadway of the 3rd northern longwall No. 1 of the gradient slope, formation  $\ell_3$ , in the "Novodnetskaya" Mine of the "Belozerskoe" LLC, "DTEK Dobropolyeugol", are considered. The emergency site was insulated.

Further work on degassing of the emergency site and putting the face into operation are performed according to the recommendations of the IGTM of the NAS of Ukraine, which have been approved by technical council of the Mine's management with participation of the State Militarized Mine Rescue Service and other organizations.

The main cause of the accident was unsatisfactory state of supports, hence, making impossible normal ventilation of the roadways in the 3 northern longwall of the gradient slope No. 1, formation  $\ell_3$ , horizon 580 m, and leading to local accumulation of methane in the poorly ventilated part of the crosscut and, partially, in under-ventilated air roadway. As a result of total roof fall in the area of conjugation between the 3rd northern longwall and the air roadway, normal ventilation of the roadways in the third northern longwall became impossible, and accumulation of methane in the crosscut or air roadway of the 3 northern longwall was above the maximum permissible level. It is necessary to take into account that at the time of the accident, panel in the 3 northern longwall of the gradient slope No. 1, formation  $\ell_3$ , was not provided with the needed amount of air ( $Q_{ar.calc.} = 687 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $Q_{ar.fact.} = 270 \text{ m}^3/\text{min}$ ), and this was resulted in accumulation of methane in an insufficiently ventilated part of the crosscut or in the area of the air roadway with no ventilation.

As measures to prevent such accidents, it is suggested to make section of mine roadways in the 3rd northern longwall of the gradient slope No. 1, formation  $\ell_3$ , in accordance with the project requirements and documents on labour protection and industrial safety. In order to improve safety of works in the 3rd northern longwall of the gradient slope No. 1, formation  $\ell_3$ , it is recommended to cut-in a new ventilation roadway. It is proposed to insulate the emergency site till the work starts. For the period of restoration of ventilation in the 3rd northern longwall, air samples should be taken regularly. The district degassing pipeline should be equipped with measuring stations for ensuring control of the degassing process.

**Keywords:** methane evolution, layered methane accumulation, accident, investigation, methane concentration, source of ignition, explosion, causes of the accident, activities.

*Статья поступила в редакцию 02.02.2018*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.Г. Шевченко*