

1, 2, 3 – отражённые волны; 4, 5, 6 – проходящие волны;
1 и 6 – $d_2 = 50$ м; 2 и 4 – $d_2 = 100$ м; 3 и 5 – $d_2 = 150$ м

Рис. 2 – Напряжённость поля E проходящей и отражённой волн в зависимости от диэлектрической проницаемости углеродного массива при различных значениях размеров слоя d_2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арш Э.И. Применение токов высокой частоты в горном деле. – М.: Недра, 1967. – 312 с.
2. Пархоменко Э.И. Электрические свойства горных пород. – М.: Наука. – 1965. – 280 с.
3. Каплун В.А. Обтекатели антенн. – М.: Советское радио. – 1974. – 240 с.
4. Финкельштейн М.И. Радиолокация слоистых земных покровов / М.И. Финкельштейн, В.Л. Мендельсон, В.А. Кутев. – М.: Советское радио, 1977. – 174 с.
5. Викторов В.А. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов / В.А. Викторов, Б.В. Лонки, А.С. Совлупов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 208 с.

УДК 622.411:533.16

Д-р техн. наук Г.А. Шевелев,
д-р техн. наук В.Г. Перепелица
(ИГТМ НАН Украины)

МЕТАН В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ШАХТЫ

Представлено експериментальні дані про розподіл метану і витоків повітря у вироблених просторах шахт.

THE METHAN IN THE GOAF OF MINE

Are presented experimental data about distribution the methane and leakages air in the goaf of the mine.

Выработанное пространство добычных участков представляет собой трехмерное пространство, через которое движутся два ортогонально направленных потока воздуха и метана. Знание закономерностей их течения необходимо для понимания физической сущности происходящих процессов и при расчетах потокораспределения.

Режим течения утечек воздуха через выработанное пространство важно знать для правильного расчета вентиляции добычных участков, чтобы обеспечить необходимый расход воздуха по лаве.

В выработанном пространстве можно выделить четыре характерные зоны по степени заполнения и уплотнения обрушенными горными породами, в пределах которых существенно меняется характер движения текущих.

Для наглядности на рис. 1 показано схематическое отображение этих зон.

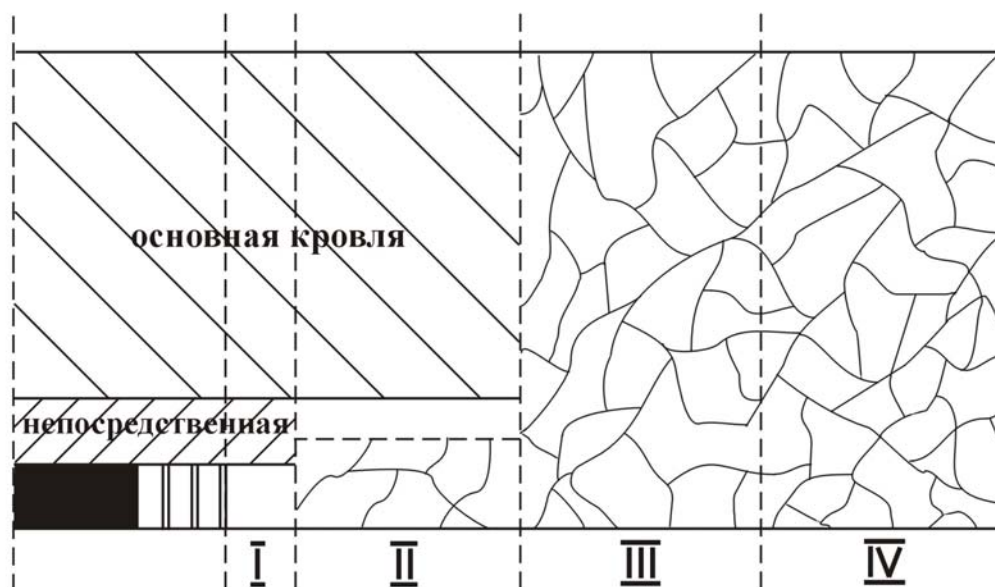


Рис. 1 – Расположение зон обрушения пород кровли в выработанном пространстве

Первая зона непосредственно примыкает к очистному забою, в пределах которой непосредственная кровля еще не обрушилась и площадь поперечного сечения соизмерима с площадью сечения лавы. Утечки воздуха в этой зоне движутся спутным с лавой струйным потоком, и аэродинамическое сопротивление этой зоны может быть ниже, чем сопротивление лавы из-за отсутствия крепления и транспортно-добычной техники. Концентрация метана зачастую оказывается меньше, чем в самой лаве из-за большей удаленности от забоя разрабатываемого пласта. Это неоднократно подтверждалось прямыми измерениями при выполнении поперечных метановоздушных съемок в лаве различными авторами.

Бутовые полосы вдоль откаточного и вентиляционного штреков выкладываются не только для их поддержания, но и для снижения величины утечек в этой зоне.

Вторая зона образуется вслед за обрушением непосредственной кровли пласта. Как доказывает практика, мощность непосредственной кровли в большинстве случаев соизмерима с мощностью пласта. Это означает, что высота её определяется коэффициентом разрыхления свежесобрушенных пород, а протяженность – шагом обрушения основной кровли. Воздушный поток в этой зоне также движется спутной струей, но уже выше уровня лавы. Концентрация и дебит метана в утечках здесь существенно возрастает за счет активизации процессов фильтрации газа в зоне разгрузки.

Третья зона выработанного пространства начинается после обрушения основной кровли. Движение утечек воздуха в ней следует рассматривать как фильтрационный поток, а не струйное течение, как в предыдущих двух зонах, поскольку мощность основной кровли многократно превышает мощность разрабатываемого пласта, и обрушенные породы занимают уже весь объем. В ней накапливается наибольшее количество метана, дренирующегося из углевмещающей толщи.

Четвертая зона – зона уплотнения обрушенных горных пород кровли. Она может быть наиболее протяженной. Напряжения в ней восстанавливаются до гравитационного уровня. Величина утечек воздуха существенно снижается. Снижается и дебит метана из-за частичной дегазации.

Как доказывают результаты продольных газовоздушных съемок по вентиляционному штреку, до 80 % утечек воздуха через выработанное пространство приходится на первые две зоны, где воздух движется в виде струйного, а не фильтрационного потока. Наибольший дебит метана поступает во вторую и третью зоны. Эти данные полностью согласуются с расположением зон разгрузки и уплотнения углепородного массива в зоне влияния очистной выемки пласта [1].

На рис. 2 показаны величина и характер изменения расхода воздуха, дебита и концентрации метана в утечках через выработанное пространство по длине вентиляционного штрека 10-й западной лавы шахты им. А.Ф.Засядько («Донецкуголь»). Лава высоконагруженная, отработывала угольный пласт l_1 на глубине 1100 м [2].

Суточная добыча угля превышала четыре тысячи тонн, а её месячное продвижение – более 100 м.

Мощность пласта колеблется в пределах 1,7-2,1 м, угол падения 13-21 °, метаноносность 22-24 м³/т. Пласт опасен по пыли, суфлярным выделениям, внезапным выбросам угля и газа. Длина лавы 230 м, суточное продвижение составляло в среднем 4 м. Лава оснащена комбайном 1 ГШ-68 с шириной захвата 1,25 метра. Скорость продвижения комбайна вдоль лавы – в среднем 4 м/мин. Крезь типа 3 КД-90. Забойный конвейер СП-301 у.

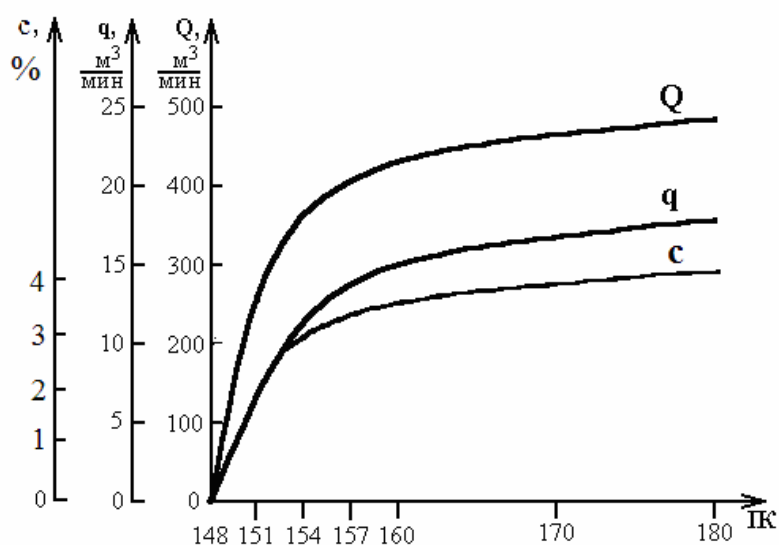


Рис. 2 – Изменение утечек воздуха, дебита и концентрации в них метана по длине вентиляционного штрека за лавой

Непосредственная кровля легкообрушаемая, представлена алевролитом и аргиллитом общей мощностью 2,2 м. Основная кровля – песчаник $l_1Sl_2^1$ мощностью 14,5-27 м. В почве пласта также залегают алевролит мощностью до 17 м и аргиллит – 10 м. Ниже – песчаник l_2Sl_1 мощностью 16-23 м. Песчаники кровли и почвы газоносны и выбросоопасны.

Газовоздушная и депрессионная съемки добычного участка были проведены, когда лава отошла от разрезной печи на 320 м.

Скорость воздушного потока измеряли с помощью анемометра типа АПР-2 и крыльчатого анемометра АСО-3. Концентрацию метана – метанометром «Сигнал-2», барометрическое давление – микробарометром М 111.

Поскольку отработка пласта велась обратным ходом, а схема вентиляции – прямоточная с подсвежением, большинство станций расположили на 10-м западном вентиляционном штреке за лавой по ходу воздушной струи. В верхней части лавы проводили поперечные газовоздушные съемки. Другие станции располагались на конвейерном и вентиляционном штреках до лавы.

На участок по конвейерному штреку в период проведения эксперимента подавалось $1850 \text{ м}^3/\text{мин}$ свежего воздуха, а по вентиляционному штреку (для подсвежения исходящей из лавы струи) – $250 \text{ м}^3/\text{мин}$. Итого суммарный расход воздуха по участку составил $2100 \text{ м}^3/\text{мин}$. Эти данные совпали со значениями расхода на контрольной станции, расположенной за монтажным ходком, что свидетельствует о достоверности полученных результатов. Утечки воздуха через выработанное пространство в среднем составили $450 \text{ м}^3/\text{мин}$. Об этом свидетельствует увеличение расхода воздуха по длине вентиляционного штрека от лавы до монтажного ходка. Непосредственно в лаву поступало $1000 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Для сравнения приведем расчетные данные по распределению воздуха по участку, полученные ВТБ шахты: конвейерный штрек – $1520 \text{ м}^3/\text{мин}$, очистной забой – $1100 \text{ м}^3/\text{мин}$; вентиляционный штрек (для подсвежения) – $680 \text{ м}^3/\text{мин}$, суммарный расход воздуха – $2200 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Из сопоставления представленных данных видно, что они совпадают по суммарному расходу и по количеству воздуха в лаве. Но распределение воздуха по конвейерному и вентиляционному штрекам оказалось иным.

Обращает на себя внимание тот факт, что из $1850 \text{ м}^3/\text{мин}$ воздуха, поступающего по конвейерному штреку к лаве, лишь половина идет непосредственно в лаву, а другая половина уходит по конвейерному штреку далее к монтажному ходку. Из этого следует, что участок обладает резервом по дебиту воздуха.

Газовая обстановка в период проведения наблюдений на добычном участке не выходила за пределы допустимых норм.

Из рис. 2 видно, что 80 % утечек воздуха и дебита метана, поступающих на вентиляционный штрек из выработанного пространства, приходится на первые 120 м при общей его протяженности 320 м. Концентрация метана в утечках выросла до 3,5 % и на последующих 200 м оставалась практически неизменной.

Метановыделение в исходящей струе лавы в ремонтную и добычную смены колебалось в пределах $3,7-7,0 \text{ м}^3/\text{мин}$. По длине вентиляционного штрека оно на-

растало за счет поступления метана с утечками воздуха из выработанного пространства. У монтажного ходка в различные периоды времени изменялось от 15 до 23 м³/мин. То есть из выработанного пространства поступало примерно 11-16 м³/мин метана, что в 2-2,5 раза превышало газовыделение из разрабатываемого пласта.

Измеренная концентрация метана вдоль вентиляционного штрека отражает её изменение в утечках воздуха. В объеме выработанного пространства общая картина значительно сложнее и по распределению концентрации, и по дебиту метана. Следует отметить, что направление движения текучих зависит не от свойств и состояния пористых сред и самих флюидов, а исключительно от взаимного расположения поверхности стока и контура питания на пути фильтрации потока. Этот вопрос нами был детально рассмотрен в работе [3].

В зоне фильтрации метана над выработанным пространством, где вышележащие породы не потеряли еще свою сплошность, режим течения метана сохраняется ламинарным, а концентрация и давление газа близки к природным значениям. Течение однонаправленное, плоскопараллельное. В зоне обрушенных пород кровли, куда проникают утечки воздуха, картина становится совершенно иной. Именно здесь встречаются два ортогонально направленных потока воздуха и метана, в результате чего концентрация газа резко снижается за счет разбавления его утечками, а давление метана падает от МПа до дПа. В этом объеме образуются большие слоевые скопления метана, которые постепенно, но непрерывно вымываются утечками воздуха.

Опасности взрыва они не представляют из-за высокой концентрации метана и отсутствия источника воспламенения. Но их негативные последствия известны. Неоднократно наблюдались случаи «затопления» метаном добычных участков при резком падении барометрического давления на поверхности [4]. Именно поэтому все газообильные шахты проветриваются только по всасывающей схеме, чтобы при внезапной остановке вентиляторов главного проветривания не допустить падения барометрического давления в шахте.

Депрессия всего западного крыла шахты составляла 625 мм вод. ст. (дПа). Из них 295,5 мм вод. ст., или почти 50 % теряется на участке 10-й западной лавы. Причем депрессия конвейерного штрека до лавы протяженностью 1400 м и поперечным сечением 11-15 м², по которому движется основное количество воздуха, составила всего 24 мм вод. ст. (менее 10 % от общеучастковых потерь). Депрессия лавы – 59 мм вод. ст., то есть 20 %. Основные потери депрессии на участке приходятся на 10-й западный конвейерный и вентиляционный штреки за лавой, то есть вне зоны добычи и транспортировки угля, и составили более 200 мм вод.ст., или две трети общих потерь.

При стационарных режимах проветривания, когда расход воздуха по участку сохраняется неизменным, можно судить о характере распределения утечек через выработанное пространство и о дебите метана из углевмещающей толщи (см. рис. 2). Однако какое количество метана накапливается под сводом обрушения, куда воздух практически не проникает, говорить сложно. Депрессия (разность ста-

тических давлений) добычных участков, под действием которой движется воздушный поток, обычно не превышает 100-300 мм вод.ст. (дПа), то есть чуть более 0,01 МПа. Давление метана в нетронутом массиве достигает 10 МПа, что на три порядка выше. То есть под куполом обрушения метан вытесняет воздух, заполняя весь свободный объем. Там он может накапливаться в значительном количестве. Для ориентировочных подсчетов достаточно знать или задаваться коэффициентом разрыхления обрушенных пород, мощностью и шагом обрушения основной кровли.

В научных исследованиях существует понятие – «черный ящик». Этот метод используют, когда об изучаемом объекте недостаточно объективных данных или не ясна его физическая природа. Задавая возмущающие воздействия на объект, по его реакции судят о его свойствах. Выработанные пространства шахт можно отнести к таким объектам. Возмущающим (управляющим) фактором является расход воздуха, подаваемый на участок. При его изменении возникают нестационарные (переходные) газодинамические процессы, которые сопровождаются изменением аэродинамической обстановки на участке, в том числе – концентрации и дебита метана в утечках воздуха из выработанного пространства.

На рис. 3 показан характер изменения перечисленных параметров в исходящей струе добычного участка 8-й восточной лавы, разрабатывающей пласт k_5 «Боковский» на шахте № 1-бис («Шахтерскантрацит»).

Пласт k_5 «Боковский» разрабатывался прямым ходом при возвратноточной схеме проветривания. Мощность пласта 1,5 м, угол падения 14° . Вмещающие породы кровли слагаются из глинистого сланца (непосредственная кровля) мощностью 1,0 м и песчаника – 13,5 м. В период проведения наблюдений протяженность выработанных пространств по простиранию составляла 1000 м.

Вентиляционные параметры в исходящей струе участка в период наблюдений характеризовались следующими значениями: $Q = 1125 \text{ м}^3/\text{мин}$, $q = 15 \text{ м}^3/\text{мин}$, $C = 1,3 \%$. В исходящем потоке лавы дебит метана составлял $4 \text{ м}^3/\text{мин}$. Как видно из рис. 3, резкое уменьшение расхода воздуха по участку (до $700 \text{ м}^3/\text{мин}$) вызвало в общеучастковой исходящей струе кратковременное снижение концентрации метана на 0,1 %.

Причем начало изменения метаносодержания было зафиксировано лишь через 12 мин после регулирования.

Стабилизация газодинамических параметров участка на новом уровне произошла через 40 минут. В этот период дебит метана в общеучастковой струе снизился с 15 до $8 \text{ м}^3/\text{мин}$, то есть в выработанном пространстве дополнительно скопилось более 200 м^3 метана. При восстановлении нормального режима проветривания весь этот объем был вынесен в исходящую струю участка.

В целом изложенные результаты доказывают, что знание физических закономерностей течений воздуха и метана в выработанных пространствах добычных участков шахт способствует обоснованному решению технологических задач, обеспечивающих безопасную и высокопроизводительную работу горных предприятий.

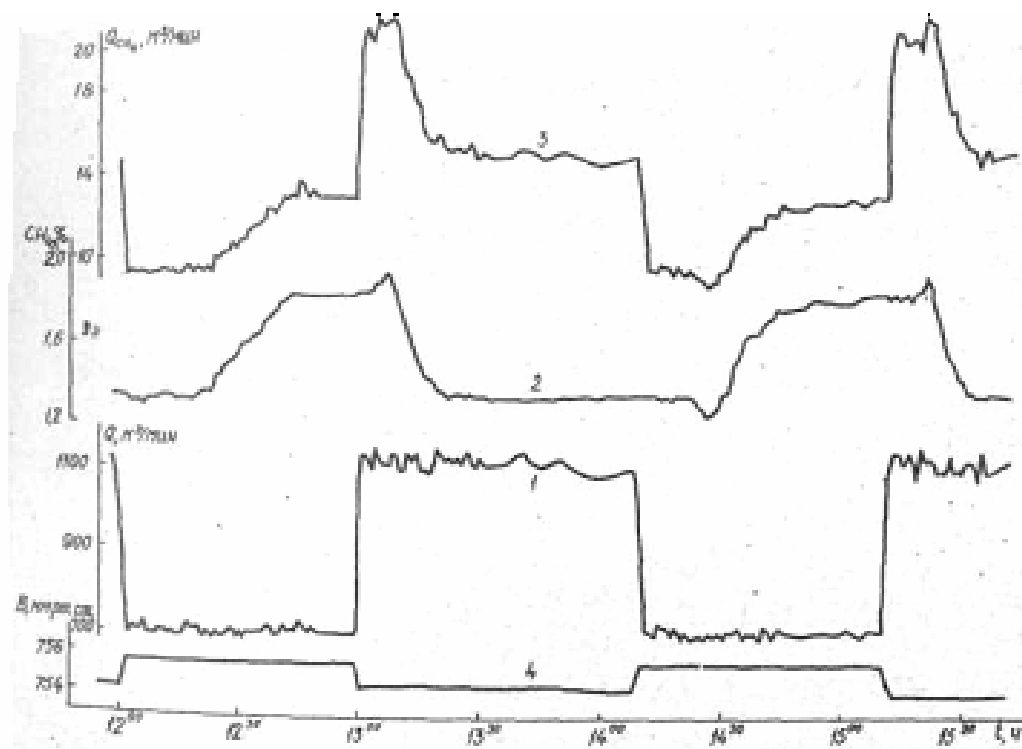


Рис. 3 – Характер аэродинамических параметров в исходящей струе добычного участка 8-й восточной лавы (пласт k_5 "Боковский") шахты № 1-бис им. 1 Мая комбината "Шахтерскантрацит"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевелев Г.А. Опережающая отработка угольного пласта - эффективный метод предотвращения выбросов песчаника и газа при проведении полевых штреков / Г.А. Шевелев, В.С. Кулинич // Уголь. - 1972.- № 1.- С. 49 - 53.
2. Перепелица В.Г. Результаты газовой и депрессионной съемки добычного участка 10-й западной лавы пласта l_1 на шахте им. А.Ф.Засядько / В.Г. Перепелица, Г.А. Шевелев, Н.С. Панов, М.С.Зайцев, Б.В.Бокий // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2004. - Вып. № 46.- С. 83 – 88.
3. Абрамов Ф.А. Свойства выбросоопасных песчаников как породы-коллектора / Ф.А. Абрамов, Г.А. Шевелев. - К.: Наук. думка, 1972. - 98 с.
4. Белик И.П. Метановыделение в шахтах при резких колебаниях барометрического давления / И.П. Белик, А.Е. Горбатенко, О.И. Чернявин // ВНИИГД, Восточное отделение: Сб. статей по горноспасательному делу / ВУ ВГСЧ МУП СССР, 1978.

УДК 622.537.8:622.416.457

Н.с. А.А. Тараник, канд. техн. наук В.А. Канин
(УкрНИМИ НАН Украины),
д-р геол. - минерал. наук А.В. Емец
(ИГМР НАН Украины)

ОСОБЕННОСТИ КОМПОНЕНТНОГО И ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ ДОНБАССА

Досліджено компонентний склад та ізотопно-геохімічні характеристики вуглеводневих газів шахт ім. А.Ф. Засядька, ім. М.І. Калініна, „Червонолиманська” та „Червоноармійська-Західна № 1”. Виявлено присутність газів різних генетичних типів (біогенного, термогенного та ендегенного).