

Д-р техн. наук Б.В. Бокий,
канд. техн. наук И.А. Ефремов,
канд. техн. наук С.Г. Ирисов
(АП «Шахта им. А.Ф. Засядько»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ В ВЫРАБОТКИ И ДЕГАЗАЦИОННЫЕ СКВАЖИНЫ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ

Дослідження газовості виймальних ділянок високонавантажених лав при глибинах відпрацювання 1200- 1300 м показало, що її інтенсивність визначається трьома основними факторами: кліматичними умовами, швидкістю посування лави та «шумністю» масиву, який контролюється сейсмоакустичною апаратурою. Залежність абсолютної газовості від швидкості посування лави екстремальна і характеризується максимумом при посуванні лави 2,5 – 2,8 м/добу. При збільшенні темпів посування більш ніж 2,8 – 3 м/добу абсолютна газовість виробок ділянки помітно знижується. В той же час не відмічено зниження газовиділення в виробки при збільшенні дебіту дегазацийних свердловин. Тому як основний засіб подолання «газового» бар'єру слід використовувати перерозподіл газових потоків, який дозволяє направляти більшу частину метану на фланг виймального поля через виробки, які не контролюються (не підтримуються).

INVESTIGATION OF FACTORS, WHICH HAVE INFLUENCE ON GAS-SECRETION TO THE WORKS AND DEGASSING CHINKS OF HOLLOW SECTION

Investigation gas-abundance of hollow sections high-load lava in the time depth of waste 1200-1300 m was shown, that it intensivity define by three mine factors: climatic conditions, speed exploit of lava, and «noise» of massive, which controlled by seismic- acustic apparatus. Dependence of absolute gas-abundance from speed exploit of lava is extremal end characterized as maximum in the time of exploit of lava 2,5 – 2,8 m/ day. In the time of increase rate more then 2,8 – 3 m/day absolute gas-abundance workings of section appreciable decrease. Not record decrease gas emission to workings in the time of increase debit degassing wells. In the qualities as key method for overcome of «gas» barrier proceed exploit redistribute of gas streams, which allow direct main part of methane to the flang of mining area against workings, which not control (not hold).

Проблемы снижения аварийности в угольных шахтах, несмотря на достигнутые в последнее время определенные успехи, остаются серьезной проблемой горной науки и практики.

В последнее время обострилась проблема газовой опасности в шахтах. Средства дегазации кардинально не решают данной проблемы, а для снижения абсолютного газовыделения на участке рекомендуется снижать темпы ведения очистных работ. Эти рекомендации базируются на широко распространённом мнении о том, что абсолютная газообильность участка тем больше, чем выше нагрузка на очистной забой. Такой характер зависимости газовыделения от добычи угля положен в основу расчёта допустимой нагрузки на лаву по газовому фактору [1]. Однако он не основывается на реальной зависимости интенсивности общего газовыделения в атмосферу участка I_{ob} от скорости подвигания лавы $V_{оч}$. Исследования, проведенные в различных горно-геологических условиях при отработке 7 выемочных полей, дают основание считать, что зависимость I_{ob}

от $V_{оч}$ экстремальна: в области $V_{оч} < 2,5 - 2,8$ м/сутки величина $I_{об}$ растёт с увеличением $V_{оч}$, а в области $V_{оч} > 2,8 - 3$ м/сутки – снижается. Такая экстремальная зависимость была получена после того, как удалось установить влияние на величину $I_{об}$ атмосферных климатических факторов – давления и температуры воздуха.

Исследования были проведены на глубинах разработки 1200 – 1300 м выбросоопасных пластов l_1 и m_3 , каждый очистной забой которых двигался со скоростью 3 – 6 м/сутки. Для примера представлены результаты исследования газообильности участка 11 западной лавы пласта l_1 , как наиболее представительные, потому что в данном выемочном поле технологические параметры отработки были стабильны во времени. Это позволило исследовать влияние атмосферных климатических факторов, так как сами по себе значения $I_{об}$ не коррелировали с $V_{оч}$. Физическую суть влияния атмосферных факторов на величину $I_{об}$ установить не удалось, но удалось формально определить вид формулы $\varphi(at)$ зависимости $I_{об}$ от атмосферного давления и температуры воздуха на поверхности. Разница между фактическим значением $I_{об}$ и значением $\varphi(at)$ характеризовала значение газообильности $I_{ат}$, свободное от влияния атмосферных факторов. (В данной статье не рассматривается методика установления вида зависимости $\varphi(at)$ от атмосферных факторов, так как это потребовало бы значительного увеличения ее объёма)

Вначале исследовалось общее газовыделение на участке $I_{оэ}$, которое равнялось сумме

$$I_{оэ} = I_{об} + I_{оэз} \quad (1)$$

где $I_{оэз}$ – расход газа в участковом трубопроводе для дегазационных скважин, м³/мин.

Каждое слагаемое в (1) характеризовало соответствующее средневзвешенное за данный месяц значение расхода газа, что позволило в значительной мере устранить влияние случайных факторов. На величину $I_{оэ}$ влияние климатических факторов не прослеживалось, так как определённое таким образом значение $I_{оэ}$, практически, функционально зависело (корреляционное отношение $\eta = 0,995$) от времени отработки T_{100} выемочного поля 11 западной лавы. Эту зависимость характеризовали график, приведенный на рис.1, и формула

$$I_{оэ} = -17,4 \cdot T_{100}^2 + 89,3 \cdot T_{100} - 10 - \frac{31,4 \cdot T_{100}}{T_{100}^2 - T_{100} + 1,5} \cdot \text{Sin} \frac{\pi}{0,8065} (T_{100} - 0,2) \quad (2)$$

где $[T_{100}] = \text{сотн. суток}$ (принята для удобства представления (2)).

Для других выемочных полей зависимость средней за месяц величины $I_{оэ}$ от продолжительности ведения очистных работ также могла быть представлена суммой параболической и какой-то периодической функций. График зависимости $I_{оэ}$ от длины выработанного пространства L_b аналогичен графику рис. 1, но аппроксимация $I_{оэ}$ параболой и периодической функцией, как это предусмотре

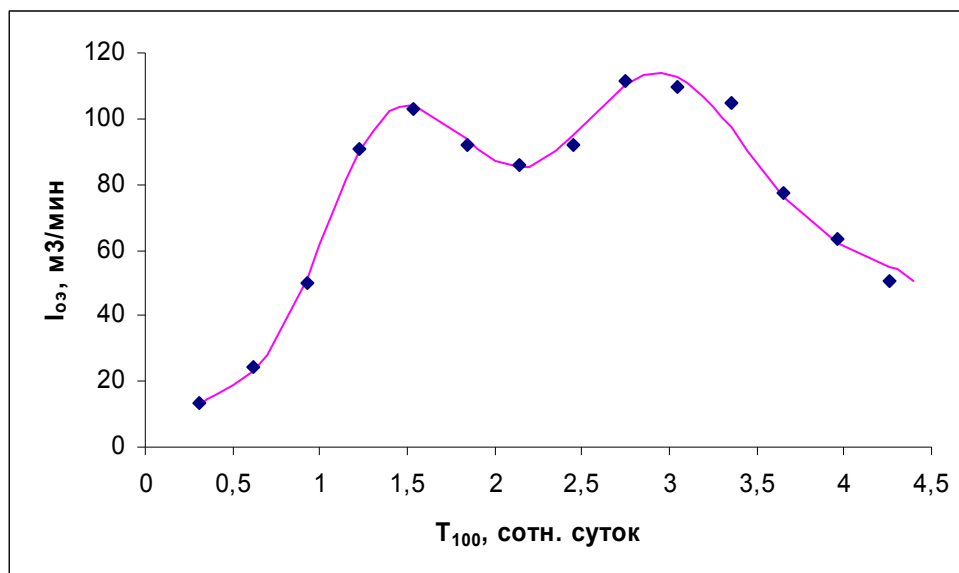


Рис. 1.- График зависимости общей эмиссии газа I_{O_2} на участке 11 западной лавы от времени T_{100} .

но (2), через параметр L_b не удалась, так как использование параметра L_b требовало закономерного уменьшения периода изменения I_{O_2} по мере увеличения L_b .

Формула (2) отражает определённый физический смысл, о чём свидетельствуют следующие факты: первые три члена (2) характеризуют параболу, зависящую от процессов развития и затухания горных работ; периодическая составляющая (2), как будет показано ниже, обусловлена периодическим изменением дебита дегазационных скважин при увеличении L_b . При этом полупериод синуса в (2) зависит от длины лавы и скорости её подвигания, так как равен 80,65 суток, что соответствует отходу лавы с фактической средней скоростью подвигания 3,18 м/сутки на 256 м, а расстояние 256 м равно проекции длины лавы (275-280 м) на горизонтальную плоскость. Амплитуда синуса вначале росла с ростом T_{100} , а затем снижалась. Это означало, что колебания интенсивности газоотдачи, связанные с процессами первичной посадки основной кровли (период образования квадрата выработанного пространства) больше соответствующих колебаний при последующих посадках основной кровли. Со временем периодическая составляющая величины I_{O_2} закономерно затухала, т.е. влияние процесса посадки основной кровли ослабевало.

Таким образом, общая эмиссия газа на участке почти полностью определялась параметром T_{100} , и не зависела от V_{oc} . Точно так же сейсмоакустическая эмиссия f , фиксируемая звукоулавливающей аппаратурой, зависела только от продолжительности отработки столба и не зависела от V_{oc} [2]. Вероятно, общее выделение газа на участке и трещинообразование в боковых породах, обуславливающее «шумность» массива f , зависят от одних и тех же факторов. Это косвенно подтверждает сходство графиков на рис. 1 и 2.

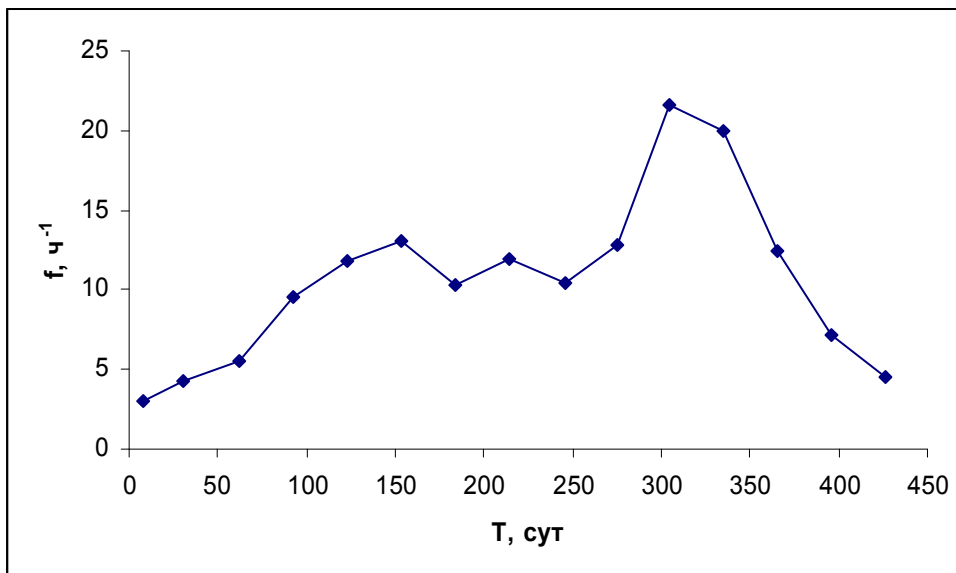


Рис. 2. - График зависимости «шумности» f массива 11 западной лавы от продолжительности T очистных работ в данном выемочном поле.

Так же, как «шумность» f , величина $I_{ог}$, практически не связана со скоростью подвигания лавы $V_{оч}$, о чём свидетельствует рис. 3, но для безопасности работ большое значение имеет характер влияния параметров на отдельные составляющие газового баланса: $I_{об}$ и $I_{дег}$.

Величина $I_{об}$ является суммой расходов газа, поступающего в выработки и в «новое» выработанное пространство, поэтому от величины $I_{об}$ зависит концентрация метана в выработках участка и в газовоздушной смеси изолированного газоотвода. Величина $I_{об}$, без учёта влияния климатических факторов, также не проявляла зависимости от $V_{оч}$, поэтому была приведена к величине $I_{ат}$, учитывающей данное влияние. Величина $I_{ат}$ коррелировала ($\eta = 0,827$) с параметром $V_{оч}$ и в интервале $2 \leq V_{оч} \leq 4,2$ м/сутки могла быть выражена через него параболой (3)

$$I_{ат} = 34,3 \cdot V_{оч} - 6,16 \cdot V_{оч}^2 \quad (3)$$

Из (3) следует, что при стабильных климатических условиях газовыделение в выработки участка и в «новое» выработанное пространство максимально при $V_{оч} = 2,7 - 2,8$ м/сутки, а при $V_{оч} > 3$ м/сутки заметно снижается. Это можно объяснить тем, что при более высоких значениях $V_{оч}$ один из основных источников газа – призабойная часть пласта – быстрее «убегает» от зоны интенсивного трещинообразования в боковых породах и относительно большая часть газа вынужденно перемещается за пределы участка, поступая через боковые породы в наклонные вентиляционные выработки крыла шахтного поля.

При отработке 9 и 10 западных лав пласта l_1 было установлено, что расход газа в наклонных вентиляционных выработках крыла увеличивался с ростом $V_{оч}$ [3].

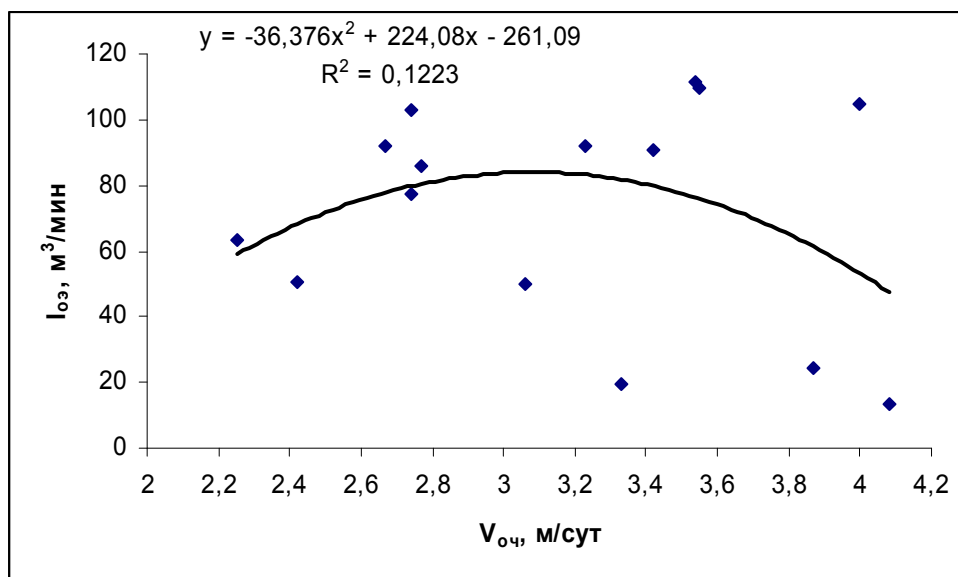


Рис.3. - График зависимости общей эмиссии газа $I_{оз}$ на участке от скорости подвигания $V_{оч}$ 11 западной лавы.

Следовательно, с увеличением $V_{оч}$ выделялось больше газа, но при $V_{оч} > 3$ м/сутки возрастал поток газа к наклонным вентиляционным выработкам крыла через боковые породы. Однако на графике, приведенном на рис. 4, некоторые точки значительно отклоняются от аппроксимирующей линии. Из этого следует, что кроме скорости подвигания лавы и климатических факторов на газовыделение в выработки влияют и другие факторы. Их можно было оценить по разнице $\Delta I_{ат}$ между фактическими значениями $I_{ат}$ и рассчитанными по (3). Характер распределения величины $\Delta I_{ат}$ по длине выработанного пространства L_b (рис.5) не даёт основания предполагать какую-либо гармоническую зависимость $\Delta I_{ат}$ от L_b (или от T_{100}), но является косвенным доказательством правильного учёта влияний климатических факторов и скорости подвигания лавы на газообильность выработок, так как линия тренда совпадает с осью абсцисс.

Величина $\Delta I_{ат}$ может быть представлена как некоторая циклическая функция среднемесячной «шумностью» верхней части лавы f_v , которую характеризует график на рис. 6. С другими контролируемыми параметрами - мощностью пласта, длиной выработанного пространства, климатическими условиями, скоростью подвигания лавы - величина $\Delta I_{ат}$ не коррелирует.

Поэтому можно считать, что интенсивность трещинообразования в боковых породах верхней половины лавы, оцениваемая показателем f_v , является третьим важным фактором, влияющим на газовыделение в выработки добычного участка.

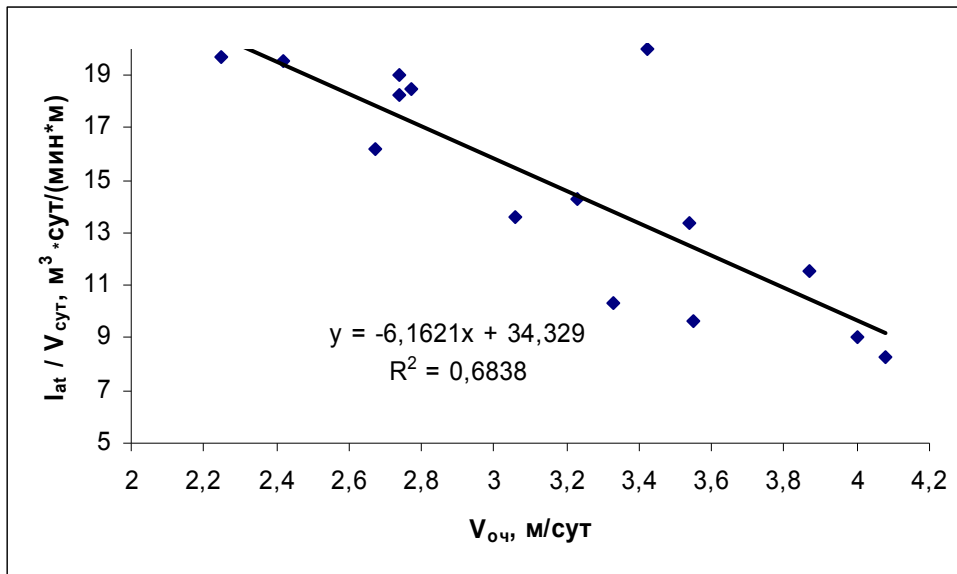


Рис. 4. - График, характеризующий зависимость величины I_{at} от скорости подвигания $V_{оч}$ 11 западной лавы.

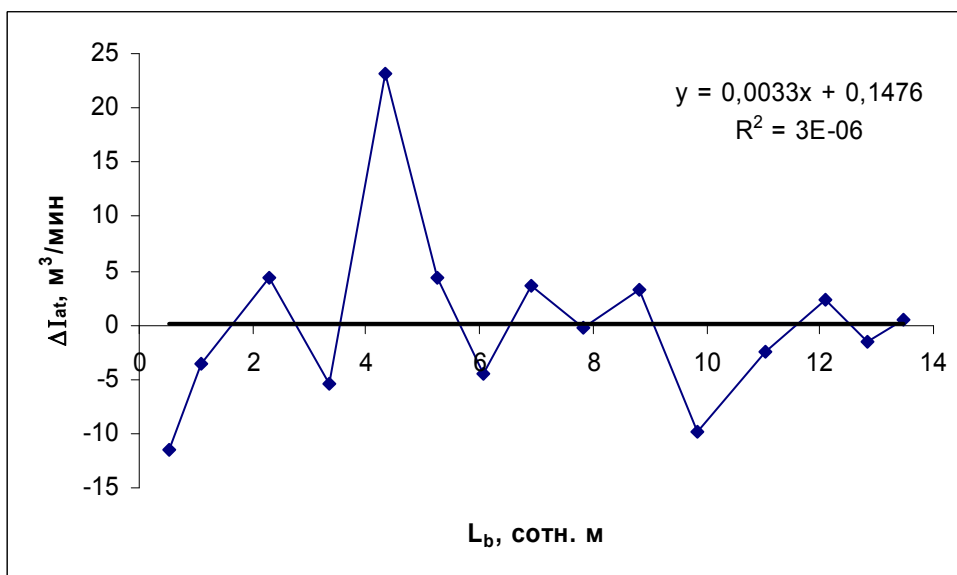


Рис. 5. - Характер распределения величины ΔI_{at} по длине выработанного пространства $L_б$ 11 западной лавы.

Таким образом, интенсивность газовыделения в атмосферу добычного участка определяется тремя наиболее весомыми факторами: параметрами атмосферы на поверхности, скоростью подвигания лавы и трещинообразованием боковых пород верхней части лавы. При этом увеличение скорости подвигания лавы свыше определённого значения приводит к снижению газовыделения в пределах участка, поэтому для снижения концентрации метана в выработках принудительное сдерживание темпов очистной выемки далеко не всегда оправдано.

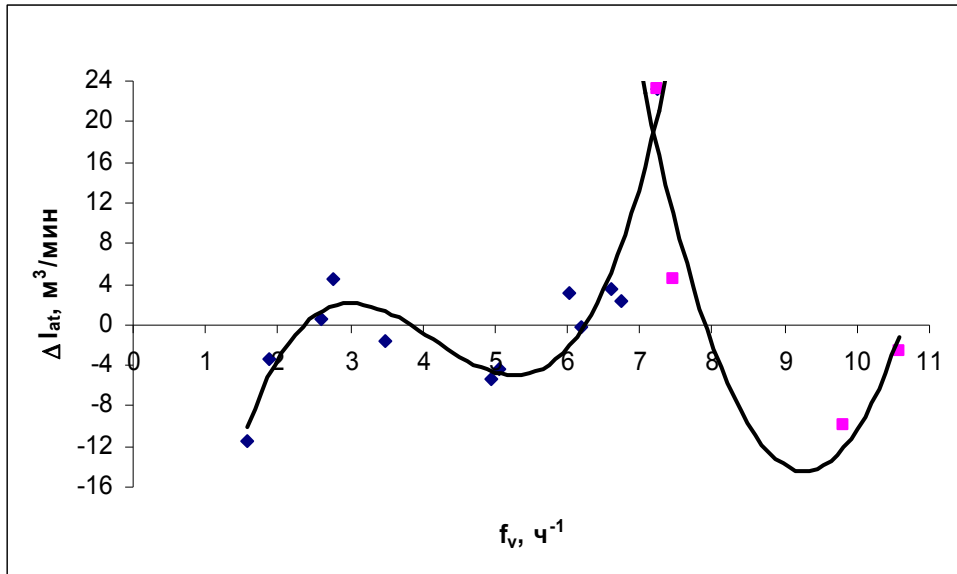


Рис. 6. - График предполагаемой зависимости величины ΔI_{at} от показателя «шумности» f_v верхней части 11 западной лавы.

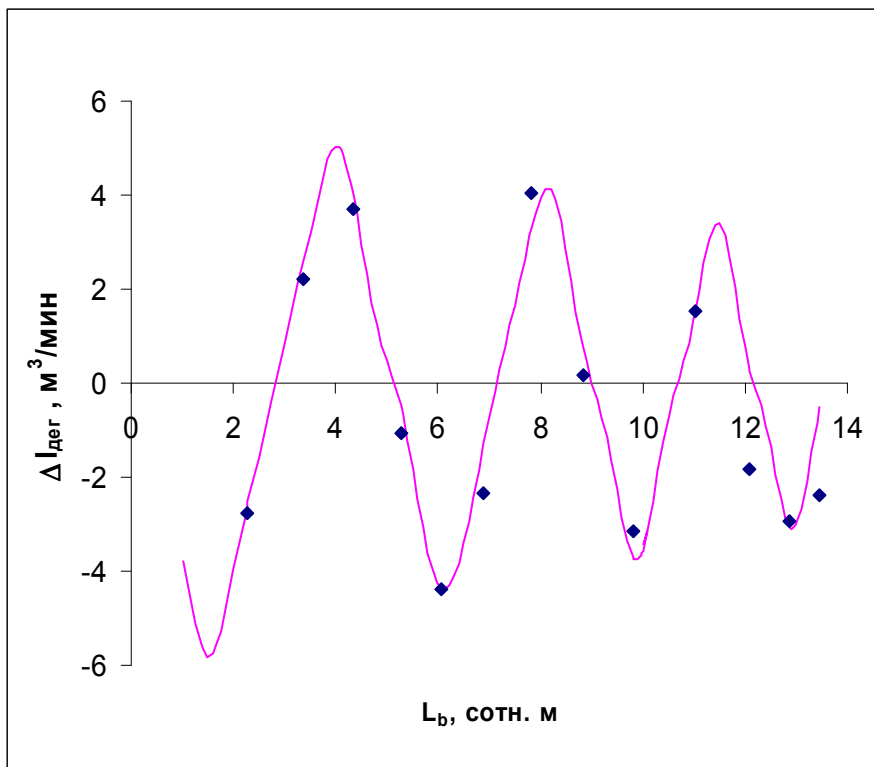


Рис. 7. - График зависимости величины ΔI_{deg} от длины выработанного пространства L_b 11 западной лавы.

Дебит дегазационных скважин I_{deg} , так же как и газовыделение в выработки I_{ob} , исследован в зависимости от климатических факторов и формально представлен через функцию их параметров $\Psi(at)$. Затем проведен анализ разности

$\Delta I_{\text{дег}} = I_{\text{дег}} - \Psi(at)$, который не выявил четкой зависимости $\Delta I_{\text{дег}}$ от $V_{\text{оч}}$, но позволил установить зависимость $\Delta I_{\text{дег}}$ от длины выработанного пространства L_b (см. рис. 7).

Как следует из графика на рис. 7, по мере увеличения L_b величина $\Delta I_{\text{дег}}$ подвергается периодическим изменениям и при этом амплитуда и полупериод данных изменений закономерно убывают с увеличением L_b . Такую зависимость $\Delta I_{\text{дег}}$ от L_b при корреляционном отношении $\eta = 0,937$ характеризует функциональный ряд вида (4)

$$\Delta I_{\text{дег}} = - (5,27 - 0,2 \cdot L_b) \cdot \sum_{i=1}^{i=4} (2 \cdot i - 1)^{-2} \cdot \text{Sin} \left[\frac{\pi \cdot (2 \cdot i - 1) \cdot (L_b - 0,2)}{2,78 - 0,064 \cdot L_b} \right] \quad (4)$$

где $i = 1, 2, 3, 4$ – порядковый номер члена функционального ряда.

График на рис. 7 и формула (4) свидетельствуют о том, что, скорее всего, периодичность изменения величины $\Delta I_{\text{дег}}$ обусловлена процессами, связанными с посадками основной кровли, которые, как известно, характеризуются периодичностью. Кроме того, шаг первичной посадки значительно больше, чем шаги последующих посадок. Поэтому можно считать, что по мере отхода лавы от места первичной посадки основной кровли влияние последующих посадок на дебит дегазационных скважин уменьшается, что следует учитывать при планировании добычи газа при помощи дегазационных скважин.

Однако основной задачей этих скважин является снижение концентрации метана в вентиляционных струях добычных участков. Поэтому большой интерес представляет взаимозависимость величин $I_{\text{об}}$ и $I_{\text{дег}}$.

В начальный и основной периоды отработки столба 11 западной лавы ($L_b < 800$ м) взаимосвязь величин $I_{\text{об}}$ и $I_{\text{дег}}$ отсутствовала (см. рис. 8а), а на завершающем этапе ($L_b > 800$ м) характеризовалась почти функциональной синусоидальной зависимостью $I_{\text{об}}$ от $I_{\text{дег}}$ (см. рис. 8б). Такой характер зависимости $I_{\text{об}}$ от $I_{\text{дег}}$ свидетельствует о том, что при современной технологии дегазации увеличением дебита скважин радикально снизить газовыделение в выработки участка невозможно, так как при увеличении дебита скважин величина $I_{\text{об}}$ не снижается, а колеблется относительно постоянного уровня. На завершающем этапе при $\eta = 0,996$ это отражает формула (5)

$$I_{\text{об}} = 32,2 + 16 \cdot \text{Sin} \left(\pi \cdot \frac{I_{\text{дег}} + 0,6}{24,74} \right) \quad (5)$$

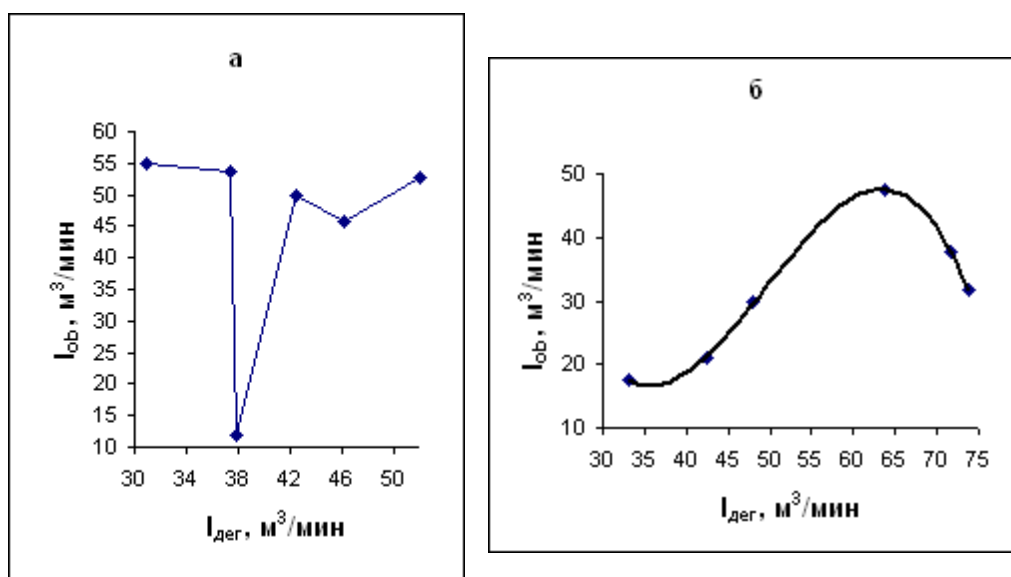


Рис. 8. - Графики зависимости абсолютного газовыделения в атмосферу выработок участка $I_{об}$ от дебита дегазационных скважин $I_{дег}$:
 а – в основной период обработки выемочного поля;
 б – в завершающий период.

На графике рис. 8а точка с координатами $I_{дег} = 38$ и $I_{об} = 12$ м³/мин характеризует некоторый переходной период в развитии работ по дегазации (в течение данного периода произошло резкое, с 6 до 38 м³/мин, увеличение дебита дегазационных скважин). Без этой точки можно представить зависимость $I_{об}$ от $I_{дег}$ уравнением, аналогичным (5), но с большим значением свободного члена, равным ~ 50 м³/мин. Это означает, что в основной период обработки выемочного поля при увеличении дебита дегазационных скважин $I_{дег}$ газовыделение в выработки $I_{об}$ колеблется относительно некоторого постоянного уровня. В связи с этим необходим поиск принципиально новых способов дегазации, а до его завершения следует применять регулировку потоков газа. Для этого целесообразно применение комбинированных схем проветривания, при которых исходящая из лавы струя воздуха разделяется на две части. Большая часть направляется на фланг через неконтролируемые (неподдерживаемые) вентиляционные выработки, а меньшая – к центру шахтного поля через контролируемые поддерживаемые выработки [3]. Следует также стремиться к достижению относительно высоких скоростей подвигания лавы, более 3-4 м/сутки, так как при этом происходит заметное снижение абсолютного газовыделения в выработки добычного участка.

Из вышеизложенного могут быть сделаны следующие выводы.

С увеличением скорости подвигания лавы до 2,5 – 2,8 м/сутки абсолютная газообильность выработок добычного участка увеличивается, а при увеличении скорости подвигания лавы более 2,8 – 3 м/сутки - снижается. В диапазоне скоростей подвигания лавы от 2 до 4 м/сутки общее газовыделение на добычном

участке, включающее газовыделение в выработки и дебит дегазационных скважин, практически, полностью определяется продолжительностью ведения очистных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. //Государственный нормативный акт об охране труда. Киев 1994. -311 с.
2. Грязнов В.С., Бобрышев В.В., Гуня Д.П., Ирисов С.Г. Влияние продолжительности очистных работ на сейсмоакустические показатели выбросоопасности. //Уголь Украины. 2002, №6. –с. 32 -34.
3. Ефремов И.А., Бокий Б.В., Ирисов С.Г. Снижение газообильности поддерживаемых выработок добычных участков при высокой нагрузке на лаву. //Известия Донецкого горного института. 2004. -№2. – с.3 – 11.

УДК 622.272

Канд. техн. наук В.А. Калиниченко

(Криворожский технический университет)

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ПРИ ВЫПУСКЕ ОБРУШЕННОЙ РУДНОЙ МАССЫ НА КОНТАКТЕ С ИСКУССТВЕННЫМИ ЦЕЛИКАМИ

Розроблено й досліджені технологічні схеми підземного видобутку магнетитових кварцитів системами із закладкою, що дозволяють робити виїмку корисної копалини з високими показниками видобутку при низькій собівартості виробництва закладних робіт.

INCREASE OF PARAMETERS OF EXTRACTION MAGNETITE QUARTZITE AT RELEASE OF ORE CAVING ON CONTACT WITH ARTIFICIAL PILLARS

Are developed and the technological circuits of underground production magnetite quartzite by systems with back fill allowing to make a collection useful mineral with high parameters of extraction at the low cost price of manufacture backing of works are investigated.

Проблема рационального использования сырьевой базы подземного Кривбасса, обладающего развитой инфраструктурой, налаженным рудничным хозяйством и квалифицированными кадрами инженерно-технических работников, вызывает необходимость комплексного использования железорудного сырья. Вовлечение в разработку магнетитовых кварцитов расширит сырьевую базу Криворожского бассейна, снизит интенсивность разработки богатых руд и сыграет важную роль в решении проблемы комплексного использования рудных месторождений Кривбасса.

С целью расширения сырьевой базы Кривбасса, в настоящее время планируется возобновление на некоторых шахтах подземной разработки магнетитовых кварцитов, запасы которых исчисляются миллиардами тонн. Расположенные на вышележащих горизонтах действующих шахт, эти запасы могут быть доступны при проведении минимальной реконструкции отработанных горизонтов.

Разработка магнетитовых кварцитов, расположенных на верхних горизонтах шахт, возможна с минимальными затратами на подъем, водоотлив, вентиляцию и транспортировку полезного ископаемого. В случае подготовки и нарезки новых горизонтов значительная крепость и устойчивость магнетитовых кварцитов