

4. Андреев М. М. Формирование петли гистерезиса давления / М. М. Андреев // Разраб. месторождений полез. ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1989. – Вып. 84. – С. 14 – 23.
5. Андреев М. М. Технология управления термодинамикой угленосного массива / М. М. Андреев // Уголь Украины, 2004. – № 6. – С. 16 – 22.
6. Горное давление – основной фактор развития динамических явлений угленосного массива / М. М. Андреев, В. В. Камышан, М. М. Андреев, Р. И. Мануйленко // Труды ИПММ НАН Украины. – 2008. – Т.16. – С. 3 – 12.
7. Курс физической химии. // Под ред. Я. И. Герасимова. – М. : Мир – 1971. – 224 с.
8. Ходот В. В. Теория и практика борьбы с внезапными выбросами угля и газа / В. В. Ходот // Сб. «Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах. – М. : ГОСГОРТЕХИЗДАТ. – 1962. – С. 3 – 39.
9. Бобров И. В. Работы МакНИИ в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа за 1956 – 1960 гг. / И. В. Бобров, Р. М. Кричевский // Там же. – С. 39 – 174.
10. Выполнить исследования и разработать проект руководства по дегазации угленосной толщи барьерными и экранирующими скважинами // Отчет о научно-исследовательской работе №0186000051846 (рук. Андреев М. М., Гершун О. С.). – Донецк: Донуги. – 1988. – 84 с.
11. Андреев М. М. Водородный баланс макромолекулы угля при образовании метана и воды в горючей массе / М. М. Андреев, В. В. Камышан, М. М. Андреев // Материалы международной конференции «Форум горняков – 2007». – Д. : Национальный горный университет, 2007. – С. 107 – 110.
12. Андреев М. М. О причинах некоторых воспламенений метана в горных выработках шахт / М. М. Андреев // Разраб. месторождений полез. ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1987. – Вып. 77. – С. 95 – 101.
13. Термодинамика угленосного массива в аспекте пассивной магнитно-резонансной локации недр / М. М. Андреев, В. В. Камышан, М. М. Андреев [и др.] // Уголь Украины, 2006. – № 10. – С. 36 – 39.
14. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К. : Основа. – 1994. – 312 с.
15. Способ каптирования метана скважинами на пути его движения из источников поступления к выработкам / М. М. Андреев, О.С. Гершун, В.К. Колюпанов, Н.Н. Гатауллин // Совершенствование технологии производства на шахтах Донбасса. – Донецк: Донуги. – 1987. – С. 137 – 145.
16. Андреев И. М., Андреев М. М. и др. Способ многостадийного воздействия на призабойную зону угленосной толщи для борьбы с газовойделением, пылеобразованием, выбросами, обрушениями и температурой. // Бюллетень изобретений СССР (а.с. № 1548467). – М. : ВНИИГПЭ – 1990. – №9. – С. 44 – 47.
17. Андреев М. М. Критерии применения дегазации по способу и параметрам / М. М. Андреев // Уголь Украины, 2000. – № 8. – С. 46 – 49.

**УДК 622.831.325**

Канд. техн. наук С. А. Курносков,  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕГАЗАЦИИ ПОЧВЫ ОТРАБАТЫВАЕМОГО ПЛАСТА**

Представлено схему дегазації газонасиченого масиву, яка передбачає проведення газозбірної виробки у підшві виімкового стовпа, що відпрацьовується, застосування якої дозволяє відокремити у просторі та часі процеси видобутку вугілля і дегазації масиву та підвищити ефективність дегазації підшви пласта, що відпрацьовується.

### **INCREASE OF EFFICIENCY OF DEGASIFICATION OF SOIL OF A FULFILLED LAYER**

The scheme of degasification of the rock mass, which provides driving gas-collecting mine working in a soil of a fulfilled panel, application of which allows to divide in space and time the processes of mining and degassing of array and to raise efficiency of degasification of soil of a fulfilled layer.

В настоящее время шахты Украины отрабатывают угольные пласты, расположенные на глубинах, превышающих 1000 м. В данных условиях создаются дополнительные трудности, связанные с повышенным горным давлением, ко-

торые усугубляются высокой газообильностью угольных пластов и вмещающих пород. Кроме того, на передовых угольных шахтах внедряется новое прогрессивное оборудование, позволяющее повысить суточную нагрузку на очистной забой до 5 тыс. т. Такие высокие темпы подвигания лавы создают условия для возникновения опасных газодинамических явлений. Существующие оборудование и схемы проветривания не в состоянии обезопасить по газовому фактору проведение горных работ. В таких условиях требуется осуществление эффективных дегазационных мероприятий как до, так и в процессе отработки угольного пласта.

В разрабатываемом углепородном массиве существуют зоны, из которых наиболее эффективно извлекать метан. Это, прежде всего, области перегиба и зависания разгруженных вмещающих пород, в которых скапливается газ (перетекает из спутников и газоносных пород), влияющий на газообильность добычного участка. На газообильность участка, в основном, влияют газовые коллекторы, расположенные в кровле разрабатываемого пласта на расстоянии от него не более 30 м ( $m$  - мощность разрабатываемого пласта). Перспективными, с точки зрения забора метана, являются зоны временной разгрузки, которые формируются в выработанном пространстве и перемещаются вслед за забоем лавы. Время существования этих зон зависит от шага посадки основной кровли. Зоны повышенной раскрытой трещиноватости увеличиваются по мере зависания основной кровли и уменьшаются в результате ее посадки и активизации сдвижений подработанного массива.

В зоне разгрузки располагается зона защиты, в которой уровень горного и газового давления ниже критических значений, за счет чего исключаются условия формирования газодинамических явлений. Исследованиями [1, 2] установлено, что в зонах защиты (в кровле и почве) создаются наиболее благоприятные условия для дегазации угольных пластов, пропластков и газосодержащих слоев пород, особенно в зонах активного перераспределения горного давления позади движущегося очистного забоя на расстоянии до 150 - 200 м.

Высота зоны беспорядочного обрушения пород кровли отработываемого пласта мощностью  $m$  составляет (4-6) м [1]. В толще пород на высоту, равную (10-20) м, формируется зона трещинообразования. Вышерасположенные слои пород прогибаются, обычно, без разрыва сплошности. Следовательно, в результате отработки угольного пласта, повышается проницаемость подработанного массива и создаются благоприятные условия для дегазации пород и угля с помощью дегазационных скважин.

Для дегазации таких источников газовыделения разработаны эффективные схемы с размещением полевой газосборной выработки (ГСВ) в кровле или почве ранее отработанного угольного пласта, а также в кровле отработываемого пласта [3-5].

Также очень сложная газовая обстановка в выработанном пространстве лавы возникает в тех случаях, когда газосодержащий источник располагается в почве отработываемого пласта на расстоянии, не превышающем 6-ти вынимаемых мощностей. В такой ситуации после отработки пласта большой объем газа

из почвы практически сразу поступает в выработанное пространство лавы и вентиляционная система оказывается не в состоянии вовремя разбавить метан до безопасной концентрации. Для дегазации данных источников газовыделения известные схемы [3-5] малоэффективны, так как требуют проведения ниспадающих скважин, бурение которых весьма затруднительно, а производительность очень низкая из-за обводнения их газоприемных частей.

В этом случае полевую газосборную выработку следует располагать в почве отрабатываемого пласта (рис. 1). Основным недостатком такой схемы расположения ГСВ является то, что в результате отработки пласта, она попадает в зону временного и стационарного опорного давления. Согласно [6] высота  $h$  безопасной надработки полевой выработки и ее расстояние  $l$  от вентиляционного штрека по линии залегания пласта имеют достаточно высокие значения и их использование в таком виде, в большинстве случаев, может приводить к неоправданно большому объему проведения вспомогательных выработок. В таких ситуациях ГСВ приходится закладывать в пределах зон повышенного горного давления с применением средств дополнительного усиления крепи, а расстояния  $h$  и  $l$  определяются согласно номограмме, приведенной на рис. 2.

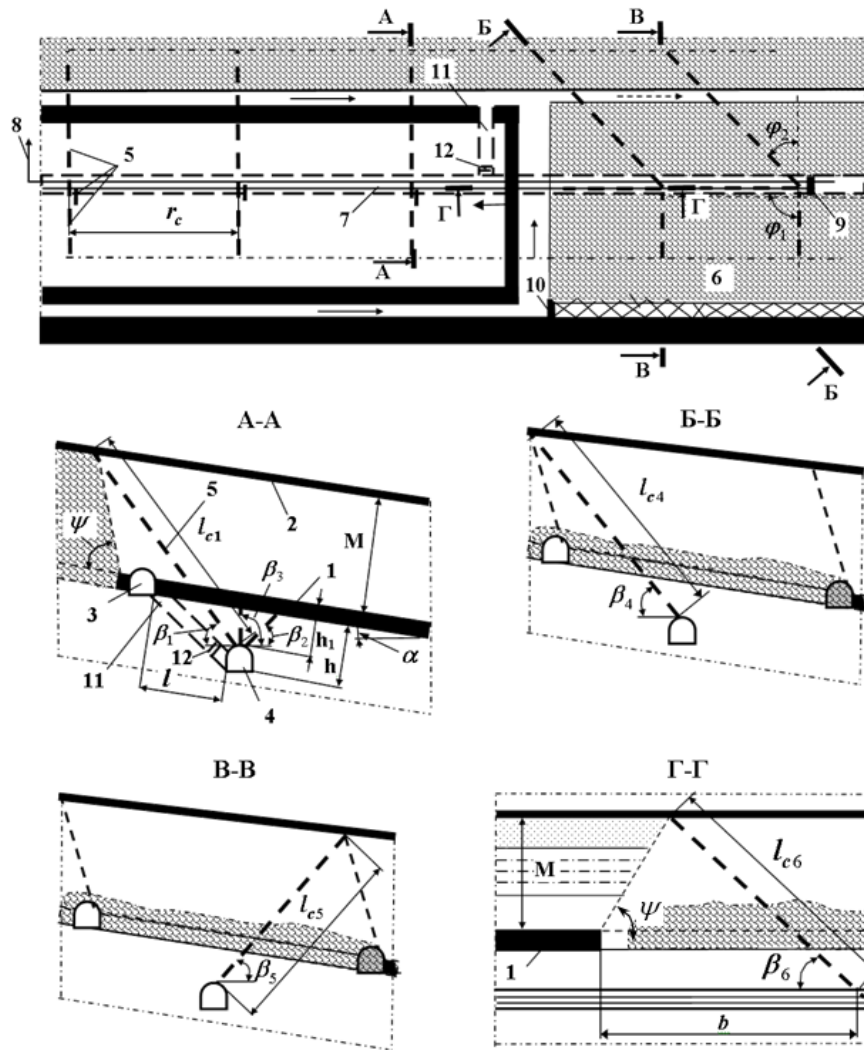
ГСВ соединяется с вентиляционным штреком лавы сбойками для вентиляции и дегазации выработанного пространства, а также для обособленного проветривания.

На первом этапе дегазационных работ осуществляется предварительная дегазация почвы отрабатываемого столба на глубину до 15-ти вынимаемых мощностей пласта и самого угольного пласта до начала его отработки с использованием методов искусственного стимулирования газоотдачи, а также разгруженной от горного давления кровли в зоне сопряжения ранее отработанного и подготовленного к отработке выемочных столбов на высоту до 30-ти вынимаемых мощностей пласта. При этом дегазационные скважины бурят без разворота относительно линии падения пласта.

Угол наклона к горизонту  $\beta_1$  и длина  $l_{c1}$  скважин для предварительной дегазации сопряжения ранее отработанного и подготовленного к отработке выемочных столбов определяются по формулам:

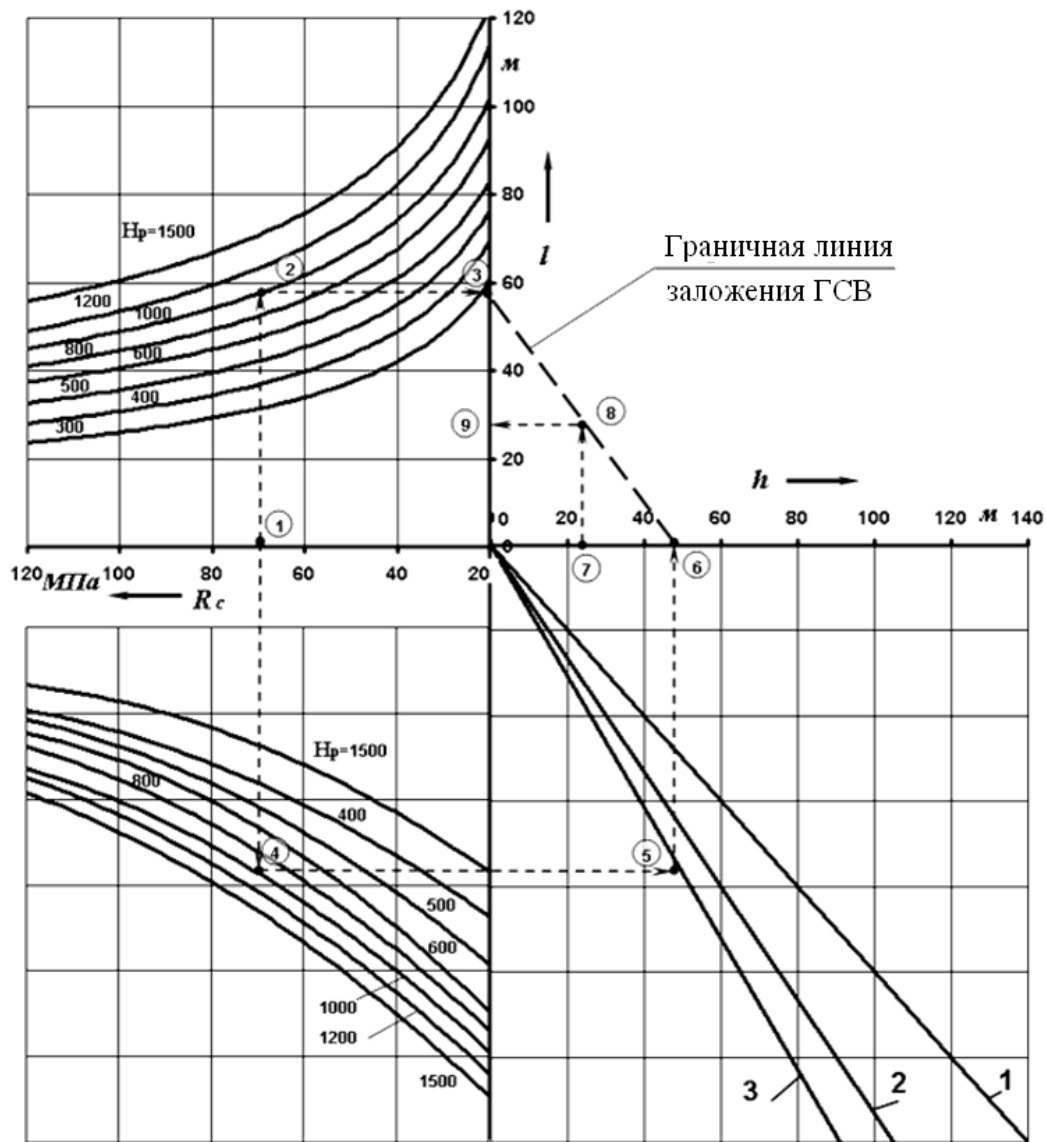
$$\beta_1 = \arctg\left(\frac{M + h_1}{l + M \cdot ctg\psi}\right) + \alpha, \quad (1)$$

$$l_{c1} = \frac{M + h_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)}. \quad (2)$$



1 – разрабатываемый пласт; 2 – подрабатываемый пласт; 3 – вентиляционный штрек; 4 – ГСВ; 5 – дегазационная скважина; 6 – выработанное пространство; 7 – газопровод; 8 – газоотводной трубопровод; 9 – изолирующая перемычка; 10 – переносная перемычка; 11 – сбойка; 12 – шлюз;  $\alpha$  – угол падения пласта;  $M$  – наименьшее расстояние от кровли разрабатываемого пласта до газоносного источника, на который бурят скважину;  $\psi$  – угол разгрузки пород от горного давления;  $r_c$  – расстояние между скважинами;  $b$  – расстояние от очистного забоя до дегазационных скважин;  $\varphi_1, \varphi_2$  – углы разворота скважин от линии падения пласта;  $h_1$  – расстояние по нормали от места начала бурения скважины до кровли разрабатываемого пласта;  $l$  – расстояние от ГСВ до вентиляционного штрека по линии залегания пласта;  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – углы наклона скважин при предварительной дегазации;  $\beta_4, \beta_5, \beta_6$  – углы наклона скважин при текущей дегазации;  $l_{c1}, l_{c2}, l_{c3}$  – длина дегазационных скважин при предварительной дегазации;  $l_{c4}, l_{c5}, l_{c6}$  – длина дегазационных скважин при текущей дегазации

Рис. 1 – Схема дегазации с проведением ГСВ в почве отрабатываемого пласта на всю длину выемочного столба



- 1 – при креплении ГСВ жесткой крепью;
- 2 – при креплении ГСВ крепью с податливостью до 300 мм;
- 3 – при креплении ГСВ крепью с податливостью до 500 мм

Рис. 2 – Номограмма расчета параметров заложения ГСВ

Углы наклона  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  и длина  $l_{c2}$ ,  $l_{c3}$  скважин для предварительной дегазации обрабатываемого пласта и почвы выемочного столба определяются по формулам:

$$\beta_2 = \arctg\left(\frac{h_1}{l_{oc} - l - r_c/2}\right) - \alpha, \quad (3)$$

$$\beta_3 = 90^\circ - \alpha, \quad (4)$$

$$l_{c2} = \frac{h_1}{\sin(\beta_2 + \alpha)}, \quad (5)$$

$$l_{c3} = h_1. \quad (6)$$

На втором этапе дегазационных работ при текущей дегазации подработанного массива во избежание среза дегазационных скважин, извлечение метана из газоносных источников, залегающих в кровле отработываемого пласта, осуществляют восходящими скважинами, пробуренными позади забоя лавы, с отставанием не менее шага посадки основной кровли.

При этом дегазация выработанного пространства в зоне разгрузки на сопряжении ранее отработанного и отработываемого выемочных столбов осуществляется скважинами, пробуренными с разворотом от линии восстания пласта (в сторону вентиляционного штрека) под углом  $\varphi_2$ , принимаемым в пределах  $60^\circ$ - $70^\circ$ . Угол наклона к горизонту  $\beta_4$  и длина  $l_{c4}$  данных скважин определяются согласно выражений:

$$\beta_4 = \arctg\left(\frac{M + h_1}{l + M \cdot \operatorname{ctg}\psi}\right) + \alpha, \quad (7)$$

$$l_{c4} = \frac{l + M \cdot \operatorname{ctg}\psi}{\cos \varphi_2 \cdot \cos \beta_4}. \quad (8)$$

В сторону конвейерного штрека разрабатываемого столба дегазационные скважины бурят без разворота от линии падения пласта (параллельно очистному забою) с параметрами  $\beta_5$  и  $l_{c5}$ , определяемыми из выражений:

$$\beta_5 = \arctg\left(\frac{M + h_1}{l_{oc} - l - M \cdot \operatorname{ctg}\psi}\right) - \alpha, \quad (9)$$

$$l_{c5} = \frac{M + h_1}{\sin \varphi_1 \cdot \sin \beta_5}. \quad (10)$$

Кроме того, позади забоя лавы скважины бурят в зоны разгрузки над средней частью очистного забоя параллельно оси газосборной выработки. Параметры данных скважин  $\beta_6$  и  $l_{c6}$  определяют из выражений:

$$\beta_6 = \arctg\left(\frac{M + h_1}{b - M \cdot \operatorname{ctg}\psi}\right), \quad (11)$$

$$l_{c6} = \frac{M + h_1}{\sin \beta_6}. \quad (12)$$

Представленная схема дегазации газонасыщенного углепородного массива обладает рядом существенных достоинств:

- разделение в пространстве и во времени процессов добычи угля и дегазации массива;
- опережающая дегазация почвы отрабатываемого пласта и самого угольного пласта с использованием методов искусственного стимулирования газоотдачи;
- опережающая дегазация разгруженной зоны на сопряжении ранее отработанного и подготовленного к отработке выемочных столбов;
- высокая устойчивость и долговечность скважин для текущей дегазации, пробуренных вслед за прохождением забоя лавы.

Применение данной схемы дегазации углепородного массива при отработке угольных пластов, имеющих в почве газосодержащие источники, позволит повысить безопасность ведения горных работ и увеличить нагрузку на очистной забой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петухов И. М. Теория защитных пластов/ И. М. Петухов, А. М. Линьков. – М. : Недра, 1976. – 224 с.
2. Анциферов А. В. Эффективность использования защитных пластов для предотвращения газодинамических явлений / А. В. Анциферов, Д. И. Ходырев, В. А. Канин, А. В. Кузнецов // Уголь Украины. – 2002. – № 11. – С. 10 – 12.
3. Булат А. Ф. Концепция комплексной дегазации углепородного массива на шахте им. А. Ф. Засядько // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2003. – Вып. № 42. – С. 3 – 9.
4. Курносков С. А. Дегазация газонасыщенного углепородного массива при столбовой системе разработки пологих угольных пластов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. № 74. – С. 215 – 222.
5. Курносков С. А. Дегазация массива с повторным использованием газосборной выработки / С. А. Курносков, И. Н. Слащев, В. Н. Сапегин, П. Е. Филимонов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – Вып. № 83. – С. 15 – 158.
6. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л. : ВНИМИ, 1986. – 126 с.

**УДК 622.831:622.261**

Канд. техн. наук И. Н. Слащев,  
(ИГТМ НАН Украины)

### **МЕТОД УЧЕТА ИЗБЫТОЧНЫХ ГАЗОВЫХ ДАВЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СОВРЕМЕННЫМИ КОМПЬЮТЕРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ**

У статті запропонований метод урахування газових тисків у газонасиченому породному масиві і нова технологія комп'ютерного чисельного аналізу для його реалізації.

### **METHOD OF ACCOUNT THE EXCESS GAS PRESSURE WHEN SOLVING GEOMECHANICAL PROBLEMS USING MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES**

The authors propose method of account the gas pressures in massif gas-saturated rock and new technology of the computer numerical analysis for its implementation.

С переходом горных работ на глубины ниже зоны газового выветривания влияние фактора избыточных газовых давлений на напряженно-деформированное состояние породного массива существенно возрастает. Это связано, во-первых, с частичным ограничением или невозможностью выхода